



BØRNE- OG
UNDERVISNINGSMINISTERIET



Fysik/kemi Undervisningsvejledning

2019

Indhold

1	Om undervisningsvejledningen	4
<hr/>		
2	Elevernes alsidige udvikling	5
2.1	Elevens lyst til at lære mere	5
2.2	Elevens selvvirksomhed i læringssituationer	7
2.3	Elevens deltagelse i sociale og faglige fællesskaber	8
<hr/>		
3	Tilrettelæggelse, gennemførelse og evaluering af undervisningen	10
3.1	Elevcentrering i faget	10
3.2	Undersøgelserbaseret naturfagsundervisning	10
3.3	Det virkelighedsnære og anvendelsesrettede i undervisningen	13
3.4	Variation i undervisningen	16
3.5	Hverdagsforestillinger	17
3.6	Undervisningsdifferentiering	18
3.7	Eksempler på tilrettelæggelse af fysik/kemi-undervisningen	22
<hr/>		
4	Forholdet mellem kompetencer og indhold	27
4.1	Progression inden for de naturfaglige kompetenceområder fra 1.-9. klasse	27
4.2	Sammenhænge mellem forløb i fysik/kemi og fællesfaglige undervisningsforløb	33
4.3	Undersøgelsesmetoder i fysik/kemi	35
4.4	Naturvidenskabens ABC	36
4.5	Teknologi og programmering i fysik/kemi	39
4.6	Læremidler til fysik/kemi	41

5	Almene temaer	42
5.1	Understøttende undervisning	42
5.2	Åben skole	43
5.3	Bevægelse i undervisningen	45
5.4	Motivation i naturfagene	46
5.5	De obligatoriske emner	48
5.6	Regler for sikkerhed i naturfagsundervisningen	48

6	Tværgående emner og problemstillinger	51
6.1	Tværfaglighed	51

7	Tværgående temaer	53
7.1	Innovation og entreprenørskab	53
7.2	It og medier	55
7.3	Sproglig udvikling	55

8	Tilpasning af undervisning til elevernes forudsætninger	61
---	---	----

9	Referencer	62
---	------------	----

1 Om undervisningsvejledningen

Undervisningsvejledningen giver information, støtte og inspiration til at kvalificere de mange valg, som læreren, i samarbejde med sin leder og sine kolleger, tager i sin praksis. Den informerer om de bestemmelser i folkeskoleloven og i Fælles Mål, som vedrører undervisningen i faget, og den støtter ved at forklare og eksemplificere centrale dele af fagets indhold.

Endelig giver undervisningsvejledningen inspiration til og understøtter tilrettelæggelse af undervisning i faget ved at beskrive forskellige mulige valg i tilrettelæggelsen, gennemførelsen og evalueringen af undervisningen. I forbindelse med disse beskrivelser bidrager den til at synliggøre forskellige veje i tilrettelæggelsen af undervisningen, bl.a. ved at lægge op til diskussion af potentialer og begrænsninger i forskellige former for undervisningspraksis.

2 Elevernes alsidige udvikling

Det fremgår af folkeskolens formål § 1, at folkeskolen i samarbejde med forældrene skal give eleverne kundskaber og færdigheder, der bl.a. giver dem lyst til at lære mere og fremmer den enkelte elevs alsidige udvikling. Elevens alsidige udvikling beror fx på, at eleven oplever at have kontrol over egen situation i skolen, at være engageret i undervisningen, at kunne udfordre og anvende sine faglige styrker og læringsmåder, at bidrage til skolens fællesskaber og meget andet.

Faget fysik/kemi skal i samarbejde med skolens øvrige fag og emner bidrage til elevens alsidige udvikling. Arbejdet med indholdet i faget fysik/kemi skal bidrage til elevens demokratiske dannelse og personlige engagement, således at eleven bliver bevidst om, hvordan eleven kan indgå i det samfund, eleven er en del af, med afsæt i egne ræsonnementer og med forståelse for, hvorfor andre vælger at handle anderledes. Undervisningen i fysik/kemi har derfor til hensigt at udvikle elevens selvvirksomhed, ansvarlighed over for naturen og interkulturelle forståelse, jf. § 1. Et fokus på elevens alsidige udvikling ved tilrettelæggelsen, gennemførelsen og evalueringen af undervisningen i fysik/kemi kan derfor bidrage til, at eleven får lyst til at lære mere, at eleven udnytter sine læringspotentialer, samt at eleven får lyst til at indgå i og bidrage til en større social sammenhæng.

Et fokus på elevens alsidige udvikling er en del af lærerens og lærerteamets overvejelser om undervisning, fællesskaber og interaktioner samt valg af aktiviteter og øvelser i undervisningen i fysik/kemi.

2.1 Elevens lyst til at lære mere

Lyst er en grundlæggende drivkraft i at udvikle sig og lære. Lyst er forbundet med motivation, nysgerrighed og personligt engagement, og elevens oplevelse af lyst til at lære er betinget af tre grundlæggende behov (Deci og Ryan, 2000):

1. Elevens mulighed for selvbestemmelse

Overvejelser:

- Læreren vurderer, hvad eleven kan være med til at bestemme noget om i relation til undervisningen.
- Undervisningen tager så vidt muligt afsæt i elevens personlige engagement, initiativ og undrende spørgsmål.
- Eleven er med til at formulere mål for og at evaluere sin egen læring.
- Læreren vælger i samarbejde med eleven arbejdsformer i undervisningen, som kan fremme personligt engagement hos eleven.

2. Elevens oplevelse af mestring og kompetence

Overvejelser:

- Læreren stiller passende differentierede udfordringer, som eleven har mulighed for at lykkes med, evt. med hjælp og vejledning fra andre elever og læreren selv.
- Undervisningen inddrager varierede arbejdsformer og -metoder, der appellerer til elevens arbejdsglæde, og som hjælper eleven til nye læringsstrategier.
- Læreren hjælper eleven med at forstå egne individuelle forudsætninger for læring, og hvordan disse bedst kan bringes i spil i undervisningen.
- Læreren søger at drage elevens kompetencer, viden og erfaringer på tværs af fag, skole og fritid ind i undervisningen.

3. Elevens involvering i relationer:

Overvejelser:

- Læreren rammesætter elevens deltagelse i fællesskaber med afsæt i sin viden om de forskellige elever og den samlede elevgruppe.
- Læreren faciliterer elevens involvering i forskellige typer af samarbejde, der styrker både sociale og faglige relationer.
- Undervisningen involverer så vidt muligt elevens holdninger og perspektiver i arbejdet med at udvikle elevens forståelse for, hvorfor andre kan have andre holdninger og vælger at handle anderledes end eleven selv.
- Læreren faciliterer elevens arbejde med elevfeedback.

Alle tre grundlæggende behov bør tilgodeses i tilrettelæggelsen og gennemførelsen af fysik/kemi-undervisningen, da de udgør kernen for oplevelsen af motivation hos eleven og derigennem også lysten og nysgerrigheden til at lære mere. Se også afsnittet om motivation i **kapitel 5**. Dertil bør overvejelser om indretning og rammesætning af læringsrummet også inddrages i tilrettelæggelsen, da læringsmiljøet og de fysiske rammer har indvirkning på, om eleven finder undervisningens aktiviteter og indhold meningsfuldt og motiverende (Andersen, 2017).

Eksempel: Elevers lyst til at lære mere i fysik/kemi

I en 7. klasse stillede et lokalt supermarkedet udfordringen: "Vil I hjælpe os med at mindske madspild?" Undervisningsforløbet blev indledt med en fælles brainstorm om former for madspild, årsager til madspild mv., hvor både eleverne og to ansatte fra butikken deltog. Efterfølgende undersøgte eleverne i grupper selvvalgte arbejdsspørgsmål relateret til madspild, fx "er det særlige fødevarergrupper, der oftest smides ud?", "hvordan opbevarer supermarkedet frugt og grønt, og er der mulighed for at optimere opbevaringen?" mv. Læreren fungerede som vejleder og hjalp eleverne med at strukturere deres arbejdsprocesser og deres samarbejde. Eleverne gennemførte både observationer og små interview i supermarkedet og undersøgelser i skolens laboratorium af fx fødevarer i beskyttende atmosfære, kølings betydning for holdbarhed osv. Afslutningsvist fremlagde grupperne løsningsforslag for supermarkedets personale underbygget af resultater fra deres undersøgelser.

2.2 Elevens selvvirksomhed i læringsituationer

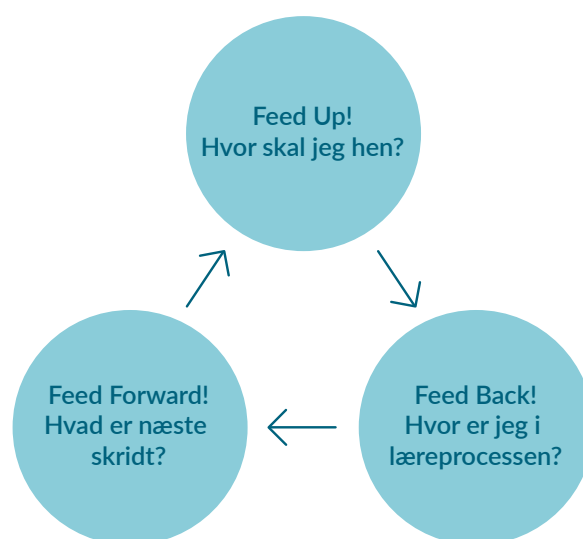
Til at fremme elevens alsidige udvikling i fysik/kemi anvendes der i undervisningen varierede og differentierede arbejdsformer, som understøtter udviklingen af den enkelte elevs naturfaglige kompetencer, herunder elevens erkendelse af verden inden for fysik og kemi. Faget arbejder bl.a. med afsæt i praktisk undersøgende arbejde, hvor eleven øver sig i selvstændigt at vælge passende læringsstrategier, redskaber og metoder til sine undersøgelser af fysisk/kemiske problemstillinger i samarbejde med andre elever. Det praktiske arbejdes samspil med relevant understøttende teori er centralt for elevens analyse af fænomener og problemstillinger i fysik/kemi. Udvikling af elevens ræsonnement, engagement og stillingtagen understøttes bl.a. gennem arbejdet med fagsprog i fysik/kemi-undervisningen, hvor eleven øver sig i at formidle fysisk/kemisk indhold med præcise fagudtryk og saglige argumenter og saglige argumenter, debattere nuanceret, kunne vurdere validiteten af forskellige udsagn og forholde sig til holdninger, der afviger fra elevens egne.

Elevens mulighed for at lære på forskellige måder indbefatter også elevens selvregulerende læring (Bandura, 1999), dvs. at eleven selvstændigt reflekterer over og arbejder med sin egen læring i forhold til de mål eller intentioner, eleven har for sin fysik/kemi-faglige læring. Læreren bør derfor støtte og vejlede den enkelte elev i at:

- Kunne reflektere over sine egne læreprocesser, anvendelsen af læringsstrategier, og hvordan eleven arbejder bedst.
- Udvælge de strategier, som kan hjælpe eleven videre i læringsprocessen.
- Beskrive sin progression og ambitioner for videre udvikling.
- Give og modtage feedback.

At træne eleven i selv at vælge, hvilke læringsstrategier der er anvendelige i forhold til at undersøge og arbejde med en given problemstilling i fysik/kemi, er også hensigtsmæssigt i forhold til at styrke læringsprocesserne i de fællesfaglige undervisningsforløb i naturfagene frem mod den fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi, hvor kompleksiteten i problemstillingerne er større, ligesom kravet til elevens selvstændighed og samarbejde med andre elever er det.

Figur 1: Feedbackspørgsmål i arbejdet med elevens selvregulerende læring (Hattie og Timperley, 2007)



Eksempler på varierede arbejdsformer i fysik/kemi-undervisningen

Praktisk undersøgende arbejde, sammenligning af modeller, ekskursioner, paneldebatter, rollespil, formulering af holdningsspørgsmål, arbejde med statistisk materiale, dilemmaspil med afsæt i cases, fremtidsværksted, se dokumentarfilm, undersøge modeller, produktion af egne data, peer-to-peer-projekter, udarbejdelse af simulering samt speake en photostory.

Eksempler på læringsstrategier

LOKUS: Læse, Organisere, Kollaborere, Undersøge og Skrive.

Selvevaluering, elevfeedback, at sætte mål, udarbejde et system for data, stille spørgsmål, forme konsekvenser for sig selv, gentage/øve sig, at kunne huske, at kunne søge vejledning hos andre elever og læreren, tage noter og undersøge kilder (Zimmermann, 2000).

2.3 Elevens deltagelse i sociale og faglige fællesskaber

En væsentlig del af elevens alsidige udvikling i folkeskolen omhandler de værdifulde faglige og sociale relationer til andre elever, lærere og ressourcpersoner, som eleven indgår i. Det er et faktum, at elevens følelse af at blive set og anerkendt, og oplevelsen af at tilhøre et fællesskab, har direkte indflydelse på de udviklings- og læreprocesser, eleven til daglig er en del af. En elev, der trives i relationer, er en elev, der er åben for læring (SFI, 2015). Det er derfor afgørende for den enkelte elev at lære at indgå i og bidrage aktivt til de forskellige børne- og læringsfællesskaber i skolen, som læreren, i samarbejde med forældrene, har ansvar for at facilitere. Elevens oplevelse af personlig integritet og frihed til at vælge skal bevares (selvbestemmelse), samtidig med at de forpligtende aspekter af fællesskaberne er velbegrundede og forståelige for eleven. Lykkes dette, har det naturligvis stor værdi i sig selv, da det er en direkte forberedelse til elevens deltagelse i et samfund, jf. folkeskolens formål § 1.

Arbejdet med elevens muligheder for at lære sammen med andre handler bl.a. om social og emotionel læring, *SEL*, (Rambøll og Aarhus Universitet, 2014) og om, at læreren rammer sætter betingelserne for deltagelse i fællesskabet for eleven. Undervisningen i fysik/kemi iværksætter elevens sociale kompetencer på et direkte og indirekte niveau gennem hhv. de valgte emner og indhold for undervisningen og gennem de valgte aktiviteter, arbejdsformer og øvelser, bl.a. at eleverne samarbejder i grupper. Undervisningen skal give mulighed for, at eleven reflekterer over egne sociale og emotionelle kompetencer og øver sig i at bringe disse i spil i hverdagslige situationer og i relation til andre.

Eksempel: Indirekte og direkte SEL i fysik/kemi

Der arbejdes med interessekonflikter i 8. klasse omhandlende elproduktion og verdenssamfundets stigende energibehov. Eleverne skal forholde sig til dilemmaet om, hvordan fremtidens energiforsyning bedst sikres, hvis hele jordens befolkning have lige adgang til fx uddannelse og velfærd, samtidig med at produktionsformerne ikke belaster klima og miljø. Eleverne bliver inddelt i grupper, hvor hver gruppe bliver tildelt en rolle forskellig fra de andre grupper. En rolle kunne fx være "repræsentant for mindre, østafrikanske virksomheder" og en anden "vindmølleproducent i Vestas", mens en tredje rolle kunne være "medlem af organisationen Pas på klimaet". Grupperne repræsenterer en række holdninger, som eleverne skal påtage sig i en fælles debat i klassen, og først dykker hver gruppe ned i den pågældende rolle, hvorefter de repræsenterer rollens argumenter i en debat med deltagere fra andre grupper.

Direkte SEL

- Eleven forholder sig til sine egne personlige følelser og holdninger i relation til emnet.
- Eleven øver sig i at bringe holdninger i spil, der ikke nødvendigvis er i overensstemmelse med elevens egne.
- Eleven forholder sig lyttende og kritisk til diskussionens andre argumenter.
- Eleven anvender saglige argumenter i diskussionen og søger at skelne mellem patos, etos og logos.
- Eleven samarbejder med andre om holdninger med afsæt i faglighed fra fysik/kemi.

Indirekte SEL

- Eleven oplever, at andres holdninger også skal have plads, selvom eleven er uenig.
- Eleven forholder sig til og forsøger at forstå bevæggrunde for andres holdninger og følelser.
- Eleven regulerer sine holdninger i takt med diskussionens udvikling.

3 Tilrettelæggelse, gennemførelse og evaluering af undervisningen

Læreren skal tilrettelægge undervisningen med henblik på, at den enkelte elev lærer mest muligt og får lyst til at lære mere. I fysik/kemi opnås dette bedst gennem en undervisning, som er elevcentreret, undersøgelsesbaseret, virkelighedsnær og anvendelsesorienteret, og som er tilrettelagt med vægt på, at eleverne oplever en varieret og sammenhængende undervisning. Nedenfor vil udvalgte og fagligt relevante udmøntninger af disse centrale principper blive omtalt.

3.1 Elevcentrering i faget

Elevcentrering betyder bl.a., at undervisningen tager afsæt i det, eleverne allerede ved og kan. Forud for et nyt forløb er det således en god idé, at læreren skaffer sig et indblik i elevernes forforståelser som afsæt for den videre tilrettelæggelse.

Det kan fx gøres ved at lade eleverne gennemføre en tænkeskrivning i tre kolonner:

a) "Det ved jeg med sikkerhed om X-emne", b) "Det er jeg usikker på ifm. X-emne" og c) "Det vil jeg gerne lære mere om". Det kan også gøres ved at indsamle elevernes respons undervejs i klassens diskussion af en relevant "grubletegning"¹. En sådan afdækning vil kunne identificere, hvor undervisningen bør begynde, og vil samtidig kunne give pejlemærker for at differentiere undervisningen.

Elevcentrering handler også om, at det grundlæggende er eleverne, som må gøre læringsarbejdet gennem deres aktive undersøgelser, bearbejdnings- og diskussioner. Hvis læreren har leveret faglige input i en klassesammenhæng, er det afgørende, at eleverne herefter får tid til selv at bearbejde disse, så de giver mening for dem og kan forbindes med deres forudgående viden. Endelig betyder elevcentrering også, at undervisningen er lydhør ift. elevernes ønsker, herunder at den så langt som muligt åbner for, hvad eleverne anser for relevant og vigtigt. Se også nedenfor om elevernes hverdagsforestillinger.

3.2 Undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning

Der er en lang tradition for, at eleverne udfører praktisk undersøgende arbejde i naturfagsundervisningen. Undersøgelserne bruges typisk til at illustrere, konkretisere og evt. eftervise et allerede gennemgået fagligt indhold.

I en undersøgelsesbaseret undervisning er det undersøgende arbejde et helt centralt *omdrejningspunkt* for elevernes læring. Karakteristiske træk ved denne tilgang til undervisningen er:

- Eleverne undersøger *autentiske spørgsmål* (spørgsmål i forlængelse af elevernes undren, eller spørgsmål, som de finder det vigtigt at finde svar på).

¹ Enkel tegning af situationer, hvor eleverne kommer med udsagn om et naturfagligt fænomen. På astra.dk kan der hentes grubletegninger.

- Undersøgelserne er så åbne og giver så mange *frihedsgrader til eleverne*, som de kan håndtere inden for deres nære udviklingszoner. Frihedsgraderne kan komme til udtryk ved, at det er eleverne selv, der designer/strukturerer deres undersøgelse, og ved at en undersøgelses resultat ikke er kendt af eleverne på forhånd.
- Eleverne *træner evidensbaseret tænkning* ved selv at finde mønstre og mening i egne og andres data, prøve at slutte på det foreliggende grundlag og formulere forklaringer i forlængelse af data.
- Undersøgelsens *processer, de anvendte metoder og tilegnelsen af undersøgelseskompetence* er mindst lige så vigtigt som begrebslæring.
- Undersøgelser indebærer *ikke nødvendigvis hands-on* og egen dataindsamling. Kort, statistikker og data fra større monitoreringer af fx Jordens tilstand er eksempler på eksterne data, som fint kan tjene som afsæt for empirisk undersøgelse.
- Der er *tydelighed for eleverne omkring formålet* med den enkelte undersøgelse, så deres fokus og opmærksomhed ledes på vej.

Undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning giver plads til og støtter eleverne i at forsøge at finde *deres* svar på *deres* naturfaglige spørgsmål – modsat en fagcentreret undervisning, hvor læreren giver de autoriserede svar på fagets traditionelle spørgsmål.

Undersøgelsesbaseret undervisning er motiverende for eleverne, hvis blot de har fornemmelsen af at kunne håndtere udfordringerne i undersøgelsesarbejdet. Hvis eleverne skal prøve at udforme deres egne undersøgelser, vil det ofte være naturligt at afgrænse materialer og apparatur: "det er disse ting, som I må bruge til undersøgelsen". Ofte vil det også være relevant at demonstrere brugen af specifikt målegrej, fx hvordan et multimeter virker. Hvis eleverne har svært ved at gennemføre forsøg med variabelkontrol, så er det ofte mere håndterbart, såfremt det formuleres i termer af "fair test", hvor børnene vurderer, om omstændighederne gør det rimeligt at sammenholde/sammenligne to udfald. Fx: "Diskuter i grupperne, hvordan man laver en fair test af, om kobber er en bedre elektrisk leder end jern? Når først eleverne har fundet ud af, hvorledes ledningsevne og modstand er to sider af samme fænomen, så ved de, at måling med et ohmmeter i princippet kan besvare spørgsmålet. Men: er det fair at sammenligne stykker af de to metaller med vilkårlig form? Hvis de vælger at sammenligne tråde af de to metaller, er det så fair, hvis blot disse vejer det samme? Er af samme længde? Og/eller har samme tykkelse? Er det rimeligt at sammenligne et nyt og blankt metal med et ældre og belagt metal, fx ir eller rust?... osv. Alt sammen metodeovervejelser, som eleverne ville være afskåret fra, såfremt man havde udleveret en øvelsesvejledning med en opskrift på en hensigtsmæssig undersøgelse. Hvis nogle grupper går i stå i deres overvejelser, kan man med fordel samle klassen til en kort del-og-stjæl-seance, hvor eleverne udveksler idéer til, hvordan undersøgelsen kan udføres.

