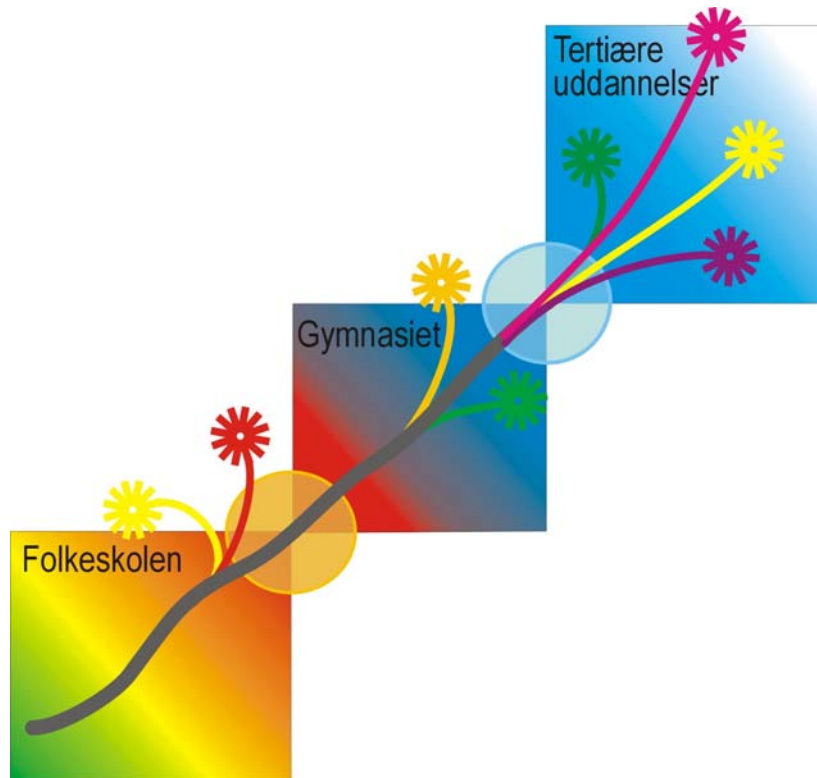


fysik og kemi



Naturvidenskab-for-alle

Arbejdsgruppen for fysik og kemi, april 2002

Forord

Arbejdsgruppen har analyseret uddannelseskæden fra folkeskolen over ungdomsuddannelserne til de tertiære uddannelser inden for de naturvidenskabelige fag fysik og kemi.

Arbejdsgruppen peger på nødvendigheden af at iværksætte et sammenhængende reformarbejde for hele uddannelseskæden. Alle tre niveauer skal fokusere på naturvidenskabelige kompetencer frem for det klassiske kernestof, og de tre aktører skal samarbejde mere harmonisk omkring uddannelsesforløbene, særligt i overgangene mellem uddannelserne. Det foreslås at etablere en fondsfunktion, Statens Naturvidenskabelige Uddannelsesfond (SNUF), til særligt at styrke sammenhængen i de naturvidenskabelige uddannelser på tværs af institutionelle skel.

Arbejdsgruppen noterer, at ”alt godt begynder i folkeskolen”. Men da et reformarbejde vil tage mange år, er der behov for at starte arbejdet parallelt på alle tre niveauer. Med udgangspunkt i arbejdsmarkedets stigende efterspørgsel efter højt uddannede naturvidenskabelige kandidater hviler der et særligt ansvar på de tertiære uddannelser for straks at iværksætte et nødvendigt udviklingsarbejde omkring den faglige udvikling, de almene naturvidenskabelige kompetencer og de naturvidenskabelige fags placering i vidensamfundet. De tertiære uddannelser skal arbejde mere bevidst med at stoppe udstødelsen af dygtige unge mennesker fra naturvidenskaberne og de tekniske fag. Herigennem kan universiteter finde kilden til fornyet fremgang.

Arbejdsgruppen takker Dansk Industri for adgang til deres undersøgelse ”*Analyse af kompetencebehov under forandring i den globale videnbaserede industri* med særlig fokus på medarbejdere med en videregående naturvidenskabelig og teknisk videnskabelig uddannelse”

I dag er udbuddet af naturvidenskabelige kandidater sælgers marked, idet der er mangel på kandidater i fysik og kemi. Arbejdsgruppen anviser en vej ud af denne mangelsituation, nemlig at udvikle og styrke en almen naturvidenskabelig dannelse, der kan styrke vækstlaget for naturvidenskabeligt baserede uddannelser. Det forudsætter et brud med reservattænkningen i de nuværende naturvidenskabelige uddannelser. Resultatet af en styrket almen naturvidenskabelig dannelse vil være dels en samfundsmæssig grobund for at fastholde og videreudbygge et vidensbaseret erhvervsliv, dels en styrkelse af de naturvidenskabelige spydspidskompetencer.

Indholdsfortegnelse

<i>Anbefalinger</i>	4
Definitioner	6
<i>Naturvidenskab-for-alle</i>	7
Internationale udviklingstendenser	7
Fra ”Science-for-the-few” til ”Science-for-all”	8
Naturvidenskab-for-alle	9
Fokus på sammenhæng	9
Project 2061	10
Beyond 2000	11
Danmark og den internationale udvikling	11
Et komplekst mønster	12
<i>Fra pensum til kompetencebeskrivelser</i>	14
Naturvidenskab som almindelse	15
Almene krav til almindende undervisning	18
Om fælles naturvidenskabelige kompetencer	19
Lærerkvalifikationer & fagdidaktisk-faglig partnerskab	19
<i>Bedre sammenhæng</i>	21
Faglig sammenhæng i gymnasiet	21
Overgange	22
Faglig sammenhæng i de tertiære uddannelser	23
Udvikling af undervisning og studiekultur	25
Nye ressourcer	27
<i>Sammenfatning</i>	28
<i>Kommissorium og arbejdsgruppe</i>	30
<i>Appendix A</i>	31
<i>Appendix B</i>	42
<i>Referencer</i>	46

Anbefalinger

Udgangspunktet for arbejdsgruppens arbejde er fokus på befolkningens forståelse af og viden om naturen og den deraf afledede naturvidenskabelige dannelse. I den internationale litteratur drøftes denne problemstilling bl.a. under overskrifterne *scientific literacy*, *science for public understanding*, *science for citizenship* og *science-for-all*.¹

Naturvidenskaben er et rationelt projekt, der rummer store spændinger mellem forskellige opfattelser af, hvad der er rigtigt og forkert, men som også evner at bygge bro på tværs af tro og politisk opfattelse. Dette er et træk ved naturvidenskaben, som gør den i stand til at forene divergerende opfattelser og spille en konstruktiv rolle i samfundsdebatten. Arbejdsgruppens forslag og anbefalinger skal opfattes i den tradition.

Med udgangspunkt i begrebet **naturvidenskab-for-alle** anbefales det at iværksætte initiativer og reformer i det samlede uddannelsessystem, folkeskolen, ungdomsuddannelserne og de tertiære uddannelser (de tre niveauer), som

- ✓ sikrer en gennemførelse af undervisningen i naturvidenskabelige fag, der tilgodeser en række veldefinerede almindelige naturvidenskabelige kompetencer
- ✓ sikrer bedre undervisning i de naturvidenskabelige fag gennem udvikling af undervisningsmateriale, fagdidaktisk indsigt og bedre lærerkvalifikationer
- ✓ lægger særlig vægt på lette overgangene mellem de forskellige uddannelsesniveauer for at få en styrket faglig sammenhæng samt øge integrationen af de naturvidenskabelige fag i uddannelseskulturen

Som en paraply over disse initiativer og reformer foreslår arbejdsgruppen en fondsfunktion, **Statens Naturvidenskabelige Uddannelsesfond**, SNUF, som sikrer en samlet, koordineret og handlingsorienteret implementering.

Naturvidenskab-for-alle forudsætter først og fremmest dygtige lærere. En forbedring af lærerkompetencer er et generationsprojekt, som forudsætter en lang omstilling af læreruddannelserne på alle tre niveauer i det danske uddannelsessystem. Projektets gennemførelse forudsætter markante investeringer, og der skal hurtigt iværksættes initiativer, der kan markere en ny vej for undervisningen i de naturvidenskabelige fag i Danmark.

Lærerkvalifikationer skal styrkes på alle tre niveauer. Videre- og efteruddannelse skal systematiseres.

Arbejdsgruppen anbefaler, at de gode intentioner i de eksisterende uddannelsesbekendtgørelser realiseres. For at mindske overgangsproblemer mellem folkeskolen og gymnasiet skal der i folkeskolen fokuseres på faglige kompetencer, særligt i de to sidste skoleår, medens gymnasiet, særligt i det første år, skal sætte mere fokus på almene naturvidenskabelige kompetencer.

Arbejdsgruppen anbefaler en ændring af undervisningen **fra fokus på pensum mod fokus på kompetencer**. Kravene til kompetenceopbygning forudsætter igangsættelsen af et curriculumarbejde.

Der skal lægges vægt på tværfaglige projekter mellem fysik, kemi, biologi, matematik, geografi og geologi, og teknologihistorie skal inddrages for at give perspektiv i undervisningen. Disse tværfaglige projekter skal være fagligt konkrete og forberede eleverne til abstrakt tænkning, samtidig med at sammenhængen i naturvidenskaberne bliver fremtrædende.

Mere **råderum** til læreren, mere fokus på "best practise". Lærernes tidsforbrug på administrativt arbejde skal reduceres, og glæden og prestigen ved at undervise skal øges.

Arbejdsgruppen noterer, at den gode underviser allerede anvender ovenstående i undervisningen. Derfor anbefaler vi, at der sættes systematisk fokus på best-practice, og at lokale spydspidsinitiativer breddes ud. At tage fat på en kompetencebeskrivelse skal *ikke* være et generationsprojekt.

Arbejdet kan iværksættes øjeblikkeligt, og resultater skal være tydelige inden for 2-3 år.

Undervisningen skal koordineres mellem de primære, sekundære og tertiære uddannelsesniveauer for at sikre institutionel **sammenhæng** og reducere **overgangsproblemer**.

En tværfaglige projektilgang er et væsentligt redskab til at løse overgangsproblemer mellem de tre niveauer i det danske uddannelsessystem. Undervisningen i folkeskolen og ungdomsuddannelserne skal veksle mellem almindelige grunddele og specialiseringsdele, som sigter mod overgange til andre niveauer i kæden bestående af folkeskolen, ungdomsuddannelserne og de tertiære uddannelser.

De tertiære uddannelser har her et særligt ansvar for at "fange" de studerende på deres niveau. Progression og sammenhæng i hele uddannelsesforløbet skal afløse den herskende ufrugtbare kritik af manglende viden og kunnen med adresse til det foregående led i kæden.

Overgangsproblemerne er af så betydeligt omfang, at de ikke løses hurtigt. De udgør en så væsentlig blokering for, at en naturvidenskabelig dannelse kan etableres, at forbedringer ikke kan afvente en naturlig generationsudvikling. Arbejdsgruppen forudsætter, at overgangsproblemerne mellem de tre niveauer i uddannelsessystemet straks ofres opmærksomhed og fjernes over en periode af ikke mere end 4-6 år.

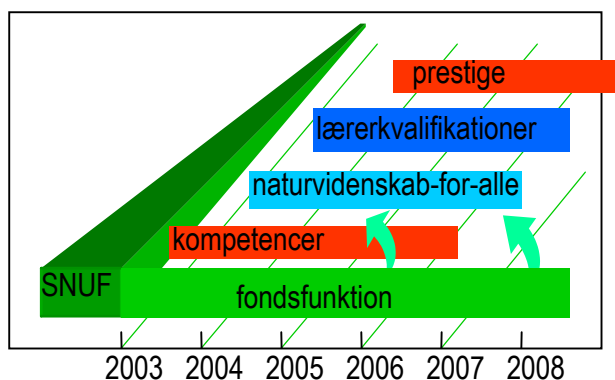
Det anbefales, at der oprettes et **Statens Naturvidenskabelige Uddannelsesfond, SNUF**.

Det anbefales, at der oprettes et **Statens Naturvidenskabelige Uddannelsesfond, SNUF**, som

det redskab, der fra dag én skal medvirke til at nedbryde grænser mellem institutionerne, fjerne overgangsproblemer, støtte curriculumudvikling i hele uddannelseskæden og sætte nye lærerkvalifikationer i centrum. SNUF skal give den gode undervisning indhold gennem fokus på fagdidaktisk udvikling og forståelse af elevernes potentiale for læring. Kodeordet skal være: *et sammenhængende uddannelsessystem*. Uddannelsessystemets 3 ejere, kommuner, amter og staten skal fastholdes på ansvaret for fortsat at udvikle "deres" respektive uddannelser, men der er behov for et redskab, som kan skabe sammenhæng de tre niveauer imellem.

En aktionærmodel skal give disse tre ejere mulighed for at placere midler i SNUF, enten gennem direkte indskud i fondet eller gennem blokforhandlinger parterne imellem. Der forudsættes et SNUF, der består af personligt udpegede medlemmer, der er engagerede og vidende om uddannelsesspørgsmål. Medlemskab af SNUF skal være muligt for udenlandske eksperter. I de danske nærområder (Sverige og Finland) finder der en spændende udvikling sted, som kan stimulere en dansk national udvikling.

Et repræsentantskab bestående af de tre ejere, kommuner, amter og staten, skal fastlægge de overordnede politiske betingelser, medens SNUF skal have frihed til, på lige fod med de statslige forskningsråd, at vælge virkemidler, herunder etablere en fondsfunktion med åbne opslag.



Disse anbefalinger udgør tilsammen skelettet til en handlingsplan, der også skal indeholde tidligt veldefinerede milepæle, så det bliver muligt at følge fremskridt fra år til år.

Det er en stor og vanskelig opgave, der ligger foran os. Den må ikke fortabe sig i akademiske diskussioner, der sigter mod at finde færdige løsninger før der handles. Med Goethe kan vi sige, at "So eine Arbeit wird eigentlich nie fertig. Man muss sie aber für fertig erklären, wenn man nach Zeit und Umständen das Mögliche getan hat".

Definitioner: De tre led i uddannelseskæden er grundskolen, ungdomsuddannelserne og de tertiære uddannelser. Arbejdsgruppen har anvendt folkeskolen som synonym for grundskolen. Under ungdomsuddannelserne har arbejdsgruppen ikke skelnet mellem det almene gymnasium og HTX. Diskussionen har dog hovedsageligt taget udgangspunkt i det almene gymnasiums forhold. I det almene gymnasium udtrykkes kun anbefalinger for det matematiske gymnasium. Ligeledes har diskussionen taget udgangspunkt i universiteternes forhold, igen uden derigennem at udtrykke særlige synspunkter i forhold til de øvrige tertiære uddannelser. Begrebet naturvidenskab benyttes systematisk i rapporten med den afgrænsning, der defineres med udgangspunkt i fagene fysik og kemi, herunder de molekylærbiologiske fag.

Naturvidenskab-for-alle

Sammensmeltningen mellem naturvidenskab, teknologi og innovation er drivkraften i megen af den værdiskabelse, som finder sted i vores samfund i dag. Dette er en udvikling, hvor naturvidenskabens og teknologiens bidrag ofte er skjult og gemt bort i ”sorte kasser”. Det gælder fx nanoteknologi, materialeteknologi, bioteknologi, farmaci og informationsteknologi, som indgår i mange af de produkter, som vi tager for givet; ny medicin, bedre kommunikationsmidler og hurtigere computere.

Men at naturvidenskabernes bidrag er mere skjult end tidligere, betyder ikke, at de er mindre betydningsfulde, tværtimod. Hvis borgerne ikke har et rimeligt kendskab til naturvidenskab, opstår et demokratisk problem, fordi borgerne ikke kan deltage i den demokratiske debat. Det gælder på de mange områder i samfundet, hvor naturvidenskabelige problemstillinger er involveret. Naturvidenskaben er en væsentlig forandringskraft, der giver nye muligheder, men samtidig rejser den eksempelvis nye krav på arbejdspladsen, miljøproblemer, spørgsmål om energiforsyning, om risici og sikkerhed og meget mere.

Foruden det ”demokratiske problem” kommer rekrutteringsaspektet, nemlig at et højteknologisk samfund ikke kan fungere og udvikle sig uden ny tilgang af naturvidenskabeligt (højt)uddannede mennesker. I en fornyelse af undervisningen må der derfor tages hensyn til begge aspekter, men rekrutteringen hverken kan eller bør ansues isoleret. På sigt er det hensynet til det demokratiske aspekt, der er nøglen til hele problemkomplekset. Men man må gøre sig klart, hvad der sikrer en almindennende naturfagsundervisning.

Naturvidenskab-for-alle: Naturvidenskabelig dannelse åbner for aktiv deltagelse i en samfundsmæssig debat, hvor naturvidenskabelige og teknologiske elementer er afgørende.

