

STEM

UNDERVISNING



Tema:
Fremtidens
energiforsyning?



FAGBLAD FOR NATURFAGSUNDERVISERE I GRUNDSKOLEN

Nummer 3 - September 2025

issn 2794-3613





Medlemsblad for
Danmarks Naturfagslærerforening
issn: 2794-3313 (tryk)
issn: 2794-5405 (online)

Ansvarshavende redaktør
Emil Sølyst Hjerl
Skibsbakken 20
5881 Skårup
22 86 18 78
hehjerl@gmail.com

Redaktion & layout
Stefan Holm

Korrektur
Pia Larsen

*Danmarks Naturfagslærerforenings
bestyrelse:*

Emil Hjerl
Kristoffer Brinch Laden
Michael Fynsk
Ole Grevald
Jakob Spricker
Majken Grünwald
Mikkel Haasum-Barkholt
Pia Larsen

www.fysik-kemi.dk

Holdninger udtrykt i bladets artikler, er
ikke nødvendigvis et udtryk for forenin-
gens holdninger.

Årligt kontingent til DNLf:
Almindeligt medlemskab: 449 kr.
Skolemedlemskab: 500 kr.
Studerende: 225 kr.
Pensionister: 375 kr.

Næste blad forventes december 2025

STEM

UNDERVISNING

Indhold

3	Kære læser
4	Inspiration til Fagteamet
8	TEMA: Fremtidens Energiforsyning?
9	Diskussionen om atomkraft i Danmark
11	Udviklingen af atomkraft
12	De danske reaktorer
14	Atomkraft? Nej Tak!
16	Atomkraft? Ja Tak!
18	Tværfagligt undervisningsforløb
20	Hospitalsfysik i undervisningen
23	Symbolet
24	Uranglas
26	Boganmeldelse: Sans for Science
28	Kender din elever Inge Lehmann
33	Virtuelle hegn
34	Hvordan lærer børn af fejl
36	Et skoleår i biotoperne
42	Fra myrer til modellering

Kære læser



Velkommen tilbage efter sommerferien! Vi håber, at I har haft en god og velfortjent pause, hvor der har været tid til både afslapning, oplevelser og til at lade op til et nyt skoleår. Når vi vender tilbage til hverdagen, er det altid med en blanding af frisk energi og de mange nye opgaver, der følger med et skoleår i gang. Uanset om I møder nye kolleger, nye klasser eller nye faglige udfordringer, er der én ting, vi har tilfælles: Vi står alle midt i det, vi brænder for, nemlig at give børn og unge de bedste oplevelser og den stærkeste forståelse af naturfagene.

Som forening ønsker vi at være det naturlige samlingspunkt for naturfagslærere i Danmark. Vi vil skabe et forum, hvor faglighed, inspiration og fællesskab går hånd i hånd og styrker jer i hverdagen. For at lykkes med det, må vi hele tiden udvikle os og i den proces vil vi gerne invitere jer med.

I løbet af efteråret sætter vi gang i arbejdet med at finde et nyt logo til Danmarks Naturfagslærerforening. Vores nuværende logo har tjent os godt, men tiden er kommet til at skabe et udtryk, der endnu tydeligere fortæller, hvem vi er, og hvad vi står for i dag.

Logoet skal afspejle vores faglighed, vores nysgerrighed og vores fællesskab. Vi ønsker et tidssvarende symbol, der kan samle os og samtidig signalere, at naturfagslærere spiller en afgørende rolle i fremtidens skole og samfund.

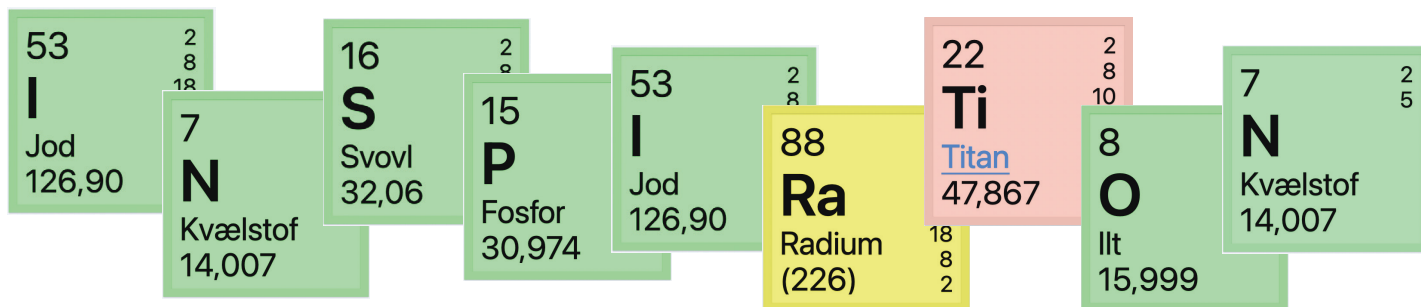
Derfor inviterer vi alle medlemmer til at bidrage med ideer. Måske kan du lave en skitse, eller måske har du blot en tanke eller en metafor, som andre kan bygge videre på. Alle input er velkomne, store som små. Vores fælles logo skal udspringe af jer, de naturfagslærere som hver dag gør en forskel i klasselokalerne.

Deadline for indsendelse af ideer er fredag i uge 41.

Vi glæder os til at se, hvilke kreative og inspirerende forslag der kommer på bordet. Send dine input til admin@fysik-kemi.dk

Tak fordi I er en del af foreningen og tak for den indsats, I hver dag lægger i at tænde gnisten for naturfag hos jeres elever. Lad os sammen gå ind i det nye skoleår med nysgerrighed, faglig stolthed og et fællesskab i bevægelse.

På vegne af bestyrelsen
Danmarks Naturfagslærerforening 🌱



Inspiration til fagteamet

Argumentation kræver træning

Af Emil Hjerl

Argumentation er ikke kun noget, man bruger i debatter og i samfundsfag, men et redskab der er dybt forankret i naturfagernes måde at forstå og forklare verden på. Men hvordan kan vi som naturfagslærere have fokus på at udvikle elevernes argumentationsteknikker? Hvilke tegn i kommunikationen skal vi holde øje med for at vide, hvor eleverne er i deres faglige udvikling, og hvordan kan vi bedst støtte deres videre udvikling? Dette er centrale spørgsmål i arbejdet med undersøgende undervisning og i dannelsen af elever som kompetente deltagere i naturfaglige samtaler. Denne artikel dykker ned i, hvordan man kan udvikle og samtidig vurdere elevernes evne til at kommunikere og argumentere i deres naturvidenskabelige praksis.

Elever argumenterer hele tiden i naturfag, selvom de ikke nødvendigvis er bevidste om det. De siger måske, at noget er spændende eller mærkeligt, eller at de tror, at noget fungerer på en bestemt måde. Denne begyndende faglige stemme er vigtig og værdifuld. Men for at eleverne kan deltage i en reel naturfaglig samtale og udvikle en dybere forståelse af fænomener omkring dem, skal de lære at argumentere mere systematisk. Det vil sige, at de skal kunne fremsætte en påstand, underbygge den med belæg og forbinde deres viden til generelle naturfaglige principper. Det kræver, at de lærer at bruge data og erfaringer fra undersøgelser til at kvalificere deres argumentation, så de på sigt kan forholde sig til alternative forklaringer og diskutere, hvilken der bedst forklarer det observerede. For at fremme den gode argumentation og den naturfag-

lige erkendelse kan man støtte sig til teorier, som bygger på sproglig læring, refleksion og erkendelse. Her er Karl Toms spørgsmålstyper og Toulmins argumentationsmodel oplagte didaktiske værktøjer,

Karl Tom har udviklet en række spørgsmålstyper, der kan hjælpe lærere med at sætte gang i elevernes argumentation og motivere dem til at deres mening har værdi. Spørgsmålene spænder fra de helt åbne, som: "Hvad synes du?", over til mere undersøgende som "Hvordan ved du det?" og "Hvad bygger du det på?", til de mere komplekse, hvor eleverne skal forklare, hvordan noget hænger sammen med det, de allerede har lært, eller overveje alternative forklaringer. Disse spørgsmål kan anvendes både i den fælles dialog i klassen og som led i et undervisningsdesign, hvor eleverne gradvist guides gennem forskellige niveauer af argumentation.

Stephen Toulmin udviklede i 1950'erne en model for argumentation, der stadig er udbredt i dag. Modellen består af seks elementer, men i naturfagsundervisning fokuserer man typisk på tre grundlæggende: Påstand, belæg og hjemmel. Påstanden er det, eleven mener. Belægget er den observation, data eller erfaring, der underbygger påstanden. Hjemlen er den generelle regel eller naturfaglige sammenhæng, der forbinder belæg og påstand. Når eleven mestrer disse tre elementer, kan de begynde at kvalificere deres argumentation med modellens tre andre elementer: styrkemærker, gendrivelses og rygdækning.

53 I Jod 126,90	2 8 18	16 S Svovl 32,06	2 8	15 P Fosfor 30,974	53 I Jod 126,90	2 8 18	22 Ti Titan 47,867	2 8 18	8 O Olt 15,999	7 N Kvælstof 14,007	2 8
	7 N Kvælstof 14,007					88 Ra Radium (226)					

Styrkemarkører er sproglige modifikationer, som for eksempel: "sandsynligvis" eller "ifølge vores forsøg". Gendrivelse er at forudsige og foregribe eventuelle modargumenter, og rygdækningen er yderligere faktisk underbyggelse af påstanden.

For læreren handler det om at kunne genkende, hvor eleven befinder sig både i faglig erkendelse og på hvilket niveau eleven kommunikerer på. I denne udvikling handler det om at adskille påstande fra belæg og stille spørgsmål, der hjælper eleven videre. Det kræver en opmærksomhed på sproget og en forståelse for, at elever ikke nødvendigvis selv kan se koblingen mellem de forskellige elementer i argumentet. Et barn kan godt lave en avanceret observation og koble den til en hjemmel i én sammenhæng, men i næste situation kan samme elev falde tilbage til en rent oplevelsesbaseret påstand. Det er derfor vigtigt, at læreren møder elevens argumentation der, hvor den er og tilbyder det rette sproglige stillads.

Et godt redskab er at arbejde med sætningsstartere, der støtter eleverne i at formulere deres argumenter på stigende niveauer af kompleksitet. En guidet proces til en fagligt funderet argumentation kan bruge følgende sætningsstartere til de enkelte dele::

Påstand: "jeg tror at," eller "jeg synes.... fordi jeg har oplevet at".

Belæg: "vi kunne se at", eller "vores måling viste".

Hjemmel: "fordi vi ved at", eller "det skyldes at".

Styrkemarkører: "ifølge vores målinger", eller "det er sandsynligt at" vigtige.

Gendrivelse: "en anden mulighed kunne være", eller "det afhænger af, hvilket perspektiv man anlægger".

En vigtig pointe i arbejdet med argumentation er, at eleverne ikke kun skal lære at fremlægge deres egen forståelse, men også lytte til og forholde sig til andres. Naturfaglig argumentation er ikke envejskommunikation, men en samtale. Det betyder, at eleverne skal lære at stille spørgsmål til hinandens belæg og hjemmel og måske udfordre hinandens data eller konklusioner. Dette kræver både faglig sikkerhed og sociale kompetencer, og det er her læreren kan spille en central rolle ved at modellere god argumentation og skabe en tryk ramme for diskussion.

Når argumentation bliver en del af den daglige undervisningspraksis, får eleverne mulighed for at udvikle deres faglige stemme. De lærer ikke blot at gengive fakta, men at arbejde med viden, vurdere den og tage stilling. Det er en vigtig del af naturfaglig dannelse og en kompetence, der rækker langt ud over klasselokalet. Ved at bruge spørgeteknikker fra Karl Tom og argumentationsmodellen fra Toulmin, kan vi skabe en undervisning, hvor argumentation ikke blot er noget, eleverne skal lære, men noget de lærer med.

53 I Jod 126,90	2 8 16 S Svovl 32,06	16 S Svovl 32,06	2 8 16 P Fosfor 30,974	53 I Jod 126,90	22 Ti Titan 47,867	2 8 16 O O O 15,999	7 N Kvælstof 14,007
	7 N Kvælstof 14,007			88 Ra Radium (226)			

Sætningsstartere

Overgang 1: Fra mening til påstand

Udvikling: Fra subjektiv holdning til fagligt underbygget observation.

1. "Jeg mener, at ... fordi jeg har lagt mærke til, at ..."
2. "Jeg tror, at ... for eksempel når jeg ..."
3. "Når jeg ser på ..., tænker jeg, at ..."
4. "Jeg synes ..., og det kan man se ved at ..."
5. "Det virker som om ..., fordi jeg oplevede ..."

Lærerfokus: Hjælp eleverne med at konkretisere og begrunde deres udsagn med egne observationer.

Overgang 2: Fra påstand til belæg

Udvikling: Fra oplevelse til forklaring med begyndende faglighed.

1. "Min påstand er, at ..., fordi vi kunne se, at ..."
2. "Det hænger sådan sammen, fordi ..."
3. "Vi målte ..., så derfor tror jeg, at ..."
4. "Vi lavede et forsøg, hvor ..., og det viser, at ..."
5. "Man kan forklare det med, at ..."

Lærerfokus: Introducér fagbegreber, og begynd at arbejde med generaliseringer eller hjemler.

Overgang 3: Fra belæg til hjemmel

Udvikling: Fra eksempel til princip – inddragelse af faglige regler og modeller.

1. "Det viser, at ..., fordi varme bevæger sig fra varmt til koldt."
2. "Vi kan forklare det med, at ... ifølge teorien om ..."
3. "Når man forstår, hvordan ... fungerer, giver det mening, at ..."
4. "Det skyldes, at ..., som vi har lært i ..."
5. "Vores observationer passer med, at ..."