Som lærer har man i den undersøgelsesbaserede undervisning en vigtig stilladserende rolle: man giver få svar, men stiller mange spørgsmål, som kan være med til at fokusere elevernes opmærksomhed på kritiske aspekter: "Har I undersøgt om...?" eller "Har I målinger nok til at udtale jer om det, I gerne vil? Andre spørgsmål hjælper med at reducere kompleksitet: "Prøv nu i første omgang at kigge på dette, glem alt om...", samt med at fastholde retningen: "Hvad var det, I sagde, at I ville undersøge?". I nogle situationer hjælper læreren med at håndtere eventuel elevfrustration over manglende fremdrift: "Det skal nok gå, sidst fik I jo fod på det" eller "Gå lige over og snak med den anden gruppe om, hvad de gjorde for at komme videre". På denne måde etablerer man samtidig en klasserumskultur, hvor det at stille spørgsmål, udveksle erfaringer og søge forbedring er naturlige aktiviteter.

Undersøgelsesbaserede forløb kan bygges op på mange forskellige måder, som dog har det til fælles, at de alle er induktive. Altså, at elevernes viden bygges op via undersøgelser og konkrete eleverfaringer til mere generaliseret viden, som slutteligt leder frem mod naturvidenskabens love og teorier. Alligevel ser mange den såkaldte 5E-model som

modellen for undersøgelsesbaseret undervisning. Selvom 5E-modellen faktisk er en mere generel syntese af forskningen i, hvordan bestemte forløbsopbygninger, læringscykler, bidrager til elevernes begrebslige læring i naturfag, så er den imidlertid både induktiv og forenelig med den undersøgelsesbaserede tænkning. Tillige har den vist sig at være nem at bruge for lærerne, når de tilrettelægger undervisning i naturfag.

5E-modellen har fået sit navn efter de engelske betegnelser for de fem faser, som indgår i modellen:

Figur 2: 5E-modellen – en model for undersøgelsesbaseret undervisning

Fase	Fase	Hvad er der fokus på? Hvad sker der?
5. Evaluate (Evaluér) <ul style="list-style-type: none"> • Løbende formativ evaluering (på elevernes proces og idéer). • Mulighed for, at eleverne kan vurdere egne og andres fremskridt. • Summativ evaluering med vægt på elevernes evidensbaserede tænkning og naturfaglige kompetence-fremskridt. 	1. Engage (Engagér) <ul style="list-style-type: none"> • Skabe interesse – trække eleverne ind i forløbet/emnet. • Fremkalde undren/vække spørgsmål. • Fremkalde tilkendegivelser, som afdækker, hvad eleverne ved, og hvordan de tænker om fænomenet/emnet. 	
	2. Explore (Udforsk) <ul style="list-style-type: none"> • Eleverne samarbejder om at udforske fænomenet. • Fænomensorienterede undersøgelser, som skal give eleverne erfaringer med fænomenet og stimulere til yderligere spørgsmål og undersøgelse. • Fremkalde elevernes bud på hypoteser og forklaringsmodeller. • Skabe et behov for yderligere forklaring ("need to know-setting"). 	
	3. Explain (Forklar) <ul style="list-style-type: none"> • Introducere eller genkalde relevante begreber, definitioner m.m. • Lade eleverne prøve at forklare centrale explore-fase-iagttagelser med brug af relevante fagtermer, begreber og belæg fra deres undersøgelser. • Bruge elevernes forforståelser som afsæt for begrebsforklaringer. 	
	4. Elaborate (Uddyb/Udvid) <ul style="list-style-type: none"> • Den erhvervede viden/forklaringsmodel udbygges i bredden og/eller i dybden. Dette kan ske vha. dele af disse: • Eleverne bruger den til at forklare nye fænomener. • Eleverne bruger og udvider den ved at arbejde med mere krævende problemstillinger. • Eleverne udfører nye undersøgelser, som måske er mere systematiske, måske mere krævende. • Eleverne undersøger nye og mere komplekse fænomener, som de forklarer i lyset af modellen. • Eleverne forholder sig til forholdet mellem undersøgelser og model. • Eleverne fastholder og reflekterer deres læring. 	

NB: I den oprindelige model var evaluering kun skrevet ind i form af en summativ slut-evaluering, som et naturligt femte og sidste skridt. Med den viden, vi i dag har om betydningen af formativ evaluering, er det imidlertid vigtigt, at der foregår formativ evaluering i alle forløbs faser. Derfor optræder Evaluate som punkt 5 som en løbende aktivitet i en parallel kolonne i figur 2.

Det vigtige ved 5E-modellen er, at undervisningen kommer omkring alle faser og i den angivne rækkefølge. Den afgørende pointe er således, at eleverne er nødt til at have gjort sig tanker og høstet eksplorative erfaringer, *før* undervisningen gøres forklaringsrettet. Det er essensen af den induktive tilgang. Det undersøgelsesbaserede aspekt tilgodeses også ved, at der meget vel indgår undersøgelser i både Engage-, Explore- og Elaborate-fasen, og det kommer især til udtryk i Explore-fasens undersøgelser med fokus på elevernes spørgsmål og åbne udforskning.

3.3 Det virkelighedsnære og anvendelsesrettede i undervisningen

Problembaseret læring i naturfagsundervisningen

Problembaseret læring (PBL) har vundet indpas i naturfagsundervisningen i nyere tid som et andet alternativ til den traditionelle lærerstyrede undervisning. I PBL skal ordet "problem" forstås som en virkelighedsnær udfordring, der ikke nødvendigvis er negativ. At arbejde problembaseret er altså ikke det samme som kun at arbejde med bekymrende sider af naturfagene.

I læseplanen defineres problembaseret således: *"Problembaseret betyder i denne sammenhæng, at undervisningsforløbet har udspring i en autentisk situation, der kalder på elevernes forundring og naturfaglige undersøgelser. Det kan være både situationer fra elevernes nære omverden og fra andre steder, tider eller kulturer. Det er vigtigt at understrege, at undervisningsforløbet ikke behøver tage udgangspunkt i det, der klassisk forstås ved et problem, fx klima-problemer eller fødevarerangel; der kan i lige så høj grad være tale om en forundring eller en udfordring, fx hvordan dyrene holder varmen om vinteren, eller hvordan en generator bliver så effektiv som muligt."*

Engineering-tilgangen er en PBL-variant, hvor eleverne forsøger at udvikle praktiske løsninger på virkelighedsnære udfordringer, ofte af teknologisk art. Når eleverne arbejder selvstændigt med de fællesfaglige fokusområder, så vil det ofte også foregå i overensstemmelse med PBL-principper. For mange elever vil det virkelighedsnære gøre undervisningen mere motiverende, hvortil kommer, at de også får nemmere ved at anvende viden fra naturfagstimerne i deres hverdag. Idealet i PBL er, at eleverne lærer noget, som de kan bruge, og at de ikke kun bruger noget, de har lært forud. Pointen er, at PBL også er en måde at lære nyt på, samtidig med at PBL også tilgodeser mere generelle kompetencer, såsom samarbejde og problemløsningssevne.

I det følgende vil nogle generelle træk ved PBL blive omtalt.

Problembasering: Udgangspunktet er, at eleverne skal belyse eller forsøge at løse virkelighedsnære problemstillinger af en vis kompleksitet. I dagligsproget er problem og problemstilling negativt ladede ord, mens det i PBL-forstand snarere betegner en relevant læringsmæssig udfordring.

Gode problemstillinger er eksemplariske: PBL tager afsæt i, at det læringsmæssigt er bedre at gå i dybden inden for velvalgte områder end at brede sig voldsomt. Et sådant område er eksemplarisk, hvis og når det giver plads til, at alle naturfaglige kompetencer og typer af indsigter bearbejdes og kan tilegnes ved at arbejde med dem. Ideelt set arbejder eleverne med eksemplariske problemstillinger, når de fx arbejder med fællesfaglige fokusområder. Som lærer er man nødt til at have en god fornemmelse af, hvornår en problemstilling er stor nok, faglig nok og giver anledning til både redegørelse, analyse, syntese og kritisk vurdering i tilstrækkeligt omfang til, at eleverne kan tilegne sig/udfolde alle slags faglige kompetencer og almendannende indsigter.

Deltagerstyring: Så langt som det er muligt, er det eleverne, som er aktive og problemløsende i PBL. I de fleste danske versioner af PBL ser man også helst, at det er eleverne, som identificerer og formulerer deres egen problemstilling. Sådan er det fx i forarbejdet hen imod den fælles mundtlige prøve i naturfagene i udskolingen. Hensynet til progression

og til eksemplaritet retfærdiggør imidlertid, at man som lærer spiller en aktiv, men lydhør rolle i udformningen af den konkrete problemformulering.

Lærerrollen undervejs i PBL

Nedenstående tabel angiver, hvad man som lærer typisk bør have fokus på i et typisk PBL-forløb:

Figur 3: Lærerrollen i PBL

PBL-fase	Lærerfokus
Trin 0: PBL-planlægning	<ul style="list-style-type: none"> • Afklar det overordnede formål • Udvikl et godt "driving question" som ramme om elevernes problemstillinger • Formuler læringsmål for elevgruppen • Find materialer m.m. • Strategi for gruppesammensætning.
Trin 1: PBL-opstart	<ul style="list-style-type: none"> • Engager eleverne i problemstillingen • Skab og kommuniker høje forventninger • Etabler klar struktur mht. regler, procedurer, kriterier, deadlines m.m.
Trin 2: PBL-arbejdet (hvor problemet formuleres og bearbejdes)	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitér elevernes muligheder for at finde/bruge/validere ressourcer • Hjælp grupperne med at formulere egen problemstilling, arbejdsspørgsmål/opgaver m.m. • Sørg for formativ feedback – uformelt og via planlagt vejledning • Opbyg kommunikationskompetence mhp. præsentation/argumentation.
Trin 3: PBL-afrunding	<ul style="list-style-type: none"> • Skab arena for præsentation/produktfremlæggelse eller lignende • PBL-evaluering af elevers læring og deres oplevelse af undervisningen • Skab ramme for metakognition – elevrefleksion over læring og proces.

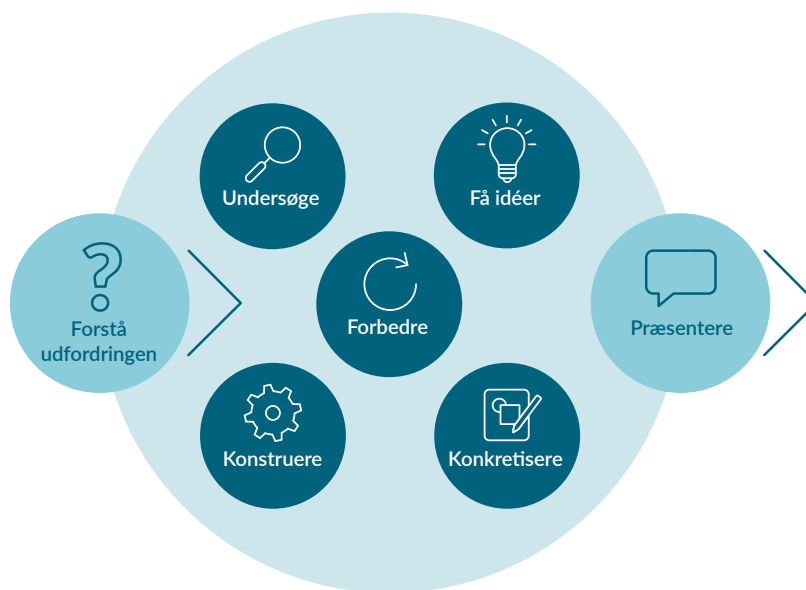
I princippet vil figur 3 kunne fungere som en overordnet tjekliste i tilrettelæggelsen af et fagligt PBL-forløb.

Termen "driving question" oversættes måske bedst som et "rammesættende spørgsmål", idet et "driving question" netop tjener som ramme om og retning for elevernes problemstillinger. Det sikrer, at et eksemplarisk indhold fastholdes, samtidig med at det er rummeligt nok til, at eleverne selv kan formulere mere specifikke problemstillinger. Et eksempel på et godt driving question kunne være "Hvordan ser en bæredygtig energifremtid ud – for Danmark og på globalt plan?". Spørgsmålet angiver, at bæredygtig energiforsyning (lokalt og globalt) i et fremadrettet perspektiv bør indgå i elevernes egne problemstillinger, men det giver samtidig plads til, at eleverne kan formulere egne problemstillinger ud fra interesser, holdninger og præferencer, som de måtte have. Hvis alle grupper i en klasse arbejder inden for samme driving question, vil der være tilstrækkelig fælles retning og overlap til, at grupperne meningsfuldt kan inspirere og lære af hinanden via en planlagt "nu-deler-vi-foreløbige-idéer-og-resultater-seance" undervejs i forløbet.

Engineering-processen – læring gennem design

Engineering er et eksempel på problembaseret læring, idet udgangspunktet her er, at en virkelighedsnær udfordring kræver en løsning. Ofte præsenteres udfordringen via et indledende narrativ, hvor det gøres plausibelt, at nogen efterspørger en sådan løsning. På denne måde er problemstillingen ofte givet i et engineering-forløb, men sædvanligvis kræver det alligevel, at den bearbejdes af eleverne, før den får en form, der kan tilgås på faglige måder. Herefter udvikler eleverne mere eller mindre selvstændigt deres bud på problemløsning gennem en Engineering Design Process, EDP, med følgende elementer:

Figur 4: De syv delprocesser i engineering i skolen



Figur 4: De syv delprocesser i engineering i skolen. To af processerne er fremhævet: "Forstå udfordringen", fordi det er her, læreren sammen med klassen sætter projektet i gang, og "Præsentere", fordi det er her, læreren og klassen afslutter projektet. Kilde: Engineering i skolen. Hvad, hvordan og hvorfor (Sillasen, 2018).

I ovenstående EDP-model (figur 4) har man undladt at angive en rækkefølge af komponenterne som en konsekvens af, at man sjældent ser elever gøre tingene iht. en bestemt fasemodel. I tilrettelæggelsen af et engineering-forløb er det alligevel nyttigt at flytte timernes overordnede fokus gradvist efter sekvensen: at forstå udfordringen – få idéer – undersøge – konkretisere – konstruere – forbedre – præsentere.

Undersøgelse skal forstås bredt, men det omfatter strukturerede undersøgelser i laboratoriet eller i naturen af relevans for et godt løsningsdesign. *Konkretisering* handler om at få udvalgt den bedste løsningsidé og elaborere denne, fx gennem skitser, komponentlister og måske en arbejdsplan. *Konstruktion* er der, hvor løsnings-designet realiseres, ofte i form af et håndgribeligt produkt. Centralt for engineering er, at der gives foreløbige bud på løsninger, som kan testes og iterativt *forbedres*, dvs. "prototyper".

Erfaringerne viser, at eleverne sjældent af sig selv bringer naturfaglig viden i spil, når de arbejder med praktisk problemløsning. Så både i forløbstilrettelæggelsen og undervejs i processen bør man som lærer fastholde dette aspekt. Når eleverne drøfter mulige idéer, vil man med fordel kunne bede dem samtidig drøfte: "Hvad ved vi fra faget, som vi skal tænke med ind i vores konkretisering?" og afklare: "Hvad har vi brug for at få undersøgt i laboratoriet eller i naturen og finde ud af via faglig læsning?". Det er også relevant at holde eleverne fast på, at forbedringer også kan/bør ske med henvisning til faglig viden, de har opnået undervejs. *Præsentationen* vil normalt ikke kun være en præsentation, men tillige en evaluering med fokus på, hvor godt elevernes løsningsmodel lever op til de kriterier, som eleverne har fået oplyst sammen med problemstillingen i optakten. Der er imidlertid også udviklet forskellige rubrics, som gør det muligt at bedømme eleverne på engineering-delkompetencer, så evaluering behøver ikke bare foregå med afsæt i produktet. En udfoldet beskrivelse af engineering som pædagogisk tilgang findes på astra.dk.

3.4 Variation i undervisningen

God variation i den daglige naturfagsundervisning indebærer:

- At der veksles mellem lærerstyret helklasseundervisning og arbejde, hvor man som elev selv i højere grad sætter dagsordenen.
- At opgaverne nogle gange er afgrænsede/lukkede og andre gange mere åbne.
- At teoretisk arbejde veksler med praktisk undersøgende arbejde.
- At der både er perioder med individuelt arbejde og perioder med gruppearbejde.

Både når læreren laver sin lektionsplan og i forløbstilrettelæggelsen er det relevant at medtænke en vekslen mellem disse undervisningsmæssige varianter. Tænk gerne i flere skift inden for den samme lektion. Det er imidlertid ikke sådan, at jo flere skift i undervisningsformer, desto bedre. Rytmen kan nemt blive for hektisk. Til god variation hører også et element af overraskelse. Hvis de samme tre undervisningsformer anvendes på samme måde i hver eneste time, så tærer det på oplevelsen af variation.

Det er afgørende for god variation i naturfagsundervisningen, at en vifte af forskellige undervisningsformer og aktivitetstyper bringes i spil. I dette afsnit har vi været omkring undersøgelser, problembaseret arbejde og engineering-udfordringer som eksempler på bidrag til en varieret undervisning. Mange andre tilgange og aktivitetstyper kan med samme ret siges at bidrage til variationen, fx gruppearbejde omkring mere afgrænsede opgaver, refleksive skrivelser, debatter og rollespil, målrettede videoklip, quizzes, ud af huset-aktiviteter m.m.

En anden nyttig måde at tænke variation ind i sin naturfaglige undervisning tager afsæt i forestillingen om, at læring kan foregå i tre forskellige typer af læringsrum (Prinds, 1999), hvor lærer- og elevroller skifter, og læringens natur er væsensforskellig.

Figur 5: Oversigt over de tre forskellige typer af læringsrum

	Undervisningsrum	Træningsrum	Studierum
Aktivitet	Vidensformidling	Træning af stof	Selvstændigt problem/projektarbejde
Lærerrolle	Formidler: Organiserer og præsenterer stoffet.	Træner: • Formulerer opgaver • Stilladserer • Demonstrerer, hvordan ting kan gøres.	Rammesætter og konsulent: • Fastlægger krav til og rammen om elevernes arbejde • Leverer input på opfordring.
Elevrolle	Modtager	Lærling	Student/videnskaber
Organisering	Klasse	Individuelt/gruppe	Individ/gruppe

Alle tre læringsrum og de dertil hørende lærerroller er nødvendige, selv i en naturfagsundervisning, som lægger vægt på undersøgelses- og problembaseret arbejde.

3.5 Hverdagsforestillinger

Det er efterhånden velkendt, at der er udfordringer, når eleverne i skolen skal tilegne sig naturfaglige forklaringer på fænomener og sammenhænge. I modsætning til elevernes umiddelbare, dvs. intuitive, forståelse fra hverdagen kan naturfaglige forklaringer og begreber fremstå fremmede, dvs. kontraintuitive, og er derfor i fare for ikke at blive en del af elevernes forståelse af naturfaglige erkendelser, men blot eksistere som en parallel skoleverden (Nielsen, 2014). Eksempler på, hvordan hverdagsforestillinger og faglige forståelser adskiller sig fra hinanden, ses i skemaet herunder (efter Andersson, 2001 (tabel 1,1)).

Figur 6: Oversigt over, hvordan hverdagsforestillinger og naturfaglig forståelse adskiller sig

Hverdagsforestilling	Naturfaglig forståelse
Man ser noget ved, at øjet udsender synsstråler.	Man ser ved, at lys reflekteres inde i øjet.
Når noget brænder, forsvinder det. Der bliver kun lidt aske tilbage.	Massen bevares ved kemiske reaktioner.
Kogepladens indstilling bestemmer vandets kogetemperatur.	Vands kogepunkt er (ved 1 atm. tryk) altid 100 grader C.

Erfaringer tyder på, at læreren i undervisningen bør medtænke hverdagsforståelserne og det sprog, der knytter sig til dem, da de er det udgangspunkt, ny viden og nye erfaringer bliver mødt med (Andersson, 2001). I forbindelse med undervisningens tilrettelæggelse, gennemførelse og evaluering er der derfor god grund til at arbejde med situationer, hvor der gennem dialog kan skabes forbindelser mellem hverdagsforståelser og fagforståelser og det sprog, der knytter sig til dem (Kinnerup og Bech, 2019).

Udgangspunktet for dialogen i de forskellige typer af situationer kan være grubletegninger, modeller, genstande, praktiske undersøgelser, fortællinger eller andet, som udfordrer eleverne og dermed giver anledning til, at de forholder sig til det faglige indhold og gennem dialogen tilegner sig faglige forståelser og faglig terminologi.

Figuren nedenfor eksemplificerer en enkel måde at tænke progression i tilegnelse af faglig forståelse og terminologi. Begreberne semantisk tyngde og semantisk tæthed kendes fra sprogforskningen (Sigsgaard, 2015) og repræsenterer hhv. graden af kontekstafhængighed og begrebernes kompleksitet, dvs. hvor mange betydninger og sammenhænge, der er indlejret i begrebet.

