

# Nye mål for naturfagsundervisning i USA – vil vi samme vej i Danmark?



Robert Evans, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet



Sebastian Horst, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

**Abstract:** *Analysen ser nærmere på den nye ramme for naturfagsundervisning i USA som udkom i 2011, og som i år bliver udmøntet i nye målbeskrivelser. Den nye ramme er opbygget ud fra tre dimensioner: praksisser inden for naturvidenskab og ingeniørarbejde, tværgående begreber og faglige kerneidéer. Rammen fremhæver at naturfagsundervisning bør bygge på en progression gennem uddannelsesforløbet, at undervisningen skal fokusere på nogle få faglige kerneidéer i naturvidenskab og teknologi for at undgå stoftrængsel, og at arbejde med at lære naturvidenskabelig viden skal integreres med det at arbejde undersøgelsesbaseret (inquiry based), herunder også med designmetoder, bl.a. for at øge fokus på det kreative og ingeniørarbejde. Analysen afsluttes med at opsummere hvad i det amerikanske arbejde der kan være inspiration for udviklingen af dansk naturfagsundervisning.*

## Introduktion

I 2011 publicerede National Academy of Sciences i USA en stor rapport som giver grundlaget for udvikling af nye målbeskrivelser for naturfagsundervisningen i USA – lige fra børnehave til afslutning af ungdomsuddannelserne: *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Med den titel er det rapportens mål at tage det første store skridt i revisionen af naturfagsundervisningen i USA siden midten af 1990'erne.

Det er bemærkelsesværdigt at dette arbejde ikke udspringer af fx middelmådige resultater i internationale storskalatest som fx PISA, men snarere et behov for at skabe sammenhæng – et behov for en "... sense of unity in K-12 science education" (NRC, 2012). Målbeskrivelser – eller *standards* som de typisk kaldes i USA – er typisk lange lister af fakta for hver disciplin for sig uden forbindelser imellem. Og heller ikke med forbindelser til discipliner uden for naturfagene. Nu har man så kunnet dokumentere at resultatet heraf har været et lavt udbytte og demotiverede elever for det

“... efterlod dem med kun fragmenter af viden og kun lille fornemmelse for naturvidenskabens kreative resultater, dens indre logik og konsistens og dens universalitet” (NRC, 2012)<sup>1</sup>

Det nye *Framework* foreslår en markant omlægning i de naturvidenskabelige uddannelser i USA. Efter publiceringen af dette kom der i det sene forår 2012 udkast til de nye curriculum standards, og de forventes at blive vedtaget i løbet af i år.

Komitéen bag *Framework* er 18 eksperter fra naturvidenskab, ingeniørvidenskab, matematik, psykologi og didaktik, og de har baseret deres arbejde på den internationale forskning i undervisning og læring af naturvidenskab.

I denne analyse vil vi se på dette arbejde og fremhæve hvad vi finder karakteristisk og interessant set fra et dansk perspektiv. Amerikanerne har udført et meget grundigt arbejde som demonstrerer og argumenterer for en måde at arbejde med udvikling af naturfagsundervisningen på – ikke nødvendigvis den eneste måde, men vi synes det er væsentligt at vi i Danmark kan lade os inspirere af arbejdet. Det er måske især i forhold til diskussionerne om at skabe sammenhæng i naturfagsundervisningen på langs og på tværs i uddannelsessystemet at der er noget at hente.

Vi lægger ud med at gennemgå den nye ramme for naturfagene i USA, og dernæst diskuterer vi et eksempel på de foreslåede curriculumstandarder. Både rapporten på 400 sider om den nye ramme og arbejdet med de nye standarder kan findes på [www.nextgenscience.org](http://www.nextgenscience.org).

## Hvad er nyt i Framework for Science Education?

Den nye ramme for naturfagsundervisning i USA er opbygget i tre dimensioner som er gengivet i tabel 1. For os at se springer tre ting tydeligt frem som nye: den fremtrædende plads som ingeniørarbejde har, opbygningen ud fra tre pædagogiske praksisser og så fraværet af at bruge begrebet *inquiry*.

### *Ingeniørarbejde er sideordnet de øvrige naturfag*

Tilstedeværelsen af ingeniørarbejde (engineering) er meget mere markant end tidligere. Dette områdes plads ved siden af den mere traditionelle naturvidenskab har man argumenteret for ud fra vigtigheden af at kende til og være i stand til at operere i den “... menneskeskabte verden...” og en interesse for at fremme integrationen af naturvidenskab, teknik og teknologi inden for naturfag. Ingeniørarbejde og teknologi er vigtige prioriteringer da de peger på anvendelse af videnskab så eleverne ser en værdi i indholdet af videnskab, også i forhold til deres dagligdag. *Engineering* defineres som: “ethvert engagement i en systematisk designpraksis for

<sup>1</sup> Oversættelser fra engelsk er udført af forfatterne.

**Tabel 1.** Tre dimensioner i den nye amerikanske ramme for naturfagsundervisning.

Original version til venstre og forfatterens bud på en oversættelse til højre. Fra NRS (2012).

