



BØRNE- OG  
UNDERVISNINGSMINISTERIET



# Naturvidenskabens ABC

10 grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser

Inspiration til undervisningen i naturfag i grundskolen og naturvidenskabelige fag på ungdomsuddannelserne

NOVEMBER 2021

## **Naturvidenskabens ABC**

### **10 grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser**

Inspiration til undervisningen i naturfag i grundskolen og naturvidenskabelige fag på ungdomsuddannelserne

November 2021 (4. udgave)

**Redaktion:** Anja C. Andersen, formand for ekspertgruppen

#### **Ekspertgruppen for Naturvidenskabens ABC:**

Anja C. Andersen, Alexander von Oettingen, Claus Michelsen, Høgni Kalsø Hansen, Lene Lange, Lotte Bjerre Knudsen, Jane Hvolbæk Nielsen, Peter C. Kjærgaard

#### **Bidrag til redaktionen af teksten:**

Rasmus Vincentz, Habitats ApS, Rebekka Johanne Knudsen, Kile Kommunikation

#### **Layout, illustrationer og infografik:**

Tobias Scheel Mikkelsen / WhatWeDo

#### **Grafisk opsætning:**

Presse- og Kommunikationssekretariatet, Børne- og Undervisningsministeriet

#### **Fotos:**

iStock, Alamy Stock Photo, Allan Moe/Ritzau Scanpix, Københavns Universitet, Michael Shapiro/michaelshapiro.net, Joachim Adrian/Politiken/ Ritzau Scanpix, CERN, Shutterstock, ESA/Hubble & NASA.

ISBN nr: 978-87-603-3262-3

Publikationen kan hentes på [www.emu.dk](http://www.emu.dk)

# INDLEDNING

Gennem historien har naturvidenskabens kvinder og mænd opdaget fantastiske skabninger og fænomener på hele kloden. De har været nysgerrige og har haft mod til at stille spørgsmål og foretage undersøgelser, som har været afgørende for, at vores samfund har kunnet udvikle sig til, hvad det er i dag.

En grundlæggende forståelse og interesse for naturvidenskab er vigtig fordi:

- Naturvidenskab er en måde at se verden på og en måde at arbejde med den på.
- Naturvidenskab gør os i stand til at reflektere over og forholde os kritisk til vores forhold til naturen, os selv og samfundet.
- Naturvidenskab gør os i stand til at betragte og forstå verden, og hvordan menneskets adfærd påvirker verden.
- Naturvidenskab giver os viden og værktøjer til at ændre verden og vores fælles fremtid.
- Naturvidenskab åbner døre til en spændende og forunderlig verden.

## INSPIRATION TIL UNDERVISNINGEN

Naturvidenskabens ABC er udviklet som inspirationskilde for undervisere i grundskolen og på ungdomsuddannelserne. Den beskriver 10 grundlæggende naturvidenskabelige erkendelser, der har haft stor betydning for udviklingen af naturvidenskaben som felt.



I Naturvidenskabens ABC præsenteres naturvidenskabelig kernefaglighed. Den publikation, du sidder med nu, er en pixiverision af Naturvidenskabens ABC. Den fulde udgave af Naturvidenskabens ABC giver meget mere inspiration til at sætte de 10 erkendelser ind i en aktuel kontekst, der opleves som relevant for eleverne i deres hverdag og i forhold til deres tanker om fremtiden.

Se den fulde version på [www.emu.dk](http://www.emu.dk) og find undervisningsforløb og anden inspiration til undervisningen på [www.naturvidenskabensabc.dk](http://www.naturvidenskabensabc.dk).

# METODER OG PRINCIPPER I NATURVIDENSKAB

Viden om naturvidenskabelige metoder er vigtig både for at kunne forstå, hvordan den eksisterende viden er frembragt, samt at eksperimentere med ny viden og erkendelser.