Her har vi kernen i begrebet naturvidenskab-for-alle. Undervisning i naturvidenskabelige problemstillinger skal forankres stærkere i uddannelsessystemet, og naturvidenskaben skal placeres stærkere på alle niveauer af uddannelsessystemet for herigennem at sikre en naturvidenskabelig funderet dannelse. Den majoritet af elever, som går andre veje end til naturvidenskabelige og tekniske uddannelser, skal også have tilbud af almindennende karakter, der indeholder en introduktion til moderne naturvidenskab.

Den majoritet af elever, som går andre veje end til naturvidenskabelige og tekniske uddannelser, skal også have tilbud af almindennende karakter, der indeholder en introduktion til moderne naturvidenskab.

Internationale udviklingstendenser

Naturvidenskabens svage stilling i uddannelsessystemet er et internationalt fænomen, men med betydelig national variation. Den danske debat står derfor ikke isoleret. Naturvidenskab krydser grænser, og det vil være vanskeligt at forsvare noget særligt dansk, måske bortset fra en traditionelt stærk dansk naturvidenskabelig

fra en traditionelt stærk dansk naturvidenskabelig grundforskning, hvor fremragende danskere har sig sat afgørende forskningsmæssige spor.

K-12: "alt godt starter i børnehaven", også kendskab til natur og teknik. En naturvidenskabelig dannelse i voksenlivet forudsætter en livslang eksponering til naturvidenskabelig tænkning.

I USA har man anbefalet en reform af undervisningen i de naturvidenskabelige fag i bred forstand under overskriften Project 2061², *Science for All Americans*. Med udgangspunkt i ideen om et basalt curriculum - hvad skal enhver borger vide om naturens funktion - arbejdes med forbedringer af naturfagsundervisningen i hele skolesystemet fra

Kindergarten (svarende til den danske børnehaveklasse) til 12.te skoleår (K-12). Naturfagene betragtes integreret og skal i undervisningen præsenteres i sammenhæng. I Danmark, hvor vi er vant til faglig opsplitning, skal denne tilgang ofres opmærksomhed.

At en forbedring af undervisningen i grundskolen kan få betydelig effekt for bestræbelser på at styrke naturviden hos unge, viser en række undersøgelser, der påviser 6-12-årige børns store kapacitet og interesse for at lære konkrete forhold, såfremt de bliver udfordret.³ Styrkes den grundlæggende naturviden hos de helt unge, vil det betyde ændrede forudsætninger for undervisningen på de senere trin i uddannelsessystemet, både i gymnasiet og på de tertiære uddannelser.

Fra "Science-for-the-few" til "Science-for-all"

Hvis der satses kun på science-for-the-few udnyttes samfundets potentiale for naturvidenskabelig dannelse ikke. Amerikanske undersøgelser af studerende på bachelorniveau viser, at der er grobund for naturvidenskabelig forståelse i hele studentergruppen. Det gælder både for de studerende som bliver på science-studierne og for dem, som vælger at skifte til ikke-naturvidenskabelige fag. Det gælder også dygtige studerende fra andre faggrupper, som modtager introducerende kurser eller hjælpefagskurser i naturvidenskabelige fag.

Undersøgelserne viser også, at det er det samme træk ved undervisningen, som både fører til studieskift væk fra naturvidenskabs-fagene og til frustration blandt dem, som fastholder studierne. Undersøgelserne viser endvidere, at det *ikke* kan godtgøres, at der er tale om to forskellige mennesketyper i de to grupper af studerende, ligesom grupperne ikke adskiller sig i præstationer, motivation eller studierelateret opførsel.

Ingen borger skal udelukkes fra indsigt i og fortrolighed med naturvidenskabelig og teknisk tænkning.

De altoverskyggende meldinger lyder på dårlig undervisning og besvær med at få hjælp til faglige problemer. Meldinger går også på, at de studerende går i baglås over læringsmiljøet, fordi de føler sig fremmedgjort over den betydning, der

tillægges grundlæggende færdigheder (basic skill performance) frem for begrebsmæssig forståelse. Det er ikke den enkelte studerendes faglige evner samt tiltrækningen fra ikke-naturvidenskabelige fag, der spiller en væsentlig rolle for studieskiftene væk fra naturvidenskaben.

Hvad der adskilte de studerende, som skiftede, og dem der blev på studierne, var ikke de fælles problemers natur, men hvorvidt den studerende var i stand til at overvinde disse problemer hurtigt nok til at overleve i studiemiljøet. Blandt de studerende, som besluttede at skifte, var der en stor del, hvis evner og præstationer ville være rigelige til at fuldføre et naturvidenskabeligt studium, såfremt læringsmiljøet blot havde været mere befordrende.

I begge grupper var de studerendes bekymringer rettet mod de samme problemer, der var så generelle, at de overskyggede institutionelle forskelle, herunder størrelsen på institutterne, deres økonomiske ressourcer, optagelseskrav, mission eller ry⁴.

Naturvidenskab-for-alle

I mange vestlige lande er der en erkendelse af, at uddannelser, som i dag fokuserer på at udklække en passende mængde af fremtidens forskere, grundlæggende skal reformeres. Der peges på, at den naturvidenskabelige undervisning på de to sidste niveauer nu må rettes mod en bredere gruppe af studerende og ikke kun mod de studerende, som stiler mod en forskerkarriere inden for naturvidenskab. Den majoritet af studerende, som går andre veje, skal også have tilbud, der indeholder en introduktion til grundlæggende naturvidenskab⁵.

Naturvidenskab-for-alle vil gavne såvel de dygtige som dem, der i dag har svært ved at forstå naturvidenskabelig tankegang.

Forudsætningen bag tiltagene er, at "a rising tide lifts all ships", og at selv om en forbedring af den generelle kvalitet i undervisningen vil gavne *alle elever*, vil specielt de studerende, som ikke har udbytte af den eksisterende introducerende undervisning, få relativt mest gavn af det.

Skiftet mod naturvidenskab-for-alle er drevet af, at alle uddannede borgere har behov for at være naturvidenskabeligt dannede. Sociale og moralske argumenter går på, at naturvidenskab-for-alle har det potentiale, som kan ændre forholdene omkring en voksende marginalisering af de borgere, som på grund af manglende matematiske og naturvidenskabelige færdigheder bliver hægtet af udviklingen.⁶

Fokus på sammenhæng

Målet for de mange reformtiltag dækker alle led i uddannelsessystemet. De synspunkter, som er fremtrædende i de fleste nationale rapporter, peger på behov for reformer og studier af undervisningen på de lavere niveauer. Studier af disse lave niveauer giver mulighed for at undersøge, hvilke curriculum- og undervisningsstrategier der er

mest effektive m.h.p. at skabe god naturvidenskabelig uddannelse for *alle*. Argumenterne for at gøre forsøgsprogrammer nationale er, at staten er den eneste aktør som effektivt og direkte kan påvirke undervisningen fra børnehaveklassen til det videregående uddannelsesniveau - herunder sikre tidssvarende lærerkompetencer.⁷

Flere nationale programmer arbejder ud fra den forudsætning, at der må et skifte i dannelsesideal til, hvis naturvidenskab-for-alle skal blive en realitet. I det nuværende ungdomsuddannelsessystem lærer eleverne "at gå i skole", medens der er mindre fokus på læring. Rækken af internationale studier og undersøgelser munder ud i anbefalinger om, at der i undervisningen skal fokuseres på den studerendes forståelse, ræsonnementer, evne til at anvende og fastholde viden. Man skal i højere grad gøre sig klart, hvad der skal læres, og om dette stemmer overens med, hvad den studerende siden evalueres på. Evalueringerne skal ændres, således at de opmuntrer den studerende til at beskæftige sig med egen læring/læreprocesser og derigennem give feedback til underviserne om undervisningens effektivitet.⁸

Project 2061

Project 2061 blev i 1996 af OECD bedømt som "single most visible attempt at science education reform in American history".

Project 2061, som er et K-12-projekt, har rødder helt tilbage i en rapport udgivet i 1983 af the National Commission on Excellence in Education med den alarmerende titel *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform*. Rapporten kom som et svar på, hvorfor USAs økonomi var så dårlig, og hvorfor så få søgte uddannelser inden for de naturvidenskabelige, teknologiske og matematiske områder. Uddannelser inden for disse områder bliver traditionelt anset for at danne grundlaget for en god økonomi. I rapporten blev problemer i økonomien og manglen på ingeniører kædet sammen med problemer i undervisningssystemet. Kommissionen advarede mod en national krise i USAs undervisningssystem og opfordrede indtrængende til en reformering af hele systemet. Dets faldende standard blev anset for at være hovedårsagen til, at USAs førerposition inden for handel, industri og teknologiudvikling var blevet overtaget af andre nationer rundt omkring i verden. Rapporten gik så langt som til at sammenligne situationen med en krigstilstand. Hvis en fremmed magt havde forsøgt at påføre USA dets elendige undervisningssystem, ville det have betydet krig. Nu var der ingen fjende at give skylden, så USA måtte erkende, at nationen havde gennemført en ensidig nedrustning inden for undervisning.

Kommissionens bekymring rakte imidlertid videre end til den kendsgerning, at japanerne lavede bedre biler, koreanerne bedre stål og tyskerne bedre værktøjsmaskiner end USA. Den drejede sig også om, hvorvidt den enkelte amerikaner ville være i stand til at leve et me-

ningsfuldt liv i fremtidens samfund, og om overhovedet at kunne være med til at styre landet. Uden en høj standard inden for undervisningssystemet ville fremtidens amerikanere ikke kunne udnytte de mange muligheder, udviklingen ville skabe, og de ville heller ikke være i stand til på demokratisk vis at komme til en fælles forståelse af og finde fælles løsninger på de mange samfundsmæssige problemer af voksende kompleksitet, som udviklingen også ville skabe. Det er skolens opgave og ansvar at give grundlaget for livslang læring. Som en direkte følge af *A Nation at Risk* tog the American Association for the Advancement of Science initiativ til at påbegynde et omfattende og langsigtet reformprojekt, som skulle reformere læseplan og undervisning i science, matematik og teknologi. Reformprojektet blev døbt "Project 2061". Se appendiks A.

Beyond 2000

Den engelske rapport *Beyond 2000* er udgivet i 1998 og er resultatet af en række seminarer afholdt af the Nuffield Foundation. Anledningen til seminarerne var en voksende bekymring i de foregående tyve år blandt lærere og andre med interesse for naturvidenskab og undervisning for, om undervisningen i naturvidenskab i mål og indhold i folkeskolen var i overensstemmelse med den virkelighed, børn og unge lever i. Formålet med seminarerne var at diskutere og overveje, hvordan undervisningen i naturfaglige emner kan forberede unge mennesker til et liv i det næste århundrede. Rapporten ser et klart misforhold mellem indhold og form i den nuværende undervisning og behov og interesser hos unge mennesker, der engang skal blive fremtidens samfundsborgere. Se appendiks A.

Danmark og den internationale udvikling

I en dansk undersøgelse af de internationale tendenser skriver Dansk Industri⁹: "Danmark har i modsætning til Finland, Holland og Sverige ikke iværksat et samlet program for udvikling og fremme af interessen for natur og teknik. Man har i Danmark iværksat en række enkeltstående initiativer, der retter sig mod alle niveauer i uddannelsessystemet. Den samlede offentlige indsats virker mere fragmenteret og mindre koordineret end indsatsen i lande som Tyskland, Holland og Sverige....selv om Danmark ikke har iværksat et samlet program for natur og teknik - som vi har set i de helhedsorienterede indsats i eksempelvis Finland og Holland - har der dog været tiltag til større tværgående indsats i form af forsknings- og udviklingsprojekter."

"Styrken ved de nationale programmer synes at være en helhedsorienteret fokus, koordinering og vidensdeling. Samtidig imødekommer den helhedsorienterede indsats problemer med udvikling af undervisningen på alle niveauer."

”Analysen rejser spørgsmålet om behov for en central vidensopsamling, koordinering og ressourcefordeling i den danske indsats for at sikre den bedst mulige anvendelse af ressourcerne, og for at sikre, at de forskellige initiativer understøtter hinanden og deler erfaringer. Den helhedsorienterede indsats skal inddrage såvel horisontale som vertikale sammenhænge - mellem fag, som kan understøtte hinanden, og mellem niveauer, således at overgange kan lattes.”

”Undersøgelsens kilder i Danmark og i de lande, der gennemfører sammenhængende programmer, pointerer, at netop en helhedsorienteret og koordineret indsats med fokus og vægt på alle niveauer og sammenhænge imellem dem er af afgørende betydning for, om indsatsen har en positiv effekt”.

Et komplekst mønster

Der er store forskelle landene imellem, senest dokumenteret i EU's *Innovationsresultattavle for 2001*¹⁰. Den viser, at Danmark ligger i top, hvad angår studerende med en postgymnasial uddannelse (26%, EU-gennemsnit 21%). Derimod ligger Danmark helt i bund, hvad angår nye akademisk uddannede i naturvidenskab og teknik (5%, EU-gennemsnit 10%). Nationale undersøgelser, f.eks. *Hvor gik de hen?*¹¹ viser godt en fordobling i produktion af matematik-fysik-kemikandidater (MFK) over perioden 1985-2000.

Der er ingen arbejdsløshed i MFK-fagene, men der er store forandringer i arbejdsmarkedstilknytning. Hvor de naturvidenskabeligt trænede kandidater traditionelt gik i gymnasiet (~50% i perioden 71-85, mod ~15% i perioden 85-99, med kun 10% i perioden 95-99), går nu flere ind i erhvervslivet eller fortsætter inden for forskning. Dette afspejler et voksende og ændret arbejdsmarked for naturvidenskabelige kandidater.

Dansk Industri har gennemført en undersøgelse af ”*Kompetencebehov under forandring i den globale videnbaserede industri* med særlig fokus på medarbejdere med en videregående naturvidenskabelig og teknisk videnskabelig uddannelse”¹².

Undersøgelsen er baseret på tre højteknologiske brancher:

- ✓ Bioteknologi (eksemplificeret ved medicinalvirksomheder)
- ✓ IT- og kommunikationsteknologi (eksemplificeret ved fx optiske fibre og mobiltelefoni)
- ✓ Produktionsteknologi (eksemplificeret ved virksomheder, der udvikler og producerer maskiner og udstyr samt yder service herpå)

Dansk Industri forstår kompetence som viden og færdigheder, der sætter en person i stand til at formulere, vurdere og løse en given problemstilling. Undersøgelsen dokumenterer, at *disciplin- og problem-*

forståelse, der er det samlede udtryk for teknisk-naturvidenskabelige kompetencer, er af vital betydning. Mere præcist er det evnen til at kombinere de faglige discipliner med en problemforståelse, der er afgørende for virksomhederne. Undersøgelsen peger derudover på den store betydning af *relationsforståelse*, som vedrører evnen til at bringe den faglige disciplin- og problemforståelse i spil i forhold til kolleger og i forhold til eksterne samarbejdspartnere. *Omverdensforståelse*, forstået som samfunds- og erhvervsmæssig forståelse, har virksomhederne ikke forventning om at kandidaterne besidder. Der udtrykkes ligefrem bekymring for at uddannelser, der kombinerer tekniske og merkantile fag, vil svække evnen til at arbejde med teknologiske udviklingsprojekter.

Væksten i det private arbejdsmarked for naturvidenskabelige kandidater afspejles i de studerendes valg af studier. De fravælger de traditionelle discipliner, der fører frem mod en videnskabelig karriere, til fordel for professionsrettede uddannelser, der kan give dem en tilknytning til et bredere arbejdsmarked. I dette arbejdsmarked stilles der nye krav til kompetencer, som belyst i DI's undersøgelse, men vigtigst af alt, samfundet stilles over for ønsket om at uddanne flere med en naturvidenskabelig eller teknisk indsigt.

I USA er væksten inden for områder som *life science* (biomedicin, bioteknologi, bioinformatik, ...) mange gange større end inden for de traditionelle naturvidenskabelige fag som fysik og kemi. Disse tendenser kan aflæses i forskningsbevillinger, men de kan endnu tydeligere aflæses i de studievalg, som de studerende gør¹³. Over de sidste 10 år er optaget i fysik på *undergraduate*-niveau faldende, ingeniørvidenskaberne stort set uforandret, *computer engineering* næsten fordoblet og *life science* fordoblet. Den samlede procentdel af studerende, der vælger naturvidenskab og teknologi på college-niveau (undergraduate) er - konstant over de sidste 30 år - ca. 30-35%. De amerikanske tal viser forskydninger imellem de klassiske discipliner, med en bevægelse mod *life sciences*.