<p><b>1. Scientific and Engineering Practices</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Asking questions (for science) and defining problems (for engineering)</li> <li>2. Developing and using models</li> <li>3. Planning and carrying out investigations</li> <li>4. Analysing and interpreting data</li> <li>5. Using mathematics and computational thinking</li> <li>6. Constructing explanations (for science) and designing solutions (for engineering)</li> <li>7. Engaging in argument from evidence</li> <li>8. Obtaining, evaluating, and communicating information</li> </ol>	<p><b>1. Praksisser i naturvidenskab og ingeniørarbejde</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Stille spørgsmål (for naturvidenskab) og formulere problemer (for ingeniørarbejde)</li> <li>2. Udvikle og anvende modeller</li> <li>3. Planlægge og gennemføre undersøgelser</li> <li>4. Analysere og fortolke data</li> <li>5. Bruge matematik og beregningsmæssig tænkning</li> <li>6. Konstruere forklaringer (for naturvidenskab) og udtænke løsninger (for ingeniørarbejde)</li> <li>7. Deltage i evidensbaseret argumentation</li> <li>8. Indsamle, evaluere og formidle information</li> </ol>
<p><b>2. Crosscutting Concepts</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Patterns</li> <li>2. Cause and effect: Mechanism and explanation</li> <li>3. Scale, proportion, and quantity</li> <li>4. Systems and system models</li> <li>5. Energy and matter: Flows, cycles, and conservation</li> <li>6. Structure and function</li> <li>7. Stability and change</li> </ol>	<p><b>2. Tværgående begreber</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mønstre</li> <li>2. Årsag og virkning: mekanismer og forklaring</li> <li>3. Skala, proportion og mængde</li> <li>4. Systemer og systemmodeller</li> <li>5. Energi og stof: strømme, cyklusser og bevarelse</li> <li>6. Struktur og funktion</li> <li>7. Stabilitet og forandring</li> </ol>
<p><b>3. Disciplinary Core Ideas</b></p> <p><u>Physical Sciences</u></p> <p>PS1: Matter and its interactions</p> <p>PS2: Motion and stability: Forces and interactions</p> <p>PS3: Energy</p> <p>PS4: Waves and their applications in technologies for information transfer</p> <p><u>Life Sciences</u></p> <p>LS1: From molecules to organisms: Structures and processes</p> <p>LS2: Ecosystems: Interactions, energy, and dynamics</p> <p>LS3: Heredity: Inheritance and variation of traits</p> <p>LS4: Biological evolution: Unity and diversity</p> <p><u>Earth and Space Sciences</u></p> <p>ESS1: Earth's place in the universe</p> <p>ESS2: Earth's systems</p> <p>ESS3: Earth and human activity</p> <p><u>Engineering, Technology, and Applications of Science</u></p> <p>ETS1: Engineering design</p> <p>ETS2: Links among engineering, technology, science, and society</p>	<p><b>3. Faglige kerneidéer</b></p> <p><u>Fysiske videnskaber</u></p> <p>PS1: Stof og dets interaktioner</p> <p>PS2: Bevægelse og stabilitet: kræfter og interaktioner</p> <p>PS3: Energi</p> <p>PS4: Bølger og deres anvendelse i kommunikationsteknologier</p> <p><u>Biologiske videnskaber</u></p> <p>LS1: Fra molekyler til organismer: strukturer og processer</p> <p>LS2: Økosystemer: interaktion, energi og dynamik</p> <p>LS3: Arvelighed: arv og variation i egenskaber</p> <p>LS4: Biologisk evolution: enhed og mangfoldighed</p> <p><u>Jorden og rumforskning</u></p> <p>ESS1: Jordens plads i universet</p> <p>ESS2: Jordens systemer</p> <p>ESS3: Jorden og menneskelig aktivitet</p> <p><u>Ingeniørarbejde, teknologi og anvendelser af naturvidenskab</u></p> <p>ETS1: Ingeniørmæssigt design</p> <p>ETS2: Forbindelser mellem ingeniørarbejde, teknologi, naturvidenskab og samfund</p>

at opnå løsninger på bestemte menneskelige problemer”. Og derfor vælger vi her at oversætte det til ingeniørarbejde – fordi designprocessen er central. Tilsvarende omfatter teknologi “alle typer af menneskeskabte systemer og processer” (NRC, 2012). Komitéen bag går ind for dette nye fokus på anvendelser af naturvidenskaben da de aktuelle læseplaner ofte er meget kortfattede mht. anvendelser på grund af en overvældende mængde af indhold. Komitéen mener at ingeniørarbejde og teknologi er en måde for elever at vurdere deres naturfaglige viden på og faktisk bruge den til at løse problemer. De mener at en sådan anvendelse af naturvidenskab ikke kun vil hjælpe eleverne med at få en dybere forståelse af centrale begreber, men også en øget interesse for naturvidenskab.

### *Tre nye pædagogiske principper*

Den nye ramme fremhæver også tre grundlæggende pædagogiske principper. For det første at naturfagsundervisning bør bygge på en *progression gennem uddannelsesforløbet* således at eleverne hele tiden kan føje nyt til hvad de i forvejen ved og kan håndtere inden for naturvidenskab. For det andet argumenterer man for at *undervisningen skal fokusere på nogle få kerneidéer* i naturvidenskab og teknologi for at undgå problemet med et overvældende antal emner hvilket typisk gør det svært at lære i dybden om bare ét af dem. For det tredje opstiller man det mål eksplicit at arbejde for at *integrere det at lære naturvidenskabelig viden med det at arbejde undersøgelsesbaseret* (inquiry based), herunder også med designmetoder. Her kunne man så forestille sig at komitéen ville skrive om IBSE, inquiry-based science education, men lidt overraskende – og ved nærmere eftertanke måske ret smart – vælger komitéen netop ikke at bruge dette begreb.