Lærerfokus: Hjælp eleverne med at koble deres belæg til overordnede faglige principper.

Overgang 4: Fra hjemmel til styrkemarkører og rygdækning

Udvikling: Fra generel forklaring til præcis, datadrevet og nuanceret argumentation.

1. "Målingerne viser tydeligt, at ..., hvilket underbygger påstanden om ..."
2. "Det er sandsynligt, at ..., fordi ... blev gentaget tre gange med samme resultat."
3. "Ifølge forsøget ... kan vi med sikkerhed sige, at ..."
4. "Dataene støtter antagelsen om, at ..., selvom der er en lille usikkerhed."
5. "Både vores observationer og tidligere undersøgelser viser, at ..."

Lærerfokus: Indfør begreber som evidens, usikkerhed, og styrkemarkører, og brug konkrete data i argumentationen.

Overgang 5: Fra rygdækning til modargument og perspektivering

Udvikling: Fra en-vejs argumentation til dialogisk og reflekteret naturfaglig diskussion.

1. "Selvom vores resultater viser ..., kan det også skyldes ..."
2. "En anden mulig forklaring kunne være ..., men vi vurderer, at ..."
3. "Det afhænger af, om man ser på det fra ... eller ..."
4. "Hvis man ændrede ..., kunne resultatet måske blive ..."
5. "Vi har overvejet, at ..., men argumentet holder stadig, fordi ..."

Lærerfokus: Skab rum for faglig debat, flere synsvinkler og evaluering af gyldighed og anvendelighed.



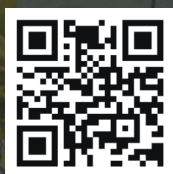
Klimaundervisning 7.-9. klasse

Nyt gratis forløb om **MANGROVE**

ET GRØNNERE KLIMA er fællesfaglige forløb om naturbaserede løsninger.

Foruden MANGROVE er der forløb om SØ OG MOSE, ÅLEGRÆS og SKOV.

De er udviklet i samarbejde med Danmarks Naturfagslærerforening, Geografforbundet og Biologiforbundet.



Find det hele på
www.gronnereklima.dk
her.

Forløbene kan også findes gratis på Gyldendals fagportaler.

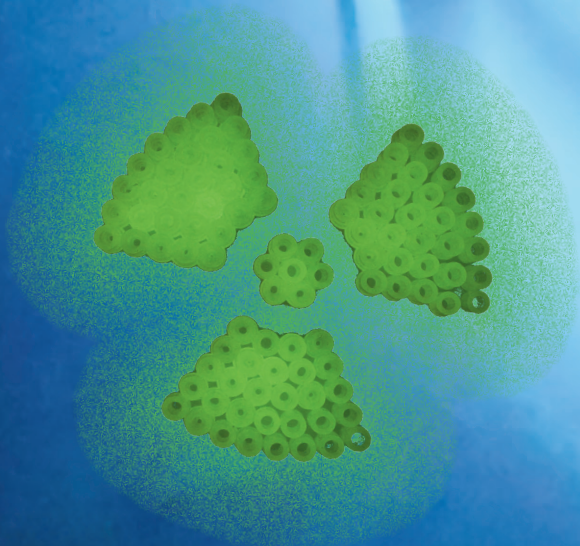


CENTER FOR MAKROØKOLOGI,
EVOLUTION OG KLIMA
KØBENHAVNS UNIVERSITET

SDU 

VILLUM FONDEN

Tema: Fremtidens energiforsyning?



Diskussionen om atomkraft i Danmark

Danmark har aldrig haft kommercielle atomkraftværker, og i næsten 40 år var emnet politisk lukket.

Den 29. marts 1985 besluttede et flertal i Folketinget, at atomkraft ikke måtte indgå i dansk energiplanlægning. Beslutningen blev truffet efter årtiers debat og stigende folkelig modstand, hvor miljøorganisationer og store dele af befolkningen satte spørgsmålstegn ved sikkerheden, affaldshåndteringen og behovet for atomkraft i et land, der havde gode muligheder for at satse på vedvarende energi. Forbuddet har siden været grundstenen i dansk energipolitik og har betydet, at Danmark som et af de få lande i Europa aldrig har haft et kommercielt atomkraftværk.

I samme periode blev flere mulige atomkraftprojekter diskuteret, men ingen realiseret. Der har blandt andet været omtale af idéer om et muligt værk ved Storstrømmen, men konkrete planer blev aldrig ført ud i livet og er i dag mest kendt som eksempler på de projekter, der blev skrinlagt i kølvandet på beslutningen i 1985. Det efterlod Danmark uden nogen egentlig atomkraftinfrastruktur, ud over forskningsreaktorerne på Risø, der i dag er nedlukkede.

Efter næsten 40 års stilstand er debatten om atomkraft igen blusset op. Stigende fokus på klimakrise, forsyningssikkerhed og behovet for stabil CO₂-neutral energi har skabt politisk interesse for at undersøge, om ny teknologi kan ændre billedet.

Regeringen har derfor sat gang i analyser af atomkraftens muligheder og begrænsninger i Danmark, især med fokus på små modu-

lære reaktorer (SMR), der kan bygges hurtigere, billigere og i mindre skala end de klassiske kæmpeværker.

Særligt interessant er de såkaldte smeltet salt-reaktorer, som flere danske virksomheder er internationalt førende i at udvikle. Copenhagen Atomics arbejder på kompakte saltreaktorer, der genbruger affald fra eksisterende atomkraftværker, mens Seaborg Technologies udvikler flydende reaktorer til placering på pramme.

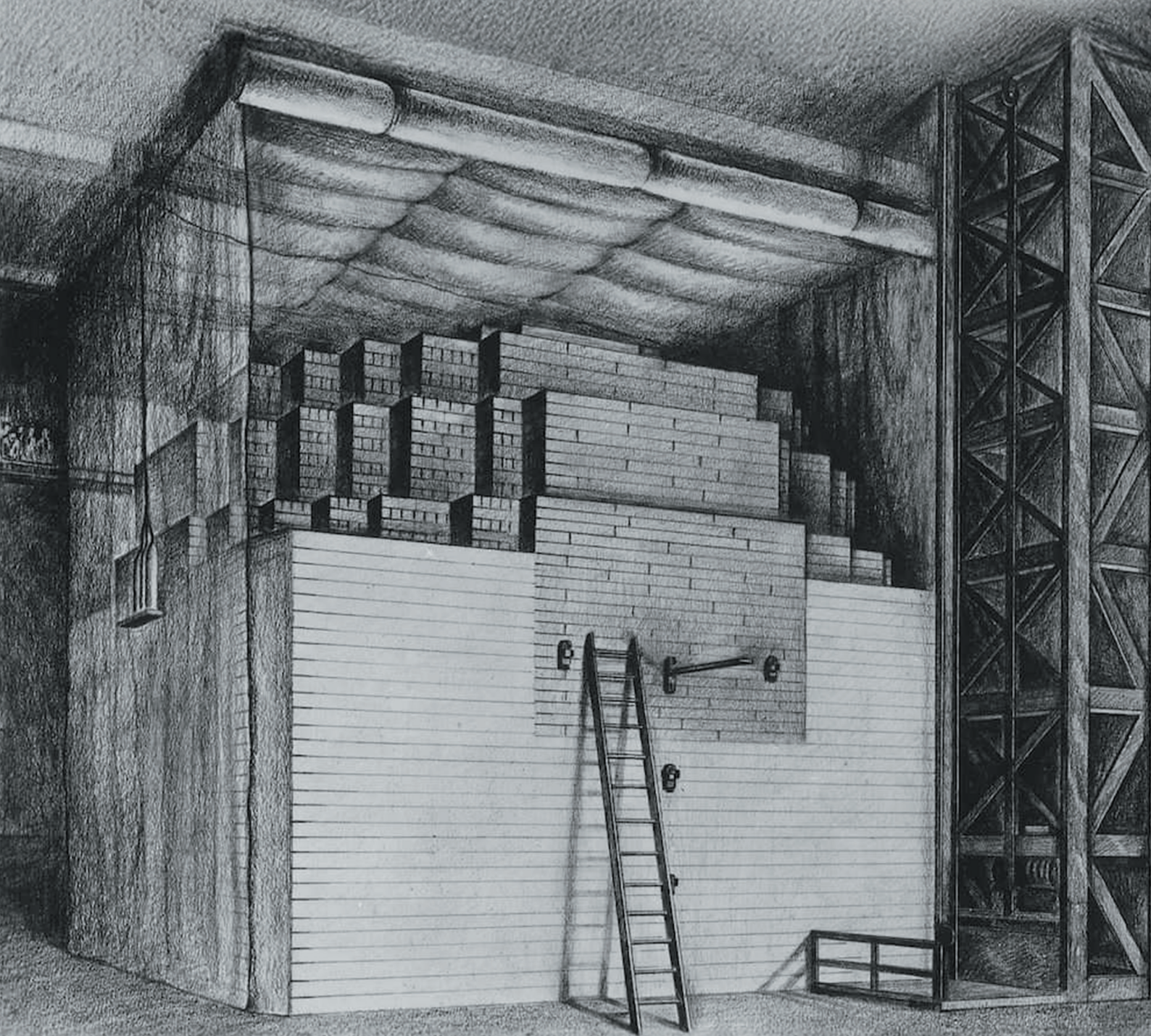
Disse teknologier fremhæves ofte som sikrere og mere fleksible end de traditionelle trykvandsreaktorer, og derfor bliver de nævnt i den nye danske debat som et potentielt supplement til sol, vind og andre vedvarende energikilder.

Også lokalt spirer interessen. Fjernvarme Fyn, der er delvist ejet af Odense Kommune, har i 2025 sat gang i en analyse af, hvordan små atomkraftværker kunne tænkes ind i fremtidens fjernvarmesystem.

Ifølge selskabet handler det ikke om at bygge et værk nu, men om at undersøge muligheder og udfordringer, så atomkraft kan vurderes på linje med andre grønne løsninger som geotermi og storskala varmepumper.

Dermed er Danmark gået fra et klart politisk nej i 1985 til en ny fase, hvor både nationale og lokale aktører ser på, om moderne atomkraft kan spille en rolle i fremtidens energisystem. Spørgsmålet om Danmark nogensinde får sit første kommercielle atomkraftværk står stadig åbent, men debatten er for alvor vendt tilbage til den politiske dagsorden.

Tema: Fremtidens energiforsyning?



Udviklingen af atomkraft – hvordan og hvorfor

Udviklingen af atomkraft har sine rødder i begyndelsen af det 20. århundrede, hvor fysikere begyndte at udforske atomets indre struktur. I 1896 opdagede Henri Becquerel radioaktivitet, og senere byggede Marie og Pierre Curie videre på denne forskning. I 1938 fandt de tyske fysikere Otto Hahn og Fritz Strassmann, og kort efter forklarede Lise Meitner og Otto Frisch, at det var muligt at spalte uran-atomer i en proces kaldet kernefission. Ved denne proces frigives enorme mængder energi, langt mere end ved kemiske reaktioner som forbrænding af fossile brændsler.

Fra videnskab til våben – og derefter energi

Opdagelsen af kernefission vakte både fascination og bekymring, især i en verden præget af Anden Verdenskrig. I 1939 skrev Albert Einstein og Leo Szilard til den amerikanske præsident Franklin D. Roosevelt for at advare om, at Nazi-Tyskland kunne være ved at udvikle atomvåben. Dette førte til etableringen af Manhattan-projektet, et stort amerikansk forskningsprogram, der samlede nogle af tidens førende fysikere – herunder Niels Bohr, Enrico Fermi og J. Robert Oppenheimer. Projektet kulminerede i 1945 med udviklingen af verdens første atom-bomber, som blev kastet over Hiroshima og Nagasaki.

Efter krigen ønskede mange forskere og politikere at udnytte den enorme energi fra fission til fredelige formål. Det førte til oprettelsen af den første kommercielle atomreaktor i Obninsk, Sovjetunionen, i 1954 og kort efter i USA og Storbritannien. Dette markerede begyndelsen på civil atomkraftproduktion.

Hvordan atomkraft virker – teknisk baggrund

En atomreaktor fungerer ved at kontrollere kernefissionsprocessen. I reaktorkernen findes brændselselementer, ofte lavet af uran-235 eller plutonium-239. Når en atomkerne spaltes, frigiver den energi i form af varme samt flere neutroner, der kan starte nye fissioner – en kædereaktion. For at kontrollere denne proces bruges kontrolstænger, som kan absorbere overskydende neutroner og dermed regulere reaktorens aktivitet. Den varme, der frigives i reaktoren, bruges til at opvarme vand, som omdannes til damp. Dampen driver en turbine, som igen driver en generator, der producerer elektricitet. Det er en proces, der teknisk minder om konventionelle kraftværker – forskellen ligger i varmekilden.

Hvorfor udviklede man atomkraft?

Efter krigen voksede interessen for at finde alternative energikilder til kul og olie. Atomkraft tilbød en attraktiv løsning: stor energitæthed, pålidelig base-load strømproduktion og ingen direkte CO₂-udledning. I 1950'erne og 1960'erne blev atomkraft betragtet som en fremtidsenergi – næsten ubegrænset, billig og ren.

Desuden spillede politiske og økonomiske faktorer en rolle. Mange lande ønskede energiuaafhængighed, og udviklingen af en national atomindustri blev set som et tegn på teknologisk og industriel styrke. Under den kolde krig blev civil atomkraft også set som en måde at opretholde en atomteknologisk kapacitet, der kunne tjene både civile og militære formål.

