

INSPIRATION TIL UNDERVISERNE

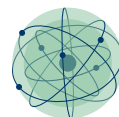
TIL VILD MED VIDEN SÆRUDGAVE
AF NIELS BOHR



Af Anja C. Andersen, professor Niels Bohr Institutet. November 2021

FORLAGET  PSILON.DK

VILD med VIDEN[®]



FORORD

For at fejre at det i 2021 er 100 år siden at Niels Bohr Institutet blev grundlagt, og at Niels Bohr i 1922 fik Danmarks første Nobelpris i Fysik, er det med stor glæde, at Niels Bohr Institutet i efteråret 2021 kan udsende Vild med Viden®-bogen *Niels Bohr Danmarks største videnskabsmand*, som en gave til alle landets 4. klasser.

Det er mit håb, at bogen vil danne grundlag for mange spændende samtaler om hvad videnskab er, hvad videnskab kan, og hvilken indflydelse videnskab har på vores hverdag.

Jeg håber, dette materiale kan give inspiration til undervisningen i klassen.

Anja C. Andersen
Professor
Niels Bohr Institutet
Oktober 2021



Gaven er udgivet med økonomisk støtte fra



AUGUSTINUS FONDEN

STIFTET 25. MARTS 1942



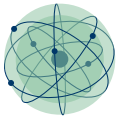
**AAGE OG JOHANNE
LOUIS-HANSENS FOND**

Distribueret af



Produceret af

FORLAGET  EPSILON.DK



INDLEDNING

At beskæftige sig med Niels Bohr spiller direkte ind *Naturvidenskabens ABC – de 10 grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser*. Naturvidenskabens ABC er udviklet som inspirationskilde for undervisere i grundskolen og på ungdomsuddannelserne. Den beskriver 10 grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser, der har stor betydning for udviklingen af naturvidenskaben som felt. De 10 naturvidenskabelige erkendelser er opstået på baggrund af mange menneskers nysgerrighed til at stille spørgsmål og foretage undersøgelser, et sådan nysgerrigt menneske var Niels Bohr.

Læs mere [her](#)

Niels Bohrs opdagelser revolutionerede videnskaben, og han bliver ofte betragtet som en af det tyvende århundredes største fysikere. Ud over sine bidrag til fysik kæmpede han også uophørligt for at føre verden ind på en kurs, som han troede på ville bringe fred og en ny velstand til alle.

Niels Bohr var en af mange bannerførere, der gerne ville vise at naturvidenskab er både en måde, at se verden på og en måde at arbejde med den på. Den gør os i stand til at reflektere over vores forhold til naturen, os selv, andre mennesker og til samfundet.

Niels Bohr italesatte også de æstetiske kriterier som eksempelvis enhed, enkelhed og elegance i teoretiske forklaringer, og overbevisningen om, at der i naturens hersker orden og harmoni, som har spillet en ofte afgørende rolle i naturvidenskabelig erkendelse, måske var udfordret med kvantemekanikken.

Jeg håber, at dette materiale, der er udarbejdet på baggrund af Naturvidenskabens ABC og de tilhørende progressionsbeskrivelser, kan give inspiration til klassen. Ideen bag Naturvidenskabens ABC er, at præsentere de grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser, der på tværs af videnskabelige discipliner udgør et fælles grundlag for vores naturforståelse. De er resultatet af mange århundreders videnskabeligt arbejde, og Niels Bohrs virke har været med til at lægge grundlaget for *Erkendelse 7 – Alt i Universet er opbygget af små partikler* og *Erkendelse 8 – Fundamentale fysiske naturkræfter virker overalt i Universet*.

Alle naturvidenskabelige erkendelser er gjort på baggrund af nogle fast etablerede og alment accepterede kriterier og værdier. Vi har altid en teoretisk forståelsesramme, der definerer, hvad vi leder efter. Det skal være muligt at afprøve vores ideer og kontrollere deres rigtighed gennem gentagelse af forsøg. Og endelig skal det være muligt at kunne forudsige nye resultater.

Når der arbejdes med Vild med Viden®-bogen om Niels Bohr, kan det derfor anbefales at hægte den direkte op på de progressionsbeskrivelser for de to erkendelser, som Astra har skabt for elever i naturfagsundervisningen fra indskoling til udskoling.

Læs mere progressionsbeskrivelserne til hver af de 10 erkendelser [her](#)



ERKENDELSE 7

Alt i Universet er opbygget af små partikler

Alt i Universet er opbygget af de 118 forskellige grundstoffer, der indgår i det periodiske system. Til sammenligning fandtes der i 2018 over 3.700 forskellige legoklodser. Grundstofferne er opbygget af atomer, som er byggestenen for levende væsner som mennesker og dyr, for ting, som vi bruger i hverdagen, fx plastik og metal, og for fjerne stjerner og planeter.

Nogle materialer er rene grundstoffer, det vil sige, at de kun består af én type atom. Det er for eksempel tilfældet for aluminiumsfolie, som kan bruges til at pakke madvarer ind i, mens kobberledninger og sølv- og guld- smykker kun er næsten rene, da de også indeholder andre grundstoffer, som gør dem mere robuste i brug. Men langt de fleste materialer består af flere slags atomer. Stål, som bruges til at lave stærke konstruktioner med, består typisk af en blanding af jern og kulstof og andre grundstoffer som fx. nikkel. Det er blandingsforholdet, og måden det er bearbejdet på under sammenblandingen, der bestemmer, hvor stærkt, og hvor bøjeligt det er.

Grundstofferne blev i 1869 opstillet af Dmitrij Mendeleev i grundstoffernes periodiske system. Dengang kendte man til 63 grundstoffer, i dag kender vi til 118, og vi er fortsat på jagt efter nye grundstoffer. De forskellige grundstoffer er placeret i en struktur – det periodiske system – hvor grundstofferne ordnes efter vægt og egenskaber. Konkret sker nummereringen efter det enkelte grundstofs kerneladning. De er nummereret efter antallet af protoner og arrangeret i rækker, således at grundstoffer, der står under hinanden, har nogenlunde samme egenskaber, når det kommer til at danne bindinger med andre atomer.

Atomer består af negative elektroner, som kredser rundt i bestemte baner om en positiv kerne. Denne model opstillede Niels Bohr i 1913. I 1932 opdagede man, at atomkerner består af positive protoner og neutrale neutroner. Et neutralt atom har samme antal elektroner, som det har protoner. Et atom, der har afgivet eller optaget en eller flere elektroner, og derved opnår en elektrisk ladning, kaldes en ion. Et grundstof kan forekomme i flere variationer (isotoper),

Grundstoffer og blandinger af grundstoffer kan enten være et fast stof, en væske, en gas eller et plasma. Disse fire kaldes forskellige tilstandsformer. Hvis man køler ned, vil en væske omdannes til fast stof, og hvis man varmer op, vil en væske overgå til gasform, og derefter ved meget høje temperaturer til et plasma. Overgangen mellem de forskellige tilstandsformer afhænger af, hvilket grundstof der er tale om. De forskellige tilstandsformer er karakteriseret ved forskellig opførsel for atomerne. I et fast stof sidder atomerne (eller ionerne) i bestemte positioner, i en væske er der mere bevægelse, og i en gas er atomerne (eller molekylerne) helt frie til at bevæge sig rundt. Atomernes fart er et udtryk for temperaturen.

Læs progressionsbeskrivelsen til *Erkendelse 7 [her](#)*



Progressionsbeskrivelsen til *Erkendelse 7* drejer sig om tre overordnede spørgsmål:

- Hvad er stof, og hvordan har vores forståelse af stof udviklet sig?
- Hvor kommer grundstofferne fra?
- Hvordan anvendes viden om de mindste “byggeklodser” til at udvikle ny viden og teknologi?

Centrale begreber i erkendelsen er:

- Stof
- Vægt
- Temperatur
- Tilstandsformer
- Materialer
- Stofomdannelse

De kan deles op i følgende delerkendelser:

- Alt stof kan deles i mindre dele.
- Alt stof har egenskaber fx vægt og temperatur.
- Vand kan ændre tilstandsform til både is og damp.
- Mennesket kan sammensætte stof til materialer med bestemte egenskaber.
- Intet stof forsvinder, men bliver omdannet til noget andet.

Eksempler på spørgsmål der kan arbejdes ud fra:

- Vej en blyant, en kartoffel, en pose kartofler, dig selv. Hvilke enheder bruger du?
- Hvordan virker et termometer?
- Koger vand ved samme temperatur ved havets overflade og oppe på toppen af et bjerg som fx Mount Everest i Himalaya?
- Undersøg: Vejer en isterning det samme, når den er frossen, som når den er optøet?
- Undersøg: Hvad betyder pilene i en model, der viser vandets kredsløb?
- Hvor kommer dug på glasset fra?
- Hvilke materialer er magnetiske, opløselige, kan lede strøm eller varme?
- Undersøg: Hvorfor er det smart med plastikhåndtag på et grydelåg?
- Hvad sker der med blade, når de falder af træerne?

Hent PDF med progressionsbeskrivelse for *Erkendelse 7* [her](#)

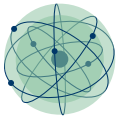


Forsøg der kan belyse de centrale begreber

Nedenfor er listet et forslag til en række udvalgte forsøg der kan hjælpe eleverne med forståelsen af de centrale begreber i *Erkendelse 7*. Forsøgene er alle fra testoteket.dk.

- Undersøg grænsen mellem fast og flydende form med slim. Forsøget kan bruges til at illustrere de forskellige tilstandsformer: fast, flydende og gas. Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg forskellen på flydeegenskaber i hhv. mættet saltvand og ferskvand. Forsøget viser, at der kan være forskel på væskers bæreevne, at væsker kan være mere eller mindre “tykflydende” afhængig af væskens viskositet, som det kaldes på fagsprog. Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Byg et termometer og mål temperaturer. Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg magnetiske egenskaber. Nogle stoffer/materialer er magnetiske, mens andre ikke er. Undersøg forskellige materialer og se, om der er nogle særlige kendetegn ved de materialer, som hhv. er eller ikke er magnetiske.
Læs vejledningen til forsøget med magneters tiltrækning [her](#)
Læs vejledningen til forsøget med magneters styrke [her](#)
- Undersøg materialers gennemsigtighed for lys. Nogle materialer er mere gennemsigtige for lys end andre. I dette forsøg undersøges det, hvordan lyset påvirkes på vej gennem forskellige materialer. Det giver indsigt i stoffernes forskellige egenskaber, mere specifikt i hvordan lyset brydes på sin vej gennem stoffet (brydningsindeks). Læs vejledningen og se filmen om usynlighedsmaskinen [her](#)
- Undersøg hvad der sker, når man blander forskellige væsker og stoffer. Hvilke er lette og flyder oven på, hvilke er tungere og ligger sig under de lette. Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg hvordan væskers overfladespænding virker. Overfladespænding siger noget om, hvor god en væske overflade er til at holde sammen på sig selv, så den fx kan bære ting.
Læs vejledningen til forsøget med vandkugler [her](#)
Læs vejledningen til forsøget med overfladespænding [her](#)
- Dyrk krystaller ud af væsker. Når salte opløses i fx vand, så vil de udkondensere og danne krystaller, som vandet fordamper. Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg tunge og lette væsker (viskositet). Ved at konstruere en lavalampe kan det illustreres, hvordan nogle væsker er tungere end andre, og hvordan opvarmning til en højere temperatur kan ændre væskers egenskab (deres viskositet). Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg væskers frysepunktet. Forskellige stoffer fryser ved forskellige temperaturer. Saltvand fryser fx ved lavere temperaturer end ferskvand. Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg væskers kogepunkt. Forskellige væsker koger ved forskellige temperaturer.
Læs vejledningen til forsøget [her](#)

Find flere forsøg og undersøgelser på testoteket.dk



ERKENDELSE 8

Fundamentale fysiske naturkræfter virker overalt i Universet

Naturkræfter betyder her de grundlæggende kræfter, der står for alle vekselvirkningerne i Universet. Dem er der flere af, nemlig tyngdekraft, elektromagnetiske kræfter samt den stærke og den svage kernekraft. De to første oplever vi i hverdagen, hvorimod vi ikke umiddelbart ser de to kernekræfter, da disse virker inden i atomkernerne og derfor kun opleves indirekte. Alle andre kræfter kan beskrives ud fra disse fire fundamentale kræfter. Når man kender til de fire fundamentale naturkræfter, og hvordan de virker i Universet, kan det både hjælpe en med at forstå dagligdags begivenheder bedre, fx satellitter, strøm fra vindmøller eller atomkraft, men også være en inspiration til at lære mere om teorierne bag Big Bang eller blive klogere på de nyheder, der jævnligt kommer fra for eksempel det store forskningsanlæg CERN ned ved Frankrig og Schweiz som Niels Bohr var med til at grundlægge.

Tyngdekraften var den første af de fire fundamentale naturkræfter, der blev formuleret en naturlov for. Det var ikke Isaac Newton, der som sådan opdagede tyngdekraften – det er jo en kraft, som alle på Jorden er vant til at mærke og udnytte – men Newton var den første til at beskrive den matematisk. Det er som konsekvens af tyngdekraften, at vi på Jorden oplever tidevand, hvor tyngdekraften fra Månen og Solen påvirker havvandet på Jordens overflade. Det er også tyngdekraften, der holder planeterne i baner rundt om Solen samt holder stjernerne sammen i galakserne.

Den elektromagnetiske kraft er også en kraft, som vi kan mærke i hverdagen. Den handler om sammenhængen mellem elektrisk ladede partikler og magnetfelter. Denne kraft indeholder påvirkningen mellem elektriskladede partikler alene – fx når man får stød efter at have gået på et gulvtæppe – og mellem magneter, hvor to nord-poler frastøder hinanden. Når der både er ladninger og magnetfelter til stede, taler man om elektromagnetisme. Elektromagnetismen er den naturkraft, der er i spil i produktionen af elektricitet, som fremstilles ved at bevæge en magnet forbi en spole af ledninger. Herved opstår (induceres) der en strøm i spolen. På elkraftværker og i vindmøller er det en turbine, der bevæger et antal magneter, som gennem deres bevægelse skaber en strøm. På den måde får vi omformet bevægelsesenergi til elektrisk energi. Jo mere bevægelse, desto mere strøm induceres der, men det gælder også at jo kraftigere en magnet, desto mere strøm. Det er en af grundene til, at der stadig i dag forskes i at lave meget stærke magneter.

Tyngdekraften og den elektromagnetiske kraft kan ses og mærkes på afstande og genstande, som vi umiddelbart ser i vores hverdag. Det gælder ikke for den stærke og den svage kernekraft, da de virker på det atomare niveau. I atomkernerne er nukleonerne bundet sammen af den stærke kernekraft. Den svage kernekraft giver anledning til radioaktivt henfald, hvor et grundstof med et bestemt antal protoner ændres til et andet grundstof med flere eller færre protoner. Hvad der præcist sker, afhænger af antallet af protoner og neutroner i atomkernen.

Læs progressionsbeskrivelsen til *Erkendelse 8* [her](#)



Progressionsbeskrivelsen til *Erkendelse 8* drejer sig om tre overordnede spørgsmål:

- Hvordan hænger kraft og bevægelse sammen?
- Hvilken betydning har naturkræfter i hverdagen?
- Hvordan kan naturkræfterne hjælpe os med at forstå verden og Universet?

Centrale begreber i erkendelsen er:

- Kraft
- Tyngdekraft
- Lys
- Kræfter
- Gnidningsmodstand
- Magnetisme
- Solsystem
- UV-lys

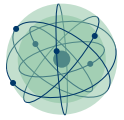
De kan deles op i følgende delerkendelser:

- Kræfter kan påvirke ting.
- Tyngdekraften trækker alt ned mod jorden.
- Solens synlige lys har alle farver i sig.
- Kræfter kan få ting til at bevæge sig hurtigere eller langsommere.
- Gnidningsmodstand er en kraft, der bremser ting.
- En magnet har poler, frastødningskræfter og tiltrækningskræfter.
- Tyngdekraften holder planeterne fast i deres baner om Solen.
- Solens lys indeholder lys, vi kan se og lys, vi ikke kan se (UV-lys).

Eksempler på spørgsmål der kan arbejdes ud fra:

- Hvordan får man en gyngesving til at gynges højt?
- Hvad skal der til for at skyde kramper fra en slangebøsse langt? Hvor lander de og hvorfor?
- Hvad kan tyngdekraften bruges til?
- Hvordan kan du selv lave en regnbue?
- Hvilken forskel er der på, hvordan forskellige ting glider ned ad en skrå rampe? Hvad betyder underlaget for hastigheden?
- Hvordan er det muligt at flytte noget uden at røre ved det?
- Hvordan virker forskellige magneter?
- Hvad vejer du på Månen?
- Hvordan virker solcreme?

Hent PDF med progressionsbeskrivelse for *Erkendelse 8* [her](#)



Forsøg der kan belyse de centrale begreber

Nedenfor er listet et forslag til en række udvalgte forsøg der kan hjælpe eleverne med forståelsen af de centrale begreber i *Erkendelse 8*. Forsøgene er alle fra testoteket.dk.

- Byg en raket som illustration af hvordan hastighed “trods” tyngdekraften og få raketten til at flyve opad.
Læs vejledningen til forsøget med raketten og bagepulver [her](#)
Læs vejledningen til forsøget med ballonraketten [her](#)
Læs vejledningen til forsøget med at bygge en affyringsrampe og raket [her](#)
- Undersøg magnetiske kræfter og se hvordan de kan få et tog til at svæve så toget kan bevæge sig hurtigt og uden friktion. Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg kræfter og friktion, ved at se på hvordan der kan være modstand, når en kraft skubber noget frem. Hvor meget modstand afhænger af, hvor meget friktion der er.
Læs vejledningen til forsøg med cola-flaske bremsset af papirclips [her](#)
Læs vejledningen til forsøget med vand, damp, kraft og bevægelse [her](#)
- Undersøg tryk, hvad er højt tryk, og hvad er lavt, hvordan påvirker det en ballon.
Læs vejledningen til forsøget [her](#)
- Undersøg tyngdekraftens påvirkning dels på din egen krop og ved at se på hvordan forskellige genstande falder i det tyngdefelt som Jorden udgør.
Læs vejledningen til forsøget, om man kan drikke vand mens man står på hovedet, [her](#)
Læs vejledningen til forsøget om vægtløshed [her](#)
Læs vejledningen til forsøget med tennisbold og fjeder [her](#)
Læs vejledningen til forsøget om vægtløshed i en sodavandsflaske [her](#)
- Lav din egen regnbue, og undersøg hvordan hvidt lys brydes og består af flere forskellige farver lys.
Læs vejledningen til forsøget [her](#)

Find flere forsøg og undersøgelser på testoteket.dk

Hvis eleverne har lyst til at gå Niels Bohr i bedene og arbejde med den naturvidenskabelige metode på en nærværende og sjov måde, så er *Min Vildeste Ide* et godt sted at starte. Det giver eleverne mulighed for at finde innovative løsninger på en naturvidenskabelige problemstilling, de selv vælger. Eleverne har mulighed for at deltage i en konkurrence om den bedst ide ved at illustrere deres opfindelse eller ide og indsende den til Unge Forskere.

Læs mere om *Min Vildeste Ide*-konkurrencen [her](#)

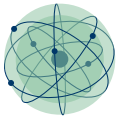


Yderligere materiale

Der er her listet en række forslag til yderligere materiale, der kan belyse kvantemekanik og materialers egenskaber i børnehøjde.

Bøger:

- *Vild med Viden-serien, Forlaget Epsilon*
Bøgerne dækker over mange forskellige emner og er kendetegnet ved, at de alle er skrevet af danske fagfolk eller forskere, der er specialister på fagområdet. Bøgerne henviser desuden til et besøgssted i Danmark, hvor man kan finde yderligere viden om emnet.
Der er november 2021 udgivet 113 titler, og stadig flere på vej.
Læs mere om bøgerne [her](#)
- *Finn Foton og Kvantefysikken*
Af Jan Egesborg, Johannes Tows og Pia Bertelsen
Polyteknisk Forlag (2018)
Bogen forsøger at illustrerer nogle af kvantefysikkens hovedpointer på børneniveau.
- *Finn Foton og Elektromagnetismen*
Af Jan Egesborg, Johannes Tows og Ulrich Busk Hoff
Polyteknisk Forlag (2020)
En sjov historie der underbygger en forståelse af hvad elektromagnetisme er.
- *Bogen om Verden*
Af Johan Olsen
Politikens Forlag (2019)
Bogen kortlægger Universets og livet udvikling fra Big Bang og til i dag.
- *Hvad er et æg?*
Af Johan Olsen
Politikens Forlag (2019)
Bogen inviteret indenfor i et univers af naturvidenskabelige spørgsmål.
- *Hovedbrud – naturvidenskab og filosofi*
Af Johan Olsen og Vincent Hendriks
Gads Børnebøger (2020)
Bogen præsenterer naturvidenskaben og filosofiens allermest spændende temaer og spørgsmål gennem 20 vidt forskellige emner, som spænder over alt fra klima, kærlighed, sprog og til livets

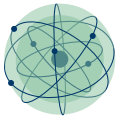


store spørgsmål om hvem vi er egentlig er, og hvor stor uendelighed egentlig er.

- *Kompasnålen*
Af Johan Olsen
Politikens Forlag (2020)
Historie om Danmarks store videnskabsmand H.C. Ørsted og hans fantastiske opdagelse af elektromagnetismen.
- *Big Bang, rummissioner og liv på Mars*
Af Thomas Bjørnstrøm & Anja C. Andersen.
Carlsens Forlag (2021)
En bog om universet for børn

Yderligere materiale på YouTube:

- [*Kvante Karina fortæller om dobbelt spalte eksperimentet*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om spøgelspartikler \(neutrinoer\)*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om elementarpartikler*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om atomer*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om kvanter*](#)
- [*Kvante Karina på tidsrejser*](#)
- [*Kvante Karina om stof og antistof*](#)
- [*Kvante Karina om kvarker som protoner og neutroner består af*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om initial systemer*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om tyngdebølger*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om mørkt stof og mørk energi*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om Solen*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om stjerner*](#)
- [*Kvante Karina fortæller om sorte huller*](#)



Yderligere materiale som podcast:

- [Hvordan opstår krystaller?](#)
- [Hvordan opstår en regnbue?](#)
- [Hvorfor er vand vådt?](#)
- [Hvorfor lyser solen?](#)
- [Unge forskere fortæller](#)

Andre gode steder:

- [Niels Bohr Institutets fysikleksikon](#)
- [Niels Bohr Institutets Spørg om Fysik](#)
- [Kvantebanditter.dk](#)
- [Videnskab.dk](#)
- [Lex.dk](#)
- [Astra.dk](#)