### *Praksis i stedet for inquiry*

IBSE – undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning – er et begreb der anvendes ofte i naturfagsundervisning over hele verden, også i Danmark. Men der findes mange forskellige definitioner og forståelser af begrebet *inquiry* i naturfagsundervisning, (hvilket også blev tydeligt ved MONA-konferencen i 2011 som havde det som tema – se [www.ind.ku.dk/mona/konference2011](http://www.ind.ku.dk/mona/konference2011)). Og derfor vælger komitéen at undgå bare at bruge begrebet og forsøger i stedet omhyggeligt at redefinere det i mere præcise termer, nemlig i form af praksisser inden for naturvidenskab og teknologi.

Denne reformulering har to formål. For det første har de mange variationer i forståelsen gjort det vanskeligt at kommunikere hvad det er IBSE betyder for lærere og elever. For det andet indfanger de former for IBSE som de fleste af os kender, hvor elever udfører hands-on-forsøg, ikke alle centrale processer i naturvidenskab og ingeniørarbejde. IBSE fremhæver ofte en “naturvidenskabelig metode” som handler

om at kontrollere variable, klassificere empiriske data og identificere fejlkilder, og det sker nemt på bekostning af arbejdet med at modellere, kritisere og argumentere. Den nye ramme er udtryk for en overgang til en mere omfattende vision for hvad der er praksis i naturvidenskab og teknologi – en vision hvor modellering, udvikling af forklaringer og argumenter står meget stærkere placeret end de typisk har gjort i IBSE.

## Praksisser i naturvidenskab og ingeniørarbejde

Selvom komitéen bag den nye ramme har valgt ikke at tage IBSE som begreb for givet og i stedet at beskrive mere præcist hvad undersøgende undervisning betyder i form af konkrete kognitive, sociale og fysiske praksisser, vil lærere der har erfaringer med IBSE, nok ikke blive overraskede over hvad målene er. For målene handler fortsat om at involvere elever i praksisser og undersøgelser så de lærer gennem egne erfaringer i stedet for blot at blive præsenteret for fakta af lærere.

Tabel 2 beskriver sådanne praksisser for både naturvidenskab og ingeniørarbejde og giver dermed indsigt i hvordan rammen inkluderer IBSE-principper, og hvordan man ser forskellene mellem naturvidenskab og ingeniørarbejde.

### *At argumentere og kritisere er også en del af praksis*

Som nævnt fremhæver den nye ramme at modellering og udvikling af forklaringer og argumentation også er en del af naturvidenskabelig og ingeniørmæssig praksis – noget som har været negligeret i nogle versioner af undersøgelsesbaseret undervisning. Den nye ramme leverer faktisk en model for hvordan disse tilføjelser indgår i det undersøgende arbejde – se figur 1 (efter tabel 2).

Aktiviteterne til venstre i figur 1 (investigating) er vel de dele af undersøgelsesbaseret undervisning som allerede er ret udbredt i dansk naturfagsundervisning, og som mange lærere er fortrolige med. Denne slags fokuserer på faktiske aktiviteter inden for naturfagene som kan fange elevernes interesse og motivere dem.

**Tabel 2.** Otte forskellige praksisser i naturvidenskab og ingeniørarbejde som foreslås som grundlæggende elementer i naturfagsundervisningen i USA (NRC, 2012, s. 50-53).

Naturvidenskab	Ingeniørarbejde
<b>1. Stille spørgsmål</b>	<b>Formulere problemer</b>
Naturvidenskab begynder med et spørgsmål om et fænomen, som fx "Hvorfor er himlen blå?" eller "Hvad forårsager kræft?", og søger at udvikle teorier der kan give forklarende svar på sådanne spørgsmål. En grundlæggende opgave for en naturvidenskabsperson er at formulere spørgsmål om fænomener som kan besvares empirisk, og at gøre det ved at fastslå hvad der allerede vides, samt afgøre hvilke spørgsmål der endnu ikke er fundet tilfredsstillende svar.	Ingeniørarbejde begynder med et problem, et behov eller et ønske der antyder et teknisk problem der skal løses. Et samfundsmæssigt problem som fx reduktion af samfundets afhængighed af fossile brændstoffer kan indebære en vifte af tekniske problemer, såsom at designe mere effektive transportsystemer eller alternative energikilder som fx forbedrede solceller. Ingeniører formulerer spørgsmål for at definere det tekniske problem, fastlægge kriterier for en brugbar løsning og identificere begrænsninger.
<b>2. Udvikle og anvende modeller</b>	
Naturvidenskab indebærer ofte opstilling og anvendelse af en bred vifte af modeller og simuleringer mhp. at bidrage til at udvikle forklaringer på naturfænomener. Modeller gør det muligt at gå ud over det observerbare og at forestille sig en hidtil ukendt verden. Modeller muliggør forudsigelser af formlen "hvis ... så ... og derfor" som skal foretages for at teste hypotetiske forklaringer.	Ingeniørarbejde bruger modeller og simuleringer når eksisterende systemer skal analyseres for mulige fejlkilder, eller mulige løsninger på et nyt problem skal testes. Ingeniører trækker også på modeller af forskellige slags til testning af nydesignede systemer og til at identificere styrker og begrænsninger i deres design.
<b>3. Planlægge og gennemføre undersøgelser</b>	
Naturvidenskabelige undersøgelser kan gennemføres i marken eller i laboratoriet. En vigtig aktivitet for forskere er at planlægge og udføre systematiske undersøgelser som kræver identifikation af hvad der skal registreres, og, hvis det er relevant, hvad der skal behandles som afhængige og uafhængige variable (kontrol af variable). Observationer og data indsamlet fra dette arbejde anvendes til at teste eksisterende teorier og forklaringer eller til at revidere og udvikle nye.	Ingeniører bruger undersøgelser både for at få data der er væsentlige for specifikationen af designkriterier eller parametre, og for at teste deres design. Tilsvarende forskerne skal ingeniører identificere relevante variable, beslutte hvordan de skal måles, og indsamle data til analyse. Deres undersøgelser hjælper dem med at identificere hvor effektive og holdbare deres design kan være under forskellige betingelser.