De danske reaktorer ved Roskilde Fjord

Når man tænker på atomkraft i Danmark, er det ofte modstanden, der fylder: demonstrationer, politiske forlig og et folkeligt nej til kernekraft. Alligevel har Danmark haft hele tre atomreaktorer i drift – ikke til elproduktion, men til forskning – på Risø nord for Roskilde. De blev opført i 1950'erne og 60'erne som led i en national strategi om teknologisk udvikling og videnskabelig indsigt. Reaktorerne leverede aldrig strøm til stikkontakterne, men de spillede en vigtig rolle i både dansk og international atomforskning. At Danmark – trods sin markante modstand – har haft atomreaktorer, siger noget centralt om den dobbelte fortælling, der præger vores forhold til atomkraft.

Risø Forskningscenter (nu en del af DTU – Danmarks Tekniske Universitet) blev etableret i 1958 nord for Roskilde. Formålet var at fremme fredelig anvendelse af atomenergi i Danmark. På Risø blev der opført tre forsøgsreaktorer:

- **DR-1** – En lav-effekt forskningsreaktor med en ydelse på 2 kW. Den blev anvendt til undervisning, målinger og analyser.
- **DR-2** – En højereffektreaktor med en ydelse på 5 MW, brugt til forskning i materialer og isotopproduktion. Denne reaktor blev taget ud af drift allerede i 1975.

- **DR-3** – Den største reaktor, med en effekt på 10 MW. Den blev sat i drift i 1960 og brugt intensivt til forskning i reaktorfysik, isotopproduktion, og neutronbestråling af materialer. Den blev lukket permanent i år 2000.

Ingen af reaktorerne blev brugt til energiproduktion til det danske elnet, men udelukkende til forskning.

Nedlukning og Dekommissionering

I takt med at Danmark opgav atomkraft som energikilde i 1980'erne, blev reaktorerne gradvist taget ud af drift. DR-2 og DR-3 er nu under dekommissionering – en teknisk og sikkerhedsintensiv proces, hvor anlæggene demonteres og radioaktivt materiale fjernes eller opbevares sikkert.

Det danske affaldshåndteringselskab, Dansk Dekommissionering, står for at rydde op og sikre området til fremtidig brug. Det indebærer blandt andet opbevaring af lav- og mellemaktivt affald, som stammer fra forskningsreaktorerne og hospitalsudstyr.

Nutidig anvendelse af lokalerne

I dag er mange af bygningerne på det tidligere Risø-område stadig i brug – men til andre formål: DTU Risø Campus huser forskning inden for bære-



Tema: Fremtidens energiforsyning?

dygtig energi, herunder vindenergi, solenergi, brændselsceller, og materialeteknologi. De tidligere reaktorbygninger bruges i nogle tilfælde til eksperimentel forskning, opbevaring eller administrative funktioner, afhængig af graden af dekontaminering og sikkerhedsgodkendelse.

Nogle lokaler er under løbende ombygning eller nedrivning som led i dekommissioneringen.

Området er fortsat et vigtigt centrum for teknisk og naturvidenskabelig forskning i Danmark, men nu med fokus på vedvarende energi og grøn teknologi snarere end atomenergi.

Risø i undervisningen

Viden om RISØs forsøgsreaktorer kan bruges i folkeskolens undervisning som en tværfaglig indgang til at arbejde med energi, teknologi og samfund. Eleverne kan lære, hvordan en atomreaktor fungerer, hvad radioaktivitet er, og hvorfor Danmark valgte ikke at bruge atomkraft.

Historien om RISØ giver mulighed for at diskutere energivalg, miljø og sikkerhed, og den kan kobles til aktuelle emner som klimaforandringer og grøn omstilling.

Gennem modeller, debat, forsøg og projektarbejde kan eleverne få en konkret forståelse af komplekse naturfaglige og samfundsmæssige emner med afsæt i en dansk virkelighed.

Forslag til tværfaglig projekt- eller emneuge

Titelidéer:

- "Atomkraft – fortid, nutid og fremtid"
- "Fra Risø til vindmøller: Danmarks energirejse"
- "Kraft og konsekvens – energi med ansvar"

Forslag til elevprodukter:

- Podcasts eller videoer, hvor eleverne interviewer hinanden som "forskere på Risø".
- Plakater eller infografikker om, hvordan en reaktor virker.
- Rollerspil med politiske debatter om atomkraft i Danmark.



Mens forsøgsreaktorerne på Risø primært havde et forskningsmæssigt sigte og aldrig blev brugt til egentlig energiproduktion, spillede de alligevel en central rolle i den offentlige debat om atomkraft i Danmark. Netop denne debat blev i 1970'erne og 80'erne præget af voksende modstand fra både borgere, miljøorganisationer og politiske bevægelser.

Selvom atomkraft ofte fremhæves som en CO₂-fri energikilde, er der mange, som argumenterer imod dens anvendelse. En af de største bekymringer handler om sikkerheden. Historiske ulykker som Tjernobyl og Fukushima har vist, at selv avancerede systemer kan fejle med katastrofale konsekvenser

for mennesker og miljø. Modstandere påpeger, at risikoen – selv om den er lille – er uacceptabel, fordi følgerne er så alvorlige.

Den mest kendte ulykke er Tjernobylulykken i april 1986 i det daværende Sovietunionen (nu Ukraine), hvor en sikkerhedstest i en sovjetisk RBMK-reaktor førte til en eksplosion og massiv radioaktiv forurening. Ulykken skyldtes designfejl og operatørfejl. I marts 2011 blev Japan ramt af et kraftigt jordskælv og efterfølgende tsunami der skyllede ind over Fukushimaværket. Det resulterede i strømdufald og tab af køling, hvilket førte til nedsmeltninger i flere af værkets reaktorer. Her var årsagen en naturkatastrofe, men kritikken har også peget på utilstrækkelig sikring mod kendte risici.

Three Mile Island-værket udenfor Harrisburg i USA oplevede i 1979 en delvis nedsmeltning pga. en kombination af tekniske fejl og manglende overblik hos personalet. Ulykken blev dog inddæmmet, og der var kun minimal udslip af radioaktivitet. Sellafield (tidligere kendt som Windscale) i Nordengland havde flere mindre hændelser, herunder en brand i 1957, som medførte radioaktiv forurening.



Hændelsen skyldtes dårlig design og utilstrækkelig overvågning.

Disse ulykker har bidraget til offentlig skepsis og modstand mod atomkraft, især i Europa. De viser, at fejl og naturkatastrofer kan få alvorlige konsekvenser, især hvis sikkerhedssystemer svigter.

Et andet centralt argument handler om radioaktivt affald, som kan forblive farligt i titusindvis af år. Der findes endnu ingen globalt accepteret og langsigtet løsning på, hvordan dette affald skal opbevares sikkert. Mange ser det som uetisk at efterlade sådanne problemer til fremtidige generationer.

Desuden er atomkraft dyr og langsom at udvikle. Nye atomkraftværker kræver ofte mange års planlægning og byggeri, og omkostningerne er høje – både i anlæg og vedligehold. Kritikere mener, at investeringer i vedvarende energi som sol og vind giver hurtigere, billigere og mere fleksible løsninger. Derudover har atomkraft en lav fleksibilitet i elproduktionen. Fordi reaktorer bedst kører med kon-

stant ydelse, passer de dårligt ind i et elsystem med mange sol- og vindkilder, hvor produktionen varierer over tid og kræver hurtig op- og nedregulering.

Et mere geopolitisk argument handler om spredning af atomvåben. Teknologien til civil atomkraft kan også anvendes til militære formål, hvilket øger risikoen for spredning af farlige materialer og teknologier til ustabile eller fjendtlige aktører.

Endelig fremhæver mange modstandere det demokratiske aspekt. Folkelig modstand og manglende inddragelse i beslutningsprocesser omkring atomkraft og affaldslagring skaber mistillid og konflikter i samfundet. Store og langvarige energiprojekter kræver bred opbakning – og det har atomkraft sjældent.

Sammenfattende mener modstandere af atomkraft, at risiko, pris, affaldsproblemer og politiske udfordringer gør teknologien uegnet som en langsigtet og bæredygtig energiløsning, især i en verden med hastigt voksende alternativer inden for vedvarende energi.



Tema: Fremtidens energiforsyning?

Tema: Fremtidens energiforsyning?

Selvom modstanden mod atomkraft førte til en politisk beslutning om ikke at indføre teknologien i Danmark, er spørgsmålet langt fra dødt. I takt med stigende fokus på klima, energisikkerhed og udfasning af fossile brændsler er atomkraften igen kommet på dagsordenen – denne gang med nye argumenter og teknologier i spil.

En af de mest markante fordele ved atomkraft er, at den producerer store mængder elektricitet uden udledning af CO₂ under drift. En enkelt atomreaktor på 1.000 MW kan levere strøm til flere millioner husstande og erstatter ofte kul- eller gaskraftværker med langt højere drivhusgasudledning.

Effektiv og arealbesparende energiform

Atomkraft er ekstremt energitæt: Ét gram uran-235 kan frigive næsten 1.000 gange så meget energi som ét gram olie. Det betyder, at atomkraftværker kræver meget mindre brændsel og producerer relativt lidt affald i forhold til den energi, de genererer. Samtidig optager de langt mindre fysisk plads end eksempelvis sol- eller vindmølleparker for samme energiproduktion, hvilket gør teknologien attraktiv i tætbefolkede eller geografisk begrænsede områder.

Grundlast og stabilitet

Modsat sol- og vindenergi, der er intermitterende (afhængige af vejret), kan atomkraft levere stabil og kontinuerlig elektricitet – også kaldet "baseload". Dette gør atomkraft til en vigtig komponent i et elsystem, der har brug for stabil spænding og forsyning døgnet rundt, især i samspil med svingende grøn energi.

Ny teknologi: SMR og passiv sikkerhed

Et af de mest lovende områder inden for atomkraft er udviklingen af små modulære reaktorer (SMR'er). Disse kompakte anlæg har typisk en effekt på 50–300 MW og bygges i moduler, der kan masseproduceres på fabrik og transporteres til installationsstedet. Det reducerer både byggetid og omkostninger.

Flere SMR-designs, som f.eks. NuScale (USA) og Rolls-Royce SMR (UK), er konstrueret med passive sikkerhedssystemer. Det betyder, at hvis der opstår en nødsituation, vil reaktoren automatisk lukke ned og afkøle sig selv – uden behov for menneskelig indgriben eller strømforsyning. Dette eliminerer risikoen for nedsmeltning i tilfælde af fx naturkatastrofer eller tekniske fejl.



Thorium – et alternativt brændstof

Thorium er et naturligt forekommende grundstof (Th-232), som i visse reaktordesigns kan bruges som alternativ til uran. Det omdannes under bestråling til fissilt uran-233, som kan anvendes i en kontrolleret kædereaktion. Fordelene ved thorium omfatter:

- Større global tilgængelighed end uran – især i lande som Indien, der har store thoriumreserver.
- Mindre og kortlivet affald – thorium-baserede reaktorer producerer væsentligt mindre plutonium og langlivet radioaktivt affald.
- Svært at anvende til atomvåben – affaldsprodukterne fra thorium indeholder mindre våbenegnet materiale.

Et af de mest omtalte koncepter er smeltet salt-reaktorer (Molten Salt Reactors, MSR), som ofte kombineres med thorium.

Disse reaktorer arbejder ved lavere tryk, har høj termisk effektivitet og er selvregulerende, hvilket øger både sikkerhed og effektivitet.

Kombination med grøn omstilling

I en verden, hvor efterspørgslen på elektricitet stiger, og der samtidig er behov for at reducere CO₂-udledning hurtigt, argumenterer mange forskere og klimaeksperter for, at atomkraft bør indgå som komplementær teknologi til sol, vind og energilagring. Atomkraft kan sikre forsyningsikkerhed og levere strøm, når vejrafhængige kilder ikke producerer nok.

Organisationer som IPCC (FN's klimapanel) og IEA (Det Internationale Energiagentur) vurderer, at atomkraft vil være nødvendig i mange lande for at nå klimamålene i 2050 – især i energitunge sektorer som industri og fjernvarme, hvor elektrificering kræver store mængder stabil strøm.

Sammenfattende peger tilhængere på, at moderne atomkraft er sikker, effektiv og klimavenlig, og at ny teknologi – herunder thorium og SMR'er – kan løse mange af de problemer, som tidligere har skabt modstand.

Atomkraft er ikke uden udfordringer, men for mange fremstår den som en nødvendig del af en realistisk og ansvarlig grøn omstilling.

Tema: Fremtidens energiforsyning?

Tværfagligt undervisningsforløb:

Atomkraft – Risiko, teknologi og fremtid

Formål

Eleverne skal opnå forståelse for, hvad atomkraft er, hvordan det virker, hvilke fordele og ulemper der er, og hvorfor det debatteres i samfundet i dag. De skal arbejde med både faglig viden og kritisk tænkning.

Varighed

Ca. 2-3 uger (afhængigt af timetal og fagkombination)

Faglige mål

Fysik/kemi:

- Forklare atomets opbygning og kerneprocesser (fission).
- Forstå energiomdannelse og radioaktivitet.
- Undersøge fordele og ulemper ved forskellige energiformer.

Samfundsfag:

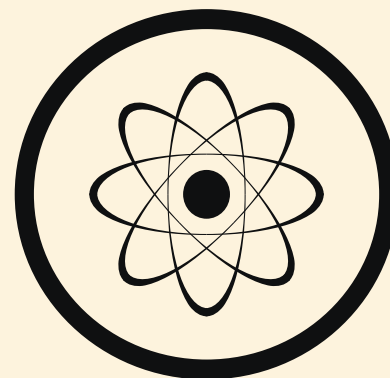
- Reflektere over teknologiske valg i samfundet.
- Diskutere bæredygtighed og energipolitik.
- Forstå borgerinddragelse, risiko og ansvar.

Dansk:

- Analysere og producere argumenterende tekster.
- Arbejde med kilder og formidle fakta og holdninger.

Historie (valgfrt):

- Kortlægge Danmarks energipolitik (fx 1970'erne og beslutningen om at droppe atomkraft).
- Forstå betydningen af Tjernobyl og Fukushima i nyere historie.