Derfor står de klassiske fag fysik og kemi over for en vanskelig udfordring i alle lande, også i Danmark. Internt er der problemer med manglende elevinteresse, stort frafald, fravær af fagdidaktiske metoder og nedslidte klasserum. Ligesom forhold omkring den manglende prestige ved at være naturfagslærer, et krævende pensum og utilstrækkelig faglig og fagdidaktisk efteruddannelse, sætter de fysiske og kemiske fag under pres.

Teknologiens store betydning for samfundsudviklingen skaber stigende efterspørgsel efter naturvidenskabelige kompetencer, en efterspørgsel som uddannelsessystemet ikke for tiden kan imødekomme.

Fra pensum til kompetencebeskrivelser

Det, eleverne skal lære for at opfylde de fastsatte formål med fysik- og kemiundervisningen, kan formuleres på mange måder. Man har traditionelt måttet tage hensyn både til almindennende formål og – især på de højere klassetrin – til studie- og erhvervsforberedende formål og har i overensstemmelse hermed stillet krav om udvikling af visse holdninger og tilegnelse af en viden og nogle færdigheder. Især de sidste krav har altovervejende været formuleret som beherskelse af et bestemt pensum, dvs. et givet indhold som eleverne skulle kunne. Arbejdet med at lære dette pensum skulle så tillige give den ønskede dannelse. Problemet med en pensumbeskrivelse har imidlertid været en uforholdsmæssig stor vægtning af et veldefineret fagligt indhold. Undervisningen i et sådant pensum kunne derfor let størkne i en ritualiseret reproduktion af historiske sandheder. Dette er ikke fremmende for elevernes engagement og faglige udvikling. Dertil kommer, at pensum har været med til at cementere fagene som isolerede discipliner.

Kernepensum har været dominerende i flere generationer. Kursen skal nu lægges om og kompetencer sættes i højsædet.

Der er en voksende erkendelse, af at de traditionelle uddannelser giver utilstrækkelige kvalifikationer i et dynamisk, globalt videnssamfund med hastig fremvækst af nye sektorer. Foruden specifik viden er der et behov for at vægte og lære mere generelle færdigheder. Det betyder, at ritualiseringen af pensum bliver sat under pres til fordel for øget fokus på elevens indlæringsparathed, samt at det bliver mere naturligt for eleven at tænke på tværs af traditionelle faggrænser. En forudsætning herfor vil være forandringsparathed hos både lærere og elever.

Samtidig er der efterhånden opsamlet viden som viser at uddannelses-systemet ikke giver et læringsmæssigt udbytte som står mål med indsatsen. Elever kan i dagens skole – og studenter kan i de videregående uddannelser - lære at genfortælle pensum uden dybere forståelse af grundlæggende begreber og faglige sammenhænge. De kan lære at begå sig i skolens verden, men er dårlige til at overføre det, de har lært, til skoleeksterne forhold.

Der er et liv uden for skolen og uddannelserne. Naturvidenskabelige kompetencer er vigtige og de skal engageret indgå i den demokratiske proces.

En fremtidssikret uddannelse skal opprioritere evnen til selvstændig læring af brugbar viden, og arbejdsgruppen anser en formulering af kravene i kompetencetermer som en vej hertil. Vi opfatter kompetencer som mere handlingsfokuserede end kvalifikationer. At besidde en kompetence er at have et potentiale til at handle hensigtsmæssigt i forhold til givne udfordringer, og kompetencer evalueres i overensstemmelse hermed i relevante praksissammenhænge. Kernen i en kompetence er indsigt-baseret handleberedthed¹⁴, hvor handlinger kan være både fysiske, ad-

færds-mæssige – herunder sproglige – og mentale. Dertil kommer det almindelige aspekt i kompetencer, som spiller en vigtig rolle i den samfundsmæssige udvikling.

Det er imidlertid vigtigt at påpege, at uddannelse i fysik og kemi ikke kun er et spørgsmål om handlinger og viden. Dannelsesaspektet skal inddrages i en kompetencebeskrivelse enten som en del af kompetencespektret eller gennem supplerende målformuleringer.

En ændret formålsformulering kan naturligvis ikke i sig selv rette op på et uddannelsessystems historisk ophobede svagheder, men en sådan nyformulering kan være en markering af nødvendigheden af at gå nye veje og en løftestang for nødvendige forandringer. Arbejdsgruppen ser således en kompetencebeskrivelse af fysik og kemi som en tilpasning af uddannelserne til et samfund under hurtig forandring, baseret på en øget læringsmæssig erkendelse og med vægt på evnen til at kunne anvende de opnåede indsigter.

Naturvidenskab som almindelse

Almene kompetencer drejer sig om en række *personlige egenskaber* såsom initiativ, fleksibilitet, selvtillid mm., kombineret med evnen til at kunne indgå i *sociale sammenhænge*, fx formuleret som samarbejdsevne, ansvarlighed, demokratisk indsigt mm., og *videnskabelige aspekter*, såsom læringsevne, analytisk evne o.l. Naturvidenskabelige kompetencer er en del af de almene kompetencer. Den overordnede hensigt med undervisningen i naturfagene er at få indsigt i, hvordan naturen fungerer. Arbejdsgruppen vil tage udgangspunkt i *Beyond 2000*¹⁵ og fastlægge følgende mål for en almindende undervisning i naturfag og teknologi:

- Forstå hvordan viden skabes inden for de naturvidenskabelige fag.
- Forstå styrke og begrænsninger i naturvidenskabelige beviser og kendsgerninger.
- Opnå indsigt i den rolle, naturvidenskab og teknologi spiller som elementer i udviklingen af vores kultur og vores velfærdssamfund
- Kunne vurdere risici og erkende etiske og moralske spørgsmål i forbindelse med de handlemuligheder, naturvidenskab og teknologi tilbyder.

Det er desuden klart, at det hører med til naturvidenskabelig almindelse at forstå naturvidenskabens forhold til sprog og kommunikation. Naturvidenskabsfolk udtrykker sig i rigt mål ved hjælp af tale og skrift, både i deres interne diskussioner og når de henvender sig til omverdenen.

Først og fremmest hører det med til naturvidenskabelig almindendannelse at have indsigt i, hvordan naturen fungerer ifølge videnskaben. Et minimumskrav kunne være, at eleverne skal have kendskab til nogle ”store historier”, fx kosmologien (oprindelse, tid, udvikling, energi, materie), naturen (partikler, kræfter, bindinger, stråling, lys, lyd, varme, kredsløb), livet (celler, sansning, reproduktion, sygdom), samfundet (teknologi, miljø, sundhed). Hvordan og med hvilken vægt det bør indgå på de forskellige undervisningstrin, kan kun fastlægges gennem et omfattende curriculumprojekt, hvor man starter med at fastlægge slutmålet og indlægger en didaktisk-pædagogisk motiveret progression gennem hele skoleforløbet.

Eksempel: Videnskaben har ikke altid et klart svar: Er elektromagnetiske felter skadelige?

Indhold: Debatten om sammenhængen mellem kræft og felter fra højspændingsledninger har nu stået på i over 30 år - og er blevet aktualiseret med den udbredte brug af mobiltelefoner. Der er stadig ikke noget klart svar: Er det farligt eller ej? Og i bekræftende fald, hvor farligt? Og hvem siger hvad i debatten?

Pointer: Visse typer af videnskabelig viden kan man betragte som sikker (Newtons 2. lov, loven om energibevarelse etc). I andre situationer er man ude for at skulle tolke måleresultater, som ikke er dækket af sikre teorier, eller som er underlagt en mængde støj. Desuden er der i risikovurdering involveret antagelser om sandsynlighed og tilfældighed. I sådanne tilfælde kan man ikke give et skarpt svar. (Men deraf kan man ikke konkludere, at Maxwells love ikke gælder).

I en almindendannende undervisning må der også lægges vægt på, at eleverne bliver fortrolige med sproget som et redskab til at afklare og præcisere naturvidenskabelige problemstillinger og med sproget som et middel til at viderebringe indsigt og information. Ligeledes er det vigtigt, at de forstår, hvorledes naturvidenskaben anvender sit særlige sprog – matematikken. Derfor må eleverne i ungdomsuddannelserne have indsigt i de fordele, det giver at kunne kommunikere præcist ved hjælp af formler, grafer og tal. De skal kunne afkode og anvende simple formler; de skal kunne forstå anvendelsen og opbygningen af matematiske modeller; og de skal gennem praksis lære, hvorledes det almindelige og det matematiske sprog supplerer hinanden, og hvilke begrænsninger de to sprogformer er underlagt.

Specifikke kompetencekrav i fysik og kemi skal ses i sammenhæng med og indlejres i de ovennævnte mere almene kompetencer. De må være baseret på en analyse af de aktiviteter, man vil anse for værende centrale i de respektive fag. Inden for fysik og kemi, f/k, drejer det sig om, at eleverne og de studerende på relevante niveauer skal kunne¹⁶:

• **Udøve f/k-faglig tankegang**

- stille relevante spørgsmål i faget
- anvende f/k-begreber og forstå deres forankring i centrale fænomener

• **Ræsonnere f/k-fagligt**

- anvende bogstavsymboler og formelsprog og regne med enheder
- løse åbne og lukkede problemer inden for f/k

• **Planlægge, udføre og beskrive f/k-eksperimenter**

- anvende laboratorieudstyr
- vurdere måleresultatets pålidelighed og undersøgelsesmetodens hensigtsmæssighed
- have forståelse for sammenhængen mellem teori og eksperiment

- **Opbygge og analysere modeller**
 - formulere et f/k-fagligt problem og gøre det tilgængeligt for en undersøgelse
 - udvælge relevante variable og udlede deres betydning for problemet
 - tolke resultaterne og opstille en model, der beskriver problemet
 - afprøve og validere modellen
- **Arbejde med forskellige repræsentationer af f/k-fænomener**
 - kende til forskellige repræsentationer af f/k-fænomener
 - kende de forskellige repræsentationers styrker og svagheder og kunne skifte imellem dem
- **Kommunikere i, med og om f/k**
 - søge og anvende information om f/k-størrelser og fænomener fra tabelværker, databaser o.l.
 - udtrykke sig med tilstrækkelig faglig præcision i et f/k-fagligt sprog
 - samarbejde med andre i løsning af praktiske og teoretiske f/k-problemer
- **Kritisk kunne vurdere f/k's arbejde og resultater**
 - reflektere over f/k's egnethed til og begrænsning ved arbejde med forskellige typer problemstillinger
 - tage stilling til pålideligheden af udsagn, som indeholder f/k-viden i almindelige informationskilder (aviser, medier osv.)
 - kende handlemuligheder for sig selv og for samfundet i tilfælde, hvor f/k beskæftiger sig med aktuelle samfundsmæssige problemer som fx miljøproblemer
- **Kunne se og anvende f/k i relation til sig selv**
 - relatere sig selv til f/k's beskrivelse af omverdenen
 - vurdere f/k's værdinormer og vidensideal i relation til andre vidensformer og værdinormer
- **Kende f/k's relationer til andre fag**
- **Kende f/k's særlige karakter som disciplin og erkendelsesmåde**
- **Kende f/k's historiske udvikling**

Oversigten anses ikke for endelig, hverken i sit valg af kompetencer eller i deres beskrivelsesgrad. Formålet er primært at vise hvorledes det er muligt at beskrive de fagspecifikke krav i overordnede handlingstermer uafhængigt af de konkrete faglige discipliner (som fx Ohms love, elektromagnetisme, kemiske bindinger el.lign.). De skal dels tilpasses det enkelte fag og dels udfoldes med en detaljeringsgrad, som muliggør evaluering uden at blive en uendelig ophobning af krav. Dette vil kræve et omfattende curriculumarbejde.

At forpligte lærerne på, at eleverne skal kunne tilegne sig kompetencer som de ovenstående, vil givetvis ikke kunne undgå at medføre grundlæggende ændringer i undervisningens form og indhold. Til gengæld giver en kompetencebeskrivelse større frihed for lærere og elever i valg af indhold. Det er en frihed, som forudsætter, at kompetencerne kan evalueres.

Almene krav til almindennende undervisning

En almindennende undervisning kræver et fag, der opleves som relevant af eleverne, dvs. har deres interesse og - i en nærmere defineret udstrækning - kan forstås af alle. Den nuværende undervisning i fysik og kemi opfylder ikke kravet om almindennelse, når alle nyere undersøgelser viser, at en stor del af eleverne finder faget uvedkommende og utilgængeligt. Desuden kan man diskutere, hvor stort almindennende indhold fagene faktisk har i de tilfælde, hvor det lykkes for eleven at beherske dem som abstrakte og formaliserede vidensområder.

En undervisning, der opleves som relevant af alle, må tage udgangspunkt i problemer, der kan deles af alle, også af elever som ikke har særlige evner eller en særlig interesse for naturfagene. I gymnasiet vil det være nødvendigt at løse bekendtgørelsens snærende kerneområder, fremme fagdidaktisk udvikling og styrke den tværfaglige undervisning. Her tænkes både på undervisning som indeholder stærke elementer af videnskabs- og teknologihistorie, og på undervisning,

Undervisningen skal inddrage videnskabs- og teknologihistorie og bygge på sammenhængen i de naturvidenskabelige fag.

der er tværfaglig mellem de forskellige naturvidenskabelige fag. De førstnævnte vil især styrke elevernes evne til at se naturvidenskaberne i en samfundsmæssig sammenhæng, mens projekter på tværs af de naturvidenskabelige fag må forventes at fremme elevernes evne til at se naturvi-

denskaben i relation til dem selv og deres hverdag. Det er arbejdsgruppens overbevisning, at tiltag i den retning vil gøre undervisningen mere vedkommende for de mange, men også, at de bedste elever vil blive endnu bedre. Tilsvarende overvejelser gælder for de tertiære uddannelser.

En mulig opgave for SNUF vil være at støtte en udvikling mod den slags initiativer. Dels kan SNUF vælge at opsøge og synliggøre eksisterende gode initiativer og støtte, at disse formidles videre ud. Dels kan SNUF starte en udvikling af nye projekter. SNUF kan således vælge selv at opsøge gode gymnasielærere og hente ressourcer fra universiteterne og føre disse sammen. Denne proces kan startes med det samme og kan forventes at give en positiv effekt i løbet af få år. Konkret kunne man forestille sig at der oprettes web-baseret undervisningsmateriale, hvor der både er baggrundsmateriale for eleverne og forslag til undervisningen, som indeholder en kompetenceanalyse og konkrete forslag til forsøg og forløb, som evt. kan inddrages. En sådan web-baseret projektdatabase ville også kunne opdateres med erfaringer fra klasser, der har været forløbene igennem. For at illustrere hvilke slags initiativer, der kunne sættes i gang er der i Appendiks B givet eksempler på almindennende projekter. Hensigten er på kort sigt at give elever og lærer en vifte af mulige projekter at vælge imellem.

Om fælles naturvidenskabelige kompetencer

Det er arbejdsgruppens opfattelse, at en række kompetencer er fælles for de naturvidenskabelige fag. Fysik og kemi har grundlæggende fælles træk, der betyder, at der vil være et betydeligt overlap mellem de to fags kompetencekrav. Hertil kommer evnen til at formulere sig mundligt og skriftligt i et klart og tydeligt sprog.

Dette giver mulighed for - fra og med folkeskolens afgangsklasser - at sammentænke en undervisning i disse fag med en vis fælles kerne, fx som fælles kurser i eller introduktioner til laboratoriepraksis, regnefærdighed, måleteknik, skriftlig fremstilling o.l. Sådanne kursusforløb vil kunne effektivisere undervisningen og give eleverne en oplevelse af sammenhæng mellem de naturvidenskabelige discipliner samt betydningen af at mestre fag, der i deres udgangspunkt er humanistiske, nemlig sprog. For lærerne vil udgangspunktet være en større frihed til at vælge undervisningsformer og sammen med kolleger eksempelvis udarbejde rammepensa med temaer, der skal lægges særligt vægt på i det givne skoleår.

Lærerkvalifikationer & fagdidaktisk-faglig partnerskab

Danmarks Lærerforening: "Faglige, pædagogiske og menneskelige kvalifikationer er forudsætninger for lærerprofessionens nøglerolle i skole- og samfundsudviklingen. Læreren må kende sine fag med en indsigt og viden, der rækker ud over skolefagernes indhold, og som gør det muligt at se fagene i sammenhæng med andre fag. Lærerne skal kunne planlægge, gennemføre og evaluere en engageret undervisning, der lever op til folkeskolens formål og rummer udfordringer for alle elever. Initiativ, kreativitet, samarbejdsevne og evne til omstilling er menneskelige kvalifikationer, som læreren må besidde og udvikle for at kunne løse de opgaver, som professionen kræver.

Lærerne skal i fællesskab kunne varetage alle undervisningsopgaver og øvrige lærerfunktioner i skolen. Uddannelsen for den enkelte lærer må tilgodeses dette krav."