<b>4. Analysere og fortolke data</b>	
<p>Naturvidenskabelige undersøgelser producerer data som skal analyseres for at få mening. Fordi data normalt ikke taler for sig selv, bruger forskerne en række værktøjer, herunder tabulering, grafisk fortolkning, visualisering og statistisk analyse, til at identificere de signifikante træk og mønstre i dataene. Fejlkilder identificeres, og usikkerhedsberegninger laves. Moderne teknologi gør indsamling af store datasæt meget lettere, hvilket muliggør mange sekundære kilder til analyse.</p>	<p>Ingeniører analyserer data indsamlet i afprøvninger af deres design og undersøgelser, hvilket giver dem mulighed for at sammenligne forskellige løsninger og bestemme hvor godt hver enkelt opfylder de specifikke designkriterier, dvs. hvilket design der bedst løser problemet inden for de givne begrænsninger. Ligesom forskere behøver ingeniører en række værktøjer til at identificere de væsentligste mønstre og fortolke resultaterne.</p>
<b>5. Bruge matematik og beregningsmæssig tænkning</b>	
<p>I naturvidenskab er matematik og beregning grundlæggende værktøjer til repræsentation af fysiske størrelser og deres relationer. De anvendes til en række opgaver som fx at lave simuleringer, statistisk analyse af data og at identificere, udtrykke og anvende kvantitative forbindelser. Matematiske og beregningsmæssige fremgangsmåder muliggør forudsigelser af fysiske systemers adfærd samt afprøvning af disse forudsigelser. Desuden er statistiske teknikker værdifulde til at vurdere betydningen af mønstre eller korrelationer.</p>	<p>I ingeniørarbejde er matematiske og beregningsmæssige repræsentationer af fastslåede relationer og principper en integreret del af design. Fx laver bygningsingeniører matematisk baserede analyser af design for at beregne om designet kan klare de forventede belastninger i praksis, og om de kan laves inden for acceptable budgetter. Desuden fungerer designsimuleringer som en effektiv prøvebænk for designudvikling og -forbedring.</p>
<b>6. Konstruere forklaringer (for naturvidenskab) og udtænke løsninger (for ingeniørarbejde)</b>	
<p>For naturvidenskab er målet at opstille forklarende teorier der kan gøre rede for træk i verden. En teori bliver accepteret når den har vist sig at være bedre end andre forklaringer hvad angår bredden af fænomener den kan forklare, såvel som hvad angår dens sammenhæng og økonomi. Videnskabelige forklaringer er eksplicitte anvendelser af teorien på en konkret situation eller fænomen, måske via brug af en teoribaseret model for det pågældende system. For eleverne er målet at opstille logisk sammenhængende forklaringer på fænomener der inkorporerer deres hidtidige forståelse af naturvidenskab, eller en model der repræsenterer den, og er i overensstemmelse med foreliggende dokumentation.</p>	<p>Ingeniørdesign, en systematisk proces til løsning af tekniske problemer, er baseret på naturvidenskabelig viden og modeller af den materielle verden. Enhver kandidat til en løsning fremkommer fra en balanceproces mellem konkurrerende kriterier: ønsket funktionalitet, teknologisk gennemførlighed, omkostninger, sikkerhed, æstetik og overholdelse af lovkravene. Der er normalt ikke en enkelt bedste løsning, men snarere en række løsninger. Hvilken der er det optimale valg, afhænger af de kriterier der anvendes i evalueringen.</p>

### 7. Deltage i evidensbaseret argumentation

I naturvidenskab er ræsonnement og argumentation afgørende for identifikationen af styrker og svagheder i en ræsonnementskæde og dermed af den bedste forklaring på et naturligt fænomen. Forskere skal forsvare deres forklaringer, formulere evidens baseret på et solidt fundament af data, undersøge deres egen forståelse i lyset af evidens og af andres kommentarer og samarbejde med lige-stillede i jagten på den bedste forklaring på det fænomen der undersøges.