Figur 7: En enkel måde at tænke progression i tilegnelse af faglig forståelse og terminologi

Høj semantisk tyngde Lav semantisk tæthed	Lav semantisk tyngde Lav semantisk tæthed	Høj semantisk tyngde Høj semantisk tæthed	Lav semantisk tyngde Høj semantisk tæthed
Stigende faglig forståelse og integration			
Konkrete, virkelige eksempler forklaret med hverdagsord i almindelig betydning.	Abstrakte begreber forklaret med hverdagsord i almindelig betydning.	Konkrete, virkelige eksempler forklaret på faglige måder med faglige ord.	Abstrakte begreber forklaret på faglige måder med faglige ord.
Lyset kommer fra Solen.	Lys er usynlige bølger fra Solen, der rammer dit øje.	Solen udsender stråling med mange forskellige frekvenser. En del af disse frekvenser kan opfanges af det menneskelige øje, og det kaldes synligt lys.	Stråling har afhængig af energiindhold forskellig bølgelængde og derfor også forskellig frekvens. Det menneskelige øje kan opfange stråling med en bølgelængde mellem 380-750 nm.
Drikkevandet kommer fra søer nede i jorden.	Jordbunden kan sammenlignes med en svamp. I jordbunden er der huller mellem de små korn.	Når der falder nedbør på svampen, siver vandet ned i hulrummene og danner grundvand.	Grundvandsspejlet er det niveau under jordoverfladen, hvortil jordbunden er mættet med vand. Herfra henter vi vores drikkevand.

Skemaet kan være en ledetråd for rammesætningen af dialogen i undervisningen. Målet er, at eleverne kan forklare abstrakte begreber på faglige måder med faglige ord. I figurens to nederste linjer er hhv. en stilladsering af begrebsudvikling og stilladsering fra hverdagsforestilling til en faglig forståelse eksemplificeret. Yderligere eksemplificeringer beskrives fx i bogen *“Elevers tänkande och skolans naturvetenskap”*, der handler om elevers hverdagsforestillinger på forskellige alderstrin inden for en række naturfaglige indholdsområder (Andersson, 2001).

Gennem dialogisk undervisning (Nielsen, 2014) er det muligt at følge med i elevernes forforståelser, herunder hverdagsforestillinger, og udviklingen i den faglige forståelse, men andre tilgange er også brugbare. De klassiske veje er mindmaps og begrebskort, som med før-/efter-situationer kan give et indtryk af forforståelse og udvikling. Ligeledes kan elevernes egne tegninger med korte beskrivelser give et indtryk af dette. Quizzer og multiple choice er også mulige veje at gå i denne sammenhæng, og der er ikke noget, der udelukker noget andet.

3.6 Undervisningsdifferentiering

Skolen skal være for alle, hvor undervisning i fællesskaber står som et bærende fundament for at løfte alle elevers læring og trivsel. I forskningslitteraturen er det endvidere en central pointe om undervisningsdifferentiering, at hvis alle elever skal møde passende faglige udfordringer, er det afgørende, at differentiering gennemsyrrer alle dele af undervisningen. Det vil sige et princip, man ikke vælger til eller fra eller kun praktiserer i udvalgte dele af naturfagsundervisningen (EVA, 2018). I folkeskoleloven er undervisningsdifferentiering derfor et grundlæggende princip.

Den eksemplariske naturfagsundervisning møder derfor eleverne der, hvor de er, og tager udgangspunkt i deres forskellige forudsætninger og potentialer. At differentiere undervisningen er komplekst, og der er ikke én måde at gøre det på. Der vil være mange forhold i spil, når man som naturfagslærer skal give alle elever de bedste muligheder for at udvikle sig og lære inden for klassen som fællesskab. Der findes derfor utallige bud på, hvad en god og differentieret undervisning bør indeholde, men i alle tilfælde vil de altid kræve, at læreren går reflektivt til værks og løbende tilpasser undervisningen til den specifikke situation og sammenhæng, den skal fungere i.

På trods af kompleksiteten kan der fra forskningslitteraturen udpeges seks centrale aspekter, som ser ud til at have stor betydning for en differentieret undervisning (EVA, 2018). Det første aspekt *"Undervisningsdifferentiering er et fælles anliggende for lærere og skoleledelse"* fokuserer på de ledelsesmæssige forudsætninger for, at naturfagslærerne kan mødes, udvikle og vidensdele erfaringer om en differentieret naturfagsundervisning. Det forudsætter fx:

- En organisering, hvor naturfagslærerne har mulighed for at mødes, evt. med en fast fagteamstruktur.
- En tydelig faglig ledelse, som både formelt og uformelt udtrykker visioner, mål og forventninger til, at naturfagslærerne har fokus på udvikling af undervisningsdifferentiering i naturfagene.
- En kvalificeret ressourceperson eller vejleder i naturfag, som i samarbejde med både ledelse og øvrige naturfagslærere er med til at sikre, at undervisningsdifferentiering er et løbende udviklingspunkt.

Til at understøtte det videre arbejde med undervisningsdifferentiering på skolen i naturfagene findes der på emu.dk en videnspakke "Viden om undervisningsdifferentiering". Videnspakken indeholder, udover et kort vidensnotat med eksisterende viden og forskning inden for undervisningsdifferentiering, også et udviklingsredskab, som kan inspirere både ledelse, naturfagsvejleder og naturfagslærere, når de skal tilrettelægge og gennemføre en udviklingsproces i fagteamet ift. differentieret naturfagsundervisning.

De øvrige fem centrale aspekter vedrørende undervisningsdifferentiering retter sig mod undervisningen og kan af lærerne tilpasses og udvikles på skolen gennem vidensdeling, drøftelser og didaktiske refleksioner.

1. Læringsmiljø og differentiering er tæt forbundet

Diversitet blandt eleverne skal anerkendes i klasserummet. Det skaber tryghed og dermed gode læringsvilkår for alle. En differentieret undervisning, som fremmer elevernes læring, er kendetegnet ved, at:

- Læreren skaber et læringsmiljø, hvor elevernes forskelligheder anerkendes.
- Læreren skaber et læringsmiljø, hvor eleverne oplever, at det er trygt at prøve sig frem og eventuelt fejle.
- Læreren inddrager eleverne i undervisningen.
- Eleverne oplever at have indflydelse på undervisningen.

Et særligt opmærksomhedspunkt i naturfagene er vigtigheden af, at eleverne prøver sig frem, og at fejl er en grundlæggende forudsætning for at blive dygtigere og mere undersøgelseskompetent. I denne proces er eleverne selvvirksomme, og hermed har de indflydelse på undervisningen.

2. Organisér undervisningen, så den tilgodeser elevernes forskelligheder

Eleverne skal have mulighed for at arbejde på forskellige måder i naturfagene. Det stiller krav til naturfaglæreren om at kunne differentiere undervisningen både ved tilrettelæggelsen og undervejs i undervisningen. En differentieret undervisning, som fremmer elevernes læring, er kendetegnet ved, at:

- Eleverne har mulighed for at arbejde på forskellige måder med et givent fagligt indhold og i et tempo, der passer den enkelte.
- Læreren er bevidst om gruppesammensætning og danner grupper, der arbejder godt sammen, uanset hvilke principper der ligger bag sammensætningen.
- Variation i undervisningen er kombineret med opsamlinger og tydelige intentioner med undervisningen, der sikrer den røde tråd for eleverne.
- Læreren justerer og tilpasser undervisningen i overensstemmelse med elevernes respons.

Naturfagsundervisning indbyder til en lang række forskellige arbejdsformer, der alle kan differentieres. Det gælder arbejdet med faglig læsning og skrivning, graden af tilegnelse af fagsprog, abstraktionsgraden ved modellering og niveauet i diverse hands on-aktiviteter. Et opmærksomhedspunkt her er, at når eleverne arbejder varieret i naturfagsundervisningen, stiller det særligt krav til lærernes evne til at differentiere, rammesætte og samle op undervejs.

3. Forbered proaktive og eksemplificerende instruktioner

Læreren skal praktisk og konkret demonstrere, hvad eleverne skal arbejde med, så det bliver tydeligt for alle, hvad der forventes. Det er ikke nok kun at fortælle om det. En differentieret undervisning, som fremmer elevernes læring, er kendetegnet ved, at:

- Læreren i sine instruktioner støtter elevernes overblik og kommer forvirring og vanskeligheder i forkøbet.
- Læreren varierer sine instruktioner. Det samme faglige indhold forklares på forskellige måder for eleverne.
- Læreren præsenterer eleverne for forskellige indgange til arbejdet med det faglige indhold.

Naturfagene har naturen/dens fænomener og teknologi som deres genstandsfelt. Naturfagene er kendetegnet ved at rumme både en teoretisk og en praktisk ramme. At forberede proaktive og eksemplificerende instruktioner skal tilgodeses både den praktiske og den teoretiske dimension i en sammenhæng, så det skaber forudsætninger for at danne mening for alle.

4. Overvej, hvordan eleverne skal arbejde differentieret med indhold og materialer

Der er mange måder at differentiere på. Det kan fx være med det faglige indhold. Det kan være i læremidlerne, der anvendes. Det kan være i metoderne, der anvendes. En differentieret undervisning, som fremmer elevers læring, er kendetegnet ved, at:

- Eleverne har mulighed for at arbejde på måder, der er tilpasset deres behov, forudsætninger og potentialer – uanset om det sker via forskelligartede materialer eller forskellige måder at arbejde med det samme faglige indhold på.
- Der vælges indhold og udformes opgaver, som eleverne kan arbejde selvstændigt med, da det giver læreren mulighed for at prioritere sin tid dér, hvor der er behov.

For at eleverne kan opnå naturfaglige kompetencer skal undervisningen rumme undersøgelserbaserede tilgange. Det kalder på åbne opgavetyper, som er elevstyrede og problembaserede. Åbne opgaver er yderst velegnede til en differentieret undervisning. Men naturfagslæreren skal være opmærksom på, om alle eleverne i klassen kan rummes inden for den åbne opgave. Alle skal udfordres og hjælpes, hvor der er behov. Det er derfor relevant, at naturfagslæreren i tilrettelæggelsen overvejer, hvilke forventninger der er til elevernes arbejde med de åbne opgaver.

5. Sæt mål og følg op med løbende evaluering

Naturfagslæreren må arbejde med undervisningsmål for klassen, men kan med differentierede læringsmål og løbende differentieret feedback for enkelte elever og/eller elevgrupper tilpasse dele af undervisningen til deres forudsætninger. En differentieret undervisning, som fremmer elevernes læring, er kendetegnet ved, at:

- Læreren formulerer fælles mål for elevernes læring. Det gør det nemlig lettere for eleverne at gennemskue de krav og forventninger, der er til dem, og derfor også lettere for eleverne at give læreren tilbagemeldinger på, hvordan undervisningen modsvarer deres forudsætninger.
- Læreren og eleverne som supplement hertil formulerer individuelle mål, som er centreret om det, den enkelte skal lære for at nå frem til de fælles mål.
- Læreren løbende følger op på målene ved hjælp af formativ evaluering.
- Læreren løbende følger op med konkrete og brugbare tilbagemeldinger, så de tilpasses den enkelte elevs faglige udgangspunkt.

Opmærksomhedspunkter

Differentiering er så grundlæggende en læringsfaktor, at det som nævnt er et bærende princip for al god undervisning. Det er dog nok ikke muligt at differentiere alt konstant. Og differentiering er heller ikke løsningen på alle udfordringer med at håndtere elevmangfoldigheden i klasserummet. Undervisningsdifferentiering kræver kendskab til elevernes faglige potentiale, men også til deres sociale forudsætninger, og derfor udvikler lærerens blik på klassen og de enkelte elever sig også konstant. Ikke desto mindre skal differentiering konstant indtænkes i tilrettelæggelse, planlægning og gennemførelse og evaluering af naturfagsundervisningen og elevernes udbytte deraf.

Det er vanskeligt at tage hensyn til den enkelte elev hele tiden. I tilrettelæggelsen er det derfor oplagt at tænke i forskellige niveauer for grupper af elever, så længe elevgruppen ikke statisk opdeles i grupper. Undervisningsdifferentiering er ikke det samme som holddeling i niveauer. Alle elever skal inkluderes i det faglige fællesskab i naturfagsundervisningen. Og i selve naturfagsundervisningen – hvor der konstant sker evaluering af elevernes udbytte – kan der så yderligere løbende differentieres i form af de krav, læreren stiller til eleverne, den støtte og stilladsering, læreren tilbyder, dialogen med den enkelte elev osv. Den løbende evaluering er også central for naturfagslæreren i tilrettelæggelsen af ny differentieret undervisning.

Eleverne kan naturligvis arbejde niveaudelt, hvilket kan være motiverende for nogle elever, men det centralt, at det sker uden at stigmatisere bestemte elevgrupper eller udfordre fællesskabet i klassen.

3.7 Eksempler på tilrettelæggelse af fysik/kemi-undervisningen

Rådgivningsgruppen for Fælles Mål fremhæver i deres publikation "Formål og frihed – fem pejlemærker for Fælles Mål i folkeskolen" (2018), at mål fortsat er en central didaktisk kategori, men at målene er mangeartede og har forskellig tidshorisont. Publikationen fremhæver, at de specifikke faglige mål kan have flere funktioner, herunder at:

- Udgøre konkrete pejlemærker i planlægningsarbejdet i et undervisningsforløb.
- Fungere som navigationsredskaber i gennemførelse af undervisning.
- Anvendes som referencepunkter i refleksion over og udvikling af undervisning.
- Tjene som en ramme for en løbende evaluering af og dialog med eleverne og deres forældre om elevernes læring i forhold til blandt andet elevplaner, nationale test og folkeskolens prøver.

Mange lærere tilrettelægger deres undervisning på tre niveauer:

- Årsplan
- Forløbsplan
- Lektionsplan.

Årsplan

Årsplanens formål er at give et overblik over skoleåret og de samarbejder, der skal gennemføres i udkolingen. Her noteres i overordnede overskrifter de emner eller områder, som eleverne skal arbejde med i et givent skoleår i fysik/kemi fordelt på perioder:

Eksempel på uddrag af årsplan for fysik/kemi i en 9. klasse

Uge 33-34	Landbrug ioner mm.	
Uge 35	Østrig lejrskole	
Uge 36-37	Landbrug	
Uge 38-39	Mikroorganismer (Masseeksperiment)	
Uge 39 Torsdag 27. sep	Besøg på Odder Gymnasium	
Uge 40-41	Landbrug (fællesfagligt)	Ud fra problemstilling
Uge 42	Efterårsferie	
Uge 43-45	Radioaktivitet/kerneenergi	
Uge 46-50	Strålings indvirkning på levende organismer (fællesfagligt)	Ud fra problemstilling

I årsplanen sikrer læreren sig, at eleverne kommer omkring de dele af fysik/kemi, som er udvalgt til det pågældende klassetrin i overensstemmelse med Fælles Mål og læseplanen, og at der er afsat tid til de fællesfaglige undervisningsforløb.

På nogle skoler udarbejder lærerteamet omkring udkolingen en fælles oversigt over de fællesfaglige undervisningsforløb:

Eksempel på skema til treårs-plan for de fællesfaglige undervisningsforløb.
Husk, at der godt kan arbejdes med andre fokusområder end dem, der er nævnt i dette skema.

Treårsplan for naturfagene

	Skitse over indhold	Placering – klassetrin og periode	Tovholder
Produktion med bæredygtig udnyttelser af naturgrundlaget			
Bæredygtig energiforsyning på lokalt og globalt plan			
Drikkevandsforsyning for fremtidige generationer			
Den enkeltes og samfundets udledning af stoffer			
Strålings indvirkning på levende organismers levevilkår			
Teknologiens betydning for menneskers sundhed og levevilkår			


Forløbsplan

I forløbsplanen detailplanlægges det enkelte undervisningsforløb med mål, indhold, arbejdsformer, evaluering mv. Mange lærere tilrettelægger deres undervisningsforløb i en læringsportal, og så ser et uddrag af en forløbsplan fx således ud:


Eksempel på uddrag af en forløbsplan for et fællesfagligt forløb "Storbyens forurening"

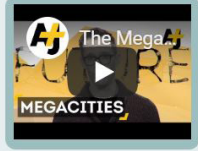
KAPITLER



- KAPITEL 1**
Introduktion til storbyens forurening
- KAPITEL 2**
Organisering og problemstilling
- KAPITEL 3**
Projektkriterier og mål
- KAPITEL 4**
Fagkursus Biologi:
Byen som økosystem
- KAPITEL 5**
Fagkursus Geografi:
Urbanisering
- KAPITEL 6**
Fagkursus Fysik/kemi:
Luftforurening
- KAPITEL 7**
Hjælp til undersøgelser



KAPITEL 1
INTRODUKTION TIL STORBYENS FORURENING

 **Megacities. BBC. UK, 2011.**
Noter tre pointer om megabyer undervejs



 **Indledende tekster og opgaver til "Storbyens forurening"**
Læs og lav opgaverne individuelt
Gem svarene i det google dokument 

Andre lærere tilrettelægger deres forløb analogt og noterer fx lektion for lektion, hvilke materialer, undersøgelser, modelleringsopgaver osv. eleverne skal arbejde med. Det anbefales, at lærerne uddeler forløbsplanerne til eleverne inden et givent forløb, så de har et overblik over undervisningsforløbet, som det skrider frem.

Eksempel på uddrag af en forløbsplan for et emne om energiproduktion

Mål for undervisningsforløbet

- Eleverne designer og udfører systematiske undersøgelser af sammenhænge mellem magnetisme og elektricitet.
- Eleverne programmerer digitale modeller, som kan simulere princippet bag anvendelse af induktion og transformation af elektricitet.
- Eleverne relaterer forskellige energiteknologier til en bæredygtig energiforsyning i Danmark.

Lektion	Indhold	Elevaktiviteter	Forberedelse	Andet
Tirsdag d. 30/4	Elektrisk energiforsyning i Danmark.	Forundringsvæg. Stil 3 spørgsmål. Real time visualisering af Danmarks energisystem og forbrug.	s. 34 + figur s. 35.	Husk computer.
Torsdag d. 2/5	Undersøgelser af udfordringer forbundet med den elektriske energiforsyning i Danmark.	Undersøg fx: Effektivitet i en generator. Energitab i ledninger. Tab af effekt ved transformation.	-	Arbejdsgrupperne designer selv ud fra hypotese.
Tirsdag d. 7/5	Programmering af simuleringer (induktion og transformation)	Skitsér modeller og beskriv algoritmer. Programmering i Scratch. Gruppe-gruppe feedback.		Arbejdsgrupperne designer selv ud fra deres faglige forståelse.
Torsdag d. 9/5	Hvor er der generatorer og hvordan kan de anvendes bæredygtigt?	Fælles brainstorm. Gruppearbejde med selvvalgte spørgsmål vedr. vedvarende energiteknologier. Debat om energiteknologier.	s. 35 midt - 37.	

Evaluering

Foregår løbende i elevernes digitale logbøger. Egne spørgsmål/hypoteser, egne undersøgelser, egne modelleringer, samt naturfaglige argumenter dokumenteres løbende sammen med elevernes egne refleksioner over deres undersøgelses- og designprocesser.

Lektionsplan

Lektionsplanen er lærerens udvalgte aktiviteter for en given lektion. En lektion begynder almindeligvis med en kort introduktion til eleverne om målet med dagens arbejde, evt. en dagsorden på tavlen og en kort samtale om, hvor undervisningen "slap" sidst, og hvordan dagens program binder an til det. Det er rart for mange elever at vide, hvad en lektion indeholder, hvem de skal arbejde sammen med, og hvordan sammenhængen med den foregående og efterfølgende undervisning er. Som nævnt ovenfor bør der være variation i undervisningen, både over et helt forløb, men også i en enkelt lektion, og undervisningen kan variere mellem kortere læreroplæg, instruerede eller mere åbne elevaktiviteter og elevers selvstændige arbejde. Afslutningsvist kan det være hensigtsmæssigt for elevernes læringsudbytte, at læreren samler op på fx målopfyldelse eller centrale faglige erkendelser, pointer eller fagbegreber.

4 Forholdet mellem kompetencer og indhold

Undervisningen i fysik/kemi skal af eleverne opleves som én samlet undervisning tilrettelagt inden for de fire kompetenceområder undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation samt færdigheds- og vidensområderne:

- Undersøgelser i naturfag
- Stof og stofkredsløb
- Partikler, bølger og stråling
- Energiomsætning
- Jorden og Universet
- Produktion og teknologi.

Som beskrevet i læseplanen, vil det i nogle sammenhænge være hensigtsmæssigt at tilrettelægge undervisningen med fokus på ét kompetenceområde, endda måske et aspekt af et kompetenceområde, mens andre undervisningsforløb naturligt vil inddrage elevernes arbejde inden for flere eller alle de naturfaglige kompetenceområder. Ligeledes vil nogle undervisningsforløb, når det kommer til færdigheds- og vidensområderne, i nogle tilfælde fokusere på et relativt smalt udsnit af et enkelt område, mens der i andre undervisningsforløb vil blive inddraget indhold fra flere færdigheds- og vidensområder. Helt centralt er det imidlertid, at undervisningen ikke adskilles, således at der i nogle forløb arbejdes med elevernes kompetenceudvikling, mens der i andre forløb fokuseres på elevens faglige viden og færdigheder.

Ethvert undervisningsforløb og enhver undervisningsaktivitet vil altid have en dimension, der vedrører elevernes naturfaglige kompetenceudvikling, og en dimension, der vedrører et aspekt af indholdet beskrevet i færdigheds- og vidensområderne. Kompetenceområderne er på én gang **mål** for undervisningen, dvs. eleverne skal fx inden for undersøgelseskompetencen udvikle kompetence til at udforme, gennemføre og evaluere undersøgelser samt til at forstå naturfaglige undersøgelsesroller i vidensproduktion og kulturudvikling, og **middel** til almen dannelse, således at eleverne gennem fysik/kemi bliver i stand til at forstå og deltage i demokratiske processer. Færdigheds- og vidensområderne udspænder det faglige genstandsfelt, som eleverne skal kunne agere kompetent indenfor, jf. definitionen fra læseplanen: *“Naturfaglig kompetence forstås i forlængelse af Kvalifikationsrammen for Livslang Læring som evnen til at anvende naturfaglig viden og færdigheder i en for naturfagene relevant sammenhæng”*.

4.1 Progression inden for de naturfaglige kompetenceområder fra 1.-9. klasse

De fire naturfag i grundskolen, natur/teknologi, biologi, fysik/kemi og geografi, udgør et samlet forløb fra 1. til 9. klasse. De fire naturfag beskæftiger sig alle med den naturgivne og menneskeskabte omverden, men de belyser omverdenen med hvert deres faglige genstandsfelt, omend der findes utallige tværfaglige sammenhænge mellem dem.

Men hvor indholdet i de fire naturfag varierer, så har alle fire naturfag som overordnet mål at udvikle naturfaglig kompetence hos eleverne inden for kompetenceområderne undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation. Der er derfor fastsat bindende kompetencemål for, hvad eleverne skal kunne på de forskellige trinforløb inden for hvert enkelt kompetenceområde. Kompetencemål bliver i denne optik naturligt til skridt på vejen mod tilegnelse af naturfaglig kompetence hos eleven.

Figur 8: Oversigt over progression på kompetencemålsniveau inden for hvert kompetenceområde

Kompetenceområde	Efter 2. klassetrin	Efter 4. klassetrin	Efter 6. klassetrin	Efter 9. klassetrin
Undersøgelse	Eleven kan udføre enkle undersøgelser på baggrund af egne og andres spørgsmål.	Eleven kan gennemføre enkle undersøgelser på baggrund af egne forventninger.	Eleven kan designe undersøgelser på baggrund af begyndende hypotesedannelse.	Eleven kan designe, gennemføre og evaluere undersøgelser i biologi, fysik/kemi og geografi .
Modellering	Eleven kan anvende naturtro modeller.	Eleven kan anvende modeller med stigende abstraktionsgrad.	Eleven kan designe enkle modeller.	Eleven kan anvende og vurdere modeller i biologi, fysik/kemi og geografi .
Perspektivering	Eleven kan genkende natur og teknologi i sin hverdag.	Eleven kan relatere natur og teknologi til andre kontekster.	Eleven kan perspektivere natur/teknologi til omverdenen og aktuelle hændelser.	Eleven kan perspektivere biologi, fysik/kemi og geografi til omverdenen og relatere indholdet i faget til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse.
Kommunikation	Eleven kan beskrive egne undersøgelser og modeller.	Eleven kan beskrive enkle naturfaglige og teknologiske problemstillinger.	Eleven kan kommunikere om natur og teknologi.	Eleven kan kommunikere om naturfaglige forhold med biologi, fysik/kemi og geografi .

For at sikre sammenhæng og udvikling i naturfagsundervisningen både på langs og på tværs fra 1. til 9. klasse, bør progressionen inden for de fire naturfaglige kompetenceområder være noget, alle naturfagslærere på en skole har kendskab til og løbende samarbejder omkring. Det arbejde kunne fx tage udgangspunkt i de kommende afsnit, hvor der er beskrevet en sammenhængende progression for arbejdet med hvert af de enkelte naturfaglige kompetenceområder, i alle fire naturfag.

Undersøgelseskompetence

Som overskriften antyder, så er nedenstående progression et forsøg på både at angive, hvad der trinvist arbejdes med i undervisningen inden for kompetenceområdet undersøgelse, og samtidig indikere, hvilke aspekter af undersøgelseskompetence eleverne især forventes at udvikle på trinforløbet. Progressionsbeskrivelsen er tænkt således, at det gradvist bliver mere komplekst, hvad der undersøges, hvordan der undersøges, hvilke krav der stilles til analyse, fortolkning og modellering, samt hvor store frihedsgrader eleverne forventes at kunne håndtere i undersøgelser.

1. trinforløb: 1.-2. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan udføre enkle undersøgelser på baggrund af egne og andres spørgsmål

Fokus på dette trinforløb er på undersøgelse af naturfænomener og genstande i elevernes nære omverden. I arbejdet med undersøgelseskompetence indgår, at elevernes undren stimuleres, at de lærer at stille naturfaglige spørgsmål og får mod på at undersøge disse.

Der er tale om undersøgelse på helt enkle måder, fx arbejdes der med at indsamle og sortere, fx organismer, og med at observere, fx solhøjdens variation i løbet af en dag eller vejrlig. Eleverne bør kunne bruge enkelt måleudstyr, såsom vægt, målebånd, termometer, regnmåler osv. Eleverne bør også kunne beskrive deres undersøgelser og resultater. Tilløb til analyse kan forekomme, fx kan eleverne med fordel skille enkle "mekanismer" fra deres hverdag ad og fundere over, hvorledes de fungerer.

2. trinforløb: 3.-4. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan gennemføre enkle undersøgelser på baggrund af egne forventninger

I undervisningen er der fortsat fokus på at undersøge fænomener i elevernes nære omverden. Undersøgelserne fungerer induktivt som afsæt for begyndende begrebslig opdagelse. Eleverne lærer at gøre sig forestillinger om, hvad der vil ske, hvis en variabel ændres i et forsøg, samt at efterprøve disse forestillinger. Metodisk bør eleverne kunne gøre sig overvejelser omkring, hvordan man laver en simpel "fair-test", samt udføre prøv-dig-frem-optimering af design-produkter med anvendelse af en vis systematik. Der lægges begyndende vægt på, at eleverne kan analysere med et naturfagligt blik, fx på at klassificere ud fra faglige kriterier og bestemme ved hjælp af opslagsværk og digitale kilder. Eleverne har typisk frihedsgrader ift. at tolke/forstå udfaldene af deres undersøgelser. Ofte formulerer de spørgsmålene, som undersøges, og i enkle tilfælde designer de undersøgelserne.

3. trinforløb: 5.-6. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan designe undersøgelser på baggrund af begyndende hypotesedannelse

Undersøgelserne er i højere grad begrebsdrevne og omfatter også mere abstrakte variable, fx energi. Til brug for deres undersøgelser skal eleverne kunne anvende et større sæt af værktøjer, herunder digitalt måleudstyr, og hjælpemidler, herunder databaser. De skal nu kunne designe enkle undersøgelser og udvikle simple produkter gennem en struktureret proces. Afslutningsvist bør eleverne kunne undersøge simple sammenhænge på systematisk vis. De skal kunne registrere data hensigtsmæssigt og lave relevante repræsentationer af data som afsæt for at fortælle, hvad deres undersøgelse viser. Analytisk bør eleverne tillige i centrale undersøgelser kunne forbinde iagttagelser på makroniveau med simple forklaringsmodeller på mikroniveau, fx at temperaturen stiger i en solopvarmet sø som udtryk for, at vandmolekylerne i første omgang bevæger sig hurtigere og ultimativt bevæger sig hurtigt nok til at rive sig løs og dermed fordampe fra søens overflade.

4. trinforløb: 7.-9. klasse (fysik/kemi, biologi og geografi)

Eleven kan designe, gennemføre og evaluere undersøgelser i fysik/kemi, biologi og geografi

Undersøgelserne bruges nu til at belyse naturfaglige spørgsmål i både fagopdelte og fællesfaglige sammenhænge. Der lægges lag på elevernes evne til at designe undersøgelser og indsamle data med hensyntagen til variabelkontrol og fejlkilder. Eleverne skal kunne diskutere deres undersøgelser i lyset af faglige hypoteser og modeller. I denne sammenhæng er det vigtigt, at eleverne kan forholde sig kritisk til egne og andres data, og at de kan diskutere styrker og svagheder ved de anvendte undersøgelsesmetoder. Med voksende frihedsgrader gennem trinforløbet trænes eleverne, så de afslutningsvis evner selv at formulere og undersøge problemstillinger, herunder fællesfaglige.

Modelleringskompetence

Der opereres med en progression, hvor eleverne gradvist bruger mere og mere krævende typer af modeller til at beskrive stadigt mere komplekse og abstrakte fænomener. Oven i dette gælder, at det alt andet lige er nemmere at anvende en given model til at skabe overblik og til at forklare et fænomen, end det er at vurdere modellen, hvilket igen typisk er nemmere end at konstruere/revidere modellen med afsæt i egne undersøgelser.

Bestemte typer af modelkonstruktion kan dog godt foregå på et tidligt tidspunkt, fx vil elever tidligt kunne lave enkle illustrationer og fremstille konkrete, naturtro modeller.

1. trinforløb: 1.-2. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan anvende naturtro modeller

På dette trinforløb arbejder eleverne først og fremmest med konkrete modeller eller illustrationsmodeller, som prøver at eftergøre den virkelige verden. Dertil kommer verbale modeller, idet eleverne bør kunne bruge naturtro modeller i deres fortællinger om fx krop/organismer. I tilknytning hertil skal de kunne udpege, hvilke træk ved en model der svarer til hvilke i virkeligheden. Samtidig skal eleverne selv kunne afbilde/illustrere dyr og planter samt lave enkle skitser af, hvorledes de forestiller sig at løse en praktisk udfordring.

2. trinforløb: 3.-4. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan anvende modeller med stigende abstraktionsgrad

Der er fortsat fokus på verbale modeller og illustrationsmodeller, men de fænomener, som repræsenteres, bliver i stigende grad mere usynlige, omfattende og abstrakte. Eleverne skal fx kunne fortælle om blodkredsløb, vejrudsigten eller Solsystemet ved hjælp af relevante modeller, herunder digitale kort og animationer. Eleverne skal endvidere selv kunne fremstille enkle illustrationer af fænomener og systemer i deres hverdag, fx repræsentere egne vejrdata eller lave flowdiagrammer for ressourcestrømmen til og fra deres hjem. I arbejdet med egne målinger af vejr og vejrudsigter, autoritative modelforudsigelser, bør eleverne få et første indblik i, at modeller kan bruges til forudsigelser, men også at disse ikke altid modsvarer virkeligheden.

3. trinforløb: 5.-6. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan designe enkle modeller

På dette trinforløb begynder alle modeltyperne at komme i spil, herunder også enkle symbolmodeller, fx kemiske formler for udvalgte molekyler og elementær kodning. Eleverne skal nu kunne anvende modeller til at forklare mere komplekse fænomener end tidligere, fx *processer* og *sammenhænge* i naturen, såsom fotosyntese, jordskælv og vandets kredsløb. Eleverne skal kunne repræsentere data hensigtsmæssigt mhp. at belyse, om sammenhængen mellem to variable svarer til deres egne begrundede forventninger/hypoteser. Der er et afgørende nyt fokus på, at eleverne lærer at designe enkle, konkrete modeller, herunder konkrete bud på løsning af en praktisk udfordring. Eleverne bør også have mulighed for at arbejde med *modelforsøg*, hvor man bevidst spiller på at forsøget gennemføres i en modelverden, fx i lille skala i laboratoriet. Sidst men ikke mindst bør eleverne starte med at diskutere styrker og svagheder ved de modeller, som de møder.

4. trinforløb: 7.-9.klasse (fysik/kemi, biologi og geografi)

Eleven kan anvende og vurdere modeller i fysik/kemi, biologi og geografi

I løbet af dette trinforløb udvikler eleverne fortrolighed med *samlige* modeltyper til et niveau, hvor de kan bruge dem til at beskrive, forklare og diskutere naturfaglige sammenhænge og problemstillinger. Et særligt fokus er her, at eleverne lærer at forklare makrofænomener med mindre komplekse modeller, fx bør de kunne forbinde typiske stofegenskaber og stofomdannelser med atom- og molekylmodeller. Med dette sigte trænes eleverne i at "oversætte" fra et niveau af modelbeskrivelse til det andet og i at transformere fra konkrete til symbolske modeller, fx fra molekylmodeller til kemiske reaktionsligninger.

Arbejdet med modellering som proces intensiveres: eleverne trænes i at lave undersøgelser med fokus på modeller – dvs. aktiviteter, hvor eleverne med udgangspunkt i resultater fra egne eller andres undersøgelser sammenligner, reviderer eller konstruerer modeller. Mod afslutningen af trinforløbet skal eleverne kunne udtænke og udføre sådanne modelbaserede undersøgelser i simple tilfælde.

I stigende grad skal eleverne tillige udvikle et metablik på modeller og modellering, således at de til slut kan vælge modeller efter formål, diskutere deres styrker og svagheder samt indgå i en samtale om modeller og modellering.

Perspektiveringskompetence

I arbejdet med perspektiveringskompetence indebærer en meningsfuld progression, at eleverne perspektiverer naturfagene til stadig fjernere og mere komplekse sammenhænge. Udgangspunktet er således, at de starter med perspektivering til deres egen hverdag og nære omverden og siden udvider perspektivet til regionale/globale kontekster og til andre tider. I forlængelse heraf lærer eleverne at perspektivere på tværs af fag og at forbinde naturfagene med aktuelle samfundsmæssige problemstillinger. På sidste trinforløb i progressionen skal eleverne tillige perspektivere naturfagene og deres arbejds måder historisk og kulturelt.

1. trinforløb: 1.-2. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan genkende natur og teknologi i sin hverdag

Arbejdet med perspektiveringskompetence holdes på et absolut indledende niveau, hvor fokus er på, at eleverne bliver opmærksomme på og kan genkende naturfagene i deres hverdag. I forlængelse af dette bør eleverne kunne fortælle om deres iagttagelser, om fænomener og mekanismer med et naturfagligt indhold på en måde, så deres naturfaglige viden, tænkning og spirende fagsprogbrug kommer til udtryk.

2. trinforløb: 3.-4. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan relatere natur og teknologi til andre kontekster

På dette trinforløb er der fokus på, at eleverne også lærer at bringe deres faglighed i spil ift. kontekster uden for deres hverdag. Det er ikke længere nok, at de genkender naturfagene i den givne kontekst; de skal kunne bruge naturfag til at åbne og forstå konteksten. Det kan fx foregå ved, at de bruger "levevilkår" som en faglig optik til at sammenligne deres egne levevilkår med børns forhold andre steder på Jorden. Eller de kan bruge viden om vejrdata for et område til at perspektivere dets placering ift. klima- og plantebælter. Perspektivering på dette trinforløb kan også handle om at redegøre for en udvikling, tidsligt eller historisk, fx landskabets udvikling på en geologisk tidsskala eller den trinvis udvikling af teknologi som afsæt for elektrificering af Danmark.

3. trinforløb: 5.-6. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan perspektivere natur/teknologi til omverdenen og aktuelle hændelser

Arbejdet med perspektivering på dette trinforløb fokuseres i stigende grad omkring det samfundsmæssige niveau, hvor eleverne nu skal lære at forbinde deres naturfaglige viden med aktuelle hændelser og mere komplekse spørgsmål med et naturfagligt islæt. Eleverne trænes i at finde naturfaglige argumenter for at en bestemt stillingtagen ift. en given problemstilling. De faglige elementer, som skal perspektiveres, er i udgangspunktet ganske krævende, såsom bæredygtighed, interesse modsætninger, ressourceanvendelse, naturforvaltning, livsstil og teknologianvendelse. Hensigten er imidlertid, at der arbejdes konkret og eksemplarisk med disse, således at eleverne inden for et givet indholdsområde kan bruge disse faglige elementer til at beskrive, forklare og diskutere naturfaglige spørgsmål på samfundsniveau og deres betydning på det personlige niveau.

4. trinforløb: 7.-9.klasse (fysik/kemi, biologi og geografi)

Eleven kan perspektivere fysik/kemi, biologi og geografi til omverdenen og relatere indholdet i det enkelte fag til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse.

I løbet af udskolingen lægges der adskillige lag på elevernes perspektiveringskompetence. For det første betyder den nye opdeling i forskellige naturfag, at det får ny mening og vigtighed, at eleverne lærer at perspektivere et naturfag med indsigter fra et andet.

Dette kan foregå inden for rammerne af det enkelte fag, fx vil det være naturligt, at eleverne lærer at perspektivere fysik/kemi-fagets indsigter om udvinding af råolie, ved at geografifagets indsigter om dannelse af denne ressource drages ind i faget. Eller vice versa. Det kan også handle om, at eleverne kobler den biologiske optik "fotosyntese" til fysik/kemiens kemiske reaktionstyper inden for et af fagene.

Det andet og afgørende nye ved dette trinforløb er imidlertid, at der i perioder skal arbejdes fællesfagligt omkring *problemstillinger*, som forudsættes at gå på tværs af naturfagene på dette trinforløb. Det er et godt afsæt for at videreudvikle elevernes perspektiveringskompetence. Taksonomisk lægges der også et lag på i arbejdet med perspektiveringskompetence, idet eleverne inden for fællesfaglige fokusområder nu også bør analysere, vurdere og forholde sig til de relevante problemstillinger med naturfaglige optikker.

Som et tredje lag på perspektiveringskompetencen skal eleverne nu også kunne sammenholde arbejdsmåder i naturfagene med centrale træk ved naturvidenskabens måde at arbejde på. De skal også gerne kunne give eksempler på, hvorledes viden i naturvidenskab har udviklet sig og har haft kulturel betydning.

Kommunikationskompetence

I indskoling er der primært tale om, at eleverne lærer at anvende enkle fagbegreber med fokus på de mundtlige og visuelle kommunikationsformer. På mellemtrinnet lægges der tillige vægt på skriftlighed, på evnen til at læse fagtekster samt brug af et mere nuanceret fagsprog. I udskoling udbygges kommunikationskompetencen bl.a. med et fokus på større fagsproglig præcision og på normer for god naturfaglig kommunikation. Samtidig skal eleverne her lære at diskutere og argumentere med henblik på at afklare handlemuligheder.

1. trinforløb: 1.-2. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan beskrive egne undersøgelser og modeller

Det vil være naturligt at tage udgangspunkt i børns undren og almindelige glæde ved at tegne og fortælle. Eleverne skal lære at italesætte deres undren og arbejde med at formidle egne observationer, undersøgelser eller naturfaglige modeller i tale og tegning. Eventuelt kan eleverne føre optegnelser af denne type ind i en logbog.

Eleverne skal arbejde hen mod at kunne skelne mellem hverdagssprog og fagsprog. De bør derfor gennem samtale støttes i at benytte mere præcise betegnelser for genstande, fænomener og organismer i omverdenen: en fugl er fx ikke bare en fugl, men en måge eller en due mv. Eventuelt kan eleverne arbejde med ordkendskabskort, hvor de skal prøve at forklare ordet, tegne dets indhold, bruge det i en sætning samt finde beslægtede ord.

Det kan være relevant at arbejde med fagtekster, men da med stilladsering og på et niveau, hvor det handler om at opdage ord og enkle genretræk, fx samspil mellem tekst og illustrationer.

2. trinforløb: 3.-4. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan beskrive enkle naturfaglige og teknologiske problemstillinger

Arbejdet med at udvikle elevernes brug af fagsprog fortsætter, bl.a. med større vægt på faglig læsning, herunder også opmærksomhed på *før*-faglige begreber. Som en del af den faglige læsning vil det være relevant både at arbejde med ordkendskab og forskellige typer af illustrationer. Eleverne kan fx selv arbejde med at skrive figurtekster eller lave illustrationer til en tekst. Læsningen af faglige tekster giver også eleverne mulighed for at lære at afkode udvalgte træk af naturfagenes særlige sprog, fx at der kan forekomme taksonomier. Endelig bør eleverne præsenteres for og træne forskellige former for formidling i naturfag.

3. trinforløb: 5.-6. klasse (natur/teknologi)

Eleven kan kommunikere om natur og teknologi

Undervisningen fokuserer på, at eleverne opnår et mere varieret og aktivt naturfagligt sprog. Samtidig skal de gerne blive mere bevidste om forskellen på hverdagsprog og fagsprog.

Eleverne arbejder på dette trinforløb med flere teksttyper, men med særlig vægt på at læse og skrive forklarende tekster. Som en del af dette formulerer de selv forklarings spørgsmål og træner i at skrive kausale forklaringer. De arbejder samtidig med læsestrategier for at tilegne sig viden ud fra modeller og andre multimodale elementer. De lærer at orientere sig i typiske fagbøger, så de bliver i stand til selv at søge viden.

Mundtligt tages der hul på at lære eleverne at diskutere og argumentere i tilknytning til enkle dilemmaer med naturfagligt indhold og af relevans for deres hverdag. Der er fokus på, at eleverne bruger naturfaglige ord og belæg i deres argumenter. Evt. starter det med, at eleverne diskuterer, hvor holdbare forskellige argumenter er for en given påstand. Påstand og bud på argumenter kan fx fremgå af argumentationskort, som læreren har udarbejdet. Diskussionen om dilemmaerne kan evt. iscenesættes som et rollespil, med mere eller mindre veldefinerede roller og synspunkter.

Sammenhængende forløb med vægt på udvikling af kommunikationskompetence vil især på de første trinforløb med fordel kunne tilrettelægges som en sekvens af sproghandlinger, hvor sproget indledningsvist bruges til at opleve og fastholde en naturfaglig oplevelse – dernæst bruges det ifm. undersøgelse, efterfulgt af mere fokuseret faglig læsning og endelig en faglig formidlingsaktivitet.

4. trinforløb: 7.-9.klasse (fysik/kemi, biologi og geografi)

Eleven kan kommunikere om naturfaglige forhold med fysik/kemi, biologi og geografi

Undervisningen fokuserer på, at eleverne skal kunne kommunikere om naturfagligt indhold på naturfaglige måder og med brug af egnede medier til forskellige målgrupper. Det indebærer bl.a., at eleverne kan kommunikere i en nøgtern sprog tone, med brug af naturfaglige repræsentationer og med fornemmelse for den naturfaglige rapport som genre. I forlængelse heraf bør eleverne kunne vælge og begrunde valget af medier og kommunikationsformer. De bør også i stigende grad være i stand til at anvende et præcist og nuanceret fagsprog. Dette støttes gennem en undervisning med varierede kommunikative situationer og feedback med fokus på det sproglige.

Elevernes evne til argumentation videreudvikles, bl.a. gennem arbejde med fællesfaglige problemstillinger. Undervisningen bør sætte eleverne i stand til at evaluere argumentation med vægt på naturfaglige kriterier og med øje for værdier og interesser, som måtte indgå i argumentet. I forlængelse heraf skal eleverne kunne søge information og forholde sig kildekritisk, således at de afslutningsvist kan vurdere troværdigheden af forskellige multimodale tekster fra daglige medier.

4.2 Sammenhænge mellem forløb i fysik/kemi og fællesfaglige undervisningsforløb

Eleverne skal opleve ét sammenhængende undervisningsforløb, der består af både fagopdelte og fællesfaglige dele. Det betyder, at der i de fællesfaglige undervisningsforløb inddrages indhold, fx undersøgelser, modeller, perspektiver, fagbegreber og argumenter fra den fagopdelte fysik/kemi-undervisning, ligesom der i den fagopdelte fysik/kemi-undervisning arbejdes på samme måder og med den samme slags indhold som i de fællesfaglige forløb. Det er altså ikke sådan, at dele af faget hører bedst til i den fællesfaglige undervisning, mens andre dele af faget hører til i den fagopdelte. Det kommer an på den samlede undervisning, hvilke dele der placeres hvor og i hvilken rækkefølge.

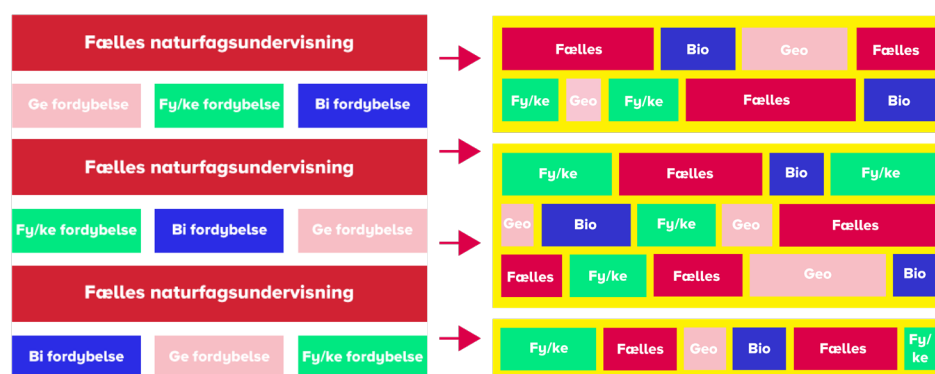
Eksempel:

I en 7. klasse har eleverne i den fagopdelte fysik/kemi-undervisning undersøgt vands tilstandsændringer ved opvarmning og afkøling, og i et fællesfagligt undervisningsforløb kort tid efter inddrager de nu viden fra deres undersøgelser som grundlag for arbejdsopgaver om vands kredsløb i naturen. De spørger fx "hvordan hænger årstiderne, og dermed temperaturen, sammen med fordampning i naturen?" og "kan vi bruge den samme model, når vi vil beskrive vands tilstandsændringer i laboratoriet og i naturen?"

I en anden 7. klasse er eleverne i gang med et fællesfagligt undervisningsforløb om drikkevand til fremtidige generationer, og som en del af dette undervisningsforløb har lærerne sat det faglige delmål op, at alle skal gennemføre en undersøgelse af vands tilstandsændringer. Eleverne kan selv være med til at vælge, hvilken sammenhæng deres undersøgelse skal indgå i afhængigt af deres problemstilling.

I nogle sammenhænge giver det god mening, at eleverne gennemfører undersøgelser og andre aktiviteter i de fagopdelte lektioner for at sætte fokus på fx en faglig pointe, sammenhæng eller proces, mens det i andre sammenhænge er gavnligt at lade undersøgelserne og de øvrige elevaktiviteter optræde som dele af de fællesfaglige undervisningsforløb for at sikre, at eleverne er motiverede for at tilegne sig den viden, der kommer ud af aktiviteten. Nogle gange kan der være behov for oplæg om bestemte faglige emner eller pointer, men de skal doseres med omhu, så undervisningen ikke bliver en efterprøvning af det, læreren netop har fortalt foran tavlen. Eleverne bør, jf. ovenstående afsnit om undersøgelsesbaseret naturfagsundervisning, have haft lejlighed til at stille egne spørgsmål og undersøge dem, før end læreren sammen med eleverne samler op og fællesgør erfaringer og viden. Under alle omstændigheder kan det anbefales, at de fællesfaglige undervisningsforløb tænkes i sammenhæng med den fagopdelte undervisning i større sammenhænge, som det er illustreret i nedenstående figur:

Figur 9: Illustration af, hvordan fællesfaglige undervisningsforløb kan tænkes i sammenhæng med den fagopdelte undervisning



Til venstre ses en række undervisningsforløb, der følger efter hinanden, mens der til højre ses længere forløb, der både består af fælles og fagopdelte dele.

Definition af problemstilling

Af læseplanen fremgår det, at en *problemstilling* er en afgrænset formulering, der indkredser den forundring, det modsætningsforhold eller den udfordring, som klassen eller en enkelt elevgruppe arbejder med. En god problemstilling kræver viden, og derfor vil det være almindeligt, at problemstillingen ændrer sig, efterhånden som undervisningsforløbet skrider frem. En problemstilling kan fx afgrænses gennem undren, eksisterende viden og undersøgelser.

Det er værd at hæfte sig ved, at en problemstilling altså ikke nødvendigvis er et stort og internationalt problem, men et spørgsmål, eleverne arbejder med i en afgrænset tidsperiode inden for enten fysik/kemi eller i et fællesfagligt undervisningsforløb. Hvis der er i den daglige undervisning er plads til elevernes forundring, og hvis der løbende gennemføres aktiviteter i undervisningen, der strukturerer og stilladserer elevernes nysgerrige spørgsmål, vil de løbende få erfaringer med, hvordan deres egne spørgsmål kan blive til egentlige problemstillinger.

Eksempler på måder, læreren kan strukturere elevers nysgerrige spørgsmål på

Mindmaps, forundringsvæg, brainstorm, VØL-model, ordkendskabskort.

4.3 Undersøgelsesmetoder i fysik/kemi

I læseplanen for fysik/kemi er det nævnt, at elever kan undersøge på mange måder, og at der derfor ikke kan tales om den naturvidenskabelige metode, men derimod om flere naturvidenskabelige metoder. Imidlertid vil en stor del af undersøgelserne i fysik/kemi følge nedenstående struktur:

Problemstilling	Problemstillingen er det spørgsmål eller område, klassen eller eleven gerne vil vide mere om. Problemstillingen kan både stamme fra læreren, fra undervisningsmaterialer og fra eleverne. Ud fra problemstillingen formuleres undersøgelsens formål.
Hypotese	Hypotesen er en begrundet antagelse om en undersøgelses udfald. Inden eleverne foretager undersøgelsen, gør de sig overvejelser over, hvad undersøgelsen vil vise. Eleverne forudsiger resultatet, idet det antages, at fx et givet eksperiment vil have et bestemt udfald. Man kan sige, at eleverne opstiller en antagelse, som undersøgelsen kan medvirke til at be- eller afkræfte.
Undersøgelse	Undersøgelsen kan være et eksperiment, et forsøg, en observation eller andet, der kan svare på hypotesen og dermed give eleven ny viden om problemstillingen. En undersøgelse bør kunne gentages flere gange med relativt enslydende resultat. Det er vigtigt, at eleverne er kritiske over for deres undersøgelseskilder, både tekster og fx apparatur. Eleverne bør være opmærksomme på, hvilken variabel de undersøger i en given opstilling, og en måde at variere en undersøgelse på er ved at ændre den variabel, der undersøges.

Resultater	Resultaterne af undersøgelsen noteres eller fastholdes på anden vis, og resultaterne skal anvendes til at underbygge, om hypotesen kan bekræftes eller må forkastes. Resultaterne af en undersøgelse skal registreres og formidles systematisk, og eleverne skal lære, hvilke resultater i et udfaldsrum der er pålidelige, og hvilke de kan se bort fra.
Konklusion	Konklusionen kan af- eller bekræfte hypotesen ved hjælp af resultaterne af undersøgelsen og giver dermed eleverne ny viden om problemstillingen. Eleven overvejer i samarbejde med andre elever eller med læreren, om der i resultaterne er belæg for at generalisere resultatet til at gælde generelt for det undersøgte område, eller om der skal flere undersøgelser til.
Formidling	Resultaterne af undersøgelsen samt de konklusioner, der drages, bør formidles til andre, så de kan bygge videre på den nye viden. Undersøgelser kan formidles på mange måder.

I nogle tilfælde giver det ikke mening, at elever producerer primære data, fx hvis der er tale om undersøgelser af luftforurening i forskellige storbyer eller skadevirkning på levende væv af ioniserende stråling. Her må eleverne enten undersøge området ved at opstille mindre modelforsøg, i sidstnævnte tilfælde kan eleverne fx undersøge strålings virkning på levende planter, gærceller eller på kyllingelår afhængig af problemstillingen, eller de må inddrage andres resultater i deres undersøgelser ved fx at afsøge databaser eller andre kilder.

I andre tilfælde giver det ikke mening at indlede en naturvidenskabelig undersøgelse med en hypotese. Hvis fx elevernes problemstilling handler om skolens affaldssystemer, og hvordan de bruges, så giver det mere mening, at eleverne observerer og måske interviewer forskellige elever, lærere og andre ansatte på skolen som en del af deres undersøgelse. I det tilfælde, at eleverne arbejder med en observation i stedet for en hypotesebaseret undersøgelse, er det lige så vigtigt med en struktur for observationen, fx at eleverne beslutter sig for, hvilke kategorier og hvilke tidsrum de vil observere i, og begrunder disse.

4.4 Naturvidenskabens ABC

Naturvidenskabelig viden vokser fra dag til dag, og behovet for at kunne udvælge det vigtigste indhold i undervisningen stiger løbende. Undersøgelser viser, at eleverne oplever naturfagene som indholdstunge og fragmenterede, og de har svært ved at se sammenhængene mellem de enkelte indholdsområder. Disse problemstillinger er ikke fremmede for elevernes motivation for at beskæftige sig med naturfag i skolen og senere i deres uddannelsesvalg. Naturvidenskabens ABC forsøger at sætte nogle retninger for arbejdet med at udvælge indhold og arbejdsformer i naturfagsundervisningen og dermed at skabe et skelet, der binder naturfagene sammen, for dermed at øge elevernes motivation for at arbejde med naturfag.

Naturvidenskabens ABC er tænkt som en af flere mulige inspirationskilder, der kan være med til at udvælge og samle en række mindre erkendelser eller faglige pointer, der bygger op imod et afgrænset antal grundlæggende erkendelser. Ekspertgruppen bag Naturvidenskabens ABC har, med udgangspunkt i viden fra deres fagområder og med inspiration fra andre internationale arbejdsgrupper, valgt at pege på 10 grundlæggende erkendelser, der kan danne baggrund for arbejdet i en dansk kontekst.

De 10 grundlæggende erkendelser er:

1. Natur, mennesker og samfund påvirker hinanden gensidigt.
2. Jordens overflade og klima udgør et dynamisk system.
3. Jordens ressourcer er konstante og indgår i et kredsløb.
4. Naturen er rig på biodiversitet.
5. Alt liv har udviklet sig gennem evolution.
6. Organismer består af celler – generne i dem kan både nedarves og ændres.
7. Alt i universet er opbygget af små partikler.
8. Fundamentale fysiske naturkræfter virker overalt i universet.
9. Energien i universet er bevaret og kan ændres fra en form til en anden.
10. Solsystemet er en meget lille del af en enkelt af milliarder af galakser i universet.

ABC'en kan bruges i forskellige sammenhænge, hvor der skal udvælges stof og arbejdsformer til naturfagsundervisningen. Der kan være i forbindelse med udarbejdelse af årsplaner eller i fagteamets arbejde med at sikre faglig progression gennem skoleforløbet.

Der bliver udarbejdet forslag til progressionsbeskrivelser og indholdsvalg for de 10 grundlæggende erkendelser, og der vil efterfølgende blive udarbejdet forslag til sammenhængende undervisningsforløb, der kobler mindre erkendelser eller faglige pointer sammen gennem et helt skoleforløb fra 1.-9. klassetrin og efterfølgende videre til de naturvidenskabelige fag på ungdomsuddannelserne. Materialerne vil løbende blive lagt på emu.dk, hvor man også kan læse Naturvidenskabens ABC.

Arbejdet med progressionsbeskrivelser af mindre erkendelser og faglige pointer kan med fordel tage udgangspunkt i trinforløb, som vist i nedenstående tabel. Hensigten med skemaet er, at der i den midterste kolonne, "Delerkendelser", noteres faglige pointer fra læseplanerne eller evt. andre faglige delerkendelser, som anses for relevante skridt på vejen mod den pågældende erkendelse, mens der i højre kolonne, "Forslag til undersøgelsesspørgsmål", formuleres eksempler på, hvad eleverne kunne arbejde med udgangspunkt i undervisningen.

Trinforløb	Delerkendelser	Forslag til undersøgelsesspørgsmål
1.-2. klasse		
3.-4. klasse		
5.-6. klasse		
7.-9. klasse		

Børne- og Undervisningsministeriets faggrupper har i forbindelse med et kortere arbejds-møde om Naturvidenskabens ABC givet et bud på mulige progressionsbeskrivelser. Nedenstående er et eksempel fra mødet, som vil kunne tjene som inspiration til det videre arbejde.

Erkendelse 7

Alt i Universet er opbygget af små partikler

Trinforløb	Delerkendelser	Forslag til undersøgelsesspørgsmål
1.-2. klasse	<ul style="list-style-type: none">Når ting varmes op eller afkøles, så kan vi måle, at temperaturen ændrer sig.Det afhænger af et stofs densitet, om det flyder på eller synker i vand.Man bruger forskellige materialer til forskellige formål afhængigt af materialernes egenskaber.I naturen kan vi finde mange eksempler på materialer med forskellige egenskaber og funktioner.Alle (?) ting kan deles i mindre dele.	<p>Hvordan kan du undersøge, hvad der er koldt og varmt? Og hvad sker der, når noget opvarmes eller afkøles?</p> <p>Hvis du skal fremstille et par sko til at gå på indlandsisen, hvad skal de så være lavet af?</p> <p>Hvordan holder dyrene varmen om vinteren?</p>
3.-4. klasse	<ul style="list-style-type: none">Temperaturen ændres ikke ved smeltepunkt og kogepunkt, selvom der tilføres energi.I naturen kan man finde inspiration til design af stoffer med nye egenskaber.	<p>Hvordan ser en model ud for vands opvarmning og afkøling?</p> <p>Kender I eksempler på ting, der er fremstillet af noget fra regnskoven? Hvilke problemer kan der være forbundet med det?</p>
5.-6. klasse	<ul style="list-style-type: none">Elektrisk strøm er ladninger i bevægelse.Alt levende består af celler.Fotosyntese og respiration er eksempler på processer, hvor partikler samles eller adskilles, hvorved der frigives eller lagres energi.Opbygning af et stof på mikroplan bestemmer dets egenskaber på makroplan.	<p>Undersøg elektriske kredsløb og tegn modeller, der viser vigtige ting om elektrisk strøm.</p> <p>Hvordan kan du vise en magnets egenskaber med en model?</p>
7.-9. klasse	<ul style="list-style-type: none">Koden i DNA bestemmer arveanlæg og styrer cellernes opbygning.Alle kendte grundstoffer er organiseret i Grundstoffernes Periodesystem.Et atoms opbygning afgør dets egenskaber.Atomers sammensætning i fx molekyler afgør molekylernes egenskaber.En katalysator formindsker energiforbruget i kemiske reaktioner.	<p>Hvilke sammenhænge er der mellem et atoms opbygning og dets egenskaber? Undersøg både elektronsystemets betydning og atomkernens betydning.</p> <p>Ved hvilke betingelser virker XX katalysator bedst?</p>

Naturvidenskabens ABC indeholder for hver af de 10 store erkendelser en række tekster, der kan fungere som inspirationskilde i arbejdet med progressionsbeskrivelserne samt i forbindelse med tilrettelæggelse af undervisningen. Der er derudover medtaget en række cases, der kan danne udgangspunkt for at opstille undringsspørgsmål, og endelig er der beskrivelser af en lang række forskere og deres arbejde med at undersøge verden.

Inspirationsmaterialet "Naturvidenskabens ABC" er på ingen måde udtømmende for arbejdet med indhold og arbejdsformer i undervisningen, men er udvalgt af ekspertgruppen ud fra kriterier om, hvad der er særligt vigtigt at arbejde med i naturfagsundervisningen, så eleverne oplever sammenhæng i indholdet og får et solidt naturvidenskabeligt fundament.

4.5 Teknologi og programmering i fysik/kemi

Arbejdet med teknologi og programmering er en central dimension i undervisningen i fysik/kemi, både hvad angår elevernes videnstilegnelse fra tekster og undersøgelser, dataindsamling, træning af sammenhænge mellem fx faglige begreber og forståelse af simuleringer og modeller til elevernes egne it-produktioner i forskellige repræsentationsformer. Teknologi forstås i fysik/kemi bredt; således er der ikke kun tale om digital teknologi, men alle former for redskaber og hjælpemidler, mennesker anvender eller kan anvende til at bearbejde og forstå deres omverden. Eleverne anvender et bredt spektrum af teknologier, herunder it, der defineres som informationsteknologi, til indsamling, behandling, lagring og udbredelse af information, og medier, der i denne sammenhæng er defineret som digitale medier, der forstås som digitalt baserede veje og miljøer for fx information, kommunikation, læring og underholdning. I et lærings- og undervisningsperspektiv understreger sammenstillingen, at der både er fokus på teknologi og kommunikation.

Læseplanen for fysik/kemi beskriver de fire elevpositioner i arbejdet med it og medier:

1. Eleven som kritisk undersøger
2. Eleven som analyserende modtager
3. Eleven som målrettet og kreativ producent
4. Eleven som ansvarlig deltager.

I undervisningen i fysik/kemi kan teknologi inddrages på mange måder:

- Analoge teknologier, som fx termometre og amperemetre, anvendes til elevernes dataopsamling i undersøgelser.
- It og medier anvendes som platform til formidling af såvel produkter, fx en model, eleverne har udviklet, som processer, fx den serie af modeller, som eleverne har udviklet, indtil de endeligt besluttede, hvordan deres model skulle se ud.
- Elevernes læremidler kan være digitale, fx i form af digitale lærebogsmaterialer eller henvisninger til faglige sider, som fx esa.dk og rummet.dk. Der er også mulighed for at anvende forløb, hvor eleven ikke kun læser, men også engageres på anden måde. Det ses fx på viten.no, hvor eleverne skal forestille sig at være en antropolog eller journalist og ud fra den vinkel skal foretage undersøgelser og tilegne sig viden. Disse forløb med simulerede undersøgelser kan med fordel kombineres med, at eleven i laboratoriet reelt foretager lignende undersøgelser.
- Til opsamling eller indsamling af data. Efterhånden er der flere fine alternativer til laboratoriets dataopsamlingshardware. Bl.a. giver den gratis app Google Science Journal mulighed for at opsamle data med elevernes mobiler. Men også andre gratis apps kan være fine at anvende til fx opsamling af data om lys, lyd eller bevægelse. Arbejder to elever med hver sin telefon, kan den ene have en lydgenerator, der udsender lyd med konstant frekvens, og den anden have en modtager. Bevæges disse mobiler i forhold til hinanden, vil man kunne vise, at den optagede frekvens ændres i forhold til den udsendte. Det kan være en fordel at anvende telefonens skærmoptager til at dokumentere målingerne.

- Til behandling af data. Herunder anvendes fx tabeller og regneark, tegning og evt. analyse af grafer. Eleverne kender allerede flere af disse værktøjer fra matematik.
- Ved at filme eksperimenter kan eleverne fastholde det observerede til senere diskussion, og de kan have muligheden for at se bevægelser i slow motion.
- Ved at arbejde med digitale simuleringer i fx Labster kan eleverne få mulighed for at gennemføre undersøgelser, der kan være vanskelige i skolens laboratorier.

Programmering

Det er udtrykt i læseplanen for fysik/kemi, at eleverne skal eksperimentere med digital styring og simpel programmering, samt at de skal illustrere deres forståelse af virkningen af digitale apparater fra hverdagen eller procesanlæg fra industrien ved hjælp af modeller, fx simpel programmering. Der stilles ikke krav om bestemt fysisk udstyr, fx robotter eller andre teknologier, og eleverne kan dermed udelukkende arbejde med programmering i gratis online ressourcer som fx code.org eller scratch. Imidlertid er der mange steder mulighed for at låne robotter el.lign. på fx CFU eller pædagogiske centre, og andre steder kan der være muligheder for at arbejde med fysiske teknologier i FabLabs, Makerspaces og lignende, fx på kommunale biblioteker eller på uddannelsesinstitutioner. At inddrage fx robotter i undervisningen frem for udelukkende at undervise på virtuelle platforme vil bidrage til, at programmering for eleverne opleves mindre abstrakt, og det understøtter også elevernes iterative undersøgelser, når de har mulighed for at programmere – afprøve – ændre – afprøve – ændre osv. Hensigten med at inddrage programmering i fysik/kemi-undervisningen er ikke, at eleverne skal lære at programmere, men at de skal opnå forståelse for, hvad programmering er, og hvordan det indgår i hverdagen og samfundet. Desuden understøtter programmering elevens forståelse for og tilgang til systematik og problemløsning. I de seneste år er blokprogrammering blevet en kendt disciplin på mange skoler allerede på mellemtrinnet, og elevernes arbejde i fysik/kemi bør derfor tage afsæt i de forløb, eleverne allerede har gennemført i fx natur/teknologi, håndværk og design og matematik.

I undervisningen i fysik/kemi kan programmering inddrages på mange måder:

- Arbejder man med 3D-tegning, kan det bl.a. gøres i Tinkercad eller Googles SketchUp. I CoSpaces kan eleverne opbygge et VR-scenarie, som kan belyse et problem, en løsning eller en sammenhæng mellem årsag og virkning.
- Mange elever får efterhånden erfaring med Ultra:bit (micro:bit) eller andre mikroprocessorer. Denne erfaring kan med fordel anvendes i fysik/kemi, ikke mindst inden for undersøgelser og modellering. Mange elever kender til Scratch og MakeCode. Er man nybegynder inden for området, kan man med fordel starte på Codin Lab, som ligger i Skoletube, code.org/learn eller eventuelt anvende et guidet forløb fra et af forlagene.

Undervisningen i teknologi og programmering i fysik/kemi skal bidrage til elevens digitale dannelse, og derfor bør emner som netetik og adfærd på sociale medier behandles i samarbejde med klassens øvrige lærere.

Som en del af afprøvningen af forsøgsfaget teknologiforståelse i grundskolen er dele af teknologiforståelsesfagligheden forsøgt integreret i faget fysik/kemi. Forsøgsmålene kan findes på emu.dk, og der findes konkrete undervisningsforløb i fysik/kemi med integreret teknologiforståelse på www.tekforsøget.dk

4.6 Læremidler til fysik/kemi

I forbindelse med tilrettelæggelsen og gennemførelsen af undervisningen i fysik/kemi skal der træffes nogle valg omkring elevernes brug af læremidler. Når læreren tilrettelægger undervisning, er det særligt vigtigt at være opmærksom på, om de valgte læremidler kan være medvirkende til, at eleverne kan opfylde de intentioner, der er formuleret for forløbet. Det vil ofte være hensigtsmæssigt i et forløb at arbejde med mere end ét bestemt læremiddel. Materialer af ældre dato, der er skrevet til fysik/kemi-undervisningen, har ofte stor vægt på, at eleverne skal arbejde frem mod at opfylde indholdet i færdigheds- og vidensområderne, og de har derfor i mindre grad fokus på kompetencemålene. Det kan betyde, at man som lærer må udvælge dele af forskellige læremidler, der tilsammen kan medvirke til elevernes arbejde hen mod kompetencemålsopfyldelse.

Ud over egentlige lærebøger eller grundbøger findes en række andre boglige materialer i form af temabøger inden for fysik/kemi eller temabøger, som behandler problemstillinger på tværs af de tre naturfag. Endelig findes der et stort udbud af digitale læremidler, hvori der ofte indgår animationer, billeder og filmklip. Når man i undervisningen benytter forskellige læremidler i form af bøger eller digitale ressourcer, og ikke mindst når eleverne i deres egne undersøgelser finder forskellige sites på internettet, vil det nødvendigvis forekomme, at der benyttes forskellig terminologi og forskellige definitioner. Det kræver en ekstra opmærksomhed og hjælp fra læreren. Det skal helst ikke hæmme elevernes læring, at der i den ene bog står kvælstof og i den anden står nitrogen som betegnelse for et N-atom eller for gassen N_2 . Finder eleverne engelsksprogede sites, skal de fx også have hjælp til at forstå, at sodium er det, vi på dansk kalder natrium, og at gravity er den engelske betegnelse for tyngdekraft. Da mange ressourcer på nettet er engelsksprogede, kan det måske betale sig at udarbejde en kort oversigt over almindeligt forekommende ord og begreber i det forløb, klassen er i gang med. Et dynamisk dokument, fx et Google Docs-dokument, kan være klassens fælles ordbog, som udvikles over de tre år, eleverne har faget.

5 Almene temaer

5.1 Understøttende undervisning

Formålene med den understøttende undervisning kan være mange, fx træning og repetition, fordybelse i større opgaver og elevers mulighed for at arbejde med selvvalgte områder efter interesse. Under alle omstændigheder skal den understøttende undervisning give eleverne mulighed for at blive så dygtige, de kan. Det er vigtigt, at den understøttende undervisning tilbyder forskellige måder at lære på, så undervisningen bliver et reelt supplement til den fagdelte undervisning, og eleverne bør have medindflydelse på både den understøttende undervisnings indhold og form.

Der kan være en udfordring i, at naturfaglæreren skal videregive opgaveinstruktioner eller informationer om egentlige lektier til dem, der skal varetage den understøttende undervisning. Derfor er det en god idé, at opgaverne i den understøttende undervisning i høj grad hænger sammen med opgaverne i den fagdelte undervisning, så eleverne er godt inde i stoffet. Desuden er det hensigtsmæssigt, at faglærer og lektiecafelærere/-pædagoger har forberedt den understøttende undervisning sammen. Understøttende undervisning i naturfagene kan med fordel anvendes til faglig læsning og skrivning, til gruppearbejde vedrørende naturfagsprojekter, forberedelse/efterarbejde af praktiske undersøgelser og/eller dataopsamling i felten. Det er helt centralt, at eleverne har tydelige mål for deres arbejde i den understøttende undervisning, ligesom de har et godt kendskab til de arbejds-metoder og tankegange, som de skal anvende.

Understøttende undervisning i naturfag kan godt foregå i laboratoriet, hvis det giver mening i forhold til de opgaver, eleverne skal arbejde med. Blot skal skolens ledelse sikre, at de, der forestår den understøttende undervisning, er instrueret i brugen af lokalet. Se også afsnittet om sikkerhed i denne vejledning. Ligeledes kan understøttende undervisning godt foregå i naturen, på en virksomhed mv. under samme forudsætninger som den fagdelte undervisning. I nogle tilfælde kan det være en fordel at lægge den understøttende undervisning i naturfag i umiddelbar forlængelse af den fagdelte undervisning, så længere ekskursioner, udeskoleforløb o. lign. bliver en mulighed.

Eksempler på understøttende undervisning til fysik/kemi

På X-købing skole er den understøttende undervisning i udskolingen givet som en pulje til hvert årgangsteam, så de kan placere den hensigtsmæssigt på skemaet i forhold til den øvrige undervisning. En af de måder, den understøttende undervisning bliver brugt på, er i forbindelse med en ekskursion til et forsyningsværk, hvor klasserne får mulighed for at have en ekstra voksen med på tur.

En 7. klasse arbejder med et emne om robotter i industrien. Der har været fokus på eksperimenter med loops og sekvenser i en række aktiviteter om automatisering og processer i forskellige industrier, og eleverne har bygget robotter i Lego Mindstorms. I den understøttende undervisning skal eleverne for det første bygge deres robot færdig efter en vejledning, og efterfølgende skal de arbejde i Lego Mindstorms-programmet med nogle tutorials, som lærer og pædagog sammen har valgt.

På 8. årgang bliver den understøttende undervisning i en periode af skoleåret anvendt til faglig læsning fire gange 30 minutter om ugen. Den ene af de ugentlige læse gange er der fokus på naturfag. Skolens læsevejleder og faglige vejledere i dansk, matematik og naturfag har planlagt og gennemført et kursus for skolens faglærere samt pædagoger fra den understøttende undervisning om faglig læsning, således at faglærerne i undervisningen kan stilladsere elevernes faglige læsning ud fra en ensartet tilgang. Eleverne lærer her om læsestrategier ift. multimodale tekster i naturfag samt faglige teksters karakteristika med fagudtryk, før-faglige ord, nominaliseringer mv. I den understøttende undervisning arbejdes der med stilladsering af elevernes læseproces gennem forskellige små opgaver, fx forståelsesspørgsmål, ordkendskabskort mv. fra et fælles materiale, som de faglige vejledere har samlet til årgangen.

På 9. årgang lægges den understøttende undervisning på tre hele skoledage fordelt på skoleåret. Lærerne gennemfører på de tre dage evaluerende samtaler med eleverne, mens et team af pædagoger i samarbejde med årgangens lærere har tilrettelagt en håndfuld værksteder til fordybelsesaktiviteter for eleverne. I ét værksted er der mulighed for fordybelse til en større skriftlig opgave, i et andet spilles et spil med fokus på klasstrivsel, og i et tredje værksted er der mulighed for en samtale med en UU-vejleder mv.

5.2 Åben skole

Den åbne skole har et dobbelt formål: Den skal bidrage til, at eleverne lærer mere, og den skal sikre, at eleverne får et større kendskab til foreningslivet og det omgivende samfund. Derfor skal alle åben skole-forløb tilrettelægges på en sådan måde, at elevernes læring understøttes, og gerne på en sådan måde, at den også støtter intentionerne om den varierede skoledag. Et godt åben-skole-samarbejde medvirker til, at elevernes motivation øges, både fordi eleverne oplever fysik/kemi "i virkeligheden", altså nogle af fagets anvendelsesmuligheder, og fordi de møder nogle af de mennesker, der beskæftiger sig med faget til hverdag. Det bidrager til deres nuancerede syn på faget. Nogle åben-skole-forløb har karakter af besøg og rundvisninger, men hvis et åben-skole-forløb skal understøtte den enkelte elevs læring og motivation bedst muligt, skal det rumme muligheder for, at nogle af elevernes egne spørgsmål kan blive besvaret undervejs, fx ved at forløbet er bygget op som et problembaseret undervisningsforløb. Læs mere om dette i læseplanen, kapitel 5,

og denne vejledning, kapitel 3. Læringsaktiviteter i den åbne skole skal altid tage udgangspunkt i folkeskolens formål, fagenes formål og/eller fagenes kompetence- og færdigheds- og vidensområder, men de vil typisk tage afsæt i en autentisk fortælling om netop denne åben-skole-partners virke inden for fagområdet.

Eksempler på åben-skole-samarbejde

I alle tilfælde er det centralt, at åben-skole-samarbejdet følger modellen "før – under – efter", og at indhold, mål mv. aftales på forhånd.

Eksempler på samarbejdspartnere	Eksempler på indhold	Opmærksomhedspunkter
Naturvejleder	Undersøgelser af tryk, lys, lyd mv. under vand i et forløb om dykkerfysik. Undersøgelse af farvestoffer ved hjælp af kromatografi af planter. Modeller af fotosyntese og respiration. Paneldebat om forskellige borgergruppers brug af et lokalt naturområde.	Tænk over, om det er nødvendigt, at forløbet foregår på naturskolen. Måske er det bedre, at naturvejlederen møder jer i skolegården?
Lille virksomhed	Undersøgelser af en lokal banks energiforbrug. Modeller af bagerens råvareforbrug. Hjælp blomsterhandleren med at opbevare blomsterne køligt uden selv at fryse i butikken. Undersøg, hvilke stoffer en cykelhandler er i berøring med i løbet af en arbejdsdag, og hvilke værnemidler der er nødvendige.	Mindre virksomheder har begrænset tid og ressourcer til at have mange elever i butikken i længere tid ad gangen, så overvej, om grupper af elever kan arbejde med forskellige virksomheder. Inddrag forældrenes erhverv som ressourcebank. Lad virksomheden selv stille med en udfordring, som de gerne vil have elevernes hjælp til at løse.
Større virksomhed	Sammenlign produkter fra virksomheden ift. fx næringsindhold, miljøbelastning, madspild. Gennemfør nogle af de kvalitetstests, virksomheden bruger. Tegn diagrammer af de arbejdsgange, industrirobotterne har. Modeller et produkts vej gennem virksomheden.	Mange store virksomheder har standardiserede tilbud til skoleklasser, men det er ofte muligt at tilpasse forløbet til den pågældende klasses forudsætninger og ønsker. Hvis der er eksterne undervisere på forløbet, så aftal på forhånd, hvad lærerens rolle er.
Forsyningsvirksomhed	Cykeltur oven på vandets vej rundt i kommunen. Oplæg om renseanlæggets forskellige bassiner. Undersøgelse af affaldsmængderne og elproduktionen på et forbrændingsanlæg. Modeller af energikæderne på et kraft-varmeværk. Modelforsøg af biogasproduktion i skolens laboratorium med vejledning fra medarbejder fra et biogasanlæg.	Mange forsyningsvirksomheder har standardiserede tilbud til skoleklasser, men det er ofte muligt at tilpasse forløbet til den pågældende klasses forudsætninger og ønsker. Hvis der er eksterne undervisere på forløbet, så aftal på forhånd, hvad lærerens rolle er. Overvej sammenhænge mellem undersøgelser i skolens laboratorium og det, eleverne ser på forsyningsvirksomheden.

Eksempler på samarbejds-partnere	Eksempler på indhold	Opmærksomhedspunkter
Forening	Aftenarrangement med amatørastro- nomer. Programmering med Coding Pirates. Undersøgelse af mekanik i motorer i gocart-klub. Dans en naturfaglig model med jazzballet- instruktør. Dramatisering af stofkreds- løb med amatørteaterforening.	Foreninger drives ofte af frivillige, så overvej nøje, hvor mange timer forløbet kræver. Lad foreningen komme med problem- stillinger, den gerne vil have løst i sit klubhus, på dens baner osv. Udnyt de foreninger, som eleverne er med i, og lad eventuelt eleverne være med til at designe undervisningsforløbet.

Få mere inspiration til åben skole på emu.dk.

5.3 Bevægelse i undervisningen

Folkeskolelovens § 15 foreskriver, at undervisningstiden skal tilrettelægges, så eleverne får motion og bevægelse i gennemsnitligt 45 minutter om dagen. I Folkeskolens formålsparagraf står, at der skal skabes rammer for oplevelse, fordybelse og virkelyst. Men bevægelse kan også indgå som en vigtig motivationsfaktor. Det at grine sammen og være med i et fællesskab kan bidrage til relationsmotivation. Se afsnittet om motivation herunder.

I fysik/kemi kan det at bruge sin krop og egne bevægelser i modeller gøre det lidt abstrakte mere håndgribeligt eller give en bedre rumlig forståelse. Dermed hjælpes eleverne til at huske og forstå det gennemarbejdede.

Elevernes bevægelse i undervisningen kan i fysik/kemi forekomme på flere måder. Jesper von Seelen har udviklet følgende model for forskellige typer bevægelse i undervisningen:

- Bevægelse som en integreret del af undervisningen, fx begrebsstafetter, CL-strukturer, dramatisering af naturfaglige modeller mv. Det kan fx være stafet-memory, hvor eleverne efter tur løber hen til et memoryspil og vender to brikker. Passer brikkerne sammen, har man et stik. Ellers vendes de igen, og en ny fra holdet forsøger sig. Brikkerne kan være par inden for fx grundstofnavn – kemisk symbol eller enheder – tilsvarende symbol. Undersøgelser af svingninger kan rykkes ud af laboratoriet og i stedet ind på legepladsens gyngestativ. Lav frit-fald-undersøgelser ved at lade elever klatre op og hoppe ned fra højere liggende steder. Med videotrack software kan man analysere det frie fald og beregne tyngdeaccelerationen. Se evt.: kortlink.dk.

Gennem dramatisering af partikelbevægelser i tilstandsformer eller kovalente bindinger kan eleverne både få bevæget sig og opnå en større forståelse. Man kan udvide til evt. at dramatisere, hvad der sker gennem et teknisk anlæg, eller hvordan Sol, Måne og Jord bevæges i forhold til hinanden. Disse aktiviteter knytter sig meget tæt til faglige emner og er særdeles anvendelige både i forbindelse med træning af begreber, forståelse af sammenhænge, visualisering af modeller osv.

- Bevægelse som et break i undervisningen, der får pulsen op, fx brain breaks, power-pauser eller koncentrationsøvelser. Disse kortere indslag har i særlig grad til hensigt at øge elevernes motivation og indlæringsparathed, og de kan med fordel, men ikke altid, organiseres med klassens aktuelle emne som omdrejningspunkt. Det kan fx være "Dirigenten": Eleverne står i en rundkreds og er nu et samlet orkester. I midten står en af eleverne, dirigenten, på en stol eller skammel. Dirigenten vælger, om hans "orkester" fx skal klappe på lårene, trampe, fløjte, synge, klappe i hænderne eller agere andre

udgaver af "kropsinstrumenter". Dernæst styrer dirigenten lydstyrken ved at bevæge sin arm op og ned. Jo højere armen er oppe, jo højere er lydstyrken. Dirigenten må gerne skifte kropsinstrumenter undervejs.

Der er masser af inspiration at hente til powerpauser på aktivaaretrundt.dk, hvor også Dirigenten er fundet.

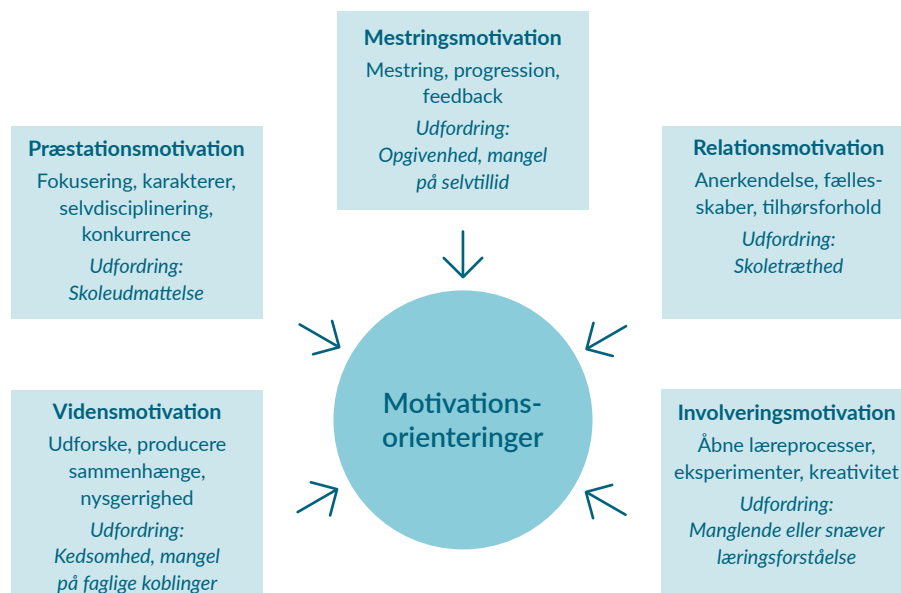
- Længerevarende bevægelsesaktiviteter, fx QR-kodeløb, cykeltur til et nærliggende vandhul eller puls- og åndedrætsundersøgelser i forbindelse med et emne om krop, energi og sundhed er eksempler på, hvordan længerevarende bevægelsesaktiviteter også kan være en del af undervisningen i fysik/kemi.

Der er yderligere inspiration at hente til naturfaglige forløb med indbygget bevægelse på astra.dk.

5.4 Motivation i naturfagene

Som naturfaglærer skal man skabe læringsituationer, hvor naturvidenskabelig viden er afgørende for, at relevante handlinger eller forståelser lykkes for eleverne. Et af undervisningens klassiske dilemmaer er, at man i undervisningssituationen som oftest ikke har brug for den viden, som skal læres, og når man endelig er i en situation, hvor der er brug for denne viden, kan man ikke nå at lære den. De fleste lærer kun i relevante situationer, da vores hjerne populært sagt er bygget til at sortere al irrelevant information væk. Derfor er lærere nødt til at fokusere på, hvordan der kan skabes gode undervisningssituationer, hvor eleverne oplever både store og små læringsmæssige succeser. Dette kan fx ske ved, at læreren i tilrettelæggelsen af undervisningen har fokus på forskellige motivationsorienteringer.

Figur 10: Unges motivationsorienteringer (Pless m.fl., 2015)



Om elevernes motivation og interesse

Motivationsrammen oven for beskriver forskellige indgange til børns og unges motivation. Det er også relevant at have fokus på, hvordan man stimulerer elevens interesse, da interesse er direkte koblet til elevens motivation. Interesse beskriver forholdet mellem en elev og dét, som har elevens interesse. Man skelner mellem to former for interesse: situationel interesse og individuel interesse. Situationel interesse er situationsafhængig interesse, dvs. interesse stimuleret i en bestemt situation. Individuel interesse refererer til elevens vedholdende lyst til at engagere sig i dét, der har interessen. Når der tales om unges manglende interesse for naturfag, er det individuel interesse, der henvises til. Man kan betragte situationel interesse som en umiddelbar positiv følelsesreaktion på noget nyt og komplekst. Hvis en situationel interesse fastholdes eller stimuleres gentagne gange, kan den udvikle sig hen imod en vedholdende, individuel interesse. Dette er rationalet bag mange science-events, der har til hensigt at skabe interesse for naturfag. Science-events kan bidrage med alle former for motivationsorienteringer, selvom det vil være forskelligt fra elev til elev, hvordan et science-event påvirker elevens motivation. Denne viden om motivation er indbygget i flere af de enkelte science-events, hvor man fx i teknologiturningen FIRST LEGO League definerer mange forskellige rollemodeller og derfor har mange forskellige motivationsorienteringer.

Rollespil som narrativ kan bruges som et værktøj til at perspektivere undervisningen, idet rollespillet giver mulighed for et nuanceret syn på en given problematik. Når eleverne ikke bare skal udføre et på forhånd beskrevet forsøg eller eksperiment, men derudover på baggrund af den naturvidenskabelige forståelse, der ligger i et eller flere forsøg, bliver sat til at belyse en problematik sat i scene som en paneldebat eller et møde i et brugerråd, kan det skabe både indføling og identifikation. Det vil her appellere til både involverings- og relationsmotivation, og samtidig får eleverne mulighed for at øve sig på en virkelig demokratisk proces, hvor de udvikler handlekompetence.

Laboratorie- og feltarbejde

Laboratorie- og feltarbejde betragtes traditionelt set som arbejdsformer, der engagerer eleverne og skaber motivation. Hands on-aktiviteter kan være interesserisikabende for nogle elever, fordi de motiveres af brugen af artefakter og fysiske objekter og en taktil tilgang. Resultater fra undersøgelser viser dog, at selv om praktisk arbejde genererer kortvarigt engagement, er praktisk arbejde ikke i sig selv en måde at motivere eleverne på. Hvis det praktiske arbejde skal have en reel effekt på elevernes motivation, må man indtænke designprincipper, der fremmer indre motivation.

Der kan oplyses seks designprincipper, som i øvrigt også ligger tæt op ad de allerede beskrevne motivationsorienteringer, som ser ud til at have effekt på motivation (de seks C'er):

- Constructing personal meaning (forbinde forforståelse og tidligere erfaringer med ny information)
- Choice (give elever reelle valg)
- Challenge (udfordre den enkelte elev optimalt)
- Control (give elever en vis grad af selvbestemmelse)
- Collaboration (samarbejde, gruppearbejde)
- Consequences that promote self-efficacy (undgå præstationskultur, tilskynde deling af information).

Det er således ikke altid nok at tilrettelægge en undervisning, der overvejende bygger på et learning by doing-princip. Når man tilrettelægger en undervisningssituation, er det derfor vigtigt med to opmærksomhedspunkter:

1. Fokus på elevens læringsudbytte
2. Fokus på elevens motivation, fx ud fra de seks C'er.

IBSE, Inquiry-Based Science Education, er en måde at tilrettelægge undersøgende aktiviteter i naturfagene på, som kan være med til at stimulere elevernes motivation for naturfag ved netop at fokusere på både læringsudbytte og elevernes motivationsorienteringer. Med inquiry menes en induktiv undervisningsform, hvor eleverne selv stiller undersøgelses-spørgsmål, designer forsøg, indsamler data, drager konklusioner og formidler resultater. Den åbne arbejdsform giver eleverne mulighed for at opstille egne mål og træffe egne valg, hvilket er essentielt for deres motivation. Inquiry-baseret undervisning bidrager typisk med både involverings- og vidensmotivation. Dertil kommer gruppedynamikkens potentialer, dvs. relationsmotivation. Se eksempler på IBSE-forløb på astra.dk.

5.5 De obligatoriske emner

Sundheds- og seksualundervisning og familiekundskab

Når der arbejdes med området krop og sundhed med alle fire naturfaglige kompetencer for øje, skal det ses i tæt sammenhæng med målene for det obligatoriske emne Sundheds- og seksualundervisning og familiekundskab. Helt oplagt er det, at der i fysik/kemi i forhold til sundhed især med udgangspunkt i kompetenceområderne undersøgelse og modellering arbejdes med madens indhold af næringsstoffer og energi. Både fysiske og kemiske konserveringsmetoder såsom frysning, tørring, bestråling eller tilsætning af salt eller sukker kan gennemgås. Fødevarer i beskyttende atmosfære af forskellige blandinger af fx O_2 , CO_2 og N_2 kan sammenlignes, og de forskellige gassers egenskaber kan iagttages. Forskellige kostretninger som fx veganisme, vegetarisme, stenalderkost, rawfood osv. kan sammenlignes, og spørgsmål om sundhed og kroppens energibehov kan drøftes.

I forhold til ligestilling er der i fysik/kemi-undervisningen et ansvar for at udvide pigers og drenges forestillinger om det at være en "rigtig" dreng eller pige. Her er det vigtigt med opmærksomhed på, at vi ved at præsentere de mange store personligheder inden for vores område, fx Bohr, Ørsted eller Darwin, ofte fremstiller faget som et fag for mænd. Og noget tyder på, at til trods for både danske og europæiske kampagner, så fravælger kvinder uddannelser inden for teknik og naturvidenskab. I 2018 fyldte kvinder ca. en tredjedel af de optagne på STEM-uddannelserne. For på længere sigt at give piger og drenge mulighed for mere frie valg i forhold til uddannelse bør undervisningen i fysik/kemi derfor også huske at få de kvindelige rollemodeller med. Der er helt oplagt Marie Curie, men også Eunice N. Foote (drivhuseffekt), Inge Lehmann (Jordens faste kerne) eller Katie Bouman (som udviklede algoritmen, der førte til det første foto af et sort hul) kan være relevante for de faglige emner. I Naturvidenskabens ABC kan man finde nogle af disse samt andre kvinder og deres betydning for de store naturvidenskabelige erkendelser. I fysik/kemi kan undervisningen også inddrage nutidige rollemodeller, fx kan der inviteres eksperter, ingeniører og studerende på besøg gennem besøgstjenester som "Book en ekspert", "Videnskaben på besøg" og "Novo Science Ambassadørerne".

5.6 Regler for sikkerhed i naturfagsundervisningen

Jf. bekendtgørelsen om tilsynet med folkeskolens elever i skoletiden, herunder § 6, stk. 1, om elevs færden i naturfagslokaler, der rummer særlige risikomomenter, pålægges skolens leder en skærpet tilsynspligt ifm. sikkerheden i naturfagsundervisningen.

Der er ikke krav om særlige uddannelsesmæssige niveauer, kurser eller fag for at undervise i naturfagslokaler, men skolens leder har ansvaret for at sikre en procedure, hvor personalet løbende kan blive instrueret og få opdateret deres viden om risikomomenter og sikkerhed. Der skal være udarbejdet arbejdspladsbrugsanvisninger på stoffer og materialer i naturfagslokalet, og lærerne, der bruger lokalet, skal vide, hvor de finder informationer om procedurer ved uheld, fx hvordan en ambulance bestilles, eller en brand slukkes. Der findes derudover regler om elevernes anvendelse af stoffer og materialer i undervisningen, elevers brug af animalske biprodukter, elevers brug af radioaktive kilder og elevers arbejde med gas og elektricitet. Henvisning til den gældende lovgivning findes i faktaboksen.

Henvisninger til gældende lovgivning

Elevers anvendelse af stoffer og materialer i grundskolen

Arbejdstilsynets At-meddelelse nr. 4.01.7. Meddelelsen oplyser om, hvordan folkeskoler og andre skoler med undervisning svarende til folkeskolen kan tilrettelægge praktisk og eksperimentelt arbejde med stoffer og materialer i undervisningssammenhænge således, at elevernes arbejde bliver sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt. Læs mere på amid.dk.

Regler for brug af ioniserende stråling i undervisningen

Sundhedsstyrelsens regler for folkeskolars indkøb, brug og opbevaring af radioaktive kilder ifm. undervisningen, herunder dosisgrænser og strålebeskyttelse ifm. elevers brug af ioniserende stråling. Find reglerne på sst.dk.

Regler for brug af gas og elektriske installationer

Sikkerhedsstyrelsen fastsætter regler for gas og elektriske installationer på skolen samt for underviseres og elevers arbejde med gas og elektricitet. Reglerne er fastsat i en række bekendtgørelser, som kan findes på sik.dk.

Regler for anvendelse af døde dyr i undervisningen

Fødevarestyrelsen fastsætter regler for brug af døde dyr i undervisningen, samt hvornår og hvordan der skal søges om tilladelse til anvendelse af animalske biprodukter. Find reglerne på foedevarestyrelsen.dk.

Alle regler og vejledninger vedrørende sikkerhed og risiko forbundet med undervisning i natur/teknologi, biologi, geografi og fysik/kemi er sammenskrevet i en branchevejledning, som kan findes på arbejdsmiljoweb.dk. Læreren skal i forbindelse med det praktiske og undersøgende arbejde løbende foretage en vurdering af sikkerhed og risiko og både tage hensyn til, hvor sandsynligt det er, at en ulykke kan forekomme, og hvor alvorlige de mulige konsekvenser af ulykken kan være.

Følgende skal altid tages med i vurderingen:

- Elevernes alder, modenhed, indsigt og rutine
- Instruktion og opsyn i forhold til elevernes forudsætninger
- Klassens situation og forudsætninger.

Vurderingen skal både foretages, når eleverne arbejder i naturfagslokalet, og når de arbejder i naturen, på virksomheder eller andre steder uden for skolen. Læreren er i alle tilfælde ansvarlig for denne vurdering. Dog anbefales det, at fx en naturvejleder, virksomhedskontakt el.lign. tages med på råd ved besøg på eksterne læringssteder.

Det fremhæves i branchevejledningen, at elevernes risiko skal minimeres ved:

- At farlige kemikalier erstattes med mindre farlige eller ufarlige kemikalier, hvis det er muligt.
- At kemikalier og andre stoffer udleveres til eleverne i korrekt mærket emballage og i en mængde, der er rimelig i forhold til det, der skal bruges til øvelsen.
- At eleverne ikke udsættes for sygdomsfremkaldende bakterier, hvilket fx kan sikres ved, at eleverne taper petriskåle til umiddelbart efter podning.
- At eleverne kun undersøger egne kropsvæsker ifm. blodtypebestemmelse eller fx nedbrydelse af stivelse til glukose ved hjælp af spyt, ved blodsukkermålinger mv.
- At eleverne kun arbejder med radioaktive kilder i 9. klasse.

En særlig opmærksomhed bør rettes mod elevernes egne undersøgelsesdesign, fx i forbindelse med fællesfaglige undervisningsforløb og i perioden frem mod den fælles prøve i fysik/kemi, biologi og geografi. Her vil eleverne naturligt arbejde videre på opstillinger og undersøgelsesdesign, de har mødt i undervisningen, og måske inddrage idéer, de fx finder på YouTube eller portaler, der ikke nødvendigvis er målrettet grundskolen. Her skal lærerne løbende sikre, at eleverne ikke udsættes for unødigt risiko, der fx kan resultere i ulykker.

Mærkning af stoffer i naturfagslokaler

Stofferne i naturfagslokalet skal være mærket med sikkerheds- og risikosætninger samt faresymboler. Alle regler vedr. mærkning kan læses på styrpaastofferne.dk. I Danmark anvendes de globale symboler (CLP), og det betyder, at pr. december 2012 skal alle rene stoffer være mærket med de nye symboler. Ved rene stoffer forstås grundstoffer og deres forbindelser, fx H₂ og HCl. Pr. juni 2017 skal blandinger være mærket med nye symboler samt nye H-sætninger, dvs. hazard/fare, og P-sætninger, dvs. precaution/sikkerhed. Ved blandinger forstås kemikalier, der består af flere stoffer, fx maling eller cement. Der skal være overensstemmelse mellem arbejdspladsbrugsanvisningen og mærkningen af et givent stof. Anvisninger for affaldshåndtering af stoffer brugt i undervisningen skal fremgå af skolens arbejdspladsbrugsanvisninger.

Sikkerhed og risiko i Fælles Mål for fysik/kemi

Foruden lærerens løbende vurdering af sikkerhed og risiko er emnet også indeholdt i læseplanen for undervisningen i fysik/kemi. Igennem undervisningen i fysik/kemi skal eleverne lære at omgås kendte og ukendte stoffer, apparater og installationer hensigtsmæssigt, ligesom de skal lære at forholde sig til miljø- og samfundsmæssige betydninger af arbejdet med skadelige stoffer og materialer. Arbejdet med sikkerhed og risiko kan med fordel indtænkes løbende som et element i undervisningen gennem hele trinforløbet.

6 Tværgående emner og problemstillinger

Af læseplanen fremgår det, at fysik/kemi indgår i samarbejde med andre fag i fagrækken, hvor det giver mening i forhold til mål, indhold og metoder, jf. folkeskolelovens § 5, stk. 1, pkt. 3 om at give eleverne *“mulighed for at anvende og udbygge de tilegnede kundskaber og færdigheder gennem undervisningen i tværgående emner og problemstillinger”*. Det er oplagt at opsøge og gennemføre samarbejde med en række andre fag i forbindelse med fysik/kemi foruden de obligatoriske fællesfaglige undervisningsforløb med biologi og geografi. Både erkendelsesformer, arbejdsformer, metoder, indholdsområder og problemstillinger fra fysik/kemi samt det mere generelle *“nature of science”*, altså naturvidenskabens særkende, kan være genstand for fagligt samspil. Også den naturvidenskabelige argumentation og kausalitet vil være et godt fundament for et tværgående samarbejde. Fysik/kemi som et skabende og kreativt fag vil kunne være en dimension i et tværgående samarbejde, fx med de iterative processer, som eleverne kender fra fx arbejdet med teknologi i undervisningen, eller designprocesser fra deres selvstændige arbejde med undersøgelser. Det vil være forskelligt, hvordan fysik/kemi vil indgå i et givent fagligt samarbejde, men almindeligvis vil man forvente, at fysik/kemis kompetenceområder står synligt frem i forløbet med fx undersøgelses- og/eller modelleringsaktiviteter. I fysik/kemi lærer eleverne, at fejl eller misforståelser bare er skridt på vejen i en læreproces, og at den faglige forståelse kan forbedres ved gentagelser og nye afprøvninger. Denne tilgang kan være sund at have til al undervisning, og måske kan fysik/kemi *“smitte”* andre fagområder med denne praksis.

Herunder følger en række eksempler på, men langt fra en udtømmende oversigt over, hvordan fysik/kemi kan indgå i meningsfulde tværfaglige forløb.

6.1 Tværfaglighed

STEM-fagene

De seneste år har begrebet *“STEM-fagene”* vundet frem. Stem står for Science (naturvidenskab), Technology (teknologi), Engineering (ingeniørmetoder) og Mathematics (matematik). Der findes ikke én endelig definition på, hvad et godt STEM-forløb er, men fagene/fagområderne sammenstilles ofte, da de har stor glæde af hinanden i forhold til både mål, indhold og arbejdsmetoder. STEM kan både forstås som fællesmængderne mellem to eller tre af områderne og som foreningsmængden mellem alle fire områder afhængigt af, hvilken kilde man søger.

- Der kan fx være tale om en undersøgelse af ballonraketter som opstart på et forløb, hvorefter eleverne beregner fart, acceleration og raketbaner samt forklarer raketprincippet. Eleverne optager udvalgte raketopsendelser på video og lægger grafer oven på raketens bane.
- Det kan være en engineering-udfordring, hvor eleverne skal forsøge at håndtere en problemstilling om for lidt dagslys i klasselokalet. Derfor undersøger de forskellige materials reflekterende egenskaber med henblik på at lede mere sollys ind i lokalet, og de konstruerer prototyper, som de tester med et luxmeter.

Samfundsfag og historie

Mange af de kreative aspekter ved fysik/kemi kan komme frem med et samarbejde med samfundsfag og historie, hvis fokus fx er på sammenhænge mellem udfordringer i samfundet og de teknologiske løsninger, der bragte samfundet et skridt videre. Mange af de videnskabsfolk, som eleverne har hørt om, har bidraget med netop en innovativ og nytænkende løsning i samarbejde med det naturvidenskabelige miljø på vedkommendes tid og med udgangspunkt i en udfordring. Der kan findes inspiration i Naturvidenskabens ABC til arbejdet med banebrydende videnskabsmænd og -kvinder i fysik/kemi sammen med fx samfundsfag eller historie.

Dansk og sprogfagene

I dansk er det oplagt at samarbejde om formidling af emner og indhold fra fysik/kemi. Der kan både arbejdes i forskellige genrer, fx dagbog, leksikonopslag, interview, artikel mv., og ved hjælp af forskellige medier, både skriftlige og mundtlige. I sprogfagene kan grænseoverskridende problemstillinger som fx luftforurening eller ophobning af plast på strandene danne udgangspunkt for et samarbejde med en klasse et andet sted i verden. Eleverne kan sammen med den anden klasse på fx engelsk eller tysk hjælpes ad med at designe en undersøgelse, der sammenligner fx forekomster af plast, solindstråling eller andet på tværs af landegrænser.

Projekt opgave

Som nævnt i læseplanen, indgår fysik/kemi på linje med andre fag i den obligatoriske projekt opgave i 9. klasse. På nogle skoler arbejder eleverne tidligere med denne arbejdsform, for at det ikke skal være første og eneste gang, eleverne prøver projektarbejde, når de kommer til 9. klasse. Her kan det være en fordel, at det problembaserede arbejde i fysik/kemi baserer sig på nogle af de samme modeller eller fremgangsmåder, som eleverne møder i andre fag. Måske kan fysik/kemi-læreren også bidrage til en kvalificering af fx årgangsteamets tilrettelæggelse af projektarbejde ved at fortælle om de måder, eleverne arbejder problembaseret på i deres fag. Nogle steder arbejder eleverne fx i 8. klasse med en naturfaglig projekt opgave for at give dem et godt grundlag for at vælge, om de vil inddrage et eller flere naturfag i deres obligatoriske projekt opgave i 9. klasse.

7 Tværgående temaer

7.1 Innovation og entreprenørskab

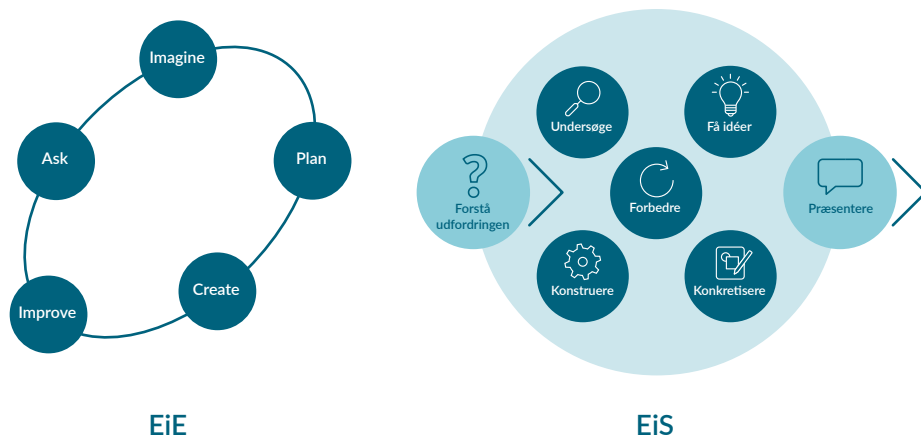
Innovation og entreprenørskab i fysik/kemi har til formål at udvikle elevernes kompetencer til at skabe, udvikle og handle på en naturfaglig baggrund.

Innovative, skabende og produktrettede processer lader sig naturligt udfolde i fysik/kemi, både som en integreret del af den vanlige fagundervisning og i form af særlige undervisningsforløb, hvor innovationsprocessen fra idé eller mulighed til realisering gennemløbes.

Som integreret undervisning kan innovation og entreprenørskab med fordel tænkes sammen med naturfaglige kompetencer. Gennem arbejdet med undersøgelseskompetence får eleverne således stimuleret både kreative og handlerettede kompetencer samt stimuleret deres vedholdenhed, samarbejdsevne og faglige selvtillid. Dette gælder især, når eleverne designer egne undersøgelser, hvilket indgår i alle naturfagene. I alle naturfagene skal eleverne selv udarbejde modeller, hvilket både styrker deres kreativitet og kommunikative handlekompetence. Når eleverne perspektiverer til samfundsmæssige forhold, fx økonomi, bæredygtighed og ressourcer, så styrker det direkte elevernes omverdensforståelse. Særligt for fysik/kemi gælder det, at der er et helt færdigheds- og vidensområde, nemlig produktion og teknologi, der i særlig grad lægger op til innovation og entreprenørskab. Fx står der i læseplanen under modellering, at eleverne skal designe løsninger på udfordringer fra hverdag og samfund. Indholdet fra alle færdigheds- og vidensområderne kan dog bidrage til undervisningsforløb i innovation og entreprenørskab, idet det kræver faglig viden og færdigheder inden for et emne at forstå en udfordring og udvikle en ny løsning.

Innovationslignende processer lader sig nemt gennemføre med afsæt i "engineering-udfordringer", enten som integrerede aktiviteter af kortere varighed eller som selvstændige, længerevarende forløb. Engineering i naturfagsundervisningen handler om at designe produkter og praktiske løsningsforslag til virkelighedsnære udfordringer. Overlappet mellem engineering-processen og innovationsprocessen er stort, blot er der i engineering lidt større fokus på udvikling og optimering af prototyper, mens det at handle til gavn for nogen ofte nedtones, jf. nedenstående to bud på elementer i en typisk Engineering Design Process, EDP.

Figur 11: To bud på designprocesser i engineering



To bud på elementer i en typisk Engineering Design Process: Grundelementerne er ens, men EiE-modellen (fra projekt "Engineering is Elementary") viser en rækkefølge, som ikke indgår i EiS-modellen (fra projekt "Engineering i skolen").

Det er også en mulighed at vinkle hele fællesfaglige forløb, så de styrker elevernes innovative, problemløsende og handlingsrettede formåen. Det kræver, at den bærende problemstilling formuleres, så den er relevant ud over faget ("for nogen"), og så nytænkning og elevidéer får plads. Samtidig bør det være et produktkrav, at eleverne som minimum giver handlingsrettede bud på, hvorledes problemstillingen håndteres til det bedre. Elevernes arbejdsproces vil givetvis ikke svare til gængse modeller for innovationsforløb, men i praksis vil samtlige aspekter af innovationskompetence alligevel komme i spil.

Generelt er innovative processer i naturfaglig undervisning både en åbning og en udfordring for eleverne. Det kritiske er først og fremmest, at eleverne møder problemstillinger og frihedsgrader i arbejdsprocessen, som på samme tid opleves udfordrende og håndterbare. Læringsmæssigt er det tillige en udfordring at sikre, at arbejdet med innovation og entreprenørskab i naturfagene også sker på en faglig baggrund og bidrager til en sådan. Dette forudsætter, at det faglige aspekt bevidst drages ind undervejs i innovationsprocessen, og at faglig læring, som følge af processen, bevidst reflekteres af/med eleverne til slut. De viste modeller underspiller dette aspekt. Fx er den faglige kobling i EiS-modellen kun synlig i elementet *At undersøge*, hvor eleverne fastholdes på at udføre relevante undersøgelser, som kan kvalificere deres produkt.

Evaluering i tilknytning til innovative, skabende og produktrettede processer er et særligt problem. Udover at evaluere elevernes faglige udbytte vil det være relevant at overveje evaluering af deres udviklede produkter, hhv. evaluering af innovative delkompetencer. Produktrettet evaluering bør ske med henvisning til de kvalitetskriterier, som eleverne er gjort bekendt med på forhånd. Mange gange er kvalitetskriterierne specifikke for en bestemt udfordring, men mere generelt vil disse kunne forholde sig til følgende dimensioner:

- Nyhedsværdi (form, materialevalg, struktur)
- Funktionalitet (holdbarhed, brugbarhed)
- Sofistikation (attraktivitet, konsistens/konsekvens i design, udnyttelse af faglig viden).

Evaluering af elevernes innovative, skabende og produktrettede kompetencer forudsætter, at man som lærer gør sig klart, hvilke aspekter disse består af. Et meget nærliggende bud på en sådan "operationalisering" ville være at bedømme eleverne på hver af delprocesserne i den innovationsmodel/procesmodel, de har fulgt, samt på deres opnåelse af de faglige mål for forløbet.

7.2 It og medier

Udvikling af digitale kompetencer indgår i faget fysik/kemi og understøtter læreprocesserne i faget. Eleverne kan i forbindelse med undersøgelser bruge digitalt udstyr til at indsamle og logge data både i laboratoriet og i felten, både med eget digitalt udstyr og med skolens. Kontinueret datalogning kan opsamle informationer om udsving i temperatur, O₂, CO₂, lysintensitet, pH, lyd, rystelser mv. og give eleverne mulighed for at analysere og vurdere data. Der findes gratis apps, der kan anvendes og vurderes op mod målinger foretaget med skolens udstyr. Digitale billeder fra kameraer, mobiltelefoner eller fotofælder kan bruges til dokumentation af undersøgelser i felten samt til brug ved undersøgelser og eksperimenter i naturfagslaboratoriet.

I laboratoriet kan digitale billeder også bruges til dokumentation af arbejdsprocesser, forsøgsopstillinger, mikroskopi og time lapse-optagelser, og herved arbejdes der både med undersøgelses- og modelleringskompetencen. Eleverne kan endvidere indsamle og kritisk vurdere informationer fra digitale medier og databaser og med denne baggrund kunne bruge og udvikle egne modeller, digitale animationer og simulationer.

Når der arbejdes med perspektiveringskompetencen, kan egne og andres forskellige data, holdninger og synspunkter sættes op mod hinanden og danne baggrund for at forstå sammenhænge og konsekvenser samt se muligheder og handlinger. Via digitale ressourcer får eleverne forståelse af verden, og gennem arbejdet med dette lærer de at se perspektiver i egen verden.

I forbindelse med arbejdet inden for kommunikationskompetencen kan eleverne anvende og formidle fagligt indhold via digitale platforme. De kan reflektere over valg af præsentationsformer og modeller, fx gennem grafisk præsentation, video og billeder.

7.3 Sproglig udvikling

Der er fokus på de fire dimensioner af det talte og det skrevne sprog: samtale, lytte, læse og skrive. Det centrale er at styrke elevernes sproglige udvikling og dermed klæde dem på til at tilegne sig de forskellige fagtekster og blive i stand til at formidle faglig relevant viden mundtligt og skriftligt. Derfor skal undervisningen være tilrettelagt, så eleverne får mulighed for aktivt at bruge fagsproget i undervisningen.

Der er stor forskel på sprog og indhold, når der tales om en cykeltur med vennerne i modsætning til en cykeltur for at forklare energioverførsel. Hverdagssprog som sætningen: "Vandet går langt op på stranden nu" kan i fagsproget blive til "Nu er der højvande". Hvor hverdagssproget er karakteriseret ved at have rødder i talesproget, tæt forbundet med personlige oplevelser og handling, har fagsproget afsæt i fagterminologi og er mere upersonligt, logisk og generaliserende.

Fagsproget i fysik/kemi har nogle generelle og fremmedartede træk, der skal læres i undervisningen. Det handler ikke kun om fagudtryk. Det vedrører også måder at ræsonnere på samt teksternes opbygning, genrer og grammatiske strukturer. Det er en central del af undervisningens indhold i fysik/kemi, at eleverne lærer at arbejde med multimodale tekster og de repræsentationsformer, der er knyttet til naturfagene.

De mest benyttede tekstgenrer i fysik/kemi er:

- Instruerende tekster, som optræder i vejledninger til fx undersøgelser
- Forklarende tekster, som optræder i forklaringer med årsagsfølger
- Beskrivende tekster, som optræder i definitioner
- Ikke-fortløbende tekster, som illustrationer, modeller, billedtekster, faktabokse mv. som i multimodale tekster.

Hver tekstgenre har sine karakteristika, som eleverne skal lære at mestre.

Den sproglige udvikling i fysik/kemi skal indgå i arbejdet med alle fire kompetenceområder, men under kommunikationskompetence, som omfatter formidling, ordkendskab samt faglig læsning og skrivning, står den særligt centralt. Der er løbende fokus på at formidle med vægt på naturfaglig argumentation, og at eleverne også skal lære at forholde sig kildekritisk til viden som baggrund for kommunikation, diskussion og stillingtagen. De skal opnå en fornemmelse for, at kilder kan have forskellig intention og troværdighed, og at forskellige formidlingsformer egner sig til formidling af forskelligt indhold og til forskellige målgrupper.

Skriftlighed i fysik/kemi

I fysik/kemi er der ikke tradition for bestemte skriftlige genrer, som alle elever skal lære. Nogle lærere er glade for en høj grad af skriftlighed, mens andre næsten ikke arbejder med elevernes skriftsproglige udvikling i faget. Almindeligvis vil det ikke være hensigtsmæssigt med længere skriftlige afleveringer i fysik/kemi, hvorimod kortere, velbegrundede og strukturerede skriftlige aktiviteter kan understøtte elevernes udvikling af fagsprog og argumentationsevne samt deres forståelse af faglige sammenhænge. Den skriftsproglige formåen hos elever i grundskolen er oftest meget forskellig, og klassens dansk- og sprog-lærere kan evt. bidrage til niveauet for støtte og differentiering. Det er vigtigt, at det ikke bliver elevernes generelle skriveevner og -erfaring, der bliver begrænsende for elevens udbytte af skriveaktiviteter i fysik/kemi, og elever, der bruger læse- og skrivestøtteprogrammer i den øvrige undervisning, skal også anvende dem i fysik/kemi.

Skriveaktiviteter kan se meget forskellige ud, og de kan både være af stilladserende karakter og sigte mod "naturfaglige teksttyper".

Eksempler på stilladserede skriveaktiviteter i fysik/kemi

Ordkendskabskort, begrebskort, ADI (se nedenfor), årsag-følge-kort, billedfortælling.

ADI – Argument Driven Inquiry

Et eksempel på en stilladseret skriveaktivitet er det amerikanske udviklede koncept Argument Driven Inquiry, på dansk: argumentationsbaseret undersøgelse, der består af otte trin. Se en uddybende beskrivelse af trinene på www.argumentdriveninquiry.com.

De otte trin i ADI	
1. Undersøgelses-spørgsmål	Læreren formulerer et undersøgelsesspørgsmål, som fanger elevernes interesse. Dette noteres på ADI-arket.
2. Dataindsamling	Eleverne arbejder i mindre grupper med at designe en fremgangsmåde til dataindsamling, som egner sig til at besvare undersøgelsesspørgsmålet. Fremgangsmåden godkendes af læreren, og eleverne foretager dataindsamlingen. Eleverne noterer deres hypotese på ADI-arket.
3. Analyse og argumentation	Eleverne analyserer deres indsamlede data og udvikler et første bud på en argumentation, dvs. en påstand og evidens, som understøtter påstanden, og en begrundelse for, at evidensen er egnet til formålet. Eleverne noterer dette på ADI-arket.
4. Præsentation og feedback	Eleverne præsenterer egen argumentation for resten af klassen. Alle grupper både giver og modtager feedback med udgangspunkt i deres ADI-ark.
5. Reflekterende diskussion	Grupperne diskuterer, hvad de har lært undervejs, og hvordan de har brugt de faglige begreber. Eleverne reviderer deres ADI-ark.
6. Afrapportering	Hver elev skriver en undersøgelsesrapport, som redegør for undersøgelsesspørgsmål, metode og argumentation. Eleverne anvender ADI-arket som fundament for undersøgelsesrapporten.
7. Review	Hver gruppe modtager et antal anonymiserede rapporter fra andre elever, læser dem og giver feedback på dem.
8. Revision	Eleverne reviderer egne rapporter på baggrund af den modtagne feedback fra klassekammeraterne og afleverer dem til læreren, som foretager endelig bedømmelse.

Til ADI-metoden er der udviklet et ark, eleverne løbende noterer i. Arket er oversat til dansk og kan hentes på astra.dk. På arket noterer eleverne indledningsvist deres problemstilling og deres hypotese. Når de har gennemført undersøgelsen, udarbejder de en model af deres undersøgelsesresultater, fx et diagram eller en graf. De noterer konklusionen i modellen og argumenterer for deres konklusion på baggrund af deres resultater.

Figur 12: Eksempel på ark til ADI-metoden

astra*

Naturfagligt spørgsmål			
Vi undrer os over...	Hvilke årsager er der til ...?	Hvad bestemmer ...?	
Hvordan hænger ... sammen med ...?	Hvilke faktorer påvirker ...?		
Hvilken betydning har ... for ...?	Hvilken virkning har ... på ...?		
Hypotese			
Vi tror, er årsagen til		
Vi tror, fordi...	... påvirker ... ved at		
... har betydning for		
Konklusion			
Vi fandt ud af påvirker ... ved at ...		
Vores resultater viser ...	Når man ... betyder det, at		
... er årsagen til		
Præsentation af resultater		Argumentation for konklusion	
Fx Søylediagram Cirkeldiagram Graf Tabel Tegning Foto ...		Vi kan se ud af vores resultater, at Vi ved at Vores resultater underbygger Vores resultater afviger fra det vi ved, fordi	

Ark til ADI-metoden. Eleverne noterer løbende noter i arket. Arket kan hentes på astra.dk.

Elevernes arbejde med tekster i naturfag

Eleverne møder almindeligvis kun yderst sjældent autentiske naturvidenskabelige produkter i undervisningen i fysik/kemi, da tekster som videnskabelige artikler, forskningsrapporter, sikkerhedsdatablade mv. er alt for vanskeligt tilgængelige for grundskoleelever. Imidlertid er der et krav i læseplanen om, at eleverne kender til naturvidenskabelige skrivemåder, og det kan derfor være en god idé at lade eleverne udarbejde kortere leksikonopslag, formidlinger af undersøgelser, fx mikro-rapporter, eller en poster som udgangspunkt for en fremlæggelse eller en videnskabscafé.

Læsning i fysik/kemi

Læsning af fagtekster i fysik/kemi er væsentligt for elevernes tilegnelse af naturfaglige erkendelser og viden, og det styrker samtidig elevernes sproglige udvikling. Derfor er det nødvendigt, at også fysik/kemilæreren løbende har fokus på at udvikle elevernes læsefærdigheder i undervisningen, fx ved at tydeliggøre karakteristika ved de teksttyper, som eleverne typisk møder i faget, ved at præsentere og formidle læsestrategier og ved at udpege og udfolde særligt vanskelige afsnit, fagudtryk eller førfaglige ord i elevernes fagtekster.

I fysik/kemi er læremiddeltekster, fx i grundbogssystemer og på fagportaler, ofte opbygget af flere modaliteter. Multimodale tekster kendetegnes ved at være sammensatte tekster, som kan bestå af flere forskellige modaliteter, fx billeder, tekster, begrebsbokse, modeller, lydfiler, video m.m. Det kan være hensigtsmæssigt for elevernes læring, at de oplever en variation i tekster. Multimodale tekster er med til at give eleverne en oplevelse af, at det naturfaglige indhold kan formidles på flere forskellige måder. Nogle elever kan samtidig opleve multimodaliteten uoverskuelig, hvis ikke læreren har haft fokus på at lære eleverne læsestrategier ved multimodale fagtekster.

Ved faglig læsning i fysik/kemi bør eleverne også lære om forskellige strategier til afkodning af forskellige ordklasser, fx nominaliseringer, sammensatte ord og handlingsverber i fagtekster. Nedenfor beskrives af nogle de ordklasser, som læseforskningen peger på, kan vanskeliggøre elevernes forståelse af specifikke ord i en fagtekst. Hver ordklasse er ganske kort forklaret, efterfulgt af en beskrivelse af, hvad faglæreren konkret vil kunne foretage sig i undervisningen, hvis ønsket er at udvikle elevernes sproglige udvikling i fysik/kemi gennem elevernes faglige læsning.

Figur 13: Eksempler på strategier ved faglig læsning

	Forklaring	Hvad kan læreren gøre?
<p>Fagudtryk Hvilke fagudtryk indeholder teksten? Eksempler fra naturfagene: Energikæde Demografi Genteknologi UV-stråling</p>	<p>Ord, der er knyttet til et fag, og som ikke optræder i hverdagssproget.</p>	<p>Have fokus på ordene inden læsning, fx ved at koble konkrete billeder, oplevelser, undersøgelser til ordene. Synliggør ordene i klasserummet. Der arbejdes fokuseret og eksplicit med ordene før, under og efter aktiviteter.</p>
<p>Førfaglige ord Hvilke førfaglige ord indeholder teksten? Eksempler fra naturfagene: Deling Metode Optage Design</p>	<p>Ord, som for nogle elever kan være almindelige ord, men for andre elever er ukendte. Ofte også ord, der ændrer sig eller får en specifik betydning i et fag.</p>	<p>Forklar og præciser ordene, og brug dem i en faglig sammenhæng. For elever, hvor ordene er ukendte, brug samme strategier som ved fagudtryk.</p>
<p>Nominaliseringer Hvilke nominaliseringer indeholder teksten? Eksempler fra naturfagene: Mikroskopering Fordampning, Programmering Bjergkædefoldning</p>	<p>Gør sproget mere abstrakt. Ofte brugt i fagsprog for at "pakke" sproget. Ved bjergkædefoldning: Udsagnsordet "at folde" ændres til et navneord, "en foldning". Det er nu "usynligt", hvilken proces der er tale om.</p>	<p>Øvelser i at "pakke ordene ud" for at lette forståelsen: Del ordene op/skriv om: <ul style="list-style-type: none"> • Han anvender et mikroskop • Vandet fordamp • Hun laver et program • En bjergkæde foldes. </p>
<p>Sammensatte ord Hvilke sammensatte ord indeholder teksten? Eksempler fra naturfagene: Spændingsforskel Energiforsyning Atomkerneprocesser Miljøforandringer</p>	<p>Ofte for at præcisere et begreb: Er vanskelige, da der skal kobles to ords betydning sammen til et nyt ord med en ny betydning.</p>	<p>Øvelser i at dele ordene op: <ul style="list-style-type: none"> • Forskel i spænding • Forsyning af energi • Processer i atomkernen • Forandringer i miljøet. </p>
<p>Passiv form af udsagnsord Indeholder teksten udsagnsord af passiv form? Eksempler: Skabes Knyttes</p>	<p>Udsagnsord, der ender på -s. Bruges ofte i fagsprog/videnskabelige udsagn, der er "objektive" og ikke knytter sig til en bestemt person. Vanskelige, fordi det ikke er tydeligt, hvem der gør eller mener noget.</p>	<p>Øvelser med omskrivninger, hvor der skrives en person ind, der gør noget: <ul style="list-style-type: none"> • Hvem skaber hvad? • Hvem knytter hvad? </p>

	Forklaring	Hvad kan læreren gøre?
<p>Handlingsverber Verber som kan have forskellig betydning inden for skolens fag</p> <p>Eksempler: Reflektere kritisk Vurdere Argumentere Analysere Identificere</p>	<p>Det kan være uklart for eleverne, hvad læreren forventer af dem, når de skal reflektere kritisk, vurdere og analysere. Lærere anvender ofte begreberne forskelligt.</p>	<p>Vis eleverne sproglige eksempler på, hvad de skal præstere, fx ved en modeltekst, som eleverne kan støtte sig til i begyndelsen.</p> <p>Lærere i faget/på tværs af fagene kan blive enige om, hvad begreberne dækker over.</p>
<p>Teksttyper Hvilke teksttyper den faglige tekst består af, samt hvilken læsestrategi, du ville anbefale eleverne.</p>	<p>Faglige tekster i faget kan indgå i de fem teksttyper:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Berettende tekster • Instruerende tekster • Beskrivende tekster • Forklarende tekster • Argumenterende tekster. <p>Faglige tekster i fysik/kemi er ofte multimodale. Det vil sige, at de kan bestå af flere teksttyper kombineret med modeller og illustrationer.</p>	<p>Undervis eleverne i, hvad fagets forskellige teksters formål er, og hvad eleverne kan forvente sig af de forskellige teksttyper. Vis eleverne eksempler på, hvordan multimodale tekster er opbygget og vejled dem i at udvikle læsestrategier. Der er mange træk, der går på tværs af fag. Derfor kan mange læse- og skrivestrategier bruges på tværs af fag.</p>

8 Tilpasning af undervisning til elevernes forudsætninger

Der henvises til **kapitel 3** om bl.a. undervisningsdifferentiering.

9 Referencer

- Andersen, Frans Ørsted. 2017. *Motiverende undervisning*. Aarhus. Aarhus Universitetsforlag.
- Andersson, Björn. 2001. *Elevers tänkande och skolans naturvetenskap*. Kalmar. Skolverket, Lenanders Tryckeri. URL: <http://stud.hsh.no/home/120967/skole/NA60/didaktikk/elevers%20tankande%20och%20skolans%20naturvetenskap.pdf>. Hentet: 13-05-2019.
- Bandura, Albert. 1999. A social cognitive theory of personality. I: *Handbook of personality*. 2nd ed. Ss. 154-196. Pervin, L. & John, O. (Ed.). New York. Guilford Publications.
- Dansk Center for Undervisningsmiljø. 2017. *Elevernes fællesskab og trivsel i skolen. Analyser af Den Nationale Trivselsmåling*. URL: <http://dcum.dk/media/2107/dcum-rapport-elevernes-trivsellow.pdf>. Hentet 14-05-2019.
- Deci, Richard M. og Ryan, Edvard L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. I: *American Psychologist*. Vol. 55, No. 1, Ss. 68-78.
- Dohn, Niels Bonderup. 2014. *Motiverende og interesseskabende naturfagsundervisning*. URL: https://astra.dk/sites/default/files/Motiverende%20og%20interesseskabende%20naturfagsundervisning_NBD.pdf. Hentet: 13-05-2019.
- EVA. 2018. *Viden om undervisningsdifferentiering*. URL: <https://www.eva.dk/grundskole/undervisningsdifferentiering-grundskolen>. Hentet 13-05-2019.
- EVA. 2016. Temamagasin: *Motivation – sådan får eleverne lyst til at lære*. URL: <https://www.eva.dk/sites/eva/files/2017-08/Undervisning%20for%20alle%20motivation%202016%20magasin.pdf>. Hentet 13-05-2019.
- Hattie, John og Timperley, Helen. 2007. The power of feedback. I: *Review of educational research*. March 2007, vol. 77, No. 1. Ss. 81-112.
- Kinnerup, Lars Bo og Bech, Mette. 2019. Når læreren medtænker sproget i naturfag. I: *Geografisk Orientering*. 2019/2.
- Nielsen, Birgitte Lund. 2014. *Hverdagsforestillinger og naturfagsundervisning*. URL: <https://astra.dk/sites/default/files/Hverdagsforestillinger%20-%20Birgitte%20Lund%20Nielsen.pdf>. Hentet: 13-05-2019.
- Nielsen, Susanne Schnell. 2014. *Dialogen i naturfagsundervisningen*. URL: https://astra.dk/sites/default/files/Dialogen_i_Naturfagene_SS_0.pdf. Hentet 13-05-2019.
- Pless, Mette m.fl. 2015. *Unge motivation i udskolingen*. Aalborg. Aalborg Universitetsforlag.
- Prinds, Erik. 1999. *Rum til Læring*. Center for Teknologistøttet uddannelse.
- Rambøll og Aarhus Universitet. 2014. *Forskningskortlægning. Alsidig udvikling og sociale kompetencer*. URL: http://edu.au.dk/fileadmin/edu/Udgivelser/Clearinghouse/Ramboell/FORSKNINGSKORTLAEGNING_ALSIDIG_UDVIKLING.pdf. Hentet: 13-05-2019.
- Rådgivningsgruppen for Fælles Mål. 2018. *Formål og frihed - Fem pejlemærker for Fælles Mål i Folkeskolen*. URL: <https://uvm.dk/publikationer/2018/180620-formaal-og-frihed---fem-pejlemarker-for-faelles-maal-i-folkeskolen>. Hentet: 13-05-2019.

SFI. 2015. *Inkluderende skolemiljøer*. URL: <https://www.vive.dk/da/udgivelser/inkluderende-skolemiljoeer-5507/>. Hentet: 13-05-2019.

Sigsgaard, A.-V. M. 2015. Semantisk tyngde og semantisk tæthed i demokratibegrebet. I: *Viden om literacy*. Nummer 18, september 2015.

Sillasen, Martin K. og Linderoth, Ulla H. 2016. *IBSE i fagteamet. Samarbejde om faglig udvikling*. URL: <https://astra.dk/sites/default/files/IBSE%20i%20fagteamet.pdf>. Hentet: 19-05-2019.

Tønnesvang, Jan. 2015. *Hvad er uddannelse til for? Kvalificeret selvbestemmelse som grundlag og retning for pædagogik og undervisning*. *Psyke & Logos*. 2015, 36, 28-66. URL: <https://tidsskrift.dk/psyke/article/download/23400/20441/>. Hentet: 19-05-2019.

Zimmermann, Barry J. 1990. Self-Regulated Learning and Academic Achievement: An Overview. I: *Self-Regulated Learning Educational Psychologist*. 25(1):3-17.