Det er vanskeligt at blive uenige om behovet for excellente lærerkvalifikationer, og der kan ikke indgås politiske forlig på uddannelsesområdet uden at lærerkvalifikationer bliver fremhævet. For folkeskolen udtrykker Danmarks Lærerforening præcist kravene til lærerene (se boks). Der er tale om krav til en mangfoldighed af lærerkvalifikationer for at kunne leve op til samfundets store forventninger til folkeskolens faglige niveau. Den internationale udvikling fokuserer på en sammenhængende kæde af kompetencer, der skal beherskes, lige fra børnehaven til de tertiære uddannelser.

Der har været fokus på lærerkompetencer, særligt inden for sprogfag og de populære IKT-fag. Der har været mindre fokus på det faglige og det fagdidaktiske inden for natur/teknik og fysik/kemi

fagene. Folkeskolen har haft mere fokus på almene didaktiske metoder, medens gymnasiet og de tertiære uddannelser har haft mere fokus på de klassiske kernefaglige elementer. Overgangsproblemerne mellem de forskellige led i uddannelsessystemet kan derfor ikke overraske.

Udviklingen har været karakteriseret af en manglende integration mellem det samlede uddannelsesforløb fra folkeskolen til universiteterne og tilsvarende vedrørende uddannelserne til lærere i naturvidenskab ved seminarier og på universiteterne.¹⁷ Der er iværksat mange initiativer til forbedring af teknik og naturvidenskabs rolle i uddannelsessystemet¹⁸. Disse mange initiativer retter sig mod skoler, gymnasier og universiteter. Dette er en helt nødvendig, men ikke tilstrækkelig indsats. Den helt afgørende faktor er uddannelsen af lærere i teknik og naturvidenskab. Naturvidenskabelig læring forudsætter dygtige lærere, som med fagligt overskud og med fagdidaktisk indsigt kan lede eleverne og de studerende gennem vanskelig terræn.

På seminarier skal de naturvidenskabeligt faglige elementer og specifikke fagdidaktiske temaer styrkes i uddannelser, der sigter mod en lærergerning med speciale i de naturvidenskabelige fag. Tilsvarende skal de nuværende forsøg med lærerbachelor ved universiteterne ændres til reelt selvstændige kompetencegivende studieforløb.

Samarbejdet mellem folkeskolen og gymnasiet gøres muligt gennem turnusordninger, hvor folkeskolens lærere i fysik/kemi har mulighed for at "følge med" et år op i uddannelseskæden og tilsvarende at gymnasielærerne har mulighed for at "hente" afgangseleverne. På den måde kan der etableres en respekt uddannelsestrinnene imellem, og der bygges bro mellem undervisningskulturerne i folkeskolen og i gymnasiet.

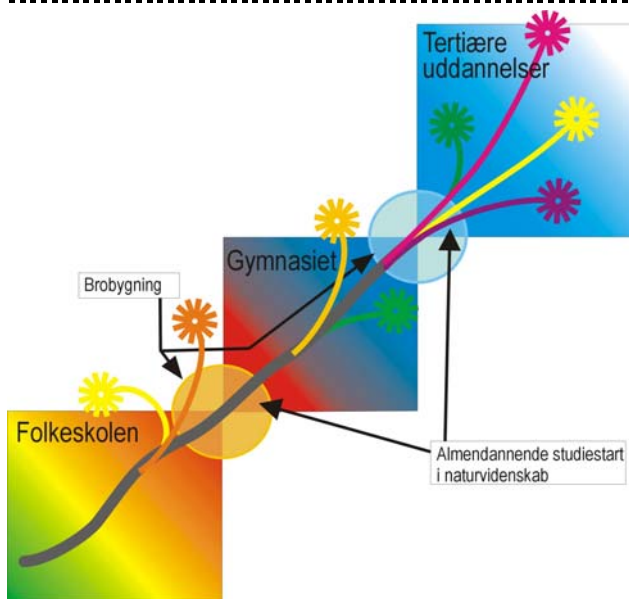
Læreruddannelserne i naturvidenskabelige fag på seminarier og universiteter skal vitaliseres gennem ligelig fokus på faglige og fagdidaktiske temaer. Overgangsproblemer skal reduceres gennem øget samarbejde mellem de forskellige led i uddannelsessystemet.

Uddannelserne til gymnasielærer skal etableres som egentlige uddannelser parallelt med de kandidatuddannelser, der sigter mod en forskningsmæssig karriere i universiteter eller i erhvervslivet. Disse moderniserede videregående læreruddannelser skal stå på to stærke og jævnbrydige ben, et fagligt og et fagdidaktisk. Der skal være

mulighed for at gennemføre lærerbacheloruddannelser med afslutning efter 4 år og med mulighed for at undervise i folkeskolens sidste år og på den alment dannende grunddel i gymnasiet. Suppleres med en kandidatuddannelse med speciale i faglige/fagdidaktiske temaer, åbnes der for undervisning på gymnasiets specialiseringsdel samt på de tertiære uddannelsers indslusningstrin. Det forudsættes, at de tertiære uddannelser også udvikler en stærk fagdidaktisk kultur.

Det gennemgående tema skal være faglig dygtighed, heri inkluderet en fagdidaktisk viden, der skal være ligestillet den faglige viden. Det vil være en væsentlig opgave for SNUF at iværksætte ambitiøse forsknings- og udviklingsprogrammer, der kan opsamle den nationale og internationale fagdidaktiske viden, disseminere den og derigennem opbygge en national kompetencebasis, som direkte kan medvirke til at styrke læreruddannelserne på seminarier og universiteter.

Bedre sammenhæng



Der er over en årrække blevet peget på problemer vedrørende de naturvidenskabelige fag på de almen-gymnasiale uddannelser. Overgangen fra folkeskolen til gymnasium anses for særligt hård i de naturvidenskabelige fag. Det er især mødet med det formelle videnskabelige sprog og den store mængde skriftligt arbejde, der volder problemer.

Hertil kommer, at det på grund af elevernes meget forskellige til- og fravalg allerede efter 1.g er svært at etablere stærke faglige fællesskaber omkring matematik og de naturvidenskabelige fag. Fag som fysik og kemi må udfoldes meget forskelligt alt efter elevernes matematiske kundskaber og interesser. Er de forskellige, må undervisningen tilrettelægges efter laveste fællesnævner.

På den måde går synergieffekterne mellem matematik og fysik/kemifagene tabt og meget frustration og negativ holdning til fagene er skabt.

Faglig sammenhæng i gymnasiet

Inden for mange fælles emneområder kan fagene gensidigt berige og belyse hinanden. Mange af nutidens mest interessante problemstillinger er netop af sådan tværnaturvidenskabelig og etisk karakter. Som eksempler kan nævnes bioteknologi, informationsteknologi og materialeteknologi, der alle er områder, der må angribes med anvendelse af både biologisk, kemisk, fysisk og matematisk indsigt. Hvis undervisningen i de naturvidenskabelige fag skal gøres nutidig, må der derfor åbnes for langt bedre mulighed for undervisning på tværs af fagene.

Valggymnasiet blev indført i 1987/88 som afløser for et grengymnasium, der af mange oplevedes som for stift. Valggymnasiet skulle give eleverne mulighed for at sammensætte individuelle forløb bestemt af deres faglige interesser og styrker, men det har imidlertid en svaghed i forhold til at etablere stærke faglige fællesskaber, hvor elevernes kundskaber og interesser vedrørende et fælles interessefelt kan udfolde sig. Arbejdsgruppen foreslår derfor en ny model for de gymnasiale uddannelser, der trækker på de bedste sider af valg- og grengymnasiet, men samtidig giver bedre muligheder for at skabe faglige fællesskaber på tværs af de enkelte fag gennem hele gymnasieforløbet. Tilsvarende foreslår arbejdsgruppen, at der i de tertiære uddannelser udvikles introducerende studieføløb, der giver de studerende en god faglig introduktion til studierne.

Det anbefales at opdele gymnasiet i en almendannende grunddel og en specialiseringsdel, der skal være studieforberevende.

Arbejdsgruppen foreslår gymnasiet opdelt i en almendannende grunddel samt en studieforberevende specialiseringsdel, der for naturfagernes vedkommende giver en indførelse i den formelle og abstrakte tilgang til fagene. For det matematiske gymnasium foreslås et indledende integreret forløb i naturvidenskab og matematik, der gradvist udbygger elevernes evne til en formel videnskabelig behandling af naturen, og som samtidig viser samspillet mellem de naturvidenskabelige fag. Et sådant tværfagligt forløb vil involvere undervisere med kompetence i mange fag. Hermed opnås store muligheder for at differentiere undervisningen efter elevernes interesser og individuelle niveau. Efter den almendannende grunddel følger en studieforberevende overbygning, hvor eleverne vælger mellem en række specialiseringer. På de enkelte specialiseringer bør det tilstræbes at bevare almendannende elementer, som ligger uden for specialiseringskernen, men som understøtter og perspektiverer specialiseringen.

Den foreslåede model adskiller sig fra det nuværende valggymnasium ved at muliggøre et stabilt fagligt fællesskab af højt niveau. Den adskiller sig også fra tidligere modeller ved i langt højere grad at muliggøre tværfaglige tilgange til nutidige problemstillinger. Modellen er fleksibel i forhold til de meget forskellige krav, der stilles for elevernes videre uddannelse, og giver mulighed for mobilitet mellem de gymnasiale uddannelser. Således kan modellen give mulighed for skift mellem de forskellige gymnasiale uddannelser efter afsluttet almendannende grunddel, ligesom den studieforberevende del kan tilbydes til elever med afsluttet HF-eksamen. Det kan ligeledes være en mulighed at

Den studieforberevende del skal kunne tilbydes andre studerende.

åbne for at studerende kan stoppe uddannelsen efter det almendannende forløb med en kompetencegivende eksamen. De videregående uddannelser vil med denne model have mulighed for at stille forskellige adgangskrav, både ved at sætte indgangsniveauet ved enten den almene del eller det fulde forløb og ved som i dag at kunne stille niveaukrav inden for specifikke fagområder.

Overgange

En større grad af fleksibilitet er forudsætningen for at løse de problemer, der knytter sig til overgangene fra folkeskole til gymnasium og fra gymnasium til videregående uddannelser. Det indledende integrerede forløb i naturvidenskab og matematik i starten af den foreslåede gymnasie-models almendannende grunddel giver mulighed for en indførelse i naturvidenskabernes formelle sprog, der er gradvis og afpasset efter elevernes niveau, og som kan varieres efter deres interesser inden for naturvidenskabernes mange områder. På samme måde udgør overbygningsdelens mere fokuserede specialisering en trinvis

overgang til de videregående uddannelser ved at give eleverne mulighed for gradvist at kunne fokusere deres uddannelsesvalg.

Modellens fleksibilitet i forhold til at opfylde de meget varierede krav, som en bred vifte af aftageruddannelser sætter, forudsætter imidlertid også, at både korte, mellemlange og lange videregående uddannelser nøje overvejer, hvad de realistiske indgangsforudsætninger er for de enkelte uddannelser.

Faglig sammenhæng i de tertiære uddannelser

Uddannelsessystemet står over for en gevaldig strukturændringsopgave, hvis det skal kunne magte fremtidens krav om fleksible og tidssvarende tilbud til alle, som ønsker at få en videregående uddannelse. Selv meget forsigtige prognoser for uddannelsesdemografien i Europa fortæller, at andelen af bachelorstuderende i løbet af de næste 20 år hastigt vil nærme sig den andel, der i dag går i gymnasiet. Om denne enorme uddannelsesmæssige opgave bliver løst tilfredsstillende afhænger af en lang række beslutninger, som må tages inden for de nærmeste år.

Arbejdsgruppen er af den opfattelse, at en stor del af udfordringen må ligge hos universiteterne, der traditionelt har den største erfaring, og som har en naturlig interesse i at bevare deres position som hovedleverandør af højtuddannede kandidater og bachelorer i Danmark. Især er det dog afgørende, at ændringerne i de højere uddannelsesinstitutioner sker i form af en *koordineret* og *samlet* indsats, som inddrager alle relevante aktører, og som arbejder parallelt og samordnet med flere forskellige indsatsområder. Det drejer sig om løsning af overgangsproblemer mellem gymnasieskolen og de tertiære uddannelser, en generel forbedring af undervisningen og kulturen på de højere læreranstalter og en reorganisering af studiestrukturen på universiteterne.

Det anbefales, at der udvikles differentierede og fleksible indslusningssystemer til de tertiære uddannelser, for at øge rekrutteringsgrundlaget og sikre en bedre gennemførelse af uddannelserne.

For at sikre en bredere rekruttering og mere fleksibel overgang til de tertiære naturvidenskabelige uddannelser kræves, at der udvikles fornuftige indslusningssystemer, som kan opfange en større vifte af mennesker med anden baggrund end de matematiske og naturvidenskabelige linjefag i gymnasiet.

En model kunne være det svenske basisår¹⁹, som blev indført i Sverige i 1992/93 (se boks), og som kom stærkt fra start. Samtidig viser erfaringer med erhvervsuddannelser, at indførelsen af nye naturvidenskabelige og tekniske fag kan bidrage til øget konkurrence og tiltrække nye grupper af studerende (ref.9). IT-Højskolen i København

Det svenske basisår

Det teknisk/naturvidenskabelige basisår i Sverige startede i 92/93 med det formål at øge rekruttering for de naturvidenskabelige og tekniske tertiære uddannelser. Basisåret udbydes af universiteter og de teknisk-/naturvidenskabelige højskoler. Gennemførelse giver ret til en studieplads. Effekten af basisåret har været en markant øgning af antallet af studiestartere på de naturvidenskabelige uddannelser. Størst effekt havde basisåret på folkeskolelæreruddannelser i matematik og naturfag. Antallet af basisårsstudiepladser øgedes fra godt 1000 i 92/93 til 1530 i 93/94, og som særskilt uddannelsessætsning blev det anbefalet i 1995 at øge antallet af pladser med yderligere 1200 årligt. Omkring halvdelen af de studerende på basisår er kvinder og gennemsnitsalderen er 21 år. På de naturvidenskabelige og tekniske studier er andelen af kvinder blandt studiestarterne med basisår markant større (59%) end for studiestarterne som helhed (27%). Specielt blandt kvinder er andelen af unge, 19-20 årige, meget høj. Omkring 80% af de kvindelige basisårsstuderende er 21 år eller yngre, sammenlignet med godt 60% af mændene. Fire af fem kvinder har gået på samfundsvidenskabelig eller økonomisk linje i gymnasiet.

er et eksempel på, hvorledes studerende med en humanistisk og samfundsvidenskabelig baggrund også kan interesseres for fag med rod i naturvidenskaben.

Mange unge i dag ønsker en uddannelse, der giver en bred vifte af kompetencer. Imidlertid er der få uddannelser, der kombinerer naturvidenskabelige og humanistiske eller samfundsvidenskabelige elementer. Tilsvarende kræver løsningen af mange af nutidens problemer

Det anbefales, at der udvikles kombinationsuddannelser mellem naturvidenskab og humaniora/ samfundsfag i de tertiære uddannelser.

tværfaglige tilgange, der inddrager naturvidenskabelige, samfundsvidenskabelige og humanistiske elementer. Som eksempler kan nævnes miljø, informationsteknologi, eller sygdomsforebyggelse. Nogle få uddannelser er specielt tilrettelagt, så der både inddrages naturvidenskabelige og humanistiske eller samfundsvidenskabelige

elementer, som f.eks. uddannelsen i folkesundhedsvidenskab der blev oprettet i 1999.

Der er dog kun få uddannelser af denne slags, og mange studerende oplever derfor, at de ikke kan få tilfredsstillet både deres naturvidenskabelige og humanistiske eller samfundsvidenskabelige interesser. Mange af disse vælger den naturvidenskabelige interesse fra og vælger i stedet en humanistisk eller samfundsvidenskabelig uddannelse. Ved i højere grad at skabe muligheder for at kombinere naturvidenskabelige og humanistiske eller samfundsvidenskabelige studier kan disse unges naturvidenskabelige interesse fastholdes. Kombinationsuddannelser kan på den måde bidrage til, at naturvidenskabelige kompetencer udvikles blandt en større del af de uddannelsessøgende.

Det danske samfund har behov for naturvidenskabelige kompetencer blandt en bred del af arbejdsstyrken. Omvendt har samfundet også en forpligtelse til at sikre, at vigtige ressourcer ikke går tabt. Undersøgelser har vist, at kvinderne møder barrierer i forhold til forskerkarrierer inden for de naturvidenskabelige fag. Hermed går vigtigt forsknings-

potentiale tabt for det danske samfund. Tilsvarende er det ofte blevet påpeget, at etniske minoriteter med teknisk/naturvidenskabelig uddannelse kan have svært ved at få fodfæste på den danske arbejdsmarked. Også her går et vigtigt potentiale tabt for det danske samfund. Skal de ressourcer, der allerede findes, udnyttes optimalt, er det nødvendigt at fjerne sådanne barrierer.