Overblik over aktiviteter

Uge	Aktivitet	Fag	Beskrivelse
1	Intro: Hvad er atomkraft?	Fysik/kemi	Gennemgang af atomets opbygning, fission, kæde-reaktion, og hvordan et atomkraftværk fungerer.
1	Fordele og ulemper	Klassediskussion	Eleverne laver mindmaps og gruppearbejde om positive og negative sider ved atomkraft.
2	Historiske ulykker	Samfundsfag/historie	Gennemgang af Tjernobyl, Fukushima, Three Mile Island og Sellafield. Diskussion af årsager og konsekvenser.
2	Debatforberedelse	Dansk	Eleverne skriver korte debatindlæg for/imod atomkraft. Øver argumentation og kildekritik.
3	Elevstyret debat eller rollespil	Alle	Fx: politisk debat, borgerhøring, eller FN-klimamøde med forskellige roller.
3	Fremtidens teknologi	Fysik/kemi	Undersøg thorium, SMR og fusionsenergi. Perspektivering til klimakrisen og energimix.

Materialer og kilder

- Animationer/videoer om fission og reaktorer (fx fra DR Skole, YouTube, CERN).
- Artikler fra Faktalink, DR eller Klimarealisme.dk (for og imod).
- Infografik over energityper.
- Simpel modelopbygning af et atomkraftværk (pap eller LEGO).
- Bøger/tekster om Tjernobyl eller andre ulykker (faglitteratur eller skønlitteraturuddrag).

Evaluerings

Forslag til elevprodukter:

- Skriftlig opgave: "Bør Danmark overveje atomkraft igen?"
- Præsentation af energipolitik fra forskellige lande.
- Podcast eller video med interviewformat om fordele/ulemper.
- Infoplakat om SMR eller thorium.

Differentiering og inklusion

- Brug film og modeller til visuel læring.
- Tilpas tekstmængder og opgaver efter læseniveau.
- Giv valgfrihed i elevprodukter (skrift, lyd, visuel præsentation).
- Understøt debat med skabeloner og begrebsforklaringer.

Hospitalsfysik i undervisningen



I maj 2025 besøgte foreningen Dansk Center for Partikelterapi i Aarhus.

Når vi snakker ioniserende stråling i grundskolen, kommer undervisningen hurtigt til at handle om kernekraft og atombomber. Men der findes et felt som sjældent berøres, på trods af på trods af relevansen i vores hverdag, nemlig de medicinske anvendelse. De fleste elever kender til Røntgenbilleder, og nogle har måske hørt om Hevesys sporstoffer (som beskrevet i blad 3. 2021 s. 21), men de færreste har hørt meget mere.

Men på Skejby Universitetshospital i Aarhus ligger Dansk Center for Partikelterapi, der er et af de få steder i Norden, hvor patienter kan få protonterapi. Protonterapi er en avanceret type strålebehandling, som adskiller sig markant fra konventionel fotonstråling ved brug af protoner i stedet for røntgenstråler. Den teknologiske og fysiske baggrund for protonterapi giver en oplagt mulighed for at inddrage hospitalsfysik i naturfagsundervisningen på grundskoleniveau, hvor en introduktion til energi, partikler og stråling er en del af pensum.

Hospitalsfysik er et felt, der kombinerer anvendt fysik med sundhedsvidenskab. Inden for partikelterapi handler det især om at forstå, hvordan energien fra

ladede partikler – såsom protoner – kan anvendes til at ødelægge kræftceller med høj præcision og minimal skade på raskt væv. En central fysisk egenskab, som muliggør denne præcision, er det såkaldte Bragg-peak. Når protoner bevæger sig gennem væv, mister de gradvist energi, men i modsætning til fotonstråling, som afgiver energi kontinuerligt, frigiver protoner størstedelen af deres energi i slutningen af deres bane, lige før de stopper helt. Dette fænomen kaldes Bragg-toppen, eller Bragg-peak, og det betyder, at man kan afsætte maksimal stråledosis i en veldefineret dybde i kroppen – netop dér hvor tumoren befinder sig – og næsten intet efterfølgende.

På Dansk Center for Partikelterapi anvendes denne egenskab til at målrette behandlingen meget præcist. Ved hjælp af avancerede billediagnostiske teknikker, såsom CT- og MR-scanning, planlægges hver enkelt patients behandling nøje. Hospitalsfysikere beregner præcis, hvor dybt protonerne skal trænge ind i kroppen, hvilken energi de skal have, og hvordan man bedst muligt dækker hele tumorvolumen uden at overbestråle de omkringliggende raske væv. Dette kræver brug af komplekse modeller og simuleringværktøjer, samt et grundigt kendskab til både fysik-

Tema: Fremtidens energiforsyning?



kens love og biologiske vævsreaktioner på ioniserende stråling.

Strålefeltet i en protonterapi-behandling skabes ved at accelerere protonerne i en såkaldt cyklotron, som er en type partikelaccelerator. I Dansk Center for Partikelterapi anlæg bliver protonerne accelereret op til en energi på 230 MeV, hvilket gør det muligt at behandle tumorer i hele kroppen – også dem, der sidder dybt inde i kraniet eller i brysthulen.

Protonerne styres derefter gennem et avanceret magnetsystem og et rørsystem – en såkaldt beamline – frem til behandlingsrummet, hvor de præcist dirigeres mod patientens tumor. Hospitalsfysikere spiller her en afgørende rolle i at sikre, at alt udstyr fungerer korrekt, og at dosisplanen udføres præcist efter beregningerne.

Denne form for hospitalsfysik rummer et stort potentiale som emne i naturfagsundervisningen, især fordi den kombinerer flere centrale emner fra fysik og biologi. Elever i grundskolen arbejder allerede med begreber som energi, partikler, elektromagnetisme og menneskets krop.

Ved at inddrage eksempler fra Dansk Center for Partikelterapi kan undervisningen gøres mere virkelighedsnær og teknologisk orienteret.

En diskussion af, hvordan protoner afsætter energi i væv, kan kobles til både atomfysik og energibegreber. Bragg-peak kan illustreres grafisk og sammenlignes med andre typer af stråling, såsom røntgen- eller gammastråler, for at vise forskellen i energiafsætning og biologisk effekt.

Desuden giver det anledning til at tale om anvendelsen af store teknologiske anlæg i samfundet, og hvordan forskning og teknologi kan redde liv. Eleverne kan f.eks. få til opgave at undersøge, hvordan man kan måle stråledosis, eller de kan arbejde med simuleringsværktøjer, hvor de kan se effekten af forskellige stråletyper på en fiktiv tumor. På den måde bliver fysik ikke kun et teoretisk fag, men et redskab til at forstå og forbedre menneskers sundhed.

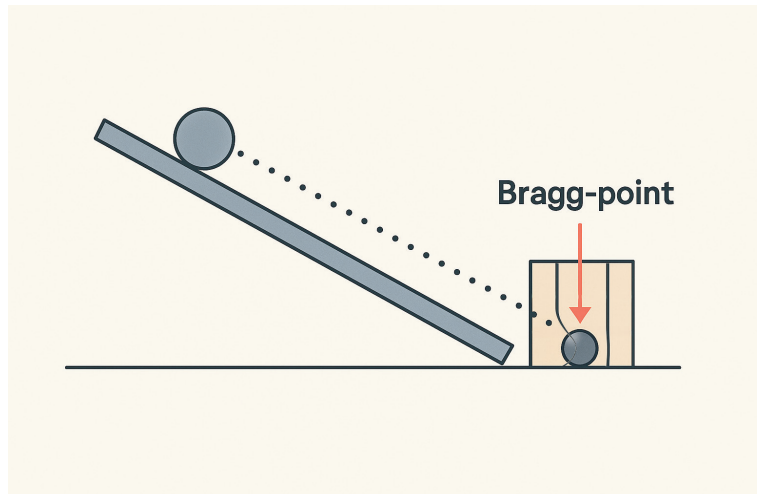
Et andet pædagogisk aspekt er tværfaglighed. Partikelterapi involverer ikke kun fysik, men også biologi (cellebiologi og DNA-skader), matematik (beregning af energioverførsel og dosis), teknologi (cyklotroner, magnetsystemer og billeddiagnostik) og etik (hvem skal tilbydes dyr behandling?). Det åbner op for projektarbejde, hvor elever kan arbejde på tværs af fagene, f.eks. i et længerevarende forløb om kræft og behandling, hvor de skal formidle deres viden til andre – måske endda i form af en udstilling eller en digital præsentation.

Dansk Center for Partikelterapi er et konkret og inspirerende eksempel på, hvordan avanceret fysik bruges i moderne hospitalsbehandling. Ved at inddrage det i grundskolens naturfagsundervisning kan man ikke alene styrke elevernes interesse for naturvidenskab, men også vise dem, hvordan videnskab og teknologi spiller en central rolle i vores hverdag – og i menneskers liv og helbred.

Hospitalsfysik, og særligt brugen af protonterapi med Bragg-peak som princip, er derfor et oplagt emne til at skabe bro mellem klasselokalet og den virkelige verden.

Forsøgs- vejledning:

Bragg-princippet og opbremsning



Materialer:

- Modellervoks (som "vævs-lag")
- En kugle (fx glaskugle, stål-kugle, eller BB-kugle)
- Skrå bane (fx en plade, tagrende eller lineal)
- Lineal og papir
- Evt. en vægt eller sensor til at måle "energi" (kan også være kvalificeret gæt)

Formål

At forstå, hvordan partikler bremser op, og hvordan de afgiver mest energi lige før de stopper – Bragg-peak.

Fremgangsmåde

Trin 1: Byg en bane

- Byg en skrå bane, hvor en kugle kan rulle ned og ramme et "væv" bestående af tynde plader af modellervoks i lag med ca. 1/2 cm. mellemrum.
- Kuglen ruller fra toppen og fortsætter gennem lagene.

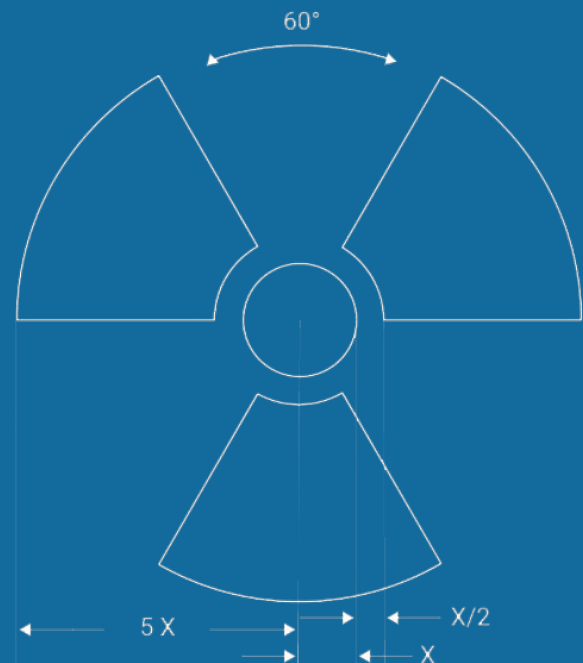
Trin 2: Mål og observer

- Hvor langt når kuglen ind i lagene?
- Hvor ser du mest "bevægelse" i materialet? Fx hvor buler lagene mest?
- Marker hvilket lag der ser ud til at få mest energi fra kuglen (Bragg-peak).

Spørgsmål

Hvad sker der med kuglens hastighed, jo længere den bevæger sig?
Hvilket lag får mest energi fra kuglen – tæt på starten, midt i, eller til sidst?
Hvor stopper kuglen? Hvad betyder det i forhold til Bragg-peak?
Hvordan kunne man bruge det her til behandling i kroppen?

Symbolet



Symbolet for ioniserende stråling – også kendt som det trebladede strålingssymbol, trefoilen eller på engelsk "radiation trefoil" – er et af de mest genkendelige faresymboler i verden. Det findes på alt fra laboratoriedøre og transportcontainere til medicinsk udstyr og atomkraftværker. Symbolet signalerer en alvorlig advarsel: her findes stråling, der er i stand til at ionisere atomer og molekyler, hvilket kan have skadelige eller dødelige konsekvenser for levende væsener.

Men hvorfor ser dette symbol netop sådan ud – tre buede "blade" omkring en central cirkel, normalt i sort på gul baggrund?

Symbolet blev skabt i 1946 ved University of California, Berkeley, hvor fysikere og ingeniører arbejdede med atomenergi i efterkrigstidens USA. Det blev designet specifikt af en gruppe på Radiation Laboratory, som arbejdede med både detektering og mærkning af radioaktivt materiale. På det tidspunkt fandtes der ingen standardiseret måde at advare om farlig stråling, hvilket skabte et presserende behov for et symbol, der kunne kommunikere fare klart og entydigt – selv for folk uden teknisk baggrund.

Symbol skulle være unikt, simpelt og iøjnefaldende, så det ikke kunne forveksles med noget andet.

Det trebladede symbol består af en central cirkel, hvorfra tre buede "blade" eller "vifter" stråler ud som propeller. Det ligner næsten et roterende objekt eller noget, der sender energi eller bølger ud fra midten. Designet er ikke blot æstetisk; det er symbolsk og funktionelt:

- Cirklen i midten repræsenterer kilden til strålingen – typisk en radioaktiv isotop, en strålingskilde eller en kerne.
- De tre blade symboliserer strålingen, der bevæger sig væk fra kilden i tre retninger – nogle tolker dem som alfa-, beta- og gammastråling, selvom

dette ikke var den oprindelige intention.

- Den buede form antyder spredning eller bevægelse, hvilket kommunikerer farens "aktive" karakter – stråling, der bevæger sig usynligt, men effektivt, væk fra kilden.