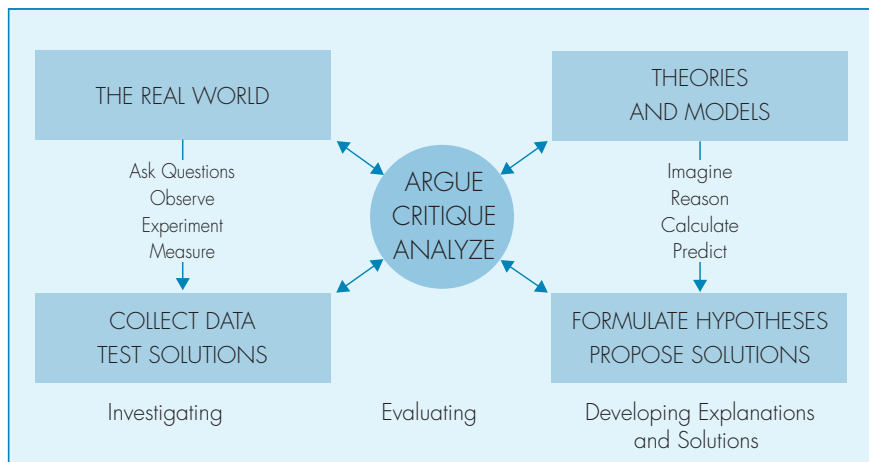
I ingeniørarbejde er ræsonnement og argumentation afgørende for at finde den bedst mulige løsning på et problem. Ingeniører samarbejder med deres kolleger i hele designprocessen, hvor en kritisk fase er udvælgelsen af den mest brugbare løsning blandt en vifte af konkurrerende muligheder. Ingeniører bruger systematiske metoder til at sammenligne alternativer, formulere evidens baseret på testdata, argumentere ud fra evidens for at forsvare deres konklusioner, kritisk vurdere andres idéer og revidere deres design for at opnå den bedste løsning på det aktuelle problem.

### 8. Indsamle, evaluere og formidle information

Naturvidenskab har ikke fremskridt hvis forskerne er ude af stand til at kommunikere deres resultater klart og overbevisende eller til at lære om andres resultater. En betydningsfuld aktivitet i naturvidenskab er således formidling af idéer og resultaterne af undersøgelser – mundtligt, skriftligt, med brug af tabeller, diagrammer, grafer og ligninger og ved at deltage i løbende diskussioner med videnskabelige kolleger. Naturvidenskab kræver evne til at udlede mening fra videnskabelige tekster (såsom artikler, internettet, symposier og foredrag), at vurdere den videnskabelige gyldighed af den således erhvervede information og at samordne disse oplysninger.

Ingeniører kan ikke producere nye eller bedre teknologier hvis fordelene ved deres design ikke kommunikerer klart og overbevisende. Ingeniører skal være i stand til at udtrykke deres idéer, mundtligt og skriftligt med anvendelse af tabeller, grafer, tegninger eller modeller og ved at engagere sig i løbende diskussioner med fagfæller. Desuden, som med forskere, skal de være i stand til at udlede mening fra kollegers tekster, vurdere oplysningerne og gøre nyttig brug af dem. Både i ingeniørarbejde og i naturvidenskab står nye teknologier der udvider mulighederne for samarbejde og kommunikation, nu rutinemæssigt til rådighed.





**Figur 1.** De tre slags aktiviteter inden for naturvidenskabelig og ingeniørmæssig praksis (NRC, 2012, s. 45).

Højre side af figur 1 (Developing Explanations and Solutions) omfatter også modelering og problemløsning, hvilket i dag ofte ikke er en del af undersøgelsesbaseret undervisning. Den forbindende centrale del af figuren omfatter aktiviteter hvor elever løbende bruger argumentation og analyse til at stille spørgsmål til og forklare deres undersøgelser og modeller – hvorved de i højere grad kan opnå at efterligne naturvidenskabelig praksis og ingeniørarbejde.

Omend sådan en model naturligvis er svær lige at anvende til at planlægge undervisning ud fra, så kan den måske bruges som bagvedliggende ramme for hvad man gerne vil opnå finder sted i undervisningen. Den leverer en forholdsvis enkel ramme som vi synes kunne være givende at anvende i diskussioner om planlægning af konkret undervisning.

## Dimensionen tværgående begreber

Formålet med at have en dimension for tværgående begreber er at pege på begreber og tankegange som er relevante for al naturvidenskab. De skaber sammenhæng i naturvidenskab inkl. matematik, teknologi og ingeniørarbejde fordi de findes alle vegne. De er ifølge komitéen udvalgt til at kunne skabe forbindelse mellem de faglige kerneidéer i 3. dimension (jf. tabel 1 og næste afsnit herom). Idéen er at naturfagsundervisningen gennem alle skoleårene kan understøttes af disse tværgående begreber fordi eleverne herved kan se fælles træk mellem de forskellige kerneidéer som optræder i de faglige discipliner. Ved at fremhæve fælles tankegange forestiller man sig at eleverne lettere kan se det store billede af hvad naturvidenskaberne har tilfælles. Måske vil man der-

ved kunne opnå at eleverne også opbygger en større anerkendelse af naturvidenskab. Tabel 3 gengiver komitéens bud på de tværgående begreber.

**Tabel 3.** *Syv tværgående begreber i naturvidenskab og ingeniørarbejde (NRC, 2012, s. 84).*

<p><b>1. Mønstre</b> Observerede mønstre af former og begivenheder guider organisation og klassificering, og de giver anledning til spørgsmål om forbindelser og de faktorer der påvirker dem.</p>
<p><b>2. Årsag og virkning: mekanisme og forklaring</b> Fænomener har årsager, sommetider enkle, sommetider mangesidede. En vigtig aktivitet inden for naturvidenskab er at undersøge og forklare årsagssammenhænge og de mekanismer som de er styret af. Sådanne mekanismer kan derefter testes inden for givne sammenhænge og bruges til at forudsige og forklare hændelser i nye sammenhænge.</p>
<p><b>3. Skala, proportion og mængde</b> I studiet af fænomener er det afgørende at erkende hvad der er relevant ved forskellige målinger i størrelse, tid og energi, og at erkende hvordan ændringer i skala, forhold eller kvantitet påvirker et systems struktur eller ydeevne.</p>
<p><b>4. Systemer og systemmodeller</b> At definere det aktuelle system – ved at specificere dets grænser og eksplicite en model for dette system – giver værktøjer til forståelse og afprøvning af idéer der gælder for al naturvidenskab og ingeniørarbejde.</p>
<p><b>5. Energi og stof: strømme, cyklusser og bevarelse</b> At holde styr på strømme af energi og stof til, fra og inden for systemer hjælper en til at forstå disse systemers muligheder og begrænsninger.</p>
<p><b>6. Struktur og funktion</b> Den måde en genstand eller en levende organisme er formet på, og dens understruktur bestemmer mange af dens egenskaber og funktioner.</p>
<p><b>7. Stabilitet og forandring</b> For både naturlige og menneskeskabte systemer er betingelser for stabilitet og faktorer for ændringshastighed eller evolution af et system afgørende elementer at undersøge.</p>

## Faglige kerneidéer

I undersøgelser af forskelle mellem erfarne og uerfarne i naturvidenskab og ingeniørarbejde (såkaldte ekspert-novice-studier) har man konstateret at de erfarne er helt klar over grundidéerne og den teoretiske basis for deres felt, og de kan bruge denne viden til at forstå ny viden inden for og løse problemer. Uerfarne, derimod, har små stykker viden som ofte er uden forbindelse med hinanden og med mere grundlæggende begreber, og dette gør det svært for uerfarne at organisere de forskellige stykker af viden og at sætte ny viden i relation til den eksisterende (NRC, 1999). Den nye ramme for naturfagsundervisningen tager dette alvorligt og forsøger med sin fremhævnin

af kerneidéer at understøtte at eleverne ikke bare får løsrevne faktabidder, men bliver i stand til at bruge deres erfaring og handle som erfarne/eksperter.

Kerneidéerne, som fremgår af tabel 1, er udvalgt til den nye ramme ud fra at de skal opfylde mindst to af nedenstående kriterier:

- Har en bred betydning på tværs af mange videnskaber eller ingeniørdiscipliner eller er et nøgleprincip for vidensorganisering i et fag.
- Giver et centralt værktøj til forståelse eller undersøgelse af mere komplekse idéer og problemløsning.
- Relaterer til interesser og dagligdagsoplevelser hos elever eller er forbundet med personlige eller samfundsmæssige problemstillinger der kræver naturvidenskabelig eller teknisk viden.
- Kan undervises og læres på flere klassetrin med en stigende grad af dybde og kompleksitet. Dvs. kerneidéen kan gøres forståelig for unge elever, men er samtidig generel nok til at man kan arbejde med den i undervisningen gennem skoleårene. (NRC, 2012, s. 31)

Vi synes det er ambitiøst at forsøge at opsummere alt naturfagligt indhold relevant for børnehaven til udgangen af en ungdomsuddannelse i så få overskrifter – men samtidig meget sympatisk! Stoftrængslen er et udpræget problem i naturfagsundervisningen, og det bliver jo ikke mindre med årene. I Danmark har vi de sidste 10-15 år diskuteret hvordan kompetencetænkningen kan afhjælpe stoftrængslen (se rapporter om ny faglighed, [www.nyfaglighed.emu.dk](http://www.nyfaglighed.emu.dk)), men vi har vel stadig brug for overskuelige fremstillinger af det vigtigste faglige indhold. Og her synes denne måde at karakterisere et begrænset antal faglige kerneidéer på som en mulig vej at gå. Men naturligvis skal der stadig træffes valg om det konkrete indhold man arbejder med under de forskellige kerneidéer, og her kan vi stadig godt ende i stoftrængsel. Så kan man bare håbe på at det for en lærer er lettere at skabe sammenhæng og prioritere fordi alt indhold skal relateres til så få kerneidéer. I næste afsnit ser vi nærmere på arbejdet med at fylde indhold i den overordnede ramme.

## Næste skridt er nye målbeskrivelser

I maj i år blev første udkast til de nye amerikanske målbeskrivelser baseret på den nye ramme udsendt for at indhøste kommentarer. De endelige målbeskrivelser forventes i skrivende stund at udkomme i efteråret 2012. Vi har her medtaget et eksempel (figur 2) for at vise hvordan de er tænkt. Eksemplet giver en målbeskrivelse (*standard*) for et 6.-8.-klassetrins-forløb om stofstruktur og stofegenskaber. Helt i tråd med det pædagogiske princip om at vende tilbage til de samme kerneidéer igen og igen gennem

skoleforløbet bygger dette forløb på hvad eleverne har lært på tidligere klassetrin, og progressionen fortsætter i de efterfølgende klassetrin op til trin 12.

MS.PS-SPM Structure and Properties of Matter		
Students who demonstrate understanding can:		
<p>a. Construct and use models to explain that atoms combine to form new substances of varying complexity in terms of the number of atoms and repeating subunits. [Clarification Statement: Examples of atoms combining can include hydrogen (H<sub>2</sub>) and oxygen (O<sub>2</sub>) combining to form hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) or water (H<sub>2</sub>O).] [Assessment Boundary: Valence electrons and bonding energy are not addressed.]</p> <p>b. Plan investigations to generate evidence supporting the claim that one pure substance can be distinguished from another based on characteristic properties. [Clarification Statement: Properties of substances can include melting and boiling points, density, solubility, reactivity, flammability, and phase.]</p> <p>c. Use a simulation or mechanical model to determine the effect on the temperature and motion of atoms and molecules of different substances when thermal energy is added to or removed from the substance. [Assessment Boundary: Quantification of the model or use of mathematical formulas are not intended.]</p> <p>d. Construct an argument that explains the effect of adding or removing thermal energy to a pure substance in different phases and during a phase change in terms of atomic and molecular motion. [Assessment Boundary: The use of mathematical formulas is not intended.]</p>		
The performance expectations above were developed using the following elements from the NRC document: <i>A Framework for K-12 Science Education</i> .		
Science and Engineering Practices	Disciplinary Core Ideas	Crosscutting Concepts
<p><b>Developing and Using Models</b> Modeling in 6–8 builds on K–5 and progresses to developing, using and revising models to explain, explore, and predict more abstract phenomena and design systems.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Use and/or construct models to predict, explain, and/or collect data to test ideas about phenomena in natural or designed systems, including those representing inputs and outputs. (a),(c)</li> </ul> <p><b>Planning and Carrying Out Investigations</b> Planning and carrying out investigations to answer questions or test solutions to problems in 6–8 builds on K–5 experiences and progresses to include investigations that use multiple variables and provide evidence to support explanations or design solutions.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Plan and carry out investigations individually and collaboratively, identifying independent and dependent variables, and controls. (b)</li> <li>Collect data and generate evidence to answer scientific questions or test design solutions under a range of conditions. (b)</li> </ul> <p><b>Engaging in Argument from Evidence</b> Engaging in argument from evidence in 6–8 builds on K–5 experiences and progresses to constructing a convincing argument that supports or refutes claims for either explanations or solutions about the natural and designed world.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Use oral and written arguments supported by empirical evidence and reasoning to support or refute an explanation for a phenomenon or a solution to a problem. (d)</li> </ul>	<p><b>PS1A: Structure and Properties of Matter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>All substances are made from large 100 different types of atoms, which combine with one another in various ways. Atoms form molecules that range in size from two to thousands of atoms. (A)</li> <li>Pure substances are made from a single type of atom or molecule; each pure substance has characteristic physical and chemical properties (for any bulk quantity under given conditions) that can be used to identify it. (b)</li> <li>Gases and liquids are made of molecules or inert atoms that are jiggling about relative to each other. (d)</li> <li>In a liquid, the molecules are constantly in contact with others; in a gas, they are widely spaced except when they happen to collide. In a solid, atoms are closely spaced and they vibrate in position but do not change relative positions. (c),(d)</li> <li>Solids may be formed from molecules, or they may be extended structures with repeating subunits (e.g., crystals). (a)</li> <li>The changes of state that occur with variations in temperature or pressure can be described and predicted using these models of matter. (c),(d)</li> </ul> <p><b>PS1B: Definitions of Energy</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>The term “heat” as used in everyday language refers both to thermal motion (the motion of atoms or molecules within a substance) and radiation (particularly infrared and light). (c),(d)</li> <li>Temperature is not a measure of energy; the relationship between the temperature and the total energy of a system depends on the types, states, and amounts of matter present. (c),(d)</li> </ul>	<p><b>Patterns</b> Macroscopic patterns are related to the nature of microscopic and atomic-level structure. Patterns in rates of change and other numerical relationships can provide information about natural and human designed systems. Patterns can be used to identify cause and effect relationships. Graphs and charts can be used to identify patterns in data. (a)</p> <p><b>Cause and Effect</b> Relationships can be classified as causal or correlational, and correlation does not necessarily imply causation. Cause and effect relationships may be used to predict phenomena in natural or designed systems. Phenomena may have more than one cause, and some cause and effect relationships in systems can only be described using probability. (c),(d)</p> <p><b>Structure and Function</b> Complex and microscopic structures and systems can be visualized, modeled, and used to describe how their function depends on the shapes, composition, and relationships among its parts; therefore complex natural and designed structures/systems can be analyzed to determine how they function. Structures can be designed to serve particular functions by taking into account properties of different materials, and how materials can be shaped and used. (b)</p>

Figur 2. Et udkast til en målbeskrivelse for fysikundervisning for 6.-8. klassetrin om stofstruktur og stofegenskaber. Udkast fra maj 2012 og baseret på den nye NRC-ramme. De blå cirkler foroven korrelerer med de praksisser der er beskrevet i den blå kolonne nedenfor til venstre. (© 2011, 2012, Achieve, Inc).

I toppen af figur 2 og indrammet med blå cirkler kan man se at målbeskrivelsen følger den nye rammes fokus på modellering og udvikling af forklaringer: Alle tre cirkler indeholder ord der fokuserer på modellering eller udvikling af argumenter. Neden under disse mål – som i den grad må siges at være kompetenceorienterede – finder vi de aspekter af den nye ramme som har bidraget til formuleringen af kompetencemålene a-d, opdelt ud fra de tre dimensioner praksisser, kerneidéer og tværgående begreber. Fx er målene indrammet med blå cirkler foroven baseret på de praksisser som er beskrevet i den blå kolonne nedenfor til venstre. Den orange kolonne i midten giver grundlaget for hvilke kerneidéer der skal indgå i målene ovenfor, og den grønne kolonne til højre beskriver hvilke tværgående begreber undervisningen bygger på.

## Hvad kan vi bruge det til i Danmark?

Mange af konklusionerne i den nye ramme for naturfagsundervisning i USA er relevante også i en dansk kontekst – og selvom der naturligvis er betydelige kulturelle og styringsmæssige forskelle, synes vi at arbejdet kan inspirere os til at diskutere hvilken vej vi skal gå. Vi mener de væsentligste input er følgende:

- Undersøgelserbaseret undervisning skal også inkludere modellering og udvikling af forklaringer og argumentation. Hvis naturfagsundervisningen skal afspejle naturvidenskabelig praksis, må den også indeholde arbejde med at udvikle og afprøve argumenter. Naturvidenskab og ingeniørviden er baseret på data fra undersøgelser koblet med teorier som bruges til at forudsige udfaldet af kommende undersøgelser. Men en meget central del af arbejdet med at analysere data er at bruge argumentation. Elever efterligner forskere når de udvikler holdbare argumenter på baggrund af deres undersøgelser. Det er interessant at se hvor fremtrædende en plads dette har fået i de amerikanske dokumenter. Vi tror egentlig det passer godt ind i en dansk kontekst at foretage denne udvidelse af hvad vi forstår ved undersøgelsesbaseret undervisning, men det er vores oplevelse at meget af den nuværende undervisning ikke prioriterer disse praksisser – i hvert fald ikke så meget som den nye amerikanske ramme lægger op til. En typisk undersøgelsesbaseret undervisning i Danmark vil nok lægge vægt på praksis nr. 1, 3, 4 og 6 (jf. tabel 2), men nok ikke helt så meget praksis nr. 2, 5, 7 og 8.
- Idéen om at naturvidenskabelige emner bedst læres som progressioner over en række år – i stedet for opdelt i et kurser/fag/forløb på hver sit klassetrin – kræver en god samlet plan for hele uddannelsesforløbet og en solid forståelse hos lærerne af hvad der foregår på andre uddannelsesniveauer. Men den kræver selvfølgelig også nogle politiske valg omkring hvor lokal en læseplan egentlig er. Vi skal ikke gøre os til fortalere for en meget detaljeret og centralt bestemt læseplan. Men vi kan se de gode argumenter for at have en konkret fælles ramme for hvad der skal indgå i undervisningen. Det er nødvendigt for at få sammenhæng på langs i uddannelsessystemet. Og måske er den nye amerikanske ramme et skridt fremad, også i forhold til de nuværende danske Fælles Mål?
- Naturvidenskab og ingeniørarbejde er sociale praksisser. Det er mennesker der arbejder sammen. Det gælder uanset om det handler om laboratoriearbejde, feltarbejde eller analysearbejde. Og kommunikation og argumentation mellem disse mennesker er en central social praksis. Hvis eleverne skal opnå et dækkende billede af hvad naturvidenskab og ingeniørarbejde er, skal de i undervisningen møde forskellige typer af disse sociale praksisser – og prøve dem. Måske kan dette også ses som noget der vil tiltrække flere elever til at forfølge en karriere inden for de tekniske og naturfaglige uddannelser?

- For at naturfaglige og tekniske uddannelser skal fange elevers interesse, skal indhold og praksisser i undervisningen opleves som relevante for elevernes daglige liv. Den nye amerikanske ramme forsøger eksplicit at fange denne interesse ved at bygge indholdsbeskrivelserne på elevernes eksisterende viden og hvad de er optaget af. På baggrund af den ufattelige tilgængelighed af utrolige mængder af faktisk naturvidenskabelig viden via internettet er det ikke længere nødvendigt – endsige muligt – at undervise i detaljen i alle de stofområder man kunne tænke sig i de 12 skoleår. Men det er rent faktisk muligt at pege på kerneidéer og tværgående begreber som eleverne vil kunne relatere sig til gennem hele skoleforløbet, og som de kan bygge videre på resten af deres liv.

Vi ser frem til at følge implementeringen af de nye amerikanske målbeskrivelser – og håber at lærere og beslutningstagere i Danmark vil kunne blive inspireret af arbejdet.

## Referencer

- Achieve. (2011, 2012). *Draft of Next Generation Science Standards for Today's Students and Tomorrow's Workforce*. Washington, DC: Achieve, Inc. Lokaliseret 5.7.2012 via [www.nextgenscience.org](http://www.nextgenscience.org).
- National Research Council (NRC). (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Committee on Developments in the Science of Learning. J.D. Bransford, A.L. Brown & R.R. Cocking (red.). Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: The National Academies Press. Lokaliseret 5.7.2012 på [www7.nationalacademies.org/bose/Standards\\_Framework\\_Homepage.html](http://www7.nationalacademies.org/bose/Standards_Framework_Homepage.html).

### English Abstract

*This analysis takes a look at the new USA "Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas" from 2011, followed by work this year towards writing new standards. The framework is based on three essential pedagogical tenets. First is that science learning needs to use a developmental progression throughout schooling so that students continuously add to and revise what they know about science and what they can do to learn more. Second, the framework advocates a focus on just a few core concepts in science and engineering. The third goal is to consciously integrate learning science knowledge with the practices of scientific inquiry and engineering design. The analysis ends with a list of points from the US framework which could work as an inspiration in a Danish context.*