Udenlandske erfaringer viser, at en bredt funderet kobling mellem de sekundære og tertiære uddannelsesniveauer bidrager positivt til at lette de studerendes overgang fra gymnasiet til de videregående uddannelser. Nyligt oprettede ”Centers for Teaching and Learning” i USA²⁰ og ”resursecentre” i Sverige²¹ har således til formål at styrke kontakten mellem gymnasier og universiteter og øge kvaliteten af universiteternes læreruddannelse inden for natur og teknik. Via gensidigt forpligtende partnerskaber mellem universitet og skoledistrikter skal centrene identificere fælles temaer og behov. Desuden har

National Science Foundation i USA oprettet en række implementeringscentre, kaldet ”Implementation / Dissemination Sites”, der har til formål at udbrede kendskabet til nyt undervisningsmateriale af høj kvalitet.

Det anbefales, at der skabes rammer for øget erfaringsudveksling mellem de primære, sekundære og tertiære uddannelsesinstitutioner fx i form af turnusordninger mellem lærere og praktikpladser mellem studerende.

Mange af overgangsproblemerne skyldes en mangel på relevant lærerkommunikation på tværs af institutionerne. Etableringen af netværk mellem lærere er således af stor betydning, hvis man vil mindske de studerendes oplevelse af fragmenterede, ufleksible og ukoordinerede uddannelser. Udvikling af turnusordninger for lærere og meritgivende praktikmoduler på alle uddannelsesniveauer kunne bidrage til en positiv udvikling for lærersamarbejde og undervisning samt bevirke en bedre udnyttelse af gensidige ressourcer.

Udvikling af undervisning og studiekultur

Ifølge en lang række undersøgelser, både nationale og internationale²², er der ud over sammenhængsproblemer og overgangsproblemer stort behov for at udvikle undervisningen og kulturen på de videregående uddannelser. For at mindske frafald og tiltrække nye studerende er det afgørende at implementere nye læringsmetoder og adækvate undervisningsfora samt at give større opmærksomhed til faglig vejledning og uformelle sociale aktiviteter. Flere videregående uddannelsesinstitutioner i Danmark er klare over den manglende udvikling på området og har sat en række initiativer²³ i gang for at komme med forslag til ændring af studiestruktur, studiemiljø og undervisningsformer og for at etablere meningsfulde samarbejdsprojekter mellem gymnasier og universiteter.²⁴

Som led i udviklingen af et stimulerende studiemiljø på de tertiære uddannelser er det vigtigt at se på muligheden for at øge brugen af

uformelle læringsmiljøer, så som sommerskoler, workshops, praktikophold og internationalisering. Ligeledes korrelerer en styrkelse af de sociale aktiviteter og af sekretariats- og tutorfunktioner stærkt positivt med følelsen af faglig sammenhæng og giver en øget gennemførelsesprocent.

Det anbefales, at de strukturelle forhindringer for øget brug af praktik og internationalisering afhjælpes ved styrkede netværksdannelser mellem lande og sektorer, og at de studerende understøttes af dertilhørende sekretariats- og vejledningsfunktioner.

Undervisning i de første år på de videregående uddannelser skal fortsat baseres på forskernes planlægning af kursernes indhold og omfang, men i højere grad udføres som et tværfagligt og tværinstitutionelt samarbejde mellem de studerende, forskere, gymnasielærere og fagdidaktikere. Netværksdannelser sigtende mod erfaringsudveksling og ressourcedeling kan afhjælpe mange studiestartvanskeligheder. På et senere tidspunkt i studieforløbet kunne det også tænkes, at undervisningen suppleres med projektarbejde i form af systematiserede vekseluddannelser med erhvervslivet, garanteret studieophold uden for universitetet eller praktikprogrammer, hvor de studerende deltager i meritgivende projektarbejder hos forskere eller undervisere, der fungerer som deres mentorer.²⁵

Det anbefales, at de studerende og de fagdidaktiske miljøer inddrages mere aktivt i planlægning og udformning af undervisningen, og at universiteternes studienævnstruktur moderniseres i takt med ændring af studierne.

I en koordineret og samlet indsats er det nødvendigt, at institutionerne redefinerer og belønner undervisning og didaktisk arbejde som værdifulde professionelle akademiske aktiviteter og sørger for, at arbejdet mellem uddannelsesni-

veauerne inddrager viden fra de studerende og de fagdidaktiske miljøer for at ændre de fysiske og organisatoriske rammer, som undervisningen foregår i. Undervisning i matematik og naturvidenskab med fokus på læring understøttes ikke af rammer, hvis struktur afspejler vægt på passiv læring.²⁶

En mere omfattende brug af sammenhængende blokundervisning og projektarbejder, hvor de studerende kan koncentrere sig om en eller nogle få relevante temaer ad gangen kræver ligeledes en ændring af evaluerings-, vejlednings- og undervisningsformer. Dette forudsætter en justering af pensum til fordel for en større grad af formidlingsrettet og anvendelsesorienteret tilegnelse af viden.²⁷

Det anbefales, at undervisningen i højere grad gør brug af aktive og kompetencefremmende læringsformer, og at disse går hånd i hånd med en ændring i evalueringsrutiner, vejledning og af undervisningsrummet.

Arbejdsgruppen ser dette som en positiv udvikling, lige som det ser positivt på at mindske brugen af envejsformidlende undervisningsformer i

forhold til en undervisning, der understøtter aktiv studenterudforskning, kommunikationsevner og peer-to-peer vekselvirkninger med lærere og/eller tutorer.

For at sikre en meningsfuld progression i uddannelsesforløbet og skabe fornemmelsen af sammenhæng med andre vidensområder vil det være væsentligt at benytte sig af studieforløb med plads til fordybelse og med fokus på tværfaglighed og samarbejdende kurser/lærere. Indholdsmæssig tværfaglighed med vægt på kompetence-

Det anbefales, at de tertiære uddannelsesinstitutioner formulerer en samlet strategi for udviklingen af studiemiljø, studiestruktur, undervisning og for udvikling af et øget samarbejde med andre aktører - internationalt og i lokalmiljøet.

fremmende undervisning er ikke nogen trivialitet. De forlanger en ekstra indsats fra både de studerende og lærere. Men når det lykkes, åbner det for en form for viden, som stikker dybere, og som er langt mere tilfredsstillende for alle parter.

For at skabe attraktive og ansete videregående uddannelser, skal ændringerne efter arbejdsgruppens opfattelse ske som en *samlet og koordineret indsats*. En uddannelsespolitik for de enkelte institutioner og fakulteter med specifikke målsætninger og pejlemærker kunne fremme forandringsprocessen betydeligt.²⁸

Nye ressourcer

Arbejdsgruppen noterer, at de foreslåede tiltag forudsætter en omprioritering af eksisterende ressourcer samt en betydelig tilførsel af nye ressourcer.

Sammenfatning

Samfundet og dets institutioner må tage ejerskab af og ansvar for etableringen af "naturvidenskabelig dannelse" (**science literacy, science for public understanding og science-for-all**).

De klassiske naturvidenskabelige fag fysik og kemi skal forankres stærkere i uddannelsessystemet. Naturvidenskabens interesser skal stå sammen om at forbedre den naturvidenskabelige undervisnings grundlæggende vilkår. En særlig indsats skal gøres for at forbedre de naturvidenskabelige uddannelser på alle niveauer for herigennem at sikre en naturvidenskabelig funderet dannelse. Det er en indsats, der skal gå ud over den nuværende klassiske formidling af naturvidenskab.

Naturvidenskaben er trængt i uddannelsessystemet og naturviden er ikke i høj kurs i skolen. Evalueringer, senest i *Fysik i skolen – skolen i fysik*²⁹ samt *PISA*³⁰ analysen peger på problemer, der kalder på handling og forandring. Naturvidenskab bliver ofte affejet med bemærkningen, at "*det er svært tilgængeligt*". Humanistiske og samfundsmæssige emner er også svært tilgængelige, men i modsætning til i naturvidenskaben forudsættes alle at have fortrolighed med disse. Undervisningen i naturvidenskaben skal stimulere til leg og nysgerrighed og gøre plads til fejl, fremfor at fremstå eksakt.

Med udgangspunkt i en **kompetencebeskrivelse** af de naturvidenskabelige uddannelser anbefales det at arbejde på at forbedre **undervisningens gennemførelse** gennem forbedrede **lærerkvalifikationer** på alle tre niveauer, herunder at intensivere videre- og efteruddannelse.

En formulering af det ønskede elevudbytte i kompetencetermer vil kunne stimulere til en undervisning, som udvikler et forståelsesbaseret handleberedskab. Uddannelserne til lærer i naturfagene skal kvalificere til en sådan undervisning. Der skal udvikles bedre undervisningsmateriale, skabes større fagdidaktisk indsigt og sammenhængen i uddannelsessystemet skal styrkes. Udgangspunktet skal være skoleforløb, hvor fremskridt bliver registreret for den enkelte elev/student af samfundet og dets institutioner.

Centralt for en implementering af forbedrede undervisningsmetoder og materialer står uddannelsen af lærere i naturfagene. Lærerne skal forstå at bygge bro mellem viden om naturen og naturvidenskabelig viden, således at eleverne hjælpes til at krydse kløften mellem hverdagsforestillingerne og det naturvidenskabelige verdensbillede. For-

Det anbefales, at undervisningen koordineres mellem de primære, sekundære og tertiære uddannelsesniveauer for at sikre **bedre institutionel sammenhæng**. Der skal udvikles metoder til evaluering af såvel undervisningen som materiale med fokus på "best practise".

udsætningen herfor er et styrket samarbejde mellem de tre forskellige områder, folkeskolen, ungdomsuddannelserne og de tertiære uddannelser.

Der skal være en tydelig arbejdsdeling mellem institutionerne baseret på et styrket samarbejde, således at de lette løsninger, "at eleverne/de studerende ikke har de nødvendige forudsætninger", afløses af en ansvarlig dialog imellem de forskel-

lige uddannelsesniveauer. Det forudsætter en mere tydelig fastlæggelse af studieforløb med hensyn til definition af kompetencer og kompetenceniveauer, der tager udgangspunkt i, (i) hvad eleven er i stand til at tilegne sig, og (ii) hvilke ønsker der stilles fra aftagerside i videste betydning. Forudsætningen herfor er bedre viden om samspillet mellem naturvidenskabelig metode og fagdidaktik.

Det anbefales, at der skabes **indholdsmæssig sammenhæng** mellem de fysisk og kemisk baserede fag og de øvrige fag for at bryde disse isolation i ungdomsuddannelserne og i skolen. Det anbefales, at der udvikles kombinationsuddannelser mellem naturvidenskab og humaniora/samfundsfag i de tertiære uddannelser.

Den klassiske opdeling i faglige discipliner er stadigvæk fremherskende, men med en stadig vigtigere interdisciplinær dimension. Biomedicin, molekylær biologi, bioinformatik og biofysik er eksempler på fronter, hvor ny viden skabes i et samspil mellem forskellige discipliner. Sammenvævningen af naturvidenskabelige og bredere samfundsmæssige temaer skal også afspejles bedre i uddannelsessystemet.

I USA støtter National Science Foundation³¹ uddannelsesforsøg og nyudvikling af uddannelserne efter opslag og åben konkurrence, ofte på tværs af de forskellige områder i uddannelsessystemet. Det gør de på helt samme måde, som de støtter spydspidsforskning. Der er behov

Uddannelsesinstitutionerne skal gives bedre redskaber til fornyelse. Det anbefales, at der oprettes et Statens Naturvidenskabelige Uddannelsesfond, SNUF, således at uddannelserne i naturfagene på alle tre uddannelsesområder får mulighed for at udvikle nye undervisningsmetoder og iværksætte spydspidsforsøg. En skærpet konkurrence om "at være bedst" eller udfolde visioner for uddannelse vil øge prestigen af området og tiltrække mennesker, der kan og vil gøre en forskel.

for i Danmark at etablere et samlende led, der kan koordinere og fremme nytænkning og forskning på det uddannelsesmæssige område bl.a. i et samspil mellem undervisere og forskere. Slaget skal vindes ude i de eksisterende institutioner og reformarbejdet skal drives decentralt med en stærk indbygget incitamentsstruktur. Det foreslås at oprette et Uddannelsesfond på tværs af de tre systemer. Fondet skal have til opgave at støtte udvikling af uddannelsesforsøg i naturvidenskab fra folkeskolen til de tertiære uddannelser. De almindelige naturvidenskabelige kompetencer skal ofres særlig opmærksomhed med ud-

gangspunkt i naturvidenskab-for-alle.

Kommissorium og arbejdsgruppe

Arbejdsgruppen skal notere, at de klassiske naturvidenskabelige fag fysik og kemi oplever en svækket tilgang på de gymnasiale uddannelser, og på universitetsniveau, at rekrutteringen til den traditionelle lærergerning i gymnasiet er truet, og at erhvervslivet i stadig højere grad efterspørger uddannede kandidater i fysik og kemi.

Arbejdsgruppe

Ove Poulsen,	NKT Research A/S (formand)
Hanne Andersen,	Københavns Universitet
Nils O. Andersen,	Københavns Universitet
Klaus Mølmer,	Aarhus Universitet
Birgit Schiøtt,	Aarhus Universitet (Århus Katedralskole)
Kirsten Paludan,	Aarhus Universitet
Eva Danielsen,	Kgl. Veterinære og Landbohøjskole
Birthe Skans,	VIKAS A/S
Jannik Johansen,	Frederiksberg Gymnasium
Mogens Falsig,	Falsig Møbler A/S (Holstebro Gymnasium)
Karl Anker Jørgensen,	Aarhus Universitet
Jens Dolin,	Syddansk Universitet
Tilforordnede	
Henry Nielsen,	Aarhus Universitet
Keld Nielsen,	Elmuseet, Bjerringbro
Sekretærer	
Jens Holbech,	Aarhus Universitet (Århus Statsgymnasium)
Robin Engelhardt,	Learning Lab Denmark
Karsten Rottwitt,	Københavns Universitet/DTU

Arbejdsgruppen skal derudover notere, at disse naturvidenskabelige fag af både studerende og af samfundet opfattes som vanskelige, samtidig med at disse fag på afgørende vis er med til at forme den fremtidige udvikling. Kompetencer inden for fysik og kemi er efterspurgte, uden at "kemien" mellem samfundets efterspørgsel og uddannelsessystemets udbud er tydeliggjort.

Arbejdsgruppen har til opgave at undersøge om fysik og kemi kan beskrives ved selvstændige faglige kompetencer og i givet fald at beskrive disse samt give eksempler på, hvorledes kompetencerne kan evalueres. Arbejdsgruppen har endvidere til opgave at belyse aftagerkrav til naturvidenskabelige kompetencer på bachelor- og kandidatuddannelserne særligt med henblik på fysik- og kemifagene.

Udenlandske erfaringer skal indgå i analysen.

Aftagerkrav skal bestå dels af interne krav til sammenhæng i uddannelsessystemet, dels af krav fra eksterne "kunder", herunder erhvervsliv, uddannelsesinstitutioner andre offentlige institutioner. Det alment samfundsmæssige perspektiv skal inddrages.

Med udgangspunkt i faglige og aftagerbestemte kompetencer skal arbejdsgruppen analysere behovet for fornyelse i de eksisterende uddannelser med særligt fokus på sammenhæng mellem de forskellige uddannelsesstrin. Arbejdsgruppen skal fremkomme med ideer og forslag til, hvordan kompetencerne kan indtænkes på fx de gymnasiale uddannelser og folkeskoleniveau.

Gruppen indleder sit arbejde i medio november 2001 og skal have afsluttet sit arbejde april 2002. Gruppen kan i nødvendigt omfang indhente data og analyser til brug for arbejdet. Gruppens arbejde afleveres i form af en rapport til Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling. Arbejdsgruppens formand forventes at stå til rådighed for efterfølgende høringer med interessenter og partshavere.

Appendiks A

Project 2061, som er et K-12-projekt, har rødder helt tilbage i en rapport udgivet i 1983 af the National Commission on Excellence in Education med den alarmerende titel *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform*. Rapporten kom som et svar på, hvorfor USAs økonomi var så dårlig, og hvorfor så få søgte uddannelser inden for de naturvidenskabelige, teknologiske og matematiske områder. Uddannelser inden for disse områder bliver traditionelt anset for at danne grundlaget for en god økonomi. I rapporten blev problemer i økonomien og manglen på ingeniører kædet sammen med problemer i undervisningssystemet. Kommissionen advarede mod en national krise i USAs undervisningssystem og opfordrede indtrængende til en reformering af hele systemet. Dets faldende standard blev anset for at være hovedårsagen til, at USAs førerposition inden for handel, industri og teknologiudvikling var blevet overtaget af andre nationer rundt omkring i verden. Rapporten gik så langt som til at sammenligne situationen med en krigstilstand. Hvis en fremmed magt havde forsøgt at påføre USA dets elendige undervisningssystem, ville det have betydet krig. Nu var der ingen fjende at give skylden, så USA måtte erkende, at nationen havde gennemført en ensidig nedrustning inden for undervisning.

Kommissionens bekymring rakte imidlertid videre end til den kendsgerning, at japanerne lavede bedre biler, koreanerne bedre stål og tyskerne bedre værktøjsmaskiner end USA. Den drejede sig også om, hvor vidt den enkelte amerikaner ville være i stand til at leve et meningsfuldt liv i fremtidens samfund, og om han overhovedet kunne være med til at styre landet. Uden en høj standard inden for undervisningssystemet ville fremtidens amerikanere ikke kunne udnytte de mange muligheder, udviklingen ville skabe, og de ville heller ikke være i stand til på demokratisk vis at komme til en fælles forståelse af og finde fælles løsninger på de mange samfundsmæssige problemer af voksende kompleksitet, som udviklingen også ville skabe. Det er skolens opgave og ansvar at give grundlaget for livslang læring.

Som en direkte følge af *A Nation at Risk* tog the American Association for the Advancement of Science (AAAS) i 1985 initiativ til et projekt, som skulle reformere læseplan og undervisning i naturvidenskab, matematik og teknologi. I et samfund præget af naturvidenskab og teknologi gav det anledning til bekymring i AAAS, at så mange amerikanere var uvidende inden for disse tre områder. Deres uvidenhed blev beskrevet som mangel på "science literacy".

AAAS nedsatte en projektgruppe, som i samarbejde med eksperter inden for naturvidenskab, teknologi, matematik, historie, sociologi, psykologi og undervisning fik som opgave at angive retningslinier for, hvordan den undervisning, børn og unge får i dag, kan skabe mening hos dem om, hvordan den verden, de lever i, fungerer, få dem til

at tænke kritisk og selvstændigt og leve et interessant, ansvarsbevidst og produktivt liv i en kultur, som i stigende grad formes af naturvidenskab og teknologi. Med andre ord var gruppens opgave at bestemme, hvad næste generation af amerikanere skulle vide og kunne i naturvidenskab, matematik og teknologi, for at de kunne betegnes som "science literate".

Samme år, som projektet startede, var Halley's komet synlig, og projektdeltagerne prøvede at forestille sig, hvilke teknologiske forandringer et barn født i 1985 ville opleve, inden kometen kom tilbage i 2061. Reformprojektet blev døbt Project 2061 for derved at vise, at en meningsfuld undervisningsreform bør være langsigtet.

Det første resultat fra Project 2061 blev beskrevet i 1990 i publikationen *Science for All Americans*. *Science for All Americans* gør ikke meget i at udtale sig om, hvad der plager det nuværende uddannelsessystem - det peger ikke fingre - ligesom den heller ikke beskriver nogle specielle midler. Dens hovedformål er at danne en begrebsmæssig basis for reformprojektet ved at identificere og beskrive den scientific literacy, som *alle* elever bør have opnået som en konsekvens af deres samlede skoleoplevelser i naturvidenskab, matematik og teknologi på det tidspunkt, hvor de forlader high school.

Science literacy omfatter - udover at opnå viden og færdigheder inden for naturvidenskab, matematik og teknologi - også værdier, holdninger, personlige indsigter i egen læring og måder at tænke og agere på (habits of mind).

Science for All Americans oplister de basale dimensioner i science literacy som

- at være fortrolig med den naturbundne verden og forstå både dens mangfoldighed og dens helhed
- at forstå nogle af de vigtige måder, hvorpå naturvidenskab, matematik og teknologi afhænger af hinanden
- at forstå naturvidenskabens nøglebegreber og principper
- at have evne for naturvidenskabelig tænkemåde
- at forstå, at naturvidenskab, matematik og teknologi er menneskeskabte projekter; og have forståelse for, hvad det betyder for deres styrker og begrænsninger og
- at kunne anvende naturvidenskabelig viden og tænkemåde til individuelle og samfundsrelaterede formål.

Ligeledes foreslås der en vifte af emner, men behandlingen af emnerne adskiller sig fra den traditionelle på to måder; for det første er grænserne mellem emnerne opblødt, og *forbindelserne* er vægtlagt; for det andet er mængden af detaljer, som eleverne skal beherske, væsentligt begrænset, idet der i stedet lægges mere vægt på ideer, begreber og ræsonnementer. De sæt af ideer, som er valgt, giver tilfredsstillende mening på et simpelt niveau samtidig med, at de giver et fundament til at lære mere. Detaljer skal medtages som et middel til at forøge, ikke garantere, elevernes forståelse af en generel ide.

Der anbefales endvidere at medtage nogle emner som normalt ikke er med i skolernes curricula: fx det naturvidenskabelige projekts natur; hvordan naturvidenskab, matematik og teknologi er relaterede og vekselvirker med hinanden og samfundet som helhed; viden om de vigtigste episoder i naturvidenskabens og teknologien historie; samt de vigtigste begrebmæssige temaer, som karakteriserer næsten al videnskabelig tænkning.

I publikationen præsenteres alle anbefalingerne under fire generelle overskrifter: The Scientific Endeavor; Scientific views of the World; Perspectives on Science og Scientific Habits of Mind.

Som en efterfølger af publikationen Science for All Americans påbegyndte Project 2061 arbejdet med at udvikle curriculumdesignværktøjer for at hjælpe skoledistrikterne med at opfylde målene i Science for All Americans. Dette udmundede i flere publikationer; fx:

- Benchmarks for Science Literacy, som oversætter science literacy-målene til et sammenhængende sæt af angivelser om, hvad *alle* elever skal vide og være i stand til at gøre i naturvidenskab, matematik og teknologi ved afslutningen af hhv. 2., 5., 8. og 12. klasse. Der gøres omhyggeligt rede for den forskning i elevers læreprocesser, som har haft indflydelse på valget af indhold og på inddelingen af undervisningsmålene på de forskellige klassetrin; for at undgå ”mismatch” mellem ”Science content and Cognitive Capacity”.
- Resources for Science Literacy, som er et multi-værktøj, som hjælper lærerne til at forøge deres egen science literacy og hjælper til at analysere curriculummateriale og identificere den del af det, som fremmer science literacy. I erkendelse af at mange lærere ikke har adgang til den seneste forskning i undervisning og læreprocesser, eller erfaring i at anvende den i deres egen undervisning - og vigtigheden af at have denne indsigt hvis science literacy-målene skal nås – har lærere og lærerstuderende her adgang til en database over dette felt, som de kan benytte i deres (efter)uddannelse.
- Designs for Science Literacy, som er en guide, der hjælper lærere til en systematisk indgang til at planlægge et K-12-curriculum.
- Atlas of Science Literacy, hvis baggrund er den antagelse, at den bedste brug af undervisningsmål opnås, hvis læreren (og eleverne) kan se forbindelserne mellem dem. Fx viser undersøgelser, at begreberne omkring Jordens kugleform, rummet og gravitationen bedst indlæres, hvis det foregår i tæt forbindelse med hinanden: elever kan ikke acceptere at gravitationen er rettet mod Jordens centrum, hvis ikke de ved, at Jorden er kugleformet; ligesom de heller ikke kan anse det for rigtigt at Jorden er kugleformet, uden et vist kendskab til gravitationen som forklaring på, hvorfor mennesker "på den anden side" ikke falder af.

Lærerne får her et redskab til at se, hvordan de ideer og færdigheder, som de underviser en klasse i, bygger på det, som de tidligere underviste dem i, giver mening sammenholdt med det øvrige, som de undervises i, og lægger et fundament for det næste, som de skal undervises i.

Atlas of Science Literacy viser forbindelserne mellem undervisningsmålene i Benchmarks for Science Literacy gennem en samling af knap 50 grafiske kort ("strand maps"), som viser, hvordan elevernes forståelse bør vokse i K-12-forløbet. For nogle udvalgte emner, som skal føre til erhvervelse af science literacy, viser hvert grafisk kort de tilhørende ideer/begreber, færdigheder og forbindelserne mellem dem og viser, hvor hvert enkelt trin langs vejen kommer fra, og hvorhen det fører. Lærerne kan studere kortene og se, hvordan ideerne/begreberne og færdighederne, som eleverne undervises i på forskellige klassetrin, emner og selv fag afhænger af og støtter hinanden. Se i boksen s. 36 et frit oversat eksempel på et af kortene. Her er udvalgt et kort med emnet tyngdekraft.

- Blueprints for Reform er en publikation, som udspringer af, at uddannelsessystemet består af andet end bare elever, lærere og skoleadministratorer og af, at hvis der skal gennemgribende ændringer til i den ønskede skala og dybde for at gøre science literacy til en realitet, så må familierne, samfund i bred forstand, erhvervsledere, lærebogsudgivere, eksamensopgavestillere, akademiske og industrielle forskere og andre spille en væsentlig rolle. Blueprints for Reform forsøger at hjælpe dem i deres arbejde og at engagere dem i debatten om uddannelsesreformer.

Ideen bag Project 2061 præsenteres ofte af projektets fire basale præmisser:

1) *The ends come first.*

I stedet for at prøve at undersøge, hvad der er galt med det nuværende uddannelsessystem, forsøger Project 2061 at starte helt forfra: *inden* man går i gang med at undervise i børnehaveklassen, skal man have klargjort, hvad eleverne skal have af viden og færdigheder, når de forlader skolen 13 år senere. Undervisning i naturvidenskab, matematik og teknologi i de mellemliggende år, skal ses i lyset af, om den kan medvirke til, at eleverne er blevet science literate, når de forlader skolen. Indhold/pensum skal kun medtages, hvis det kan forsvares som værende essentielt, hvis det har en blivende værdi, og hvis størstedelen af eleverne faktisk er i stand til at lære/forstå det. Denne afvejning blev foretaget af ingeniører, naturvidenskabsmænd og fagdidaktikere i fællesskab, og som en konsekvens heraf blev en hel del af det traditionelle pensum udeladt.

Det fører frem til næste grundprincip

2) *“Quality, not quantity”*

Det er en fundamental præmis ved Project 2061 at skolerne ikke skal have instruks om at undervise i mere og mere indhold/pensum for at dygtiggøre eleverne, men i stedet fokusere på, hvad der er "science literate", og undervise i det mere effektivt. Udover sloganet ovenfor fremføres dette synspunkt også under slogans som "Less is more" og "Depth over breadth".

Der argumenteres for, at pensum og meget undervisningsmateriale i naturvidenskab indeholder for mange emner og for meget af sidste nyt inden for naturvidenskab og teknologi; ligesom de fleste naturvidenskabsbøger siges at være "a mile wide, but less than an inch deep" Færre, men centrale emner skal give elever og lærere tid og muligheder til at fordybe sig i de enkelte emner.

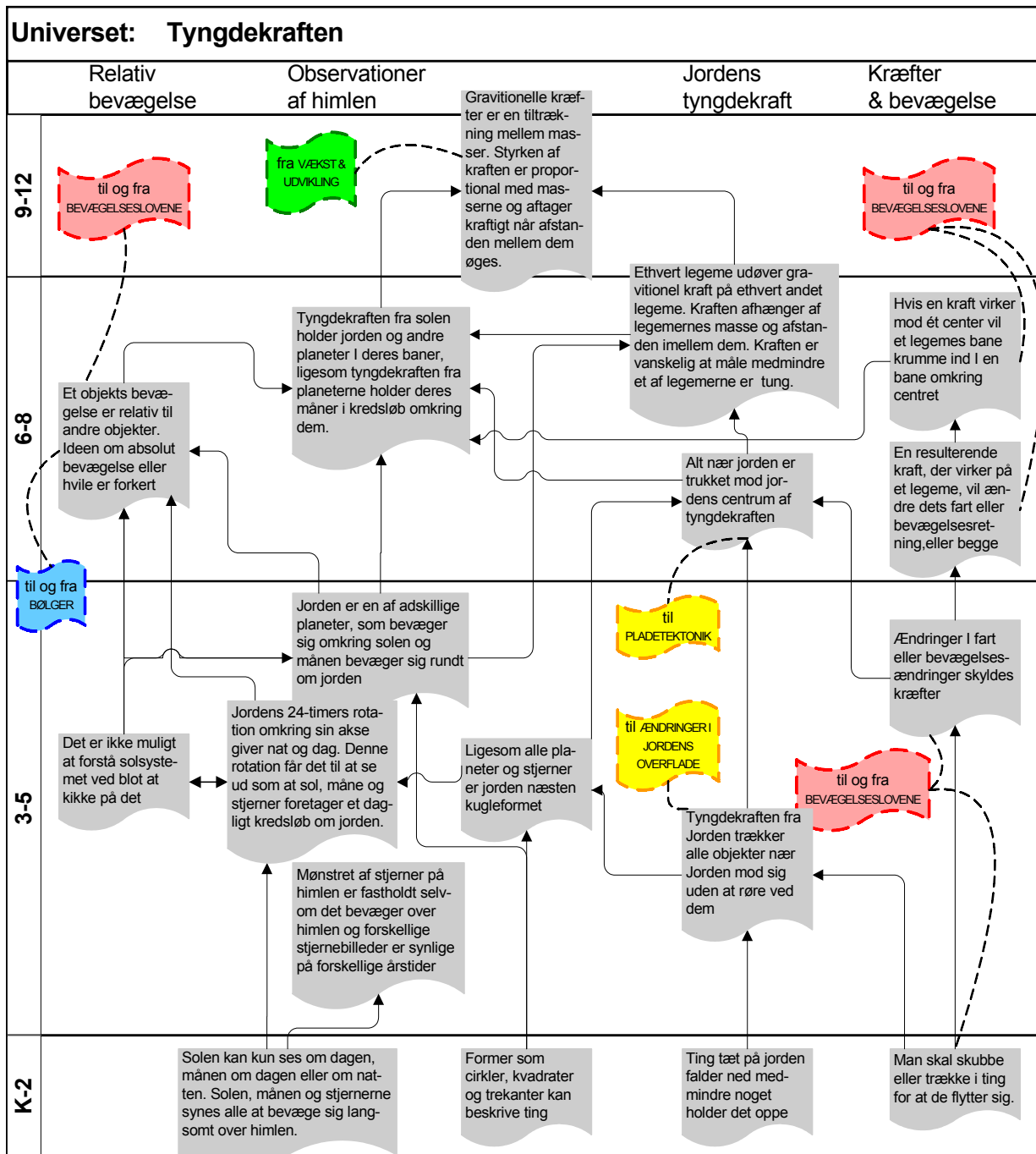
Det, som der skal undervises i, når der er reduceret i pensum, er ikke bare "resten" for i "resten" er der mere end i det "gamle", idet eleverne nu også skal uddannes i og til nye færdigheder/kompetencer, som der ikke tidligere blev lagt vægt på.

3) *“Nothing is simple”*.

Ud fra en erkendelse af, at undervisningssystemet er et komplekst system med en tendens til at fastholde sine traditioner og normer fastslår Project 2061, at reformer skal underbygges med råd og vejledning og referencemateriale til de implicerede parter, så systemet ikke falder tilbage til tiden før reformen. En undervisningsreform drejer sig ikke kun om ændring af undervisningens mål, indhold og form, men involverer også læreruddannelse, evalueringsformer, lokal skolepolitik, forældre og erhvervsliv. Også her skal der ske ændringer, hvis en reform skal få varig betydning.

4) *“Teachers are central.”*

En levende og inspirerende undervisning kan kun udføres af læreren. Uden hans/hendes ideer, forslag og vurderinger bliver reformplaner kun øvelser for fantasien. Lærerne er nøglen til fremtidens skole. De kan skabe den, men kun hvis de har mulighederne derfor. Lærere skal derfor have arbejdsro og tid til diskussioner og kurser. De skal have referencemateriale, rejsemidler og akademiske samarbejdspartnere. De skal også have "redskaber" til at kunne designe undervisningsplaner og give dem indhold.³²



Den anførte tekst i toppen af figuren foreslår en løselig inddeling af undervisningsmålene (benchmarks) i grupper, som ses udvikle sig fra børnehaven til 12. klasse som anført i venstre margen. Disse mål vil ofte blive sammenflettet og overlape under udviklingen mod højere klassetrin. De viste forbindelser mellem målene antyder, at det ene "bidrager til at opnå" det andet. Disse forbindelser er baseret på stoffets logiske opbygning, generelle principper for kognitiv udvikling og så vidt muligt på den publicerede forskning i elevers læring. Fordi hvert af de knap 50 grafiske kort ("strand maps") samler alle de undervisningsmål, som er relevante for et særligt emne – uafhængigt af hvor undervisningsmålet ellers optræder – vil kortene ofte dele undervisningsmål. Ved at benytte stiplede linier indikeres forbindelser mellem kort i forskellige emner.