Evnen til selv at kunne anvende metoderne er også en forudsætning for at kunne analysere og forholde sig kritisk og kompetent til store mængder data, informationer og historier om nye forskningsresultater.

Det er grundlæggende for naturvidenskabelige arbejdsmetoder:

- at stille spørgsmål og definere problemer
- at finde og opstille relevante hypoteser og teorier samt udvikle eksisterende teorier
- at indsamle data systematisk
- at udvikle og anvende modeller
- at planlægge og gennemføre undersøgelser
- at analysere og fortolke data.

*”En ekspert er en person, som har begået alle de fejl, som det er muligt at begå inden for et begrænset område”*

Niels Bohr, dansk verdensberømt fysiker



## VIDEN ER IKKE ABSOLUT

Vores viden om naturen og dens fænomener er et resultat af menneskelig aktivitet i en særlig social praksis, den naturvidenskabelige forskning. Denne praksis har til formål at frembringe udsagn om, hvordan ting opfører sig, og hvordan fænomener kan forklares. Naturvidenskaben beskriver det universelle og lovmæssige – det, som sker hver gang. Det er muligt at tolke den naturvidenskabelige erkendelse som et udtryk for naturen, omend ikke nødvendigvis en absolut gengivelse af disse forhold. Som al anden viden er naturvidenskabelig viden principielt foreløbig. Naturvidenskabelig viden kan ændres over tid, når vidensgrundlaget ændres, eller data og observationer giver ny erkendelse.

## DET VIDENSKABELIGE ARBEJDE BØR VÆRE OBJEKTIVT

Det videnskabelige arbejde bør være objektivt, altså sagligt, uafhængigt og baseret på undersøgelser. Systematiske metoder og viden om alle aspekter af disse er med til at sikre så stor objektivitet som muligt på et givent tidspunkt.

## BEVIDSTHED OM DE VIDENSKABELIGE VALG

Absolut objektivitet er meget svært at opnå. Et undersøgelsesdesign eller eksperiment vil altid være forbundet med en række subjektive valg, eller tilnærmelser, som skal repræsentere den ideelle situation.



# MULIGHEDER, DILEMMAER OG ETIK ER EN INTEGRERET DEL AF NATURVIDENSKABEN

Naturvidenskabelig forskning giver ny viden, men kan samtidig skabe nye problemer som følge af den viden. Opfindelser og udvikling af ny teknologi har stort set altid en bagside, der kan medføre nye og endnu ukendte problemstillinger.

***Opfindelsen af flyvemaskinen** har revolutioneret vores bevægelsesmuligheder, men samtidig medført udledning af CO<sub>2</sub> i et omfang, der gør flytrafikken til en af de helt store bidragsydere til globale temperaturstigninger.*

***Opdagelsen af atomkraft** gav på den ene side adgang til effektiv produktion af CO<sub>2</sub>-fri energi, men på den anden side medførte atomkraft en ny risiko for radioaktiv forurening som følge af ulykker og udvikling af atomvåben.*

## NATURVIDENSKABENS MULIGHEDER OG DILEMMAER:

Der er mange eksempler på dilemmaer og problemstillinger, som kan være relevante at tage op i undervisningen, hvor eleverne også kan give deres bud på naturvidenskabelige opfindelser, der har skabt dilemmaer.

Den nyeste naturvidenskabelige forskning og teknologiudvikling rummer også mange etiske problemstillinger, som kalder på en åben diskussion i samfundet.

## NATURVIDENSKABEN STILLER OS OVER FOR VALG, SOM FÅR BETYDNING FOR SAMFUNDET:

*Den enkeltes fravalg af børnevacciner kan øge sygdomsforekomsten i samfundet.*



*Sprøjtning med pesticider i landbruget er på den ene side med til at øge afgrødeudbyttet og dermed forbedre fødevarer sikkerheden for Jordens voksende befolkning. På den anden side kan pesticider give udfordringer ift. drikkevandet, og fund af pesticider er jævnligt årsag til lukning af drikkevandsboringer i Danmark.*

# NATUREN SKAL OPLEVES OG NYDES

Undervisningen kan også give grobund for æstetiske oplevelser, der afspejler naturen, som noget vi kan opleve og forme, og ikke mindst som noget, der former os.

Æstetiske kriterier som eksempelvis enkelhed og elegance i teoretiske forklaringer og troen på naturens orden og harmoni har ofte spillet en afgørende rolle i naturvidenskabelig erkendelse. Den æstetiske komponent af naturvidenskab kan gøre relationen mellem menneske og natur tydelig og åbne for virkelighedens uendelighed af hemmeligheder.



For mere end 2000 år siden udviklede pythagoræerne en filosofi baseret på, at universet var skabt så godt og smukt, dvs. harmonisk, som muligt. Derfor mente de, at Jorden var en kugle – den mest regelmæssige form, der fandtes, og de forestillede sig, at planeterne sad fast på ligeledes kugleformede skaller, der drejede omkring Jorden. Når de kæmpestore skaller, som planeterne sad på, roterede inde i hinanden, måtte der opstå lyd, "sfærernes musik".

Den tyske naturforsker Alexander von Humboldt udgav i 1845 fembindsværket "Kosmos", der beskriver hele den materielle verden fra galakser til den enkelte plantes geografi. I værket beskriver Humboldt sin søgen efter en enhed i naturen, hvor kosmos viser sig som et naturmaleri (Naturgemälde), der forener mennesket og naturen.



Den tyske naturvidenskabsmand Alexander von Humboldt (1769-1859) har været grundlæggende for den måde, vi forstår og beskriver naturen på i dag. Hans beskrivelser af naturen er sproglige mesterværker, der inspirerede store kunstnere. Ved lysfestivalen i Berlin i 2019 kunne man se Humboldt i en farverig lysinstallation på muren af Humboldt Universitetet.

# 10 GRUNDLÆGGENDE NATURVIDENSKABELIGE ERKENDELSE

Ekspertgruppen bag Naturvidenskabens ABC har udvalgt 10 naturvidenskabelige erkendelser, som er grundlæggende for forståelse og anvendelse af naturvidenskab. Ekspertgruppen har blandt andet fundet inspiration i publikationen "Big Ideas of Science Education", der er udarbejdet af en gruppe internationale forskere med baggrund i naturfagsundervisning, og det amerikanske "A Framework for K-12 Science Education Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas".

De grundlæggende erkendelser i Naturvidenskabens ABC er tilpasset en dansk kontekst. Der er medtaget både danske og internationale cases og vigtige personer for videnskaben, som har betydning for forståelsen af erkendelserne. Feltet af kernefaglige nedslag er enormt, og i Naturvidenskabens ABC er udvalgt en række nedslag og personligheder, der tilsammen udgør et solidt fagligt afsæt for, hvad børn og unge vil have glæde af at vide i naturfagene i grundskolen og i de naturvidenskabelige fag på ungdomsuddannelserne. Det er dermed et forslag til, hvad eleverne kan introduceres til i løbet af deres skolegang med henblik på at opnå en naturvidenskabelig grundforståelse og dannelse.

I denne pixiversion af Naturvidenskabens ABC introduceres hver af de 10 grundlæggende erkendelser, og der oplistes en række kernefaglige nedslagspunkter og vigtige personer for videnskaben. I den samlede Naturvidenskabens ABC gives en mere dybdegående præsentation af de kernefaglige nedslag, cases og vigtige personer, ligesom der kan findes en litteraturliste med referencer og inspiration til yderligere læsning.

## Naturvidenskabens ABC er udarbejdet med inspiration fra

- Harlen, Wynne. Et al. (2010) 'Principles and big ideas of science education', hentet 25/02/20, <https://www.ase.org.uk/bigideas>

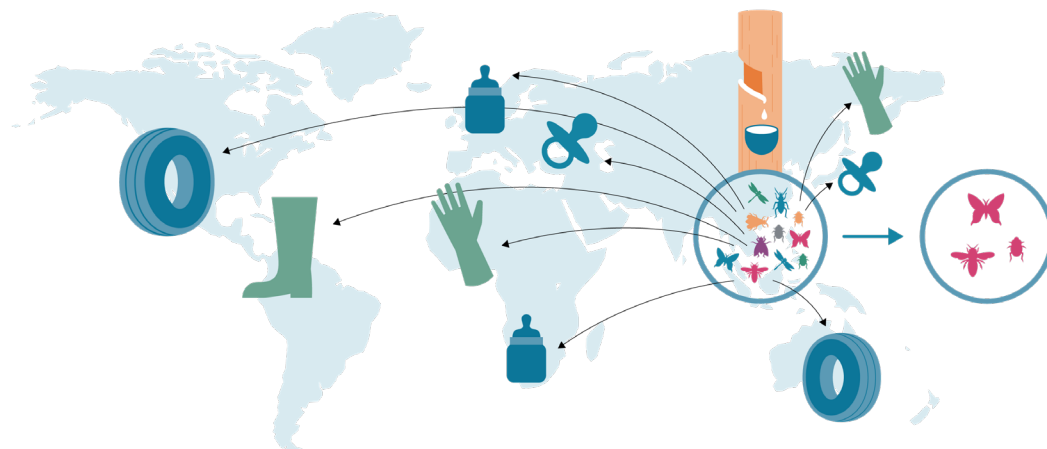
- National Research Council (2012) 'A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas', hentet 25/02/2020, [https://sites.nationalacademies.org/dbasse/bose/framework\\_k12\\_science/index.htm](https://sites.nationalacademies.org/dbasse/bose/framework_k12_science/index.htm)

## DE 10 GRUNDLÆGGENDE NATURVIDENSKABELIGE ERKENDELSE I NATURVIDENSKABENS ABC

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.

## ERKENDELSE 1

# Natur, mennesker og samfund påvirker hinanden gensidigt



Global efterspørgsel på rågummi har ført til omlægning af store skov- og landbrugsarealer i Sydøstasien med fald i biodiversiteten til følge.

Naturvidenskab har gennem årtusinder spillet en nøglerolle i, at mennesket er blevet dygtigere til at udnytte naturen og forbedre sine levevilkår. Verdens befolkning nærmer sig inden for få årtier 9-10 milliarder mennesker og med en hastig teknologisk udvikling, er spørgsmålet om spillet mellem mennesker og natur mere aktuelt end nogensinde.

Man kan sige, at vi er gået fra "at være små samfund på en stor planet til at være et stort samfund på en lille planet". Det er derfor vigtigt at kende til både historiske opfattelser af menneskets afhængighed af naturen såvel som erkendelser fra nyere forskning, der kan sikre et godt grundlag for menneskets og samfundets eksistens.

Den svenske klimaforsker Johan Rockström siger, at vi er gået fra "at være små samfund på en stor planet, til at være et stort samfund på en lille planet."

Inden for den naturvidenskabelige forskning taler man om den antropocæne tidsalder, som den tidsalder, vi lever i nu. Den er kendetegnet ved menneskets afgørende påvirkning af Jorden.

## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Grænser for menneskets aktiviteter, og væksten i samfundet:** Romklubbens rapport "Grænser for vækst" (1972) sætter fokus på scenarier for og konsekvenser af menneskets samspil med naturen.
- **Menneskeskabte klimaforandringer og drivhuseffektens effekt:** Allerede i midten af 1800-tallet identificerede Eunice N. Foote i sin forskning en drivhuseffekt i klodens klima.
- **Globalisering og lokalt aftryk:** Eksportbaseret arealanvendelse har konsekvenser for de områder, hvor produktion omlægges.
- **Planlægning og forvaltning:** Der er sammenhæng mellem samfunds evne til at overleve, og hvordan de reagerer på politiske, sociale og miljømæssige ændringer.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### **Eunice N. Foote (1819-1888)**

Amerikansk forsker i atmosfærisk kemi og ligestillingsfortaler. Footes opdagelser har skabt grundlaget for senere forskning og teoretisering om sammenhæng mellem udslip af CO<sub>2</sub> og klimaændringer.

### **Fritz Haber (1868-1934)**

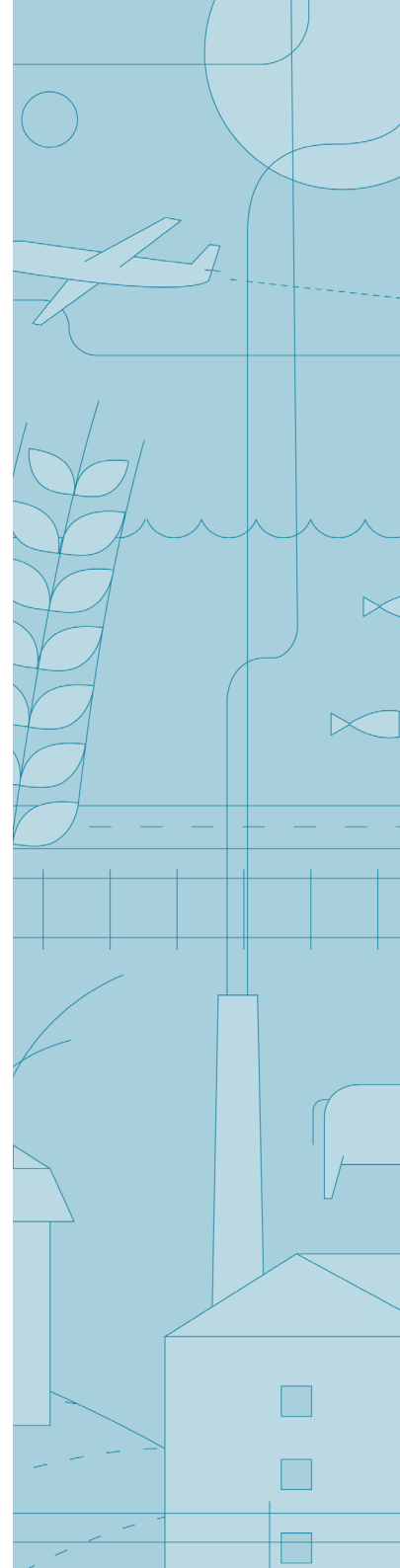
Tysk kemiker, der er kendt for sit bidrag til at udvikle Haber Bosch processen, der er grundlaget for produktionen af kunstgødning. Hans opdagelser kan også bruges i krigssammenhæng.

### **Walter Christaller (1893-1969)**

Tysk geograf, der udviklede en teori kaldet Central Place, som dannede grundlag for forståelsen af, at byers lokalisering kunne forstås ud fra et funktionssystem. Baseret på simpel matematisk modellering har Christallers teori spillet en stor rolle i den strategiske by- og regionalplanlægning.

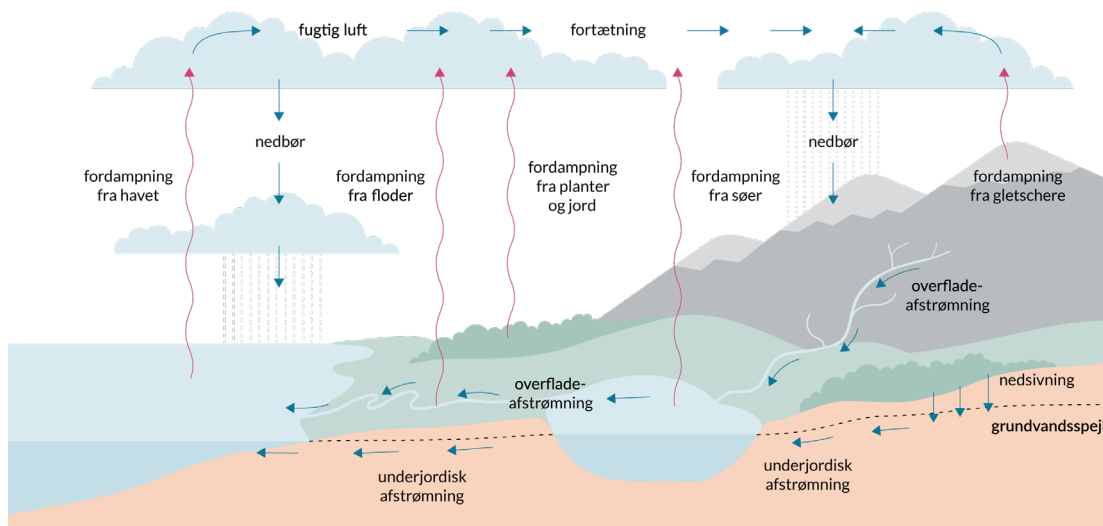
### **Jared Diamond (1937-)**

Amerikansk professor i geografi, som argumenterer for, at civilisationers udvikling og kollaps kan forklares i et biogeografisk perspektiv.



## ERKENDELSE 2

### Jordens overflade og klima udgør et dynamisk system



*Vandets kredsløb er essentielt for livsbetingelserne på Jorden.*

Jordens overflade og klimasystem er under konstant forandring. De processer, der former Jordens overflade, kan virke hurtigt som for eksempel et vulkanudbrud, kysterosion eller mudderskred. Men de fleste processer virker på tidsskalaer, der overstiger et menneskes levetid, eksempelvis hævnning og sænkning af land, dannelse af bjergkæder og floddale samt gletsjerbevægelser og ørkenspredning.

Jordens klima indgår i et dynamisk system med overfladen og varierer over tid. Klimaet påvirker livsbetingelser og landskabsdannende processer. Omvendt påvirker de landskabsdannende processer også klimaet eksempelvis ved at påvirke den kemiske sammensætning af atmosfæren.

Organiske processer på Jorden har over tid omdannet og formet overfladen, eksempelvis ved at danne kul, olie og gas. Planter, dyr, svampe og bakterier har fortsat indflydelse på Jordens overflade, da de bidrager med at danne og omdanne organisk materiale i jordoverfladen.

Mennesket påvirker Jorden på linje med naturens kræfter. For eksempel flytter mennesket nu mere jord om året end kloden selv, og hvis man tager alt det beton, der er produceret i verden, så dækker det hele planeten i et lag på to millimeter.

## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Globale havstrømme:** Havstrømme udgør et globalt kredsløb, og hvis de ændres, påvirker det lokale klimaforhold og dermed livsbetingelser for planter, dyr og mikroorganismer.
- **Vandets kredsløb:** Vand er grundlaget for liv og indgår i et kredsløb, der er essentielt for at forstå livsbetingelserne på Jorden.
- **Pladetektonik:** Jordens yderste lag består af tektoniske plader, der bevæger sig. Man har fundet beviser på denne kontinentaldrift ved at undersøge ensartede plante- og dyrefossiler, der er fundet på forskellige kontinenter.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

**Niels Steensen (1638-1686)**

**Også kendt som Nicolaus Steno**

Dansk videnskabsmand, der især er kendt som en af grundlæggerne af geologien, hvilket han gjorde med udgangspunkt i blandt andet fossile hjattænder fundet i bjergene i Norditalien.

**Alexander Von Humboldt**

**(1769-1859)**

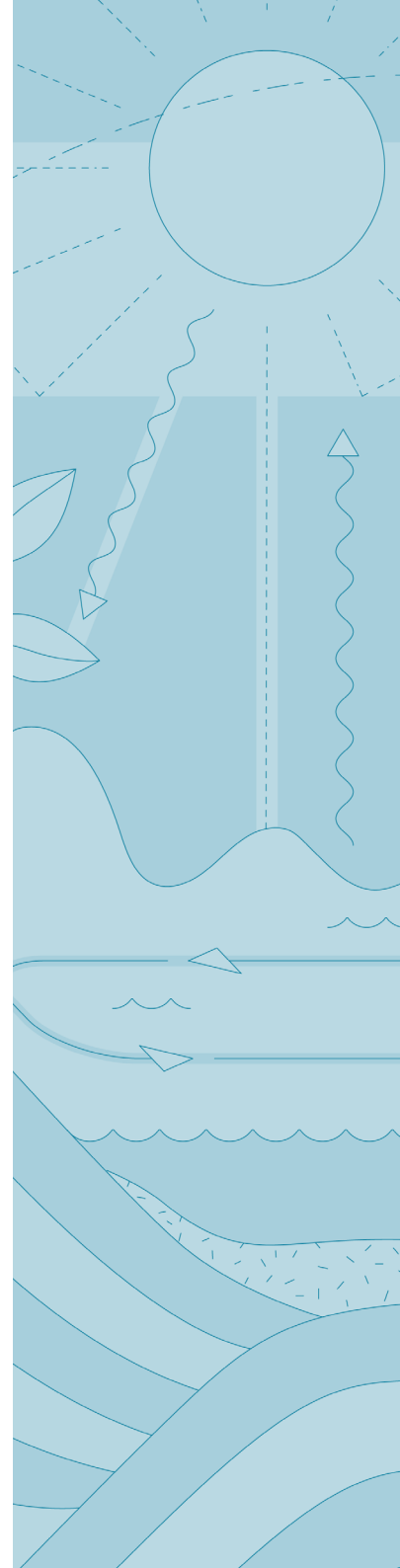
Preussisk videnskabsmand, der har bidraget til videnskaben med opdagelser af blandt andet Jordens klimabælter og isotermerne.

**Alfred L. Wegener (1880-1930)**

Tysk geofysiker, meteorolog og polarforsker, der er kendt for sin, dengang stærkt kontroversielle, teori om, at kontinentalpladerne bevæger sig.

**Inge Lehmann (1888-1993)**

Dansk seismolog, der er kendt for, som den første, at have påvist, at Jordens kerne ikke bare er flydende, men at den har en fast kerne.





## ERKENDELSE 3

### Jordens ressourcer er konstante og indgår i et kredsløb



*Brug af vedvarende energikilder kan være med til at mindske den globale CO<sub>2</sub>-udledning.*

Jordens økosystem påvirkes af, hvordan de forskellige ressourcer udnyttes. De fossile brændstoffer som olie og kul er blevet dannet ved biologiske processer gennem flere hundrede millioner år, mens udvinding af disse er foregået gennem få århundreder. Brug af Jordens ressourcer kræver samtænkning af naturvidenskabelige og samfundsvidenskabelige metoder og viden.

Jordens ressourcer er begrænsede og ændrer sig i takt med, at mennesket anvender eller omsætter disse. Jorden fungerer som ét system, hvor geologiske, fysiske, kemiske, biologiske og menneskelige processer påvirker systemets tilstand.

*Et skift til nye måder at bruge Jordens ressourcer kræver ændret adfærd og samtænkning af naturvidenskabelige og samfundsvidenskabelige metoder og viden.*

*Med viden- og teknologibaserede virksomheder står Danmark stærkt og kan bidrage betydeligt til udvikling inden for ressource- og klimaområdet. Det kan f.eks. være udvikling af nye produkter, der bidrager til øget cirkularitet i ressourceanvendelsen.*



## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Undersøgelser, