

Tema: Det store ukendte

Alt drejer rundt

Inspirationskatalog 8. klassesetrin



Indhold

Introduktion	3
Baggrund: kompetenceorienteret naturfagsundervisning	4
Inspiration til undervisning	5
Faglige temaer	5
Rammer	6
Evaluering	7
Forslag til undervisningen og til et forløb	7
Progression	12

Introduktion

Cirkelbevægelser er universelle og kan konstateres i galakser, vindmøller, cykelhjul og i elektroners bane om atomkernen. Cirkelbevægelser er i fokus i dette katalog, der omsætter ny forskning i universets ukendte mørke stof til inspiration til undervisning i 8. klasse.

Jo tættere en planet er på sit solsystems centrum, jo hurtigere roterer planeten. Det skyldes, at rotation, energi, masse og tyngdekraft indvirker på hinanden på måder, der er beskrevet i grundlæggende fysiske naturlove.

Efter samme naturlove skulle en stjernes rotation rundt om centrum i sin galakse kunne forklares. Men observationer viser, at stjernerne roterer for hurtigt til, at det kan forklares med tyngdekraften og massen fra det kendte stof. Observationerne kan kun forklares, hvis der er en yderligere portion stof til stede, som fastholder stjernens bane om galaksens centrum. Da stoffet ikke reagerer med elektromagnetisk stråling, og stoffet ikke kan ses, er forskernes bud, at det må være mørkt stof.

Forskningen bag kataloget

Observationer som denne er en central del af Mads Toudal Frandsens forskning. Han er partikel- og astrofysiker ved Syddansk Universitet, og i sin forskning i det mørke stof anvender han netop relationen mellem rotation, energi, masse og tyngdekraft til at beregne, hvor det mørke stof er til stede i universet, og hvor meget af det der er.

Mads Toudal Frandsens forskning er afsættet for dette katalog, der ved at sammenligne hverdagens cirkelbevægelser med universets omsætter dele af hans aktuelle forskning til inspiration med fokus på undervisning i 8. klasse.



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 (kræfter og bevægelser, bevægelse, universets udvikling, simuleringer) og modellering i naturfag
- Biologi: Celler, Mikrobiologi og bioteknologi (cellers vækstbetingelser, sollys) og modellering i naturfag
- Geografi: Jordkloden og dens klima (døgnet, jordens rotation, tidevand, ekliptika, længde og breddegrader) og modellering i naturfag

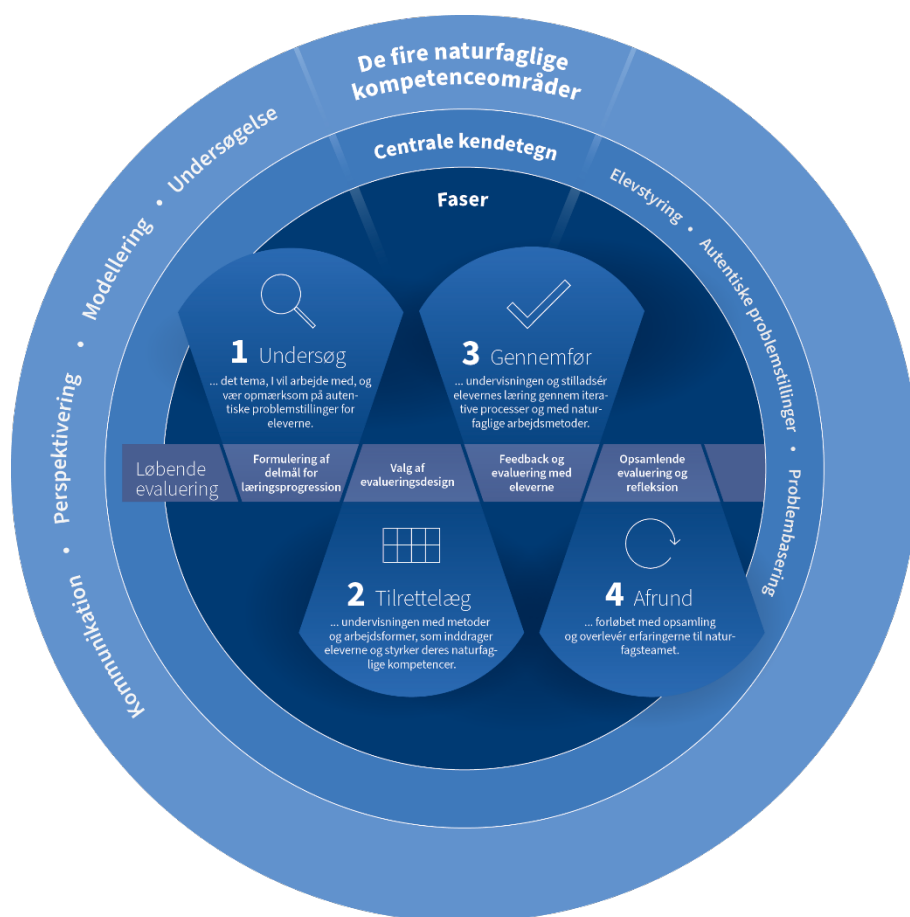
Læs mere på <https://emu.dk/grundskole>

Baggrund: Kompetenceorienteret naturfagsundervisning

Kataloget er udarbejdet som led i udviklingen af inspirationsmaterialer om 10 naturvidenskabelige temaer. Dette katalog præsenterer inspiration til et fællesfagligt forløb i 8. 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 naturlovene i hverdagens cirkelbevægelser kan elever i 8. klasse få indblik i centrale begreber og metoder i Mads Toudal Frandsens forskning i mørkt stof. Dette kapitel giver inspiration til en undervisning med dette fokus.

Mads Toudal Frandsen forsker i fjerne galaxers rotation for at forstå, hvordan det mørke stof interagerer med tyngdekraften. Vi mærker en interaktion efter de selvsamme principper på egen krop, når centrifugalkræfter arbejder, og vi drejer rundt. Også i et større perspektiv har cirkelbevægelse betydning for os. Livet på Jorden er betinget af Solens cirkelbane over himlen, trukket rundt af Jordens rotation.

Cirkelbevægelser udgør problemfeltet i dette katalog. Elever i 8. klasse kan gennem katalogets undersøgelser stifte bekendtskab med, hvor vi møder cirkelbevægelserne, hvordan de hænger sammen med og øver indflydelse på andre fænomener, og hvilke indsigter det kan give at arbejde med rotation.



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:

- *Modelleringskompetence*: Elever med modelleringskompetence vil kunne bruge naturfaglige modeller til at forklare fænomener og systemers opførsel, forholde sig kritisk til modeller samt konstruere modeller med afsæt i egne undersøgelser.

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. De grundlæggende fysiske naturlove

Forskere inden for alle grene af fysikken arbejder ud fra grundlæggende erkendelser, som tidligere forskere har stået fadder til. I studiet af det mørke stof gælder det eksempelvis Keplers planetlove, der beskriver, hvordan planeter kredser om en stjerne. Newtons tyngdelov, der angiver, at fysiske legemer trækkes mod hinanden med en kraft, der er proportional med deres masse og omvendt proportional med kvadratet på afstanden imellem dem. Einsteins generelle relativitetsteori forener tyngdekraften med tid og rum og beskriver,

hvordan tyngden (eller massen) af en stjerne bøjer tiden og rummet. Andre eksempler er Hubbles lov, der beskriver universets udvidelse og Big Bang-teorien om universets skabelse.

2. Tyngdekraft, masse og energi

Enhver kan forvise sig om, at forholdet mellem tyngdekraft, masse og energi gælder i den nære omverden. Binde en kugle for eksempel fast i en snor, som svinges rundt, mærkes det med det samme i armen, hvor meget energi der skal til for at holde kuglen i cirkelbevægelse. Jo hurtigere der svinges, jo mere kraft skal der til. Det er noget tilsvarende, der er på spil i galakserne. Der er ikke tyngdekraft nok fra det synlige stof til at holde stjernerne og gassen i galakserne fast i deres rotationsbaner – kun hvis man regner tyngdekraften fra det mørke stof med.

3. Himmelfænomener

Cirkelbevægelse er centralt for Jordens sammenhæng med solsystemet, da Jordens rotation om egen akse trækker Solen og hele stjernehimlen op og ned under horisonten. Samtidig holder Solens enorme tyngdekraft Jorden fast i præcis den rigtige afstand til at give livet på Jorden optimale betingelser.



Faktaboks

Energi er et grundbegreb i fysik, men det er svært at definere i få ord. Begrebet er grundlæggende knyttet til bevægelse: En genstand, der bevæger sig, har energi i kraft af sin bevægelse, og ved at overføre energien helt eller delvist til sine omgivelser kan den sætte disse i bevægelse eller udføre et arbejde på dem. Således kræves der energi for at få en motor til at dreje rundt, for at få en højttaler til at sætte luften i svingninger som lydbølger eller for at sætte elektronerne i en fladskærm i bevægelse, så de udsender lys.

Læs mere: <https://www.energy.dtu.dk/forskning/energileksikon/energi>



Ud fra de tre forslag til faglige temaer kan læreren tilrettelægge en undervisning, der udvider elevernes naturvidenskabelige begrebsforståelse og metodebevidsthed og knytter direkte an til Mads Toudal Frandsens forskning. Læreren kan gøre undervisningen autentisk ved at sætte elevernes egne erfaringer med cirkelbevægelser i centrum og lade dem erfare sammenhængen mellem rotation, energi og masse på egen krop.

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 etablere et tværfagligt samarbejde fra det fællesfaglige forløb til for eksempel matematik eller håndværk og design. I håndværk og design kan eleverne eksempelvis afprøve forskellige roterende design med hjul eller kugler, mens de i matematik kan udregne rotationshastigheder og -baner.

2. Eksterne læringsmiljøer

Katalogets udgangspunkt er, at cirkelbevægelser er overalt. Det kan lærerne tage som en invitation til at gå ud i eksterne læringsmiljøer for at undersøge

det. Klassen kan for eksempel besøge en lokal "teknologilokalitet", hvor rotation spiller en rolle. Det kan være en vindmølleproducent, en cykelklub, en urmager eller en vaskemaskinereparatør. I det eksterne læringsmiljø kan eleverne observere, hvilken rolle rotation spiller, og hvordan rotationen hænger sammen med blandt andet energi, masse og stabilitet.

3. Mono- og fællesfaglighed

Cirkelbevægelse er universel og ses eksempelvis i planeters (idealiserede) rotation. En rotation, som skaber døgnets vekslen, hvilket giver biologiske vækstbetingelser og desuden kommer til udtryk som blandt andet tidevand og klimatiske forhold. Cirkelbevægelse er derfor et samlende fænomen i alle de tre naturfag. Læreren kan overveje, hvilke faglige områder der bedst belyses i selvstændige fag, og hvilke områder der hører naturligt hjemme i det fællesfaglige. Eksempelvis kan det give mening at arbejde med grundlæggende fysiske begreber som masse og energi i fysik/kemi og med betydningen for biologisk liv af Jordens rotation samt Jordens bane om Solen, inden perspektiverne samles i de fællesfaglige dele af forløbet.

Evaluering

Læreren kan planlægge evaluering af undervisningsforløbet fra starten og gennemføre den løbende. På den måde kan evalueringen føde input ind 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 modelleringskompetencen. Elever med modelleringskompetence vil eksempelvis kunne beskrive de kræfter, der er på spil i en rotation, og anvende modeller til at illustrere vigtige kendetegn ved cirkelbevægelse.

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

Evaluér med peer-to-peer-metoden

I stedet for at præsentere for den samlede klasse kan evalueringen foregå efter peer-to-peer-metoden. Læreren kan sætte grupperne sammen to og to og bede dem præsentere for hinanden og give hinanden feedback. Rammen kan være, at den lyttende gruppe påpeger to ting, som, de synes, fungerer godt i den anden gruppes præsentation samt en ting til forbedring.

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 ud fra dagligdags eksempler på rotation, der samtidig rummer viden fra Mads Toudal Frandsens forskning. Læreren kan eksempelvis vække elevernes forforståelse ved at tage udgangspunkt i Solens bane over himlen. Eller ved at

spørge: Hvordan skaber vinden energi, der spreder sig som strøm i elnettet, når den får vingerne på en vindmølle til at rotere?

Læreren kan lade eleverne komme med forslag og forklaringer. Herefter kan koblingen etableres til måden, andre objekter såsom spindetop, et cykelhjul eller stjerner i en galakse roterer. 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:

- Hvorfor kan universet ikke stå stille – hvad ville der ske, hvis det gjorde?
- Hvad ville der ske, hvis roterende elementer i universet og i dagligdagen pludselig blev vægtløse?
- Hvordan kan vi forstå, at bevægelse er energi?

Undervisningen kan også lægge fra land med casen herunder, der beskriver de konkrete opdagelser af rotation i universet, som førte til teorien om det mørke stof. Casen er dermed en konkret indgang til Mads Toudal Frandsens forskning og til undersøgelsesforslag 1 herunder.

Case



Veras opdagelse

Astronomen Vera Rubin har sin store andel i, at forskere i dag ser det som et faktum, at det mørke stof findes.

Sammen med sin kollega Kent Ford videreførte Vera Rubin tidligere forskeres observationer af rotation i universet, da hun i 1970'erne opdagede, at Andromedagalaksen i sin yderkant roterede alt for hurtigt ifølge den etablerede model for rotation af stjerner.

Få år efter viste andre forskere, at tyngdekraften fra mørkt stof kan forklare Rubins opdagelse. Og i 1980'erne blev det dokumenteret med avancerede computersimuleringer, at galakserne ligefrem ville falde fra hinanden uden massen fra det mørke stof.

Rubins opdagelse er stadig aktuel, og hun lægger navn til et observatorium, der åbner i 2021. Det nye observatoriums primære opgave er at undersøge bevægelse (Newtons rotationskurver) i Mælkevejen, den galakse vi bor i. Håbet er, at det kan være med til at kaste nyt lys over det mørke stof.

Inspiration til et forløb

Et undervisningsforløb i *Alt drejer rundt* kan gennemføres på denne måde:

Opstartsfasen (1-2 lektioner)

Introduktion til forløbets indhold, mål, opgave, arbejdsformer og Mads Toudal Frandsens forskning. Læreren kan indledningsvis tale til elevernes nysgerrighed ved at bringe casen i spil og initiere en klasserumssamtale om elevernes forforståelser og erfaringer med cirkelbevægelser.

Undersøgelsesforslag 1: Cirkelbevægelse i det nære og det fjerne (4-6 lektioner)

Eleverne undersøger, hvordan planeter bevæger sig i universet, og hvordan tyngdekraften krummer rumtiden.

Undersøgelsesforslag 2: Hvor vælter cyklen ikke? (4-6 lektioner)

Eleverne undersøger den stabiliserende effekt, som rotation har på blandt cykelhjul og galakser.

Undersøgelserne kan skaleres op og ned i forløbet.

Undersøgelsesforslag 1: Cirkelbevægelser i det nære og det fjerne

Eleverne anvender i denne undersøgelse en model til at undersøge, hvordan masse krummer rumtiden – og hvordan dette blandt andet har betydning for planeternes baner om Solen. Der er god inspiration til konkrete problemstillinger i videoen 'Gravity Visualized' (se link nedenfor).

Formål

Eleverne opnår forståelse af en geometrisk tilgang til at forklare tyngdekraft og cirkelbevægelse i det tomme rum og opøver kvalitativ parameterkontrol.

Fremgangsmåde

Læreren kan begynde med at se videoen 'Gravity Visualized' som forberedelse, gerne sammen med eleverne: <https://www.youtube.com/watch?feature=youtu.be&v=MTYiKjeoyLg&app=desktop>. Videoen viser, hvordan planeters bevægelse i et solsystem kan illustreres med en enkel model.

I selve undervisningen kan læreren igangsætte en forberedende parameterkontrol af materialerne, der skal anvendes: Hvor meget vejer de forskellige kugler? Hvad med vægt af den genstand, der udgør centrum? Eleverne kan også drøfte, hvor stramt eller slapt lærredet skal spændes. Disse data kan eleverne efterfølgende bruge til at drøfte udfaldet af undersøgelsen.

Næste skridt er at gennemføre selve undersøgelsen, sådan som det er illustreret i videoen 'Gravity Visualized' (se link ovenfor). Læreren kan nu inddele eleverne i grupper og instruere dem i at opspænde lærredet for at skabe en model af planeters bevægelser i både enkle og komplekse exoplanetsystemer, i systemer med flere stjerner, systemer med sorte huller eller andet. Helt lavpraktisk placeres et centrum (eller flere) i form af en tung genstand på lærredet, hvorefter eleverne gennemfører forskellige øvelser. Det kan være:

- At slippe en eller flere kugler af samme størrelse ved lærredets kant og se, hvordan denne eller de bevæger sig mod centrum
- At sætte en og efterfølgende flere kugler af samme størrelse i rotation i samme retning
- At sætte flere kugler af samme størrelse i rotation i modsat retning
- At sætte flere kugler af forskellig størrelse i rotation i samme retning

- At sætte flere kugler af forskellig størrelse i rotation i modsat retning.

Undervejs i øvelsen kan lærer og elever reflektere over, hvad undersøgelsen afslører om rotation og tyngde.

Som afslutning på undersøgelsen kan læreren igangsætte en opsamlende samtale, gerne med udvalgte demonstrationer af fænomener, som elevgrupperne kan have opdaget som led i undersøgelsen. Samtalen kan foregå i klassen eller i grupper, der parvis går sammen og giver hinanden feedback.



Tjekliste

Materialer til undersøgelsesforslag 1

- Stofstykke af spandex
- Stabil kasse eller "opspændingsskelet" (se link til video). Alternativt vaskebaljer med opspændt folie eller strækklagner
- Kugler af forskellig størrelse og masse.

Undersøgelsesforslag 2: Hvorfor vælter cyklen ikke?

Systemer, der roterer, opnår stabilitet – det gælder galakser såvel som cykelhjul. Men hvorfor egentlig? Og hvad betyder rotationshastigheden? I denne undersøgelse undersøger eleverne problemstillingen.

Formål

Eleverne erkender, at rotation har en stabiliserende effekt, som ses lige fra cykelhjul til galakser. Rotationen medfører et såkaldt angulært kraftmoment.

Fremgangsmåde

Undersøgelsen går ud på at demonstrere, hvordan rotation stabiliserer. Først kan eleverne prøve at stå på pedalerne på en cykel, der ikke bevæger sig. Når de har erfaret, at cyklen vælter, kan de reflektere over, hvorfor det ikke (så let) sker, når den er i fart. Hvilken rolle mon hjulets rotation spiller?

Derfter kan læreren instruere eleverne i at spinne et cykelhjul, der er ophængt i en snor på den ene side af navet. På trods af at hjulet kun er fæstnet til snoren på den ene side af navet, vil det kunne holde sig på højkant, når det roterer. Eleverne kan også snurre en snurretop. I begge undersøgelser er sammenhængen mellem hjulets eller snurretoppens rotationshastighed og den usynlige kraft, der holder dem stabile i lang tid, under lup.

Læreren kan sætte fokus på spørgsmål som: Hvad siger det om sammenhængen mellem rotation og kraft, at snurretoppen og hjulet ikke vælter, før rotationen er svækket? Og kan læringen fra de nære, dagligdags rotationsfænomener overføres til de fjerne – hvilken sammenhæng er der eksempelvis mellem hjulets rotation og Jordens og galaksers?

Som led i undersøgelsen kan læreren introducere faglige begreber om egenrotation, kraftmoment og præcession. Begreberne er vigtige at forstå, fordi de er universelle og blandt andet muliggør, at en motorcykel i fart ikke vælter, eller at jorden ikke kommer ud af sin bane.



Tjekliste

Materialer til undersøgelsesforslag 2

- Cykel, cykelhjul med håndtag ved nav eller ophængt i robust snor i nav og snurretop
- Gyroskop.

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 8. 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/naturvidenskabstrategien



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.



Bokksæt med 10 temamagasin

10 film i lang og kort version

Forskerne fra de 10 temamagasin præsenterer deres naturvidenskabelig forskning.



Podcasts



60 inspirationskataloger

(10 temaer til seks klassetrin)