Beyond 2000

Den engelske rapport Beyond 2000 er udgivet i 1998 og er resultatet af en række seminarer afholdt af the Nuffield Foundation.

Anledningen til seminarerne var en voksende bekymring i de foregående tyve år blandt lærere og andre med interesse for naturvidenskab og undervisning for, om naturvidenskabsundervisningen i mål og indhold i grundskolen (5-16 år) var i overensstemmelse med den virkelighed, børn og unge lever i. Formålet med seminarerne var at diskutere og overveje, hvordan naturvidenskabsundervisningen i UK kan forberede unge mennesker til et liv i det næste århundrede.

Rapporten ser et klart misforhold mellem indhold og form i den nuværende undervisning og behov og interesser hos unge mennesker, der bliver fremtidens samfundsborgere.

Trods forskellige reformer i de senere årtier har naturvidenskabsundervisningen i indhold og mål ikke ændret sig siden 1960erne, hvor den skulle forberede eleverne til sikre, livslange stillinger. Undervisningens formål dengang var at skabe en base for en fremtidig rekruttering af naturvidenskabsfolk og ingeniører i en periode præget af tillid til naturvidenskabens og teknologiens velsignelser for hele samfundet. Indlæring af objektive og værdifrie naturvidenskabelige love, regler og begreber skulle give eleverne grundlaget for deres fremtid. I dag rækker dette ikke, siges der i Beyond 2000. Den hurtige teknologiske udvikling og globaliseringen har gjort det nødvendigt for den enkelte at have kendskab til naturvidenskab ud fra anderledes interesser og behov. Det er nu forandringer i folks dagligdag, nye krav på arbejdspladsen, politiske emner og spørgsmål om risici og sikkerhed, der skal begrunde en naturvidenskabsundervisning, som henvender sig til *alle* elever.

Hvis naturvidenskabsundervisningen skal forberede eleverne til at leve et liv under sådanne betingelser, må den medvirke til

- at de får en bred almen uddannelse
- at de bliver i stand til at kommunikere
- at de kan omstille sig
- at de er rustet og engageret til livslang læring

Den nuværende naturvidenskabsundervisnings form og indhold medvirker ikke i tilstrækkeligt omfang til at opfylde disse fire krav. I bund og grund er naturvidenskabsundervisningen og dens indhold stadig en forberedende undervisning for rekruttering af fremtidige naturvidenskabsmænd og teknikere. Et moderne, avanceret teknologisk samfund har ganske vist også brug for videnskabsmænd og ingeniører, men de udgør så lille en del af befolkningen, at det ikke kan være begrundelsen for, at alle skal lære naturvidenskab. Hvis undervisningens indhold på det primære og sekundære niveau er første trin på vejen i en ingeniøruddannelse, vil den kun give mening for et fåtal af eleverne.

Beyond 2000 giver en vision om en naturvidenskabsundervisning for *alle* børn og unge, hvor målet er, at den skal forberede dem til et engageret og meningsfuldt liv i fremtiden. Rapportens mange anbefalinger for en sådan undervisning skal samlet betragtes som en platform, fra hvilken et mere relevant indhold og andre undervisningsformer i naturvidenskab kan udspringe:

Beyond 2000 beskriver de forandringer, der er sket i forholdet mellem offentlighed og naturvidenskab i de seneste tredive år. Til forskel fra 1960'erne forholder offentligheden sig i dag til både positive og negative sider af den naturvidenskabelige og teknologiske udvikling. Naturvidenskabelig og teknologisk viden og information er ikke længere entydig, og det har skabt nye krav til den enkelte borgers viden for at kunne deltage i det politiske liv i et samfund, der i stigende grad er præget af naturvidenskab og teknologi. Skal demokratiet fortsat være sundt og levende, må naturvidenskab og teknologi i en eller anden form indgå i en bred almen uddannelse, der kan give den enkelte interesse og selvtillid til på kritisk vis at deltage i politik og samfundsdebat. Positive og negative følger af den massive anvendelse af naturvidenskab og teknologi overalt i samfundet er godt mediestof. Journalister og eksperter underbygger deres udtalelser for og imod bestemte teknologier med naturvidenskabelig viden, og for borgere og politikere er det vanskeligt at finde et naturvidenskabeligt udsagn, der entydigt og endeligt kan afslutte en debat og begrunde en politisk beslutning i forbindelse med anvendelse af en bestemt teknologi.

Målet skal være, at alle borgere i samfundet skal være i stand til:

- at forstå de metoder, hvormed naturvidenskaben opnår viden
- at forstå styrke og begrænsninger i naturvidenskabelige beviser
- på fornuftig vis at vurdere risici og at erkende etiske og moralske spørgsmål i forbindelse med de handlemuligheder, naturvidenskab og teknologi tilbyder

Skolens naturvidenskabsundervisning skal danne grundlaget for, at fremtidens borgere bliver i stand til opfylde ovenstående krav. Det er derfor et stort problem, når undervisningen har vanskeligheder med at fange børns og unges interesse for naturvidenskab.

Ifølge Beyond 2000 skyldes det i høj grad, at

- undervisningen har for få relationer til de mange situationer udenfor skolen, hvor det kan være nødvendigt for eleverne at anvende naturvidenskabelig viden og kunnen, og hvor evnen til at indsamle, sortere, analysere og vurdere viden og information er af afgørende betydning.
- læseplanen mangler en model for, hvorledes børns evne til at lære naturvidenskab udvikler sig i alderen fra 5 til 16 år. Denne mangel gør det vanskeligt for lærerne at se, hvorledes de kan lave en undervisningsplan, der omfatter det samlede skoleforløb.

- eksamensopgaver foregår ikke i de forskellige sammenhænge, hvori eleverne senere i livet kunne finde det nødvendigt at anvende naturvidenskabelig viden (som fx. at kunne forstå en reportage i medierne).
- læseplanen adskiller naturvidenskab og teknologi. Undersøgelser viser, at mange børn og unge opfatter formålet med naturvidenskab som at være producent af teknologiske produkter. Adskillelsen er derfor uheldig. Ikke alene fordi de to områder opfattes under et i offentligheden, men også fordi naturvidenskab så fremstår adskilt og irrelevant i forhold til elevernes hverdag og interesser.
- der ikke i læseplanen lægges vægt på diskussion og analyse af de naturvidenskabelige forhold, der er aktuelle i hverdagslivet.
- selv de mest undersøgende og eksperimenterende undervisningsformer risikerer at stivne til rutine som følge af en bestemt eksamens- og evalueringsform.

Beyond 2000 anbefaler, at alle elever skal få kendskab til og forståelse af naturvidenskab - de skal gøres "Scientific literate", så de kan leve "a full and satisfying life in the world of the 21st century".

Scientific literacy skabes ved at undervise efter en læseplan, der har følgende mål:

- at støtte og udvikle børns og unges nysgerrighed overfor deres naturgivne og menneskeskabte omverden og opbygge selvtillid til egne evner til at undersøge, hvorledes den opfører sig. Undervisningens indhold skal skabe en følelse af forundring, begejstring og interesse i naturvidenskab, så unge føler sig tillidsfulde og kompetente til at engagere sig i naturvidenskab og teknologi.
- at hjælpe børn og unge til at opnå en bred og generel forståelse af naturvidenskabens vigtige ideer og forklaringsmodeller, og hvordan man foretager en undersøgelse – forhold, som har haft stor indvirkning på vore materielle omgivelser og på vores kultur i almindelighed - så de er i stand til:
 - ✓ at forstå og værdsætte betydningen af disse ideer og modeller;
 - ✓ at forstå og værdsætte det rationelle grundlag for beslutninger (fx vedrørende ernæring, medicinsk behandling eller energiforbrug), som de måtte ønske eller blive tilrådet at foretage både nu og senere i livet;
 - ✓ forstå og forholde sig kritisk til medierapporter om forhold med naturvidenskabeligt indhold;
 - ✓ at have og udtrykke en personlig mening om forhold med naturvidenskabeligt indhold som bliver politiske emner og måske selv blive aktivt involveret i nogle af disse;
 - ✓ at erhverve sig yderligere viden, når det er nødvendigt, enten af interesse eller af erhvervsmæssige grunde;

Rapporten opsamlar en række kontante anbefalinger for undervisningen i naturvidenskab:

From our point of view on the Earth, it seems that we are living on a flat stationary surface. However, imagine moving to a point in Space, well away from the Earth. Then we would see that it is roughly a sphere which is moving in two ways. First, the Earth is spinning on an axis through its North and South Poles; this means that different parts of the Earth's surface point towards the Sun at different times, resulting in day and night. Second, it is also moving, roughly in a circle, round the Sun, taking one year to make a complete orbit. The Earth is kept in its orbit by the gravitational force between the two masses of the Sun and the Earth. Because the axis around which the Earth spins is tilted at an angle to the plane of its orbit, the relative lengths of day and night are different for the northern and southern hemispheres and, moreover, change as the Earth moves round its orbit. This is what causes the seasons.

In both our spinning and our orbital motion, we keep on going at a steady speed, unlike things here on Earth, because there is no friction to slow us down. We are not the only planet going round the Sun; there are others. Three of them (Mars, Venus and Mercury) are close to the Sun like us. Then there are two really big ones (Jupiter and Saturn), very different from us and much further away. Finally there are the outer ones which are very much further away and really cold. Several of the planets, including the Earth, have moons which orbit around them.

Of the planets, the only one with life on it (so far as we know) is the Earth. It is possible that there is life on Mars and one of the moons of Jupiter, but we don't know. If we did find life there as well, it would make the possibility of other life elsewhere in the Universe much more likely.

Our planet is really quite unusual. Whilst most of the Universe consists of hydrogen and helium, we live on a tiny rocky planet made out of elements which together make up less than 2% of all the matter in the Universe. Moreover, we are just sufficiently far from the Sun for water to be a liquid on the majority of the surface. This has enabled life to begin. We are also big enough for there to be sufficient gravity to keep our atmosphere, unlike Mercury or the Moon.

Surprisingly, the Sun is a star – a fairly ordinary, middle-aged star half way through its lifetime and a wonderful example of a balanced nuclear fusion reaction. How do we know? Well firstly, this is the only mechanism that could possibly produce so much energy and, secondly, theoretical models based on this idea predict the behaviour of the Sun quite accurately. The Sun looks bigger than all the other stars because it is much nearer. The Sun itself is just one star in a cluster of a hundred thousand million stars which we call a galaxy. You can see the cluster edge on in the night sky as a band of stars called the 'Milky Way'. There are hundreds of millions of galaxies and these are found in clusters as well. Distances to the stars are enormous – the nearest one would take four years to reach travelling at the speed of light, and the furthest known one is 12 billion years away. So our home, the Earth, is really just a tiny speck in an enormous Universe.

- ✓ Læseplanen for de 5-16årige skal sigte mod at tilvejebringe scientific literacy (se ovenfor)
- ✓ Der er behov for at strukturere læseplanen for de højeste klassetrin, de 14-16årige, så den her differentierer mere eksplicit mellem de elementer i den, som er designet med det formål at scientific literacy, og de elementer, som introducerer til en øge mere målrettet uddannelse i naturvidenskab, således at behovet for det sidste ikke kommer til at forvrænge det første.
- ✓ Læseplanens skal indeholde en klar fremstilling af sine mål: gøre klart, hvorfor det betragtes som værdifuldt for alle elever at lære naturvidenskab, og hvad de skal opnå gennem oplevelsen. Målene skal være klare og letfattede for lærere, elever og forældre. Målene skal være realistiske og opnåelige.
- ✓ Læseplanen skal fremstå klar og enkel og dens indhold skal følge af de fremsatte mål (se ovenfor). Naturvidenskabelig indsigt introduceres bedst vha. et antal af naturvidenskabens store fortællinger. (se eksempel i boksen)
- ✓ Aspekter af teknologi og videnskabelige anvendelser skal inkorporeres i læseplanen.
- ✓ Eleverne skal opnå forståelse for nogle af hovedideerne i naturvidenskab - dvs. ideer om måderne, på hvilke pålidelig viden om naturen er blevet - og bliver - opnået.

- ✓ Evalueringsformer skal opmuntre lærerne til at fokusere på elevernes evne til at forstå og fortolke naturvidenskabelig information og til at diskutere kontroversielle emner - ligeså vel som på elevernes viden og forståelse af naturvidenskabelige ideer.
- ✓ Der skal etableres en formel procedure hvor innovative tilgange til naturvidenskabelig undervisning afprøves i et begrænset omfang, på en repræsentativ række af skoler og i en afgrænset periode.

Disse innovationer skal evalueres og resultatet heraf bruges til efterfølgende ændringer på nationalt plan.³³

Appendiks B

Eksempler på indhold af en almindelig undervisning hovedsageligt med udgangspunkt i fysik.

Første kompetence: at forstå de metoder, hvormed naturvidenskaben opnår viden.

Case: Nye fortolkninger giver ny mening: Niels Bohr forener spektroskopi og atommodeller.

Indhold: Bohrs teori for brintatomet var et næsten desperat forsøg på at løse gåden om, hvordan et atom, der indeholder en kerne og elektroner, kan være stabilt. Ved et overraskende indfald inddrog Bohr velkendte målinger af grundstofspektre i sin løsning af problemet.

Pointe: En teoretisk ide, skrevet ned på nogle få ark papir, kan få verden til at tage sig helt anderledes ud. Målinger og fænomener (her atomar struktur og lysudsendelse), der tidligere var helt uden forbindelse, kan nu forstås samlet.

Case: Teoretiske forestillinger kan være så stærke, at de fører til blindhed: Opdagelse af fissionen.

Indhold: Hahn og Strassmann kunne ikke forstå, at de observerede barium, når de lavede forsøg med neutronbestråling af uran. Meitner og Frisch forklarede fænomenet med den chokerende pointe, at en atomkerne kan gå i stykker i to næsten lige store dele.

Pointe: Måleresultater fortolker ikke sig selv. Teoretiske forestillinger kan være så stærke, at de blokerer for tolkning af uventede observationer. Der er megen usikkerhed og meget gætværk i frontforskning.

Case: I frontforskning kender ingen svaret: Den mest effektive musefælde.

Indhold: Eleverne præsenteres for to forskellige typer af musefælder og skal afgøre, hvilken af de to typer der er den mest effektive.

Pointe: Eleverne simulerer en videnskabelig proces. For at komme videre må de analysere spørgsmålet, sprogligt omformulere det og opstille regler for, hvad de vil måle. De må udkaste hypoteser, definere observable, udføre eksperimenter, konkludere og fremlægge til debat.

Anden kompetence: at forstå styrke og begrænsninger i naturvidenskabelige beviser og kendsgerninger.

Case: Når naturvidenskaben tager fejl: Kold fusion

Indhold: Erfarne forskere med godt ry annoncerede en revolutionerende opdagelse. I nogle få uger var der stor uklarhed: Hvad havde de observeret? Kunne andre gentage eksperimentet? Hvad var den rigtige forklaring? Var fysikkens grundlag rystet?

Pointer: Eksperimenter kan være vanskelige at fortolke, og i frontforskning forekommer nogle skæverter. Naturvidenskabens krav om reproducerbarhed og ”offentlig” debat renser ud i forvirringen og sørger for, at den mest pålidelige viden overlever.

Case: En forudsagt effekt, der ikke lod sig måle: Problemet med stjernernes manglende parallakse.

Indhold: Med accepten af den heliocentriske verdensopfattelse var det klart for alle, at stjernerne burde udvise en årlig parallaktisk bevægelse. I en periode på over 200 år fik man gradvist bedre observationsnøjagtighed, men parallaksen kunne man – trods ihærdige forsøg – ikke måle. Alligevel opgav man ikke ideen om, at Jorden kredser omkring solen. Parallaksen blev først målt af Bessel i 1838.

Pointer: Naturvidenskabelige teorier har netværksstruktur. Hvis der er tilstrækkeligt med tungtvejende grunde til at foretrække én teori frem for en anden, kan man godt acceptere anomalier foranlediget af den foretrukne teori.

Tredje kompetence: at forstå den rolle, som naturvidenskab og teknologi spiller som elementer i udviklingen af vores kultur og vores velfærdssamfund.

Case: Forholdet mellem naturvidenskab og teknologi: Edison og udviklingen af det elektriske system.

Indhold: I slutningen af 1870erne ønskede Thomas Edison at udvikle et elektrisk belysningssystem, der var det eksisterende gassystem overlegent. Mange af komponenterne kunne han og hans team udvikle på grundlag af opsummeret teknologisk viden (best practice). Det viste sig dog, at han på afgørende punkter måtte trække på naturvidenskabelig viden, der var opnået af naturforskere uden tanke på praktiske anvendelser. I dag er verden spundet ind i et væv af gigantiske, elektrisk baserede netværk, som sætter den enkelte i stand til ved tryk på en knap at regulere belysning efter behov og at kommunikere instantant med milliarder af andre mennesker efter eget valg. Disse netværker har muliggjort radikalt anderledes samfund og nye kulturmønstre, som vore bedsteforældre ikke i deres vildeste fantasi kunne have forestillet sig.

Pointer: Det er forkert at tro, at naturvidenskabelige gennembrud med nødvendighed fører til nye teknologiske gennembrud. Teknologisk udvikling har sine egne karakteristiske træk. Et af dem er, at teknologien ofte udnytter naturvidenskabelig viden. Et andet er, at teknologisk udvikling undertiden muliggør radikale samfundsforandringer i løbet af forbløffende kort tid.

Case: Videnskabelige eksperters rolle i den politiske debat: FN's klimapanel og drivhuseffekten.

Indhold: At et øget kuldioxidindhold i atmosfæren – alt andet lige – vil øge temperaturen på jordens overflade, blev forudsagt af Svante Arrhenius for mere end 100 år siden, og kan let vises ved hjælp af et regnestykke på basis af standard fysikviden. I dag vurderer FN's klimapanel, at drivhuseffekten er alvorlig, og panelet har foreslået en række drastiske foranstaltninger for at afværge en kommende katastrofe. Andre eksperter er uenige og advarer mod indgreb – i hvert fald på nuværende tidspunkt. Hvordan er en sådan uenighed mulig? Drejer uenigheden sig om videnskabelige og faktuelle forhold, eller er der i virkeligheden tale om en politisk/økonomisk funderet uenighed? Har den almindelige oplyste og interesserede borger en chance for at tage saglig stilling til dette og lignende spørgsmål, der er fremme i medierne netop nu?

Pointer: Politikerne kan ikke tage stilling til disse komplicerede problemer uden vejledning fra videnskabelige eksperter. Eksperter er dog ikke altid enige. Men når de ikke er enige, er det vigtigt at få afdækket, hvori uenigheden reelt består.

Case: Nogle ”opfindelser” gøres ikke af naturvidenskabsfolk eller opfindere: Udviklingen af det moderne radiosystem.

Indhold: Brugen af radiobølger til kommunikation tog fart omkring 1900. Radioteknologi blev anvendt til en-til-en kommunikation til skibe eller i radiotelefoner. Den moderne brug af radio (én studievært, én sender og mange modtagere ude i dagligstuerne) blev udviklet af amerikanske radioamatører i 1920'erne, så der er tale om en socialt udviklet brug af teknologi. I de første år var broadcasting i konflikt med radiospredningsloven, men elektronikindustrien greb ind og fik ændret den amerikanske radiolov. I mange europæiske lande blev den tilsvarende udvikling anderledes (statsradio), fordi det politiske holdning var anderledes.

Pointer: Det er ikke altid den teknologiske udvikling, der bestemmer samfundsudviklingen. Forholdet er langt mere kompliceret, og i mange tilfælde er det samfundsudviklingen, der dikterer den teknologiske udvikling. Holdninger, politik og lovgivning spiller en overordentlig stor rolle for brugen af teknologi og naturvidenskabelig viden.

Fjerde kompetence: på fornuftig vis at vurdere risici og at erkende etiske og moralske spørgsmål i forbindelse med de handlemuligheder, naturvidenskab og teknologi tilbyder.

Case: Videnskab møder politik: Den fredelige udnyttelse af atomenergien.

Indhold: Efter 2. Verdenskrig blev den militære udnyttelse af videnskabelig viden gennem atomvåben et voksende moralsk og følelsesmæssigt problem. Det var derfor en lettelse for mange videnskabsmænd og politikere, da de i 1950'erne kunne lancere den fredelige udnyttelse af atomenergien som det eneste, der kunne redde verden fra en katastrofal energimangel. Mange fysikere og teknologer blev så begejstrede, at de overså eller bagatelliserede de risici, der er forbundet med storstilet anvendelse af atomenergi.

Pointer: Eksperters har ofte en viden, der kan være særdeles nyttig for samfundet, men i spørgsmål af stor betydning for samfundets udvikling, er det ikke nok at overlade afgørelserne til entusiastene. Implementeringen af de videnskabelige ideer afføder politiske problemer, og videnskabens berøringsflade med det politiske bliver et turbulent og komplekst felt.

Case: Naturvidenskaben har ikke altid et klart svar: Er elektromagnetiske felter skadelige?

Indhold: Debatten om sammenhængen mellem kræft og felter fra højspændingsledninger mm har nu stået på i over 30 år. Der er stadig ikke noget klart svar: Er det farligt eller ej? Og i bekræftende fald, hvor farligt? Og hvem siger hvad i debatten?

Pointer: Visse typer af naturvidenskabelig viden kan man betragte som sikker (Newtons 2. lov, loven om energibevarelse etc). I andre situationer er man ude for at skulle tolke måleresultater, som ikke er dækket af sikre teorier, eller som er underlagt en mængde støj. Desuden er der i risikovurdering involveret antagelser om sandsynlighed og tilfældighed. I sådanne tilfælde kan man ikke give et skarpt svar. (Men deraf kan man ikke konkludere, at Maxwells love ikke gælder).

Case: Kan rationalitet føre til katastrofe? Challengers forlis.

Indhold: Ulykken med rumfærgen Challenger var ikke forårsaget af uforudsete svigt i komplicerede tekniske systemer eller af mangel på teknisk viden. Efterfølgende analyser af ulykkesforløbet viste, at det var blandingen af høj projektmæssig prestige, politisk pres, teknologisk chancerytteri og uklare kommandoveje, der gjorde forliset muligt.

Pointer: Avancerede naturvidenskabelige og teknologiske projekter er som regel underlagt politisk pres. Hvis der er risiko for at noget kan gå galt, får stærke og uafhængige kontrolfunktioner en meget vigtig rolle.

Referencer

- ¹ *Science for All Americans*; American Association for the Advancement of Science; Oxford University Press, 1990 samt www.project2061.org/tools/sfaol/sfaatoc.htm
 Project 2061: www.project2061.org.
 Science for Public Understanding: <http://www.nuffield.org/spu/home/>
 Jenkins, E. W. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *Int. J. Sci. Educ.* Vol. 21, No. 7, 703-710
 Millar, Robin. Designing a science curriculum that meets the needs of future citizens. Undervisningsministeriets tidskrift Uddannelse nr. 5, maj 2001
 Beyond 2000: Science education for the future. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation. King's College London, School of Education (2000), www.kcl.ac.uk/depsta/education/be2000/be2000.pdf
- ² Project 2061: www.project2061.org
Science for All Americans; American Association for the Advancement of Science; Oxford University Press, 1990 samt www.project2061.org/tools/sfaol/sfaatoc.htm;
Benchmarks for science literacy; www.project2061.org/tools/benchol/bolframe.htm;
Atlas for science literacy; www.project2061.org/tools/atlas/default.htm ;
Resources for Science Literacy - Professional Development (1997) Oxford University Press
Designs for Science Literacy; <http://www.project2061.org/tools/designs/default.htm>
Blueprints for reform; www.project2061.org/tools/bluepol/blpframe.htm ;
Where Is Project 2061 Today?; Andrew Ahlgren and F. James Rutherford;
<http://www.project2061.org/newsinfo/research/ahlgren/ahlgren2.htm>;
 Project 2061 - newsletter; <http://www.project2061.org/newsletter/pdfs/2000tdy2.pdf>;
http://www.project2061.org/newsinfo/research/articles/nsdc_jsd.htm;
- ³ Paludan, Kirsten (2000).: Videnskaben, verden og vi - om naturvidenskab og hverdagstænkning; Aarhus Universitetsforlag. Kapitel 5 og referencer heri.
- ⁴ Tobias, S. (1990). They're not dumb, they're different: Stalking the second tier. Tucson, AZ: Research Corporation.
 Seymour, Elaine. (2001). Tracking the Processes of Change in U.S. Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering and Technology. *Science Education*.
- ⁵ Mazur, Eric (1998). Moving the mountain: Impediments to change. Artikel til National Institute for Science Education Forum, Indicators of success in post-secondary SME&T education: Shapes of the future, February 23–24, 1998. <http://mazur-www.harvard.edu/education/pi.html>
 Tobias, S. (1990). They're not dumb, they're different: Stalking the second tier. Tucson, AZ: Research Corporation.
 Seymour, Elaine. (2001). Tracking the Processes of Change in U.S. Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering and Technology. *Science Education*.
 The post-16 Initiative, Radical, forward looking initiative by the Institute of Physics, shaping and developing physics for all involved post-16. <http://post16.iop.org/>
 Beyond 2000: Science education for the future. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation. Published by King's College London, School of Education, Cornwall House, Waterloo Road, London SE1 8WA. 1998. www.kcl.ac.uk/depsta/education/be2000/be2000.pdf
 Project 2061 af American Association for the Advancement of Science, <http://www.project2061.org>
- ⁶ Tobias, S. (1990). They're not dumb, they're different: Stalking the second tier. Tucson, AZ: Research Corporation.
 National Science Foundations, <http://www.nsf.gov>
 Project 2061 af American Association for the Advancement of Science, <http://www.project2061.org>
 Seymour, Elaine. (2001). Tracking the Processes of Change in U.S. Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering and Technology. *Science Education*.
 The post-16 Initiative, Radical, forward looking initiative by the Institute of Physics, shaping and developing physics for all involved post-16. <http://post16.iop.org/>
 Beyond 2000: Science education for the future. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation. Published by King's College London, School of Education, Cornwall House, Waterloo Road, London SE1 8WA. 1998. www.kcl.ac.uk/depsta/education/be2000/be2000.pdf
 Mazur, Eric (1998). Moving the mountain: Impediments to change. Artikel til National Institute for Science Education Forum, Indicators of success in post-secondary SME&T education: Shapes of the future, February 23–24, 1998. Findes på <http://mazur-www.harvard.edu/education/pi.html>
- ⁷ National Research Council. (1996). From analysis to action: Undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology. Report of a Convocation. Washington, DC: National Academy Press.

- National Research Council. (1999). Transforming undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology. Committee on Undergraduate Science Education, Center for Science, Mathematics, and Engineering Education. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Foundation. (1996). Shaping the future: New expectations for undergraduate education in science, mathematics, engineering and technology (NSF 96-139). Washington, DC: National Science Foundation.
- National Science Foundations "Statewide Systemic Initiatives", <http://www.ehr.nsf.gov/esr/programs/ssi/>.
- Seymour, Elaine. (2001). Tracking the Processes of Change in U.S. Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering and Technology. Science Education.
- ⁸ Shaping the Future: Strategies for Revitalizing Undergraduate Education, Proceedings from the National Working Conference, 1996; <http://www.nsf.gov/pubs/1998/nsf9873/nsf9873.doc>
- Project Kaleidoscope. (1996). Structures for science: A handbook on planning facilities for under-graduate natural science communities. <http://www.pkal.org/facility/2pubs.html> & <http://www.pkal.org/pubs/vol3.html>
- The National Institute for Science Education (NISE) om Collaborative Learning <http://www.wcer.wisc.edu/nise/cl1/>
- Seymour, Elaine. (2001). Tracking the Processes of Change in U.S. Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering and Technology. Science Education.
- Hake, Richard R. (1998) Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, Volume 66, Issue 1, 64-74
- Mazur, Eric (1998). Moving the mountain: Impediments to change. Artikel til National Institute for Science Education Forum, Indicators of success in post-secondary SME&T education: Shapes of the future, February 23–24, 1998. Findes på <http://mazur-www.harvard.edu/education/pi.html>
- ⁹ *Undersøgelse af indsatsen for at fremme interessen for natur og teknik. Danmark i et internationalt perspektiv*"; Dansk Industri (PLS Rambøll); august 2001.
- ¹⁰ EU: Innovationsresultattavle for 2001, (www.cordis.lu/innovation-smes/scoreboard/home.html)
- ¹¹ Kandidater i Matematik-, Fysik- og kemifagene: *Hvor gik de hen*, (Niels Bohr Institutet, 2001)
- ¹² Analyse af kompetencebehov under forandring i den globale videnbaserede industri med særlig fokus på medarbejdere med en videregående naturvidenskabelig og teknisk videnskabelig uddannelse, Oxford Research (april, 2002)
- ¹³ Science, vol 294, 2467 (2001)
- ¹⁴ Niss M., matematik kompetence-projektet [Kompetencer og matematiklæring - Idéer og inspiration til udvikling af matematikundervisning i Danmark; IMFUFA, RUC, 6. marts 2002; Arbejdsgruppen bag KOM-projektet]
- ¹⁵ Beyond 2000: Science education for the future. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation. Published by King's College London, School of Education, Cornwall House, Waterloo Road, London SE1 8WA. 1998. www.kcl.ac.uk/depsta/education/be2000/be2000.pdf
- ¹⁶ J. Dolin, Fysikfaget i forandring, ph.d. afhandling, RUC (2002)
- ¹⁷ Teknik og naturvidenskab, Danmarks Evalueringsinstitut (2001); <http://www.natfag.dk/rapport/Naturendelig.pdf>
- ¹⁸ Undervisningsministeriet, Klare Mål (2002); <http://www.klaremaal.uvm.dk/>
- ¹⁹ NoT-hæfte nr. 4: *Basårets effekter på rekrutteringen til N og T. Tre år med kompletteringsuddannelsen teknisk/naturvidenskabeligt basår* (Skolverket, 1995).
- ²⁰ <http://www.nsf.gov/pubs/2002/nsf02038/nsf02038.html> & <http://www.engr.wisc.edu/services/elc/centers.html>
- ²¹ NoT-projektet under Skolverket og Høgskolverket, <http://www.hsv.se/NOT/>
- ²² Evalueringscentret: *De videregående matematik-, fysik- og kemiuddannelser*, <http://www.eva.dk>, (1999)
- ²³ Studiestrukturudvalgets statusrapport, Høringsudgave, 1. marts 2002, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet; DTU's strategiplan 1998, http://www.adm.dtu.dk/fakta/strate98/index_d.htm
- ²⁴ Samarbejdsprojekt mellem Syddansk Universitet og de almene gymnasier i Fyns Amtskommune. Gymnasieelever i brobygningsforløb på universitetet. Studerende i praktikophold på gymnasierne. www.tornbjerg-gym.dk/Forsog/2001-02/samarbejde.htm. Samarbejdsprojekter i matematik, fysik og kemi mellem gymnasier og videregående uddannelser, Århus Amt.
- ²⁵ Se fx det succesrige UROP-program på MIT, <http://web.mit.edu/urop/>
- ²⁶ En lang række undersøgelser bekræfter dette. Se fx "Project Kaleidoscope" (<http://www.pkal.org/>) og Seymore, Elaine (2001), *Tracking the Process of Change in US Undergraduate Education in Science, Mathematics, Engineering and Technology*.
- ²⁷ Evalueringscentret: *De videregående matematik-, fysik- og kemiuddannelser*, UVM, 1998, s.35
- ²⁸ Se fx Aalborg Universitet, udviklingskontrakt for 2000-2003
- ²⁹ Fysik i skolen – skolen i fysik. Evaluering af fysik i det almene gymnasium. 2001. Danmarks Evalueringsinstitut.
- ³⁰ PISA-projektet (Programme for International Student Assessment), "Knowledge and Skills for Life", OECD, <http://www.pisa.oecd.org/>
- ³¹ National Science Foundations, <http://www.nsf.gov>

-
- ³² www.project2061.org
Science for All Americans; American Association for the Advancement of Science; Oxford University Press, 1990
samt www.project2061.org/tools/sfaaol/sfaatoc.htm;
Benchmarks for science literacy; www.project2061.org/tools/benchol/bolframe.htm;
Atlas for science literacy; www.project2061.org/tools/atlas/default.htm ;
Resources for Science Literacy - Professional Development (1997) Oxford University Press
Designs for Science Literacy; <http://www.project2061.org/tools/designs/default.htm>
Blueprints for reform; www.project2061.org/tools/bluepol/blrframe.htm ;
Where Is Project 2061 Today?; Andrew Ahlgren and F. James Rutherford;
<http://www.project2061.org/newsinfo/research/ahlgren/ahlgren2.htm>;
Project 2061 - newsletter; <http://www.project2061.org/newsletter/pdfs/2000tdy2.pdf>;
http://www.project2061.org/newsinfo/research/articles/nsdc_jsd.htm;
Publikation nr. 38; 1999, Erik Jørgensen; Danmarks Lærerhøjskole.
- ³³ Beyond 2000: Science education for the future. The report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation.
King's College London, School of Education (2000). www.kcl.ac.uk/depsta/education/be2000/be2000.pdf
Publikation nr. 38; 1999, Erik Jørgensen; Danmarks Lærerhøjskole.