

Tema: Det store ukendte

Fejl gør os klogere

Inspirationskatalog 7. klasses trin



Indhold

Introduktion	3
Baggrund: Kompetenceorienteret naturfagsundervisning	4
Inspiration til undervisning	4
Faglige temaer	5
Rammer	6
Evaluering	7
Forslag til undervisningen og til et forløb	7
Progression	11

Introduktion

Forskernes vej til viden er som regel brolagt med fejl – og ofte er det netop fejlene, som ender med at bringe forskerne videre. Fejl som vilkår i forskning er afsættet for dette katalog, der omsætter forskning i universets ukendte mørke stof til inspiration til undervisning i 7. klasse

Nu er beviset der! Tanken nåede at sætte sig i partikel- og astrofysiker Mads Toudal Frandsen, da han for få år siden sammen med kolleger i en forskergruppe i Oxford opdagede, at to adskilte eksperimenter, der forsøgte at påvise det mørke stofs eksistens, var nået til de samme resultater.

Der viste sig imidlertid at være udfordringer med eksperimenterne, der hed CoGeNT og DAMA. De kunne ikke repliceres, og baggrundsstøj kunne have påvirket resultaterne. Men erfaringen lærte forskerne noget vigtigt: De teknologier, forskerne havde til rådighed til at spore det mørke stof med, var utilstrækkelige. Og siden har teknologiudviklingen taget fart.

Forskningen bag kataloget

Mads Toudal Frandsens forskning i det mørke stof, der foregår med på Syddansk Universitet, omsættes i dette katalog til inspiration med fokus på undervisning i 7. klasse.

Forskere vurderer, at det mørke stof udgør cirka 25 procent af universet, mens omtrent 70 procent er mørk energi. Det stof, som videnskaben i forvejen kender og har kortlagt, fylder med andre ord så lidt som cirka fem procent. Det betyder, at der er god plads til nysgerrighed, undring og fejl i den videre færd frem mod at forstå det mørke stof og universets opbygning.



Se en kort film, hvor Mads Toudal Frandsen præsenterer sin forskning, og læs mere om den i magasinet om *Det store ukendte: mørkt stof*. Se emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien.



Faktaboks

Undervisning ud fra kataloget knytter an til Fælles Mål:

- Fysik/kemi: Jorden og universet, Produktion og teknologi, Partikler, Bølger og stråling, Kommunikation i naturfag
- Biologi: Stof og stofkredsløb, Økosystemer, Kommunikation i naturfag
- Geografi: Jordkloden og dens klima (klimamodeller), Jorden og universet (den dynamiske jord – pladetektonik), Kommunikation i naturfag.

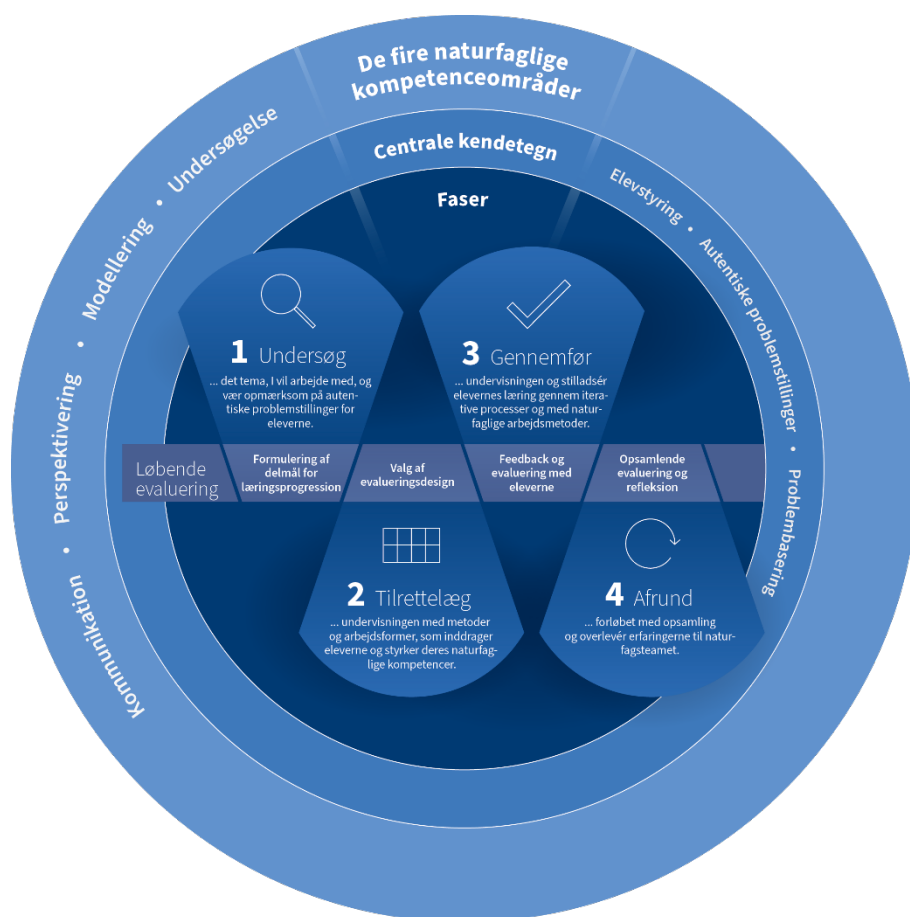
Læs mere på <https://emu.dk/grundskole>

Baggrund: Kompetenceorienteret naturfagsundervisning

Kataloget er udarbejdet som led i udviklingen af inspirationsmaterialer om 10 naturvidenskabelige temaer. Dette katalog præsenterer inspiration til 7. klasse om temaet *Det store ukendte*.

Inspirationsmaterialerne om de 10 temaer er tilrettelagt med henblik på kompetenceorienteret naturfagsundervisning. De afgørende elementer i denne type undervisning er skitseret i den fagdidaktiske ramme herunder i form af naturfaglige kompetenceområder og centrale kendetegn.

Derudover rummer figuren en proces i fire trin for kompetenceorienteret naturfagsundervisning. Naturfagslærere kan anvende inspirationen i dette katalog gennem netop disse fire trin eller faser.



Mere viden

Den fagdidaktiske ramme er uddybet i *Vidensnotat om kompetenceorienteret naturfagsundervisning*. En proces for at arbejde didaktisk gennem rammens trin er beskrevet i *Udviklingsredskab til kompetenceorienteret naturfagsundervisning til naturfagsteams*.



Begge dele kan sammen med alle seks inspirationskataloger samt temaets film og temamagasin hentes på emu.dk/grundskole/naturvidenskabsstrategien.

Inspiration til undervisning

Gennem undersøgelser af usynlige kollisioner mellem ukendte objekter og udvikling af virkelighedsmålere kan elever i 7. klasse introduceres til Mads Toudal Frandsens forskning i mørkt stof. Dette kapitel giver inspiration til, hvordan det kan gøres.

Fejl er et vilkår ved videnskab – og i forbindelse med det mørke stof er vilkåret sat på spidsen: Det mørke stof er usynligt og kan indtil videre kun spores gennem dets indvirkning på eksempelvis rotation og lys. At forske i det mørke stof er derfor ifølge Mads Toudal Frandsen som at kradse små huller i noget stort og ukendt. Hver sprække giver et lille stykke viden, og så krabber man sig fremad derfra.

Mads Toudal Frandsen kradser huller til ny viden ved at opstille og afprøve hypoteser. Den tilgang er ikke særegen for hans forskning, men gælder for al videnskab. Det er dette vilkår – eller denne fundamentale naturvidenskabelige metode – som udgør problemfeltet i kataloget, og som eleverne i 7. klasse kan stifte bekendtskab med gennem katalogets undersøgelser.



Faktaboks

Alle fire naturfaglige kompetenceområder – dvs. undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation – er i spil i undervisningen om problemfeltet. I dette katalog med fokus på især:

- *Kommunikationskompetencen*: Eleverne styrker kompetencen, når de med afsæt i egen undring, spørgsmål (både mundtlige og skriftlige) og med fagord behandler problemstillinger om videnskabelighed og veje til ny viden om naturen.

Læs mere om kompetenceområderne på <https://emu.dk/grundskole>



Faglige temaer

Som forberedelse til undervisningen kan læreren undersøge, hvilke faglige temaer problemfeltet byder på. Det kan for eksempel være temaer som disse:

1. Naturvidenskabelige fejl og metoder

Med udgangspunkt i fejl som drivkraft i videnskab kan grundlæggende naturvidenskabelige metoder såsom hypotesedannelse, dataopsamling og -validering belyses. Arbejdet med disse metoder kan lede videre til at behandle eksempelvis måleteknologi, reproduktion af eksperimenter, klassifikation og sociale faktorer såsom interesseudsættninger og forhandling mellem mennesker. Ud fra konkrete videnskabshistoriske eksempler er det også en mulighed

at reflektere over videnskabens væsen og typiske processer samt vejen til de store gennembrud.

2. Teknologiu udvikling af vores "sansesystem"

Forskningen i det mørke stof presser den teknologiske udvikling til det yderste for at introducere nye måder at detektere eller sanses på – ligesom det skete, da Niels Bohr opdagede kvantemekanikken. Opdagelsen af kvantemekanikken medførte en strøm af nye teknologier såsom transistorer med betydning for hverdagslivet. Noget lignende kan følge i kølvandet på jagten på det mørke stof, der ledsages af en teknologiu udvikling, som blandt andet inkluderer nye måleværktøjer på den internationale rumstation, hvor det mørke stof forsøges målt uden påvirkning af baggrundsstøj fra Jorden.

3. Klassens egen viden

Undervisningen kan også "se indad" og undersøge den viden, som klassen har erhvervet sig gennem de seneste seks års natur/teknologi. Hvor sikker er denne viden? Hvilke fejl er gået forud? Hvad er der sket siden på feltet? Og så videre.



Faktaboks

Da den franske matematiker Urbain Le Verrier i 1860 ud fra Newtons tyngdelov regnede sig frem til, at der måtte være en yderligere planet i vores solsystem, tog han fejl. Planeten var der ikke. Han var dog overbevist og navngav endda **planeten Vulcan**. Det, Le Verrier faktisk havde registreret, var et konkret eksempel på, at den klassiske forståelse af tyngdekraften var mangelfuld: Hvis den klassiske forståelse var korrekt, så skulle Vulcan have været der. Men det var teorien og ikke solsystemet, den var gal med. Først 55 år senere løste Einstein gåden, da han med sin generelle relativitetsteori reviderede forståelsen af tyngdekraften.

Ud fra de tre forslag til faglige temaer kan læreren tilrettelægge en undervisning, der træner elevernes naturvidenskabelige metodebevidsthed og lader dem erkende fejlenes rolle i videnskab. De konkrete forslag til undersøgelser afspejler Mads Toudal Frandsens forskning, og læreren kan gøre undervisningen autentisk ved at sætte elevernes egen viden under lup.

Rammer

I tilrettelæggelsen af et forløb kan læreren tage højde for, hvilke muligheder problemfeltet og de faglige temaer giver for at rammesætte undervisningen:

1. Sammenhæng til andre fag

Det er oplagt, at naturfagene i det fællesfaglige forløb samarbejder tværfagligt om temaet med historiefaget med fokus på videnskabshistoriens fejltrin og deres betydning for dagliglivet. Naturfagslærerne kan vurdere, hvilke dele af undervisningen der kan passe i de tværfaglige dele af undervisningen, og hvilke dele der bedre egner sig til fordybelse i det enkelte naturfag.

2. Metoder og arbejdsformer

Engineering er et godt bud på en elevstyret tilgang i undervisningen med undersøgende fokus på problemstillingen. Hvordan måler vi på verden? Undersøgelse, idégenerering, design, konstruktion, test og justering går forud for løsningen på problemet i Engineering-tilgangen. Læs mere på <https://engineerthefuture.dk/>



3. Redskaber

I undervisningen kan læreren introducere udvalgte måleredskaber fra naturvidenskabens historie – eksempelvis en stjerneikkert, et kompas, et ur eller gps-systemer. Klassen kan så anvende redskaberne og drøfte, hvad de måler, hvilke antagelser de bygger på, hvilke fejlkilder der er, og hvordan de er blevet optimeret gennem tiden. Det vil være en gennemgående pointe, at redskaberne bygger på hypoteser om, hvad fænomenet, der undersøges, er, og hvordan fænomenet opfører sig.

Evaluering

Læreren kan planlægge evaluering af undervisningsforløbet fra starten og gennemføre den løbende. På den måde kan evalueringen give input til undervisningen undervejs.

Som led i tilrettelæggelsen kan læreren blandt andet overveje, hvad der kan holdes øje med hos eleverne for at vurdere, om de anvender kommunikationskompetencen. En elev med kommunikationskompetence kan eksempelvis anvende fagsprog skriftligt og mundtligt og formidle sine refleksioner om teknologi og måleapparater i naturfaglige undersøgelser.

Ud over den løbende og eventuelt også afsluttende evaluering med eleverne kan læreren samle op på forløbet i naturfagsteamet eller med kolleger i en anden organisering, hvis skolen ikke har et naturfagsteam. Den faglige refleksion kan både nuancere indsigterne og gennem videndeling bidrage til at styrke den naturfaglige undervisning på skolen.



Gode idéer

Anvend fagord på post-its til stilladsering og evaluering

Læreren kan gennemføre en øvelse med fagord på post-its med henblik på at stilladsere elevernes udvikling af kommunikationskompetencen undervejs samt danne et overblik som udgangspunkt for evaluering. Øvelsen går ud på, at:

- Hver elev ved afslutningen på en undervisningsgang skriver et fagord på en post-it om, hvad lektionen handlede om.
- Alle post-its sættes et synligt sted, som eleverne ser efter deres frikvarter.

Når eleverne returnerer til næste lektion, mindes de om fagordene, og bevidstheden om begreberne kan øges. Samtidig danner fagordene et afsæt for en såvel løbende som afsluttende evaluering, hvor læreren kan drøfte forståelsen af fagordene med eleverne.



Hent eventuelt yderligere inspiration til evalueringsmetoder på emu.dk:

<https://emu.dk/grundskole/paedagogik-og-didaktik/evaluering-og-feedback>

Forslag til undervisningen og til et forløb

Som indledning på undervisningen kan læreren aktivere elevernes egne erfaringer ved at tale om konkrete eksempler, der samtidig rummer viden fra Mads Toudal Frandsens forskning. Læreren kan eksempelvis vække elevernes nysgerrighed og forforståelse ved spørge dem om deres viden om velkendte målere såsom ure, gps-systemer og barometre. Læreren kan lade eleverne give deres bud på, hvordan målerne virker. Herfra kan koblingen etableres til,

hvordan andre målere virker. Undervisningen kan også lægge fra land med en klasserumssamtale ud fra refleksionsspørgsmål som nedenstående.



Refleksionsspørgsmål

Læreren kan aktivere elevernes refleksion og forundring gennem klassesamtaler ud fra spørgsmål som disse:

- Hvordan lærer jeg noget nyt (om naturen)?
- Hvordan måler jeg min omverden, og hvad er sammenhængen mellem måleapparater og naturen?
- Hvornår har jeg selv begået en fejl, som fik mig til at indse noget, jeg ikke vidste i forvejen?

Undervisningen kan også lægge fra land med casen herunder, der beskriver, hvordan en fejl førte til opdagelsen af fotosyntese. Casen kan vise eleverne, at fejl ikke nødvendigvis er dårlige, og at de endda kan være en stor kilde til ny viden. Lignende eksempler kan eksempelvis hentes i 1880'ernes æterteori samt i tidligere teorier om plantevækst, jordskælv og bjergkædedannelse.

Case



Fejl var første skridt til fotosyntesen

I det 17. århundrede stod den belgiske læge, kemiker og filosof Jan Baptist van Helmont bag et forsøg med planters vækst. Van Helmont fejlfortolkede forsøgets resultater – og fejlen viste sig siden at være første skridt til fotosyntesen.

Jan Baptist van Helmonts eksperiment gik ud på at undersøge, hvor den vægt, som planter tilegner sig, kommer fra. Han målte omhyggeligt massen af den jord, som et træ stod i, og sammenlignende den med træets masse, mens det voksede. Eksperimentet viste, at træet forøgede sin vægt med 77 kg på fem år, mens jorden, den stod i, kun tabte 57 kg i vægt.

Det førte ham til den hypotese, at det voksende træes ekstra masse måtte komme fra vandet, som var det eneste, han i løbet af eksperimentet tilførte. Hypotesen var imidlertid ikke rigtig. Vandet bidrog til masseforøgelsen, men det gjorde CO_2 som følge af fotosyntesen også. Jan Baptist van Helmonts opdagelse af, at træet voksede mere i masse, end jorden tabte, var imidlertid det springende punkt for tanken om, at træers – og andre planters – biomasse ikke alene hentes i jorden, men får tilskud fra fotosyntesen.

Inspiration til et forløb

Et undervisningsforløb i *Fejl gør os klogere* kan gennemføres på denne måde:

Opstartsfasen (1-2 lektioner)

Introduktion til forløbets indhold, mål, opgave, arbejdsformer og metoder i Mads Toudal Frandsens forskning. Læreren kan indledningsvis tale til elevernes nysgerrighed ved at spørge, hvilke målere de kender, hvor sikker man kan være på dem, og hvilken betydning de kan tillægges.

Undersøgelserforslag 1: Hvad gemmer sig i den mørke kasse? (6 lektioner)

Eleverne undersøger skjulte kollisioner mellem typer af ukendt stof.

Undersøgelserforslag 2: Byg en virkelighedsmåler (12 lektioner)

Eleverne undersøger, hvordan man kan måle på naturen.

Undersøgelserne kan skaleres op og ned i forløbet.

Undersøgelserforslag 1: Hvad gemmer sig i den mørke kasse?

Hvordan får man viden om fænomener, som ikke kan ses, og hvilke fejlkilder skal der tages højde for? Det er spørgsmål, som optager Mads Toudal Frandsen, når han forsker i det mørke stof. I denne undersøgelse prøver eleverne kræfter med spørgsmålene ud fra naturvidenskabelige undersøgelsesmetoder.

Formål

Eleverne erkender, at usynligt og ukendt stof og begivenheder er en del af virkeligheden. De indser, at vejen til viden kræver kreativitet og kan rumme fejl. Og de opøver færdigheder i naturvidenskabelig metode.

Fremgangsmåde

I undersøgelsen kan eleverne arbejde med at observere og beskrive usynlige kollisioner. Som forberedelse kan læreren etablere et simpelt kollisionsskammer (black box) og placere ukendte kollisionsskammer (en pose med ris, en spand med vand, et stålrør eller andet) inde i kammeret. Objekterne kan være faste, eventuelt sat fast med tape, eller nogle, der flytter sig ved kollision.

Læreren kan herefter opdele klassen i grupper eller forskerteams, som skiftes til at skyde kugler ind i kammeret og betragte kuglerne, når de kommer ud igen. Teamene kan opstille hypoteser om, hvad deres kugler kolliderer med i kollisionsskammeret. Hvilken størrelse, form, konsistens, vægt m.m. har det mon? Forskerteamene kan blandt andet forsøge at udlede indsigter fra kuglernes fart samt ind- og udfaldsvinkel. Undersøgelsen kan gennemføres med og siden uden høreværn for at få en fornemmelse af, hvad det betyder for indsigterne, når en sans bortfalder eller tilføres.

Undervejs gennem undersøgelsen kan læreren stille stilladserende spørgsmål med fokus på, at eleverne over sig i at prøve sig frem for at kunne give kvalificerede gæt på, hvad der gemmer sig i inde i kollisionsskammeret. Som afslutning på øvelsen mødes alle eleverne for at fremlægge deres hypoteser om det ukendte stof for hinanden. Til sidst afsløres det, hvilke materialer (stofftyper) der var tale om.



Tjekliste

Materialer til undersøgelsesforslag 1

- Et simpelt kollisionsskammer (black box), som kan rumme usynlige sammenstød mellem genstande. Et skolebord med en uigennemsigtig dug, der når næsten ned til jorden, kan fungere som black box.
- Billardkugler eller lignende, der må støde sammen, og udvalgte kollisionsskammer objekter med forskellige former (for eksempel en pose med ris, en spand med vand eller et stålrør).
- Høreværn.

Undersøgelserforslag 2: Byg en virkelighedsmåler

Hvordan kan vi udvikle nye måder at måle fænomener i virkeligheden på? Og hvorfor kræver nyudvikling, at vi tør begå fejl? Det undersøger og afprøver eleverne i denne undersøgelse, hvor de udvikler idéer til måleapparater, som de derefter konstruerer, prøver af og forbedrer på baggrund af læringen fra fejl, de begår undervejs.

Formål

Eleverne opøver færdigheder i naturvidenskabelig metode og erkender, at kvantitative resultater er baseret på menneskelig konsensus og kommunikation om standarder, skalaer og nulpunkter.

Fremgangsmåde

→ Undersøgelsen kan gennemføres med afsæt i engineering-metoden og med fokus på den overordnede problemstilling: Hvordan måler vi på verden? Hent eventuelt inspiration her: <https://engineerthefuture.dk/engineering-day/engineering-day-forloeb/byg-en-tidsmaaler/>

Som første skridt i undersøgelsen kan læreren i en klasserumssamtale forklare, at eleverne i undersøgelsen skal udvikle målere, der kan måle på udvalgte dele af naturen. Klasserumssamtalen kan derefter runde, hvad der kan måles. Apparater (fra naturfagene eller fra fantasien) kan eksempelvis måle tid, vind, temperatur, tryk, puls, stress, støj, liv, lugt, kunst, følelse, højde, rotation, regn, sol, lys eller vægt. Det kan føre videre til nysgerrige og gerne fantasifulde forslag fra eleverne om, hvad de kunne ønske sig at måle.

Læreren kan dernæst inddele eleverne i grupper ud fra en vurdering af fagligt niveau med henblik på differentiering. Hver gruppe vælger et måleapparat, de vil konstruere, og beskriver, hvad det skal måle. For at sikre elevernes forståelse kan læreren spørge ind til valg af måleapparat og tilbyde hjælp eller begrænse opgavens omfang eller kompleksitet – nogle fænomener er for besværlige, tidskrævende eller komplicerede at bygge en måler for. Frihedsgrader i forhold til krav til naturfaglighed kan bløde processen op og give mulighed for differentiering mellem grupperne.

Undervejs gennem undersøgelsen kan læreren desuden stille stilladserende spørgsmål med fokus på, at eleverne reflekterer over, hvad det egentlig vil sige at måle noget – for eksempel at det kan kræve, at man bliver enige om en konvention, et nulpunkt eller en skala. Det vil sige, at målinger og data har rigtig meget med kommunikation at gøre.

Som produkt kan eleverne udarbejde mock-ups, videopræsentationer eller prototyper af deres målere, som de i præsentationen for klassen pitcher for fiktive investorer. I præsentationen kan eleverne lægge vægt på målerens fordele og samfundspotentiale samt perspektivere til andre, tidligere målere. Undersøgelsen kan afrundes med en dialog om udviklingsprocessen, hvor eleverne blandt andet kan diskutere betydningen af de fejl, de gjorde undervejs, for udviklingsprocessen og det endelige resultat



Tjekliste

Materialer til undersøgelsesforslag 2

- Læreren kan afsøge laboratoriets samling af sensorer og målere og vælge, hvilke typer eleverne kan give sig i kast med.

Progression

Dette er et ud af seks kataloger, som konkretiserer temaet om det store ukendte og det mørke stof hen over indskoling, mellemtrin og udskoling. Kataloget er målrettet undervisning i 7. klasse.

Den tematiske sammenhæng i de seks kataloger understøtter, at læreren kan arbejde med progression gennem skoleforløbet. Afsættet for progression kan for eksempel være, at katalogerne udvikler sig fra det nære og lokale i indskoling til samfundsmæssige og globale perspektiver i udskoling. Og fra konkrete fænomener mod et stadig højere abstraktionsniveau.

I dette tema ses udviklingen eksempelvis ved, at elevernes egne erfaringer med usynlige kræfter og tilstedeværelsen som krop i universet fylder i indskoling, mens der i udskoling er fokus på komplekse problemstillinger vedrørende universets skala og stjernelys, fejlenes rolle i videnskaben, rotation og spørgsmålet og liv i universet. Som led i progressionen rummer katalogerne stigende problembasering i undersøgelsesforslagene gennem skoleforløbet.

Sammenhængen gør det i princippet muligt at anvende katalogerne som inspiration til undervisning i en klasse fra start til slutning på et skoleforløb. Og den kan gøre det muligt at etablere et fælles fagligt afsæt i naturfagsteamet, uafhængigt af hvilket klassetrin den enkelte lærer i teamet underviser på. Hvert katalog kan dog også anvendes som inspiration til selvstændige forløb.

Sammenhængen mellem katalogerne fremgår af denne illustration:

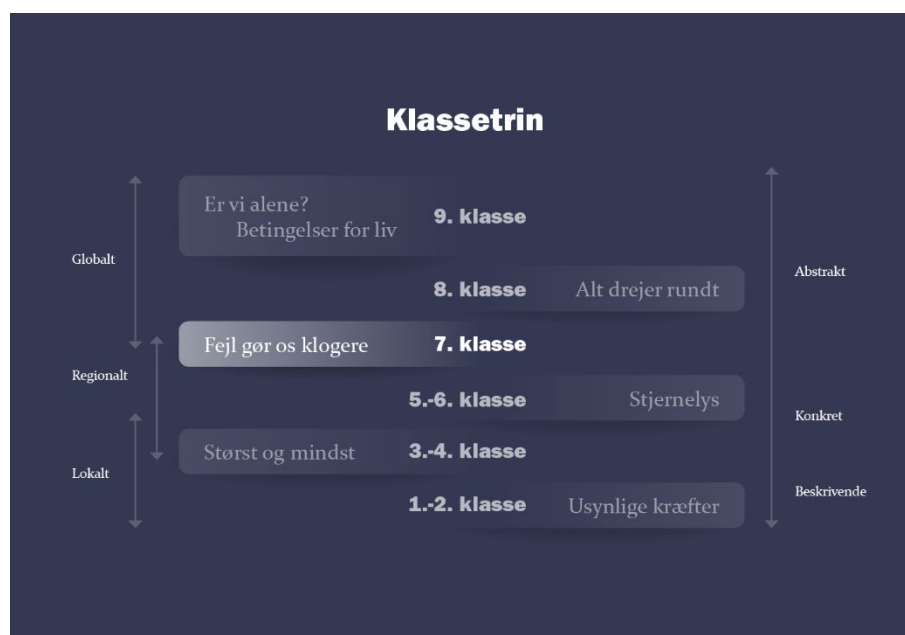


Illustration: Temaets progression gennem seks inspirationskataloger på langs af skoleforløbet.

Du står med en del af en samlet videnspakke

Alle materialer kan findes på emu.dk/grundskole/naturvidenssabsstrategien



Vidensnotat

12 sider.

Planlægningsredskab

Otte sider til naturfagslærere og vejledere i grundskolen.

Fællesfagligt forløb

16 sider.

Udviklingsredskab

Fire sider til skoleledelserne.

PowerPoint-præsentation

Præsentation af de vigtigste pointer fra vidensnotatet.

Video

Speed drawing.



Bokssæt med 10 temamagasiner

10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasiner præsenterer deres naturvidenskabelige forskning.



Podcasts



60 inspirationskataloger

(10 temaer til seks klassetrin)