Denne form var bevidst valgt for at undgå associationer med eksisterende symboler og for at sikre, at den ikke kunne tolkes som noget harmløst. Ifølge en rapport fra tidlige interviews med designteamet, blev symbolet valgt, fordi det så "mærkeligt og ubehageligt" ud – og netop derfor egnede sig som en advarsel.

Symbols styrke ligger ikke kun i dets udseende, men i dets semiotik – altså den måde, det kommunikerer betydning. I visuel kommunikation er det vigtigt, at et faresymbol opfylder visse kriterier:

1. Genkendelighed: Det skal være nemt at huske og identificere hurtigt.
2. Entydighed: Det må ikke forveksles med symbolsprog fra ikke-farlige kontekster.
3. Neutralitet: Det må ikke have kulturelle, religiøse eller politiske konnotationer.
4. Symbolsk klarhed: Det skal på intuitiv vis signalere fare, kraft eller bevægelse.

Strålingssymbolet opfylder alle disse. Det ser "farligt" ud uden nødvendigvis at skulle forklares. Mange børn og voksne lærer det tidligt som en del af undervisning i fysik eller sikkerhed, og dets status som globalt faresymbol er i dag fuldt integreret i internationale standarder – som f.eks. ISO 361 og IAEA-retningslinjer.

Symbolet for ioniserende stråling er resultatet af omhyggelig design, praktiske overvejelser og semiotisk analyse. Det blev skabt i en tid, hvor behovet for klar kommunikation om farer var højaktuelt – og det har vist sig at være en af de mest holdbare og effektive visuelle advarsler i moderne historie.

Uranglas



Undervisning i ioniserende stråling i grundskolen kan ofte virke abstrakt og svær at relatere til virkeligheden. Det handler om usynlige fænomener og komplekse begreber, som kan være udfordrende at forstå uden konkrete eksempler. En måde at gøre undervisningen mere håndgribelig og engagerende på er ved at bruge uranglas.

Uranglas er glas, der indeholder små mængder uranoxid, hvilket giver det en karakteristisk grønlig eller gullig farve. Det blev især populært i kunsthåndværk og husholdningsartikler fra midten af 1800-tallet og op til midten af 1900-tallet.

I dag kan man stadig finde det på loppemarkeder og i antikbutikker.

Det særligt fascinerende ved uranglas er dets fluorescens: når det belyses med ultraviolet (UV) lys, udsender det et klart, grønt skær. Denne egenskab skyldes ikke farvestoffet som sådan, men ioniseringen fra de uranforbindelser, glasset indeholder. Sammen med en geigertæller kan eleverne både se og høre, hvordan det udsender ioniserende stråling – og på den måde bliver et ellers abstrakt emne pludselig meget konkret og sanseligt. ☢

Uranglas og ioniserende stråling

Formål

At gøre abstrakte begreber om ioniserende stråling mere konkrete ved at undersøge uranglas med UV-lys og en geigertæller.

Fremgangsmåde

Del 1 – Observation med UV-lys

1. Tænd UV-lampen og ret den mod uranglasset (brug beskyttelsesbriller!).
2. Beskriv, hvad du ser:

Hvordan ser glasset ud i normalt lys?

Hvad sker der, når du lyser på det med UV-lys?

Hvilken farve lys udsender glasset?

Del 2 – Måling af stråling

1. Tænd geigertælleren og mål baggrundsstrålingen (uden uranglas i nærheden).
Baggrundsværdi: _____ CPM (Counts Per Minute)
2. Hold geigertælleren tæt på uranglasset og aflæs værdien.
Udsendt stråling fra uranglas: _____ CPM
3. Hvor stor er forskellen mellem baggrund og uranglas?

Del 3 – Refleksion

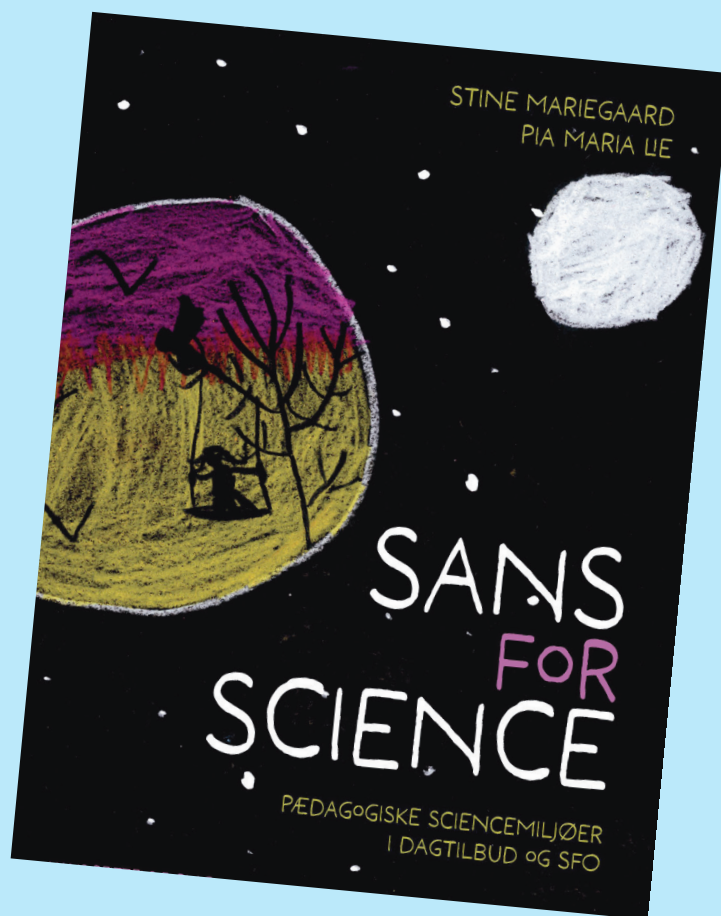
1. Hvad fortæller målingerne dig om uranglas?
2. Hvorfor tror du, man tidligere har lavet ting af noget, der udsender stråling?
3. Synes du, det er farligt at bruge uranglas i undervisningen? Hvorfor / hvorfor ikke?
4. Hvordan hjælper denne øvelse dig med at forstå ioniserende stråling bedre?

Materialer:

Et stykke uranglas
Geigertæller
UV-lampe
Beskyttelsesbriller (ved
brug af UV-lys)
Notatark og blyant

Boganmeldelse:

'Sans for Science'



Anmeldt af Emil Hjerl

Bogen Sans for Science af Stine Mariegaard og Pia Maria Lie er en ambitiøs og veludført guide til, hvordan man kan arbejde med sciencepædagogik i dagtilbud og indskoling med afsæt i børns sanser, nysgerrighed og leg. Det særlige ved denne udgivelse er den fine balance, den formår at skabe mellem teoretisk forankring og praksisnær inspiration.

Allerede i bogens opbygning mærker man, at forfatterne kommer med en solid faglig baggrund og en dyb forståelse for, hvad der skal til for at gøre naturvidenskab tilgængelig og meningsfuld i børnehøjde. Teoretiske begreber som science-kapital, situeret læring og undersøgelsesorienteret pædagogik introduceres klart og med blik for, hvordan de giver mening i den pædagogiske hverdag. Der er tale om teori, der tjener praksis – og ikke omvendt.

Det særligt vellykkede ved Sans for Science er dog, hvordan hvert kapitel integrerer konkrete, sanselige eksempler og pædagogiske praksisfortællinger. Man bevæger sig fra begreber som "science spot", der handler om at skabe nysgerrighed i hverdagen, til beskrivelser

af, hvordan man for eksempel kan arbejde med skoven, havet og månen i legende, undersøgende forløb. Her bliver teori levende og får krop gennem aktiviteter, der er lige til at afprøve, og som samtidig peger på dybere læringsmuligheder og refleksion.

Bogen fungerer både som fagbog og idébank, og netop denne dobbelthed er dens styrke. Læseren bliver ikke alene klædt på med argumenter for, hvorfor science-pædagogik er vigtig, men får også konkrete greb og metoder til at føre tankerne ud i praksis.

Der er desuden fokus på det relationelle og dialogiske aspekt i arbejdet med science, hvor børns egne spørgsmål og iagttagelser tages alvorligt som afsæt for videre undersøgelser.

Sans for Science er et stærkt bud på, hvordan man kan bygge bro mellem naturvidenskabelig dannelse og pædagogisk praksis uden at gå på kompromis med nogen af delene. Den anbefales varmt til både pædagoger, lærere i indskoling, studerende og alle med interesse for at udvikle børn og unges sans for undren, eksperimenter og videnskab. 🌱



Sol & vind

KidWind vindmøllerne kan bygges og adskilles igen...

BASIC vindenergisæt

Udforsk avancerede koncepter for vindmølle-teknologi - og lad eleverne teste en række forskellige vingedesign til at generere elektricitet, løfte vægte og pumpe vand.

Best.nr. KW-BWX **Kr. 1.899,-**

Klassesæt BASIC

Basic fås også som klassesæt til 8 grupper af 2-4 elever. Klassesættet indeholder 3 mølletårne med fødder, 3 navceller, 3 generatorer, 8 nav samt vingematerialer til 8 grupper á 2-4 elever.

Best.nr. KW-BWXC **Kr. 5.015,-**

MINI turbine

Lille turbine som er nem at bygge! Kan drive en LED-pære samt afspille en lille melodi. Kan producere strøm selv i en let brise...

Best.nr. KW-MWTBD **Kr. 756,-**

Trådløs energi-sensor

Go Direct energisensor måler strøm, spænding, effekt og energi fra vindmøller og solpaneler

Best.nr. GDX-NRG **Kr. 1.403,-**

Trådløst vejr-system

Måler en lang række vejrdata med én og samme sensor. Vindhastighed, vindretning, chill-faktor, temperatur, varmeindeks, dugpunkt, relativ- og absolut fugtighed, stations- og barometertryk samt højde over jordoverfladen. Anbefales montering på tripod (ikke inkluderet).

Best.nr. GDX-WTVA **Kr. 2.212,-**



Giv din STEM-undervisning ny energi med Vernier og KidWind - Gratis software!

Gulv-ventilator

3 hastigheder. Ventilatordiameter: 50 cm. Mekanisk med justerbar vinkel. Effekt: 90W, Vægt: 6 kg

Best.nr. KW-VENT **Kr. 695,-**



SOLFANGER undersøgelses-kit

Udformet som et almindeligt hus-solfanger-system med variabler som box-farve, lysintensitet og dimensioner

Best.nr. KW-STXK **Kr. 907,-**



SOL-ENERGI undersøgelses-kit

Undersøger bl.a. solvinklens effekt på outputtet af solceller/solpaneler..

Best.nr. KW-SEEK **Kr. 1.261,-**



fable GO! robot

Dette sæt giver dig alt det grundlæggende til en omfattende start med robotteknologi...

Det inkluderer et Spin modul med sensorer, lys, sjovt tilbehør og meget mere. Med Fable Go! er du klar til sjov, direkte fra kassen...

Best.nr. 40020025

BESTSELLERPRIS kr. 4.752,-



fable Explore robot

The Fable Explore Set giver dig mulighed for at lære Fable at kende på en anden måde...

Den kan bruges af 1-3 brugere i en gruppe

Best.nr. 99002001

BESTSELLERPRIS kr. 4.752,-



Graphical Analysis™

Graphical Analysis er en gratis app fra Vernier til trådløs og kablet dataopsamling og analyse på iPhone, iPad, Android, Chrome, Windows samt macOS. Med Graphical Analysis kan du dataopsamle, dele og analysere data fra alle Verniers mere end 90 sensorer sammen med LabQuest 2 og 3

- og de mere end 60 Go Direct-sensorer...



Dansk og helt gratis!

Brugervejledning kan downloades på www.skolebutik.dk



GRATIS OG PÅ DANSK

Alle priser og tilbud er excl. moms og gældende indtil andet angives

skolebutik.dk

Se mere på vores webshop:
www.skolebutik.dk
- eller ring 4470 4000
Familiedrevet siden 1987...

Godkendt af e-handelsfonden



Kender dine elever Inge Lehmann?

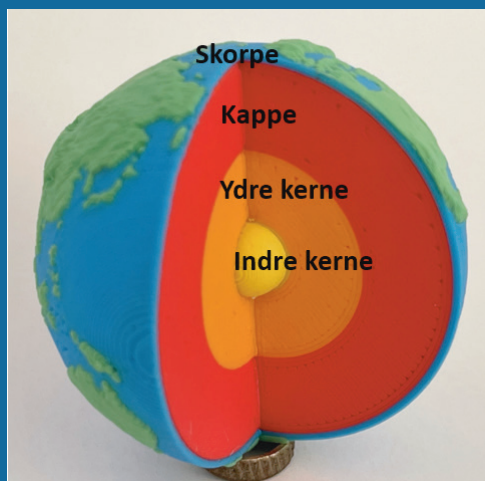
Af Erik Bruun Olesen og Helle Houkjær

I år er det 150 år siden, at kvinder fik adgang til videregående uddannelser i Danmark. Dette jubilæum giver anledning til at fremhæve nogle af de kvinder, der har præget naturvidenskaben og sat blivende spor.

En af dem er Inge Lehmann, dansk seismolog.

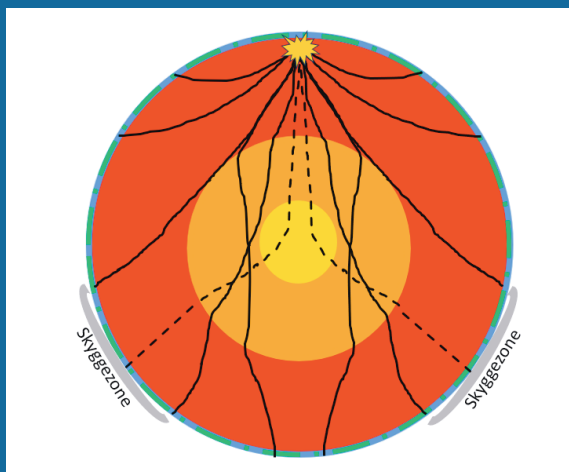
I et undervisningsforløb om Inge Lehmann, kan eleverne lære om hendes samtid, om Jordens indre og samtidig få et lille indblik i geofysik.

Kigger man på et tværsnit af Jorden, vil man se jordskorpen, kappen, den ydre kerne og den indre kerne. Allerede før Inge Lehmann kendte man til den flydende kerne, men det var Inge Lehmann, der påpegede den indre faste kerne.



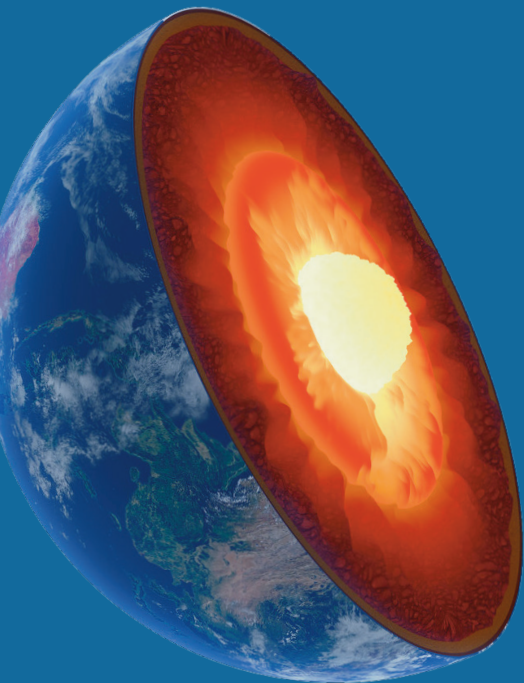
Egentlig påstod hun ikke, at den er fast. I hendes kendte artikel fra 1936 (P') fremsatte Inge Lehmann argumenter for, at Jorden har en indre kerne med en højere seismisk hastighed (og dermed en beskafenhed, der er fastere end den flydende kerne). Før den tid troede man, at Jordens kerne var én flydende masse. Og selvfølgelig skal Inge Lehmann have

æren for at opdage den inderste faste kerne, da det var hende, der på baggrund af seismiske data og beregninger fremsatte en overbevisende videnskabelig forklaring.



Ideen

Fra et jordskælv sendes jordskælvsbølger gennem Jorden. P-bølgerne kan udbrede sig igennem hele Jorden, da de er længdebølger (trykbølger). S-bølgerne kan ikke udbrede sig i den flydende ydre kerne, da de er tværbølger (kræver et fast medie).



S- og P-bølgernes fart vokser med dybden i kappen, og de bliver derfor afbøjet opad.

I den ydre kerne vokser P-bølgerne fart også med dybden og de bliver derfor også her afbøjet opad. Da P-bølgernes fart ved overgangen til den flydende ydre kerne falder med 5-6 km/s, sker der en brydning ved denne overgang. Alt i alt betyder det, at der kommer områder på Jorden, hvor bølgerne ikke når frem.

Disse områder er jordskælvets skyggezone. Og det var her, Inge Lehmann alligevel opdagede nogle bølger, som hun kaldte P'-bølger (P-mærke-bølger).

På illustrationen ses P-bølger som sorte streger og P'-bølger som stiplede.

Det fandt Inge Lehmann i 1929 efter et jordskælv i New Zealand. Hun indhentede data fra flere seismiske målestationer verden over og undersøgte, hvordan trykbølgerne havde udbredt sig gennem Jorden. På den måde kom hun nærmere Jordens indre opbygning. Selvom det var noget af en overraskelse for mange verden over, så kom erkendelsen af den indre faste kerne ret hurtigt. For hun havde ret og moderne forskning har da også efterfølgende bekræftet, at den indre kerne er fast (primært jern og nikkel).

Videnskab eller ægteskab?

Inge Lehmann voksede op på Østerbro. Hun var datter af professor Alfred Lehmann, der grundlagde psykologi som selvstændig videnskab i Danmark. På det tidspunkt var det en hel almindelig opfattelse, at kvinders æggestokke sygnede hen ved for meget studie. Man måtte vælge mellem videnskab eller ægteskab!

Inge Lehmann gik på Hanna Adlers fællesskole i København – den første skole i Danmark, hvor drenge og piger blev undervist og behandlet ens. Her tog hun også studentereksamen med topkarakter. Inge Lehmann studerede efterfølgende bl.a. matematik på universitetet i Cambridge.

Studielivet her var ikke særlig støttende overfor kvinder og hun måtte tage en pause fra studierne. I 1920 fik hun kandidatgrad i matematik fra Københavns Universitet. Hun var overalt kendt for sin skarpe faglighed og ambitiøse tilgang. Samme år fik kvinder lov at blive ansat i offentlige tjenester, men det var umuligt at komme i nærheden af forskning, som hun ønskede. Inge Lehmann blev undervisningsassistent på en løn, hun ikke kunne leve af.

Derfor supplerede hun lønnen med sekretærarbejde hos professor Niels Erik Nørlund, der stod overfor at skulle fusionere Den danske Gradmåling med Generalstabens Topografiske Afdeling (blev senere til Geodætisk institut).

Niels Erik Nørlund opdagede hurtigt, at Inge Lehmann var både et sprogligt og matematisk talent. Hun blev ansat som hans assistent, men i 1925 gjorde hun ham opmærksom på, at hun ville mere end det! Han sendte hende på studieophold og inddrog hende i arbejdet med opstilling af Danmarks første seismografer, der skulle måle jordskælv. Det blev hendes vej ind i seismologien.

Geodæsen var dengang et ungt universitetsfag, og da hun 1928 tog sin magisterkonferens heri, var det ikke blot som den første kvinde i Danmark, men som den første kvinde i verden. Umiddelbart efter blev hun chef for den seismiske afdeling og udnævnt til statsgeodæt. På trods af dette var hun nødsaget til at forske i sin fritid, da stillingen alene var administrativ og det ville Niels Erik Nørlund ikke lave om på. Dette blev et evigt konflikt punkt mellem de to.

Inge Lehmann rejste rundt i verden og mødte stor anerkendelse i seismologiske kredse for sit bidrag til seismologien. Men det hun er mest kendt for er at finde Jordens inderste kerne.

En ting er at kende historien om videnskabskvinden Inge Lehmann. Noget andet er at forstå seismologi. Begge dele kan nedenstående tværfaglige undervisningsaktiviteter måske lægge op til.

1. Indledningsvis kan man formidle ovenstående om Inge Lehmann og benytte illustrationerne i forklaringen af hendes opdagelse og Jordens opbygning.
2. Herefter kan eleverne finde flere informationer om Inge Lehmann på nettet – der er efterhånden beskrevet en del. Bådes tekst, podcasts og videoer.
3. Det er god indgang til det faglige stof at lade eleverne undersøge og tegne, hvordan et jordskælv opstår. Stil krav om, at de fx skal inddrage ord som: Pladetektonik, forskydning, energi, epicenter, hypocenter (fokus), P- og S-bølger...
4. Det vil være relevant at inddrage klassiske forsøg med bølgefænomener og bølgers egenskaber. Fx kan eleverne undersøge, hvad der sker, når

laserlys sendes ind i en klods af plexiglas. Ved overgangen mellem luft og klods kan man se både refleksion og brydning. Dette kan sammenholdes med jordskælvsbølgenes udbredelse gennem Jorden. Lad eleverne sætte ord på dette.

- Lad eleverne forstå, hvordan teknologien - en seismograf - virker. De kan bygge en simpel seismograf som denne: <https://www.sciencebuddies.org/stem-activities/make-a-seismograph>

Eleverne bør få til opgave at forklare, hvordan den virker. Hvad skal holdes fast og hvad skal kunne bevæges i opstillingen?

Kan de bygge både en horisontal og en vertikal model af en seismograf, der virker, når et bord bevæges frem og tilbage på gulvet eller op og ned?

- Det er også en mulighed at dykke ned i aflæsning af seismogrammer.



Tegn og vis et simpelt seismogram som dette, hvor tiden i minutter er angivet på x-aksen og amplituden er vist på y-aksen.

Forklar hvordan amplituden kan fortælle om jordskælvs størrelse. Og vis hvordan man kan aflæse, at P-bølgerne ankommer først. Dernæst S-bølgerne og endelig overfladebølgerne.

Lad eleverne undersøge forskellen på de seismiske bølger ved at slå begreberne op.

Jo længere væk hypocenteret er fra seismografen, jo større er tidsforskellen mellem P- og S-bølgernes ankomst til seismografen. Det kan sammenlignes med to biler, der kører samme rute, men med forskellig fart fra samme udgangspunkt.

På figuren kan man se, at tidsforskellen (S-P) er ca. = 105 sek. P-bølgerne ankommer altså 105 sek. før S-bølgerne.

I en såkaldt løbetidstabel kan man aflæse, at jordskælvs hypocenter således befinder sig ca. 1000 km fra denne seismograf.

- Mere om seismogrammer kan handle om bogstavsforkortelse. Ofte er der nemlig skrevet en masse bogstaver over seismogrammet. Bogstaverne er en slags kode for, hvordan den seismiske bølge har bevæget sig igennem Jorden. Herunder kan man se en skitse med eksempel:



Der står blandt andet PKP.

Når man læser disse tre bogstaver ved man, at jordskælvsbølgen, som er nået frem til seismografen, først har været en trykbølge i Jordens skorpe og kappe (P).

På et tidspunkt har bølgen ramt den ydre flydende kerne og er fortsat som P-bølge i den ydre kerne (K).

På bølgens videre rejse har den udbredt sig i kappen og skorpen som en P-bølge (P) – inden den er registreret på en målestation.

Ved at navngive bølgen PKP kan seismologer kort beskrive bølgens rejse.

- Hvis nogle elever gerne vil forstå seismogrammerne endnu bedre, kan nedenstående forenklet oversigt måske hjælpe på vej.

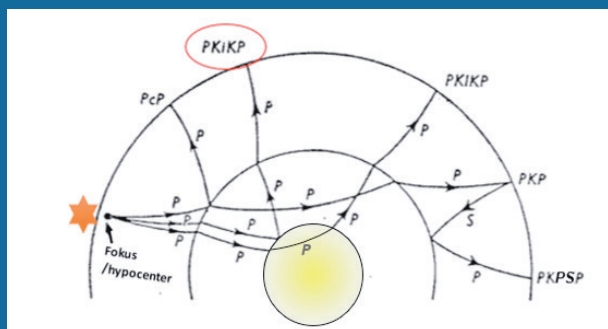
Når man arbejder som seismolog bruger man nemlig flere forskellige forkortelser. Og hvilken man bruger afhænger af bølgetype, og hvor i Jorden, bølgen udbreder sig:

Kode	Forklaring
P	P-bølge, der udbreder sig i jordskorpe og -kappe
S	S-bølge, der udbreder sig i jordskorpe og -kappe
c	er en bølge, der bliver reflekteret af den ydre kerne
i	er en P-bølge, der bliver reflekteret af den indre kerne
K	P-bølge i den ydre kerne
I	P-bølge i den indre kerne

Lad eleverne tegne en model af Jordens opbygning og indsætte koderne for bølgerne.

- Nedenfor kan man se, hvordan det samme jordskælv (stjernen) bliver registreret forskelligt fem steder på Jorden. Jordskælvsbølgerne bliver navngivet forskelligt,

da de har bevæget sig forskellige veje gennem Jorden.
Se fx på den røde cirkel – her er bølgen navngivet: PKiKP:



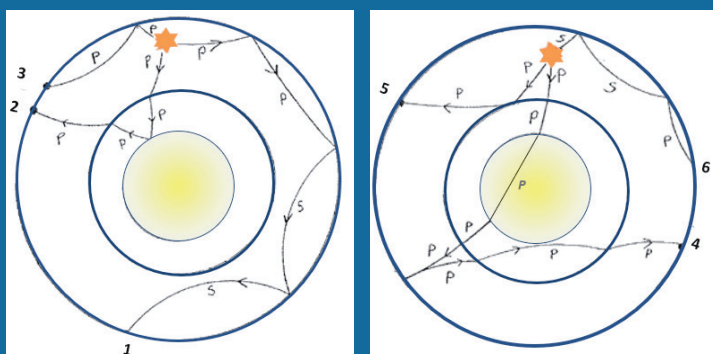
Hvis vi følger denne bølge retur til jordskælvets start (Fokus/ hypocenter) og bruger koderne fra skemaet (aktivitet 8), kan vi se, at bølgen har udbredt sig som:

- P-bølge i Jordens skorpe og kappe (P)
- Den er brudt lidt ved overgangen til ydre kerne og er fortsat som P-bølge i den ydre flydende kerne (K)
- Herefter er bølgen blevet reflekteret af den indre kerne (i)
- Så er den kommet ud i den flydende kerne igen (K)
- Til sidst er den fortsat som P-bølge (P)
- op til Jordens overflade, hvor det hele er blevet registreret af en seismograf.

Bogstaverne PKiKP forklarer denne udbredelse. Lad eleverne forklare ovenstående samt de andre bølgers koder

10. Aktivitet om navngivning jordskælvsbølger

Navngiv nedenstående seks jordskælvsbølgers vej gennem Jorden.
Brug skemaet fra aktivitet 8.

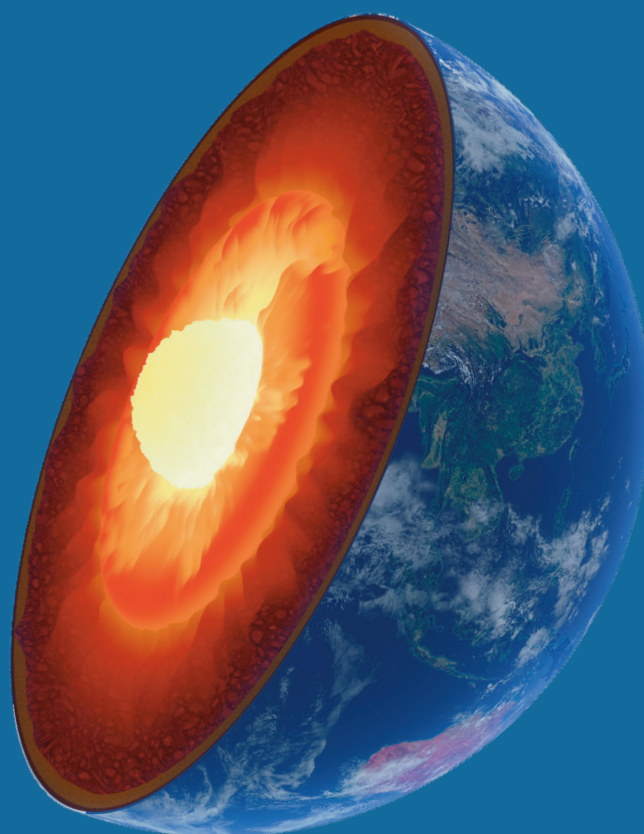


11. Bed eleverne om at finde en App/hjemmeside med jordskælvsregistrering – der findes flere forskellige. Her har de mulighed for visualisering af seismisk aktivitet over hele verden. Lad eleverne beskrive, hvad de ser. Der er flere funktioner, der kan give informationer om jordskælvne, som fx sted, dybde og magnitude, Ex



12. Endelig bør eleverne arbejde med, hvad vi bruger seismologi til i dag.
Stil fx spørgsmål som:
Hvordan bruger vi seismologi i varslingsystemer, i jagten på naturressourcer, i overvågning af atombombesprængninger, til at redde liv - andet?

God Fornøjelse. 🌀





Case: Søen der forsvandt

GO Atlas Portal 1-10

Nyhed

Hvordan kan mennesker påvirke miljøet og skabe store forandringer for både landskaber, mennesker og dyreliv?

I **GO Atlas** finder du en case, der gennem interaktive kort, videomateriale og kreative opgaver viser, hvor galt det kan gå, når mennesker driver rovdrift på naturen.

GO Atlas gør eleverne til aktive opdagelsesrejsende i geografiens verden – perfekt til differentieret undervisning og undersøgende læring.

- **Verdensdele og lande** – Få fakta og kort over alle verdens lande.
- **Temakort** – Se temakort, der viser alt fra befolkningstæthed til klimadata.
- **Kortlære** – Lær om korttyper, projektioner og navigation.
- **Opgaver og cases** – Eleverne arbejder undersøgende med virkelige problemstillinger.
- **Quizzer og selvrettende opgaver** – Test viden om storbyer, kontinenter og kortlæsning.
- **Lav dine egne kort** – Indsæt egne data og visualiser resultater.
- **Historiske Danmarkskort** – Se, hvordan byer og landskaber har ændret sig.
- **Klimastationer og befolkningspyramider** – Undersøg globale mønstre og udvikling.



Se portalen på goatlas.dk



Virtuelle hegn

Af Emil Hjerl

Hvordan kan teknologi hjælpe både dyr og natur uden at stille unødvendige hindringer for naturlig adfærd? Det spørgsmål forsøger Projekt Virtuelt Hegn på Fanø at besvare ved at kombinere moderne GPS-teknologi med ambitioner om bæredygtighed, dyrevelfærd og naturforvaltning.

På Fanø afprøves virtuelle hegn som alternativ til traditionelle stødhegn. Projektet er placeret i det beskyttede Natura 2000-område Vadehavet, hvor både naturpleje og artsbeskyttelse står højt på dagsordenen. Her testes GPS-baserede halsbånd på kreaturer, for at skabe en mere fleksibel og skånsom græsning i naturområderne.

Virtuelle grænser og adfærdsgen- design

De virtuelle hegn fungerer ved, at GPS-halsbånd definerer usynlige grænser. Når dyrene nærmer sig disse grænser, afgiver halsbåndet først en lyd som advarsel. Hvis advarslen ignoreres, gives et mildt stød på 0,2 joule.

Til sammenligning leverer et traditionelt stødhegn op til 7 joule. Det betyder, at dyrene gradvist lærer at reagere på lydsignalet og holder sig inden for det tillad-

te område uden at blive udsat for unødige fysiske påvirkninger.

Ved at fjerne de fysiske barrierer, som traditionelle hegn udgør, åbnes området også for vilde dyrs frie bevægelse. Det bidrager til biodiversiteten og skaber en mere dynamisk og åben natur. Samtidig giver teknologien landmænd og naturforvaltere nye redskaber til at overvåge og justere dyrenes græsning, uden at det kræver omfattende fysisk infrastruktur. Det kan spare både tid og penge på lang sigt.

Fra Fanø til klasseværelset

Projektet er ikke kun interessant for landmænd og forskere. Det rummer også et stort potentiale i naturfagsundervisningen. Her kan eleverne arbejde med emner som dyrevelfærd, bæredygtighed, teknologi og menneskets rolle i naturpleje. Diskussions-spørgsmålene står i kø: Er det i orden at give dyr stød, selvom de er svage? Hvad betyder det for oplevelsen af naturen, hvis hegnene bliver usynlige? Og hvilke etiske og praktiske dilemmaer følger med, når teknologi træffer beslutninger på vores vegne?

Et konkret undervisningsgreb kunne være at lade eleverne

prøve at være "dyr i det virtuelle hegn". Ved hjælp af GPS-trackere eller mobiltelefoner kan man registrere deres bevægelsesmønstre i frikvarteret. Herefter kan eleverne analysere, hvor de opholder sig mest, hvor de undgår at gå hen, og om der opstår "usynlige grænser" i skolegården, måske på grund af sociale mønstre eller fysiske forhold.

Med udgangspunkt i disse data kan eleverne drøfte og foreslå ændringer i skolens indretning eller klassens regler, præcis som naturforvaltere gør, når de skal balancere mellem naturbeskyttelse, græsning og dyrevelfærd. En sådan øvelse skaber kobling mellem natur og samfund, mellem etik og empiri, og mellem undervisning og virkelighed.

En ny tilgang til naturpleje

Virtuelle hegn er mere end bare en teknologisk finesse. De repræsenterer en ny tilgang til, hvordan vi forvalter fælles natur. Ved at give både mennesker og dyr større frihed og ansvar åbner projektet for nye måder at tænke sameksistens, bæredygtighed og innovation på. Fanø er her ikke kun et testområde, men også et pejlemærke for fremtidens naturpleje. 🌿

Hvordan børn lærer af fejl

Genfortalt af Emil Sølyst Hjerl på baggrund af et studie af van Duijvenvoorde et al. i 2008

Læring gennem feedback er centralt i skoleundervisningen. Vi ved, at feedback kan hjælpe elever med at forbedre sig, men forskningen viser, at børn i forskellige aldre forstår og bruger feedback meget forskelligt. Det hollandske studie fra van Duijvenvoorde et al. (2008) forsøger at kortlægge de neurologiske mekanismer, der ligger bag børns og voksnes evne til at lære af fejl.

Ved hjælp af hjerneskanninger (fMRI) og læringsopgaver har forskerne undersøgt, hvordan forskellige aldersgrupper reagerer på positiv og negativ feedback. Det giver os konkret viden om, hvordan vi kan skræddersy vores feedback til elever på forskellige klassetrin.

Om studiet

Deltagerne i forsøget skulle løse en opgave, hvor de skulle finde ud af, hvilken regel der gjaldt, for eksempel om man skulle sortere figurer efter farve eller form. Efter hvert forsøg fik de feedback: Enten at de havde svaret rigtigt (positiv feedback) eller forkert (negativ feedback). Formålet var at undersøge, hvordan de tilpassede deres strategi baseret på den feedback, de fik.

Aldersforskelle i læring af fejl

Undersøgelsen viste en tydelig udvikling i børns evne til at bruge negativ feedback konstruktivt:

- 8–9-årige børn: Disse børn havde svært ved at omsætte negativ feedback til forbedret adfærd.

Når de fik at vide, at de havde lavet en fejl, blev de ofte usikre og lavede flere fejl bagefter. De havde i stedet størst gavn af positiv feedback, som aktiverede de hjerneområder, der hjælper med læring og motivation.

- 11–13-årige unge: Denne aldersgruppe viste tegn på overgang. De begyndte at reagere mere som voksne og kunne i stigende grad bruge fejl som en kilde til læring, men havde stadig brug for støtte og struktur.
- 18–25-årige unge voksne: De voksne deltagere brugte negativ feedback effektivt. De kunne skifte strategi og forbedre deres præstationer, hvilket også kunne ses i hjernens aktivering.

Hvad sker der i hjernen?

Resultaterne viste, at forskellige dele af hjernen er involveret i at behandle feedback og at disse områder udvikler sig med alderen:

- Pandelappen og parietallappen: Disse områder, som er vigtige for planlægning, kontrol og fleksibel tænkning, var særligt aktive hos voksne, når de fik negativ feedback. Det hjælper dem med at tænke fremad og ændre strategi.
- Anterior cingulate cortex (ACC): Dette område opdager fejl og hjælper med at omstille adfærd. Det blev aktiveret af negativ feedback, men kun hos de

- Hos ældre børn og voksne, ikke hos de yngste.
- Hos yngre børn: Der blev set mest aktivitet i læringsrelaterede områder, når de fik positiv feedback. Det indikerer, at de lærer bedst ved at få bekræftelse på, at de gør noget rigtigt, frem for at blive rettet.

Didaktiske konsekvenser: Hvad betyder det for undervisningen?

1. Feedback skal matche børns udviklingstrin

Yngre børn har ikke den samme kognitive og neurologiske modenhed som voksne. De har sværere ved at analysere egne fejl og ændre adfærd ud fra kritik. Derfor bør undervisere i indskolingene være varsomme med negativ feedback. I stedet bør fokus være på:

- Positiv og anerkendende feedback ("Du fandt selv en løsning!")
- Modellering og gentagelse

- Hjælp til at opdage, hvad der gik godt – frem for hvad der gik galt

2. Fejl skal rammesættes positivt

I stedet for at fremhæve fejl som noget negativt, bør man fremme en læringskultur, hvor fejl ses som et nødvendigt skridt i læringens proces. Det kan gøres ved:

- At stille åbne spørgsmål: "Hvad tror du, vi kan lære af det her?"
- At lave fejl til en fælles refleksion: "Flere har lavet den samme fejl, hvad kan det skyldes?"

3. Gradvis udvikling af "fejltolerance"

Når børn bliver ældre, kan man i stigende grad introducere udfordrende og kritisk feedback, men det skal stadig ske med støtte. Det betyder:

- Man skal give tydelige strategier for, hvordan man kan bruge feedback til at blive bedre

- Man skal give tid og rum til at rette og prøve igen
- Feedback skal være specifik, konstruktiv og handleorienteret ("Prøv at tænke på formen i stedet for farven næste gang")

Denne forskning understreger, at det ikke er nok at give "korrekt" feedback, man skal også tage højde for, hvordan hjernen bearbejder den.

Børn lærer bedst, når de føler sig trygge og får positiv opmærksomhed. Fejl er en naturlig del af læringen, men hvordan de præsenteres og bearbejdes, har stor betydning for børns udvikling og motivation.

Lærere spiller en afgørende rolle i at skabe det rette feedbackmiljø – et miljø, der støtter, udfordrer og udvikler børns tænkning i takt med deres hjerners biologiske udvikling.



Reference:

<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1485-08.2008>



Et skoleår i biotoperne

Af Emil Hjerl

Hvordan kan man arbejde systematisk med ekskursioner og undersøgelser i naturfagene gennem et helt skoleår? En mulig vej kan være at lade eleverne følge årets gang i forskellige biotoper og vende tilbage til dem igen og igen. Ved at genbesøge skov, sø, vejkanter, strand eller skolegård med undersøgelsesbrillerne på, åbner der sig et undervisningsrum, hvor naturen bliver både laboratorium, læringsrum og logbog.

Her får du inspiration til, hvordan man kan planlægge et skoleår med 10 konkrete biotopundersøgelser. Der lægges op til feltarbejde, sammenligninger og undersøgende arbejdsformer, som gør det let at komme ud med eleverne, både i nærområdet og på ekskursioner. Undersøgelserne kan stå hver for sig eller sammen som en form for progression. Nogle af forløbene kan sagtens laves på andre årstider, fx kan se på dyrespor i perioder med meget mudder.

Efteråret: Når naturen falder til ro

Skovbundens kredsløb

Efterårsskoven er fyldt med liv under blade og grene. Eleverne kan måle temperatur, lys og fugtighed under løvet og finde nedbrydere som regnorme og bænkebidere. Ved at lægge en "kompostpose" kan de følge nedbrydning over tid og vende tilbage om foråret og se, hvad der er sket.

Undersøg nedbrydning, fugt og liv under løv og grene.

Materialer:

- Termometer og jordtermometer
- Hygrometer (fugtighedsmåler)
- Lupper og plastbakker
- Kompostposer eller netposer med blade
- Jordspader eller små graveskeer
- Feltjournal og blyanter
- Kamera/tablet til dokumentation

Smådyr i sø og å – efterårstjek

Mange smådyr i vandet er indikatorer for vandkvalitet. Ved at bruge en biologisk vandkvalitetsskala lærer eleverne at aflæse søens sundhed. En oplagt anledning til at komme tilbage til præcis samme sted til foråret og undersøge, om noget har ændret sig.

Fang og artsbestem vanddyr og mål vandkvalitet.

Materialer:

- Vandkikkerter og fiskenet
- Hvide bakker eller baljer
- Små pipetter og petriskåle
- ID-nøgler og bøger om ferskvandsdyr
- Termometer og pH-strips
- Skema til biologisk vandkvalitet
- Gummistøvler og evt. waders

Vejkanter og grøftebiotoper

Vejkanter gemmer på stor biodiversitet. Eleverne kan registrere planter og insekter og sammenligne klippede og uklippede områder. Ved at tage billeder eller presse plantearter og notere dem, så man kan vende tilbage i juni og se, hvad der har ændret sig i artsrigdom og blomstring.

Undersøg planter og insekter i vejkanter med forskellig pleje.

Materialer:

- Plantepressere og botaniske lupper
- Bestemmelsesduge eller apps (f.eks. Arter)
- Meterstok og kvadrattrammer
- Insektsugere og små glas
- Tegnegrej og feltjournal
- Kamera eller tablet til fotoarkiv
- Snor til afmærkning af kvadrater

Vinter: Spor, stilhed og struktur

Dyrespor og vintertilpasninger

Når sneen falder, bliver skoven et aftryksark. Eleverne kan finde og identificere spor, lave gipsaftryk og arbejde med kortlægning. Samtidig er vinteren god til at undersøge isolering – fjer, pels, blade og tale om dyrs tilpasninger til kulden.

Find og identificér spor – undersøg dyrs vinterstrategier.

Materialer:

- Sporhæfter og dyre-ID-kort
- Målebånd og skabeloner til spor
- Gips og plastbægre til afstøbninger
- Lommer eller poser til fjer/pels
- Termometre og måleudstyr til isolation
- Snor og pinde til afmærkning
- Kamera og notesbøger

Skolegårdens mikroklima

Selv et lille område omkring skolen rummer mange mikrobiotoper. Eleverne kan måle temperatur, fugt og vind ved forskellige overflader og undersøge mos og lav som indikatorer for luftkvalitet. Det er oplagt at bruge skolegården som fast referencebiotop, man vender tilbage til gennem året.

Mål temperatur, lys og luft omkring forskellige overflader.

Materialer:

- IR-termometre eller almindelige termometre
- Vindmålere og lysmålere (luxmeter)
- Tegneark til mikromiljøkort
- Lav- og mosnøgler
- Håndlupe og spritpen
- Evt. tablets med loggeapps
- Plastlommer til kort og fotos



Forår: Forvandling og fødsel

Vandhullets forårsliv

Nu spirer og svømmer det i søen. Haletudser, æg og insekter fortæller om forvandling og livscyklus. Eleverne kan sammenligne solrige og skyggefulde dele af søen og måle vandkvalitet. Vigtigt: Hvis man har været der i efteråret, kan man nu se, hvad der er forandret.

Følg haletudser, æg og smådyr i vandmiljøet.

Materialer:

- Net og sigter
- Akvariebeholdere eller plastbakker
- Lup og stereolup
- Termometer og pH-strips
- Vanddybde-stok og secchi-skive (sigtdybde)
- Livscyklus-skemaer
- Feltjournal og kamera

Blomster og bestøvere

Foråret summer. Ved at registrere hvilke insekter der besøger hvilke blomster, kan eleverne undersøge samspillet mellem form, farve og funktion. Sammenligninger mellem forskellige steder – fx skolegård, grøft og eng – kan give indblik i variation og tilpasning.

Hvem besøger hvilke blomster – og hvorfor?

Materialer:

- Insektnet og glas med luftlåg
- Bestøvningsskemaer
- Timer/ur til observationsperioder
- Lup og tegnegrej
- Plante- og insektnøgler
- Kamera/tablet
- Stofposer til indsamling (skånsomt)

Fugle og ynglesæson

Med kikkert og optageudstyr i hånden kan eleverne registrere fuglestemmer og redeaktivitet. Her er det oplagt at lade dem lave fødekæder og undersøge fuglenes rolle i økosystemet – og vende tilbage senere for at se ungernes udvikling.

Observer fuglestemmer og adfærd i yngletiden.

Materialer:

- Kikkerter og fuglebøger
- Lydoptager eller mobil
- Skema til artsobservation
- Udkigsposter/kikkertstativer
- Redekasseeksempler (kan tages med)
- Fødekædekort
- Pap og farver til at tegne levesteder



Sommer: Maksimal aktivitet

Insektsafari i græsland

Nu topper artsrigdommen i højt græs. Brug insektsugere, net og tælleringe til at finde, artsbestemme og sammenligne. Læg evt. en kvadrat og gentag undersøgelsen senere – eller sammenlign slået og uslået græs. Lad eleverne analysere, hvorfor visse arter trives bedst visse steder.

Registrer og sammenlign arter i højt og lavt græs.

Materialer:

- Insektsugere og net
- Lup og fangstglas
- Bestemmelsesdug og guides
- Kvadratrammer og afmærkningssnor
- Notebook og tegneark
- Temperaturmåler og fugtmåler
- Timer til artsobservation

Strand og kyst – ekskursion

Afslut skoleåret med en ekskursion til kysten, hvor zoner, saltpåvirkning og tilpasninger står tydeligt frem. Eleverne kan måle temperatur og saltholdighed, samle dyr og planter og diskutere tidevand og erosion. En stærk tværfaglig aktivitet, der binder biologi, geografi og natur/teknologi sammen.

Undersøg zoner, saltholdighed og tilpasning ved havet.

Materialer:

- Salinitetsmåler (refraktometer eller strips)
- Skovle og strandnet
- Gummistøvler eller badesko
- Skema til zonekortlægning
- Bøger om tang, skaldyr og strandplanter
- Kamera og skitsehæfte
- Målebånd og pinde til transekter

Biotopdagbog og genbesøg

En central pointe i at arbejde med biotoper over et skoleår er at give eleverne et forhold til bestemte steder. Ved at vende tilbage til en biotop skoven, søen, skolegården – skabes mulighed for at arbejde med forandringer, kredsløb og årsrytmer. Eleverne kan føre biotopdagbog, tage billeder, samle data og måske bruge apps som Arter.dk eller iNaturalist.

Over tid lærer de, at naturen ikke er statisk og at deres egne observationer er værdifulde bidrag til forståelsen af verden.

VERDENS NATURFAG

Fysik/Kemi



Lær om årsag og virkning

Verdens naturfag – fysik/kemi er en del af systemet Verdens naturfag til 7. – 9. klasse, der binder de tre naturfag fysik/kemi, biologi og geografi naturligt sammen. Bogen kan bruges som et selvstændigt system eller integreres på tværs af fagene. Grundbøgerne er bygget identisk op og indeholder elementer til den fællesfaglige prøve.

Læs mere på gyldendal-uddannelse.dk/verdensnaturfag



Fra myrer til modellering

Elevens faglige udvikling inden for dataindsamling

Af Emil Hjerl

Hvordan lærer børn at indsamle data? Og hvordan udvikler denne evne sig gennem skoleårene? Svaret er ikke blot en lineær stigning i sværhedsgrad, men en progression i måder at tænke, sanse, strukturere og forholde sig til verden. Denne artikel præsenterer en taksonomi for dataindsamling i grundskolen og sætter særligt fokus på de vigtige overgange mellem niveauerne de steder, hvor elevernes forståelse tager et spring fremad.

Taksonomien er ikke ment som en fastlåsning af hvad der skal ske i hvert klassetrin, men som en fleksibel model, der kan bruges til at differentiere undervisningen, inspirere til ambitiøse årlige målsætninger og skabe sammenhæng i det naturfaglige arbejde gennem hele skoleforløbet.

Fra sanser til skemaer (typisk 1.-2. classes niveau)

I de tidlige skoleår arbejder elever med verden, som den opleves direkte. Dataindsamling starter ikke i laboratoriet, men i skolegården, på legepladsen og ved vinduet. Her handler det om at sanse og tælle.

Eksempel: En klasse går ud for at undersøge, hvilke insekter der lever på skolens græsplæne. Hver gang de ser en myre, laver de en streg på et ark. De skriver ikke "Formica rufa", og de spørger nok ikke, hvorfor der er flere myrer her end derovre.

De tæller. De registrerer synlige mønstre, og lærer at man kan gemme og kommunikere sine observationer.

Overgang: Fra oplevelse til systematik

Overgangen til næste niveau sker, når eleverne begynder at strukturere deres observationer og se, at data kan bruges til at danne overblik og svare på spørgsmål som: Hvad så vi flest af?

Fra struktur til mønster (typisk 3.-4. klasse)

Når elever er klar til at bruge termometre, vægte og enkle skemaer, træder de ind på næste niveau. Her kan de kvantificere og analysere simple mønstre over tid.

Eksempel: Eleverne måler temperaturen tre gange dagligt i en uge og laver søjlediagrammer. De ser, hvordan temperaturen varierer, og taler om, hvorfor det måske var varmere om onsdagen.

De lærer, at data ikke bare er noget man registrerer, men noget der kan vise forløb, sammenhænge og variationer. Det er her eleverne for alvor opdager, at data kan fortælle historier.

Overgang: Fra skema til spørgsmål

Når eleverne begynder at undre sig over årsager: "Hvorfor var det varmere i går?" bevæger de sig i retning af eksperimentel tænkning.

Fra spørgsmål til eksperiment (typisk 5.-6. klasse)

På dette niveau lærer eleverne at stille hypoteser og planlægge forsøg. De arbejder med kontrollerede variabler og begynder at bruge måledata som argumentation.

Eksempel: Eleverne undersøger om frø spirer hurtigere med eller uden sollys. De måler vækst og sammenligner data, og lærer at dokumentere og diskutere deres observationer.

Her introduceres også begreber som kontrolforsøg, fejlkilder og måleusikkerhed, og eleverne får forståelse for, hvordan data skal valideres og tolkes.

Overgang: Fra data til bevis

Når elever bruger data til at bakke en konklusion op: "Vores frø voksede hurtigere i lyset, fordi vi målte dem



hver dag og sammenlignede tallene", har de taget et vigtigt skridt mod videnskabelig argumentation.

Fra sammenligning til forklaring (typisk 7.-8. klasse)

På dette niveau arbejder eleverne med årsagsforklaringer, datasæt over tid og digitale værktøjer. De lærer at arbejde med mere komplekse målinger, og at analysere deres data med software.

Eksempel: En klasse måler luftfugtighed og temperatur med digitale sensorer over en uge. De plotter data i Excel og finder sammenhænge, f.eks. at luftfugtigheden stiger efter frikvarteret. Her kobles data til forklarende modeller og begreber som kondensering, kropswarme og ventilation.

Overgang: Fra elev til forskerrolle
Når elever bliver bevidste om fejlkilder, datakvalitet og sammenhæng mellem data og modeller, nærmer de sig en videnskabelig arbejdsform. De reflekterer over deres metoder og søger bedre måder at undersøge på.

Fra forståelse til kritisk refleksion (typisk 9.-10. klasse)

Her arbejder eleverne med store og åbne datasæt, anvender stati-

stiske værktøjer, og forholder sig kritisk til datakilder. De bruger data i samfundsrelaterede problemstillinger og lærer at diskutere med data.

Eksempel: En klasse analyserer globale CO₂-udledninger og undersøger forskelle mellem verdensdele. De kombinerer datakilder, identificerer bias, diskuterer klimaretfærdighed og skriver faglige tekster med konklusioner og argumentation.

Eleverne lærer her, at data aldrig er neutrale. De er altid indsamlet, udvalgt og formidlet i bestemte sammenhænge.

Overgang: Fra elev til samfundsborger

Når elever begynder at bruge data som demokratisk redskab f.eks. i debatter, projekter eller formidling, har de opnået den højeste grad af dataforståelse i skolen.

Taksonomien som pædagogisk værktøj

Denne taksonomi er ikke en fast opskrift. Den skal ikke nødvendigvis følges trin for trin ud fra klassetrin, men kan bruges på flere måder:

- Til differentiering i klasser med blandet fagligt niveau:

Nogle elever kan arbejde med eksperimentelt design, mens andre arbejder med skemaer og kategorisering.

- Til progression inden for et forløb: F.eks. i et tema om vejr, hvor elever starter med at registrere vejrtype (niveau 1) og ender med at analysere lokale temperaturdata og lave egne forudsigelser (niveau 4-5).
- Som årlige målsætninger: Lærerteams kan bruge taksonomien som pejlemærke: Hvilket niveau er passende for klassen i år? Hvordan kan vi løfte dem til næste trin?

En dannelsesrejse i data

Dataindsamling er mere end teknik. Det er en måde at forstå, strukturere og engagere sig i verden. Fra de første registreringer i 1. klasse til den kritiske analyse i 10. klasse sker en dannelsesrejse. Ikke kun fagligt, men også personligt og samfundsmæssigt.

Ved at have øje for de skift i forståelse og metode der sker undervejs, kan lærere tilrettelægge undervisningen, så eleverne udvikler sig fra databrugere til dataskabere, og fra dataskabere til kritisk tænkende samfundsborgere. 🌱

Danmarks Naturfagslærerforening tilbyder udover fagbladet STEM:

Arrangementer:

Foreningen arrangerer studieture, virksomhedsbesøg og foredrag med fagligt indhold. De seneste år har foreningen besøgt f.eks:

CERN, ITER, DTU, NBI, Terma, Copenhagen Suborbitals, Svalbard, Tromsø, Japan, Chernobyl, Oskarshamn, Seaborg og mange flere...

Samarbejdspartnere:

Foreningen har indgået aftaler med en række museer og virksomheder, der tilbyder vores medlemmer forskellige fordele:

Danmarks Tekniske Museum
Energimuseet
Steno Museet
Observatoriet i Brorfelde
Planetarium
Universe Science Park
skolebutik.dk

scandidact.dk
klasserumsspil.dk
podconsultsbutik.dk
forlagetkrabat.dk
ST Skoleinventar
Kidsprint
SmartSteps2Learn.dk

Se hvad vores samarbejdspartnere tilbyder og tilmeld dig vores aktuelle studieture, virksomhedsbesøg og foredrag på **www.fysik-kemi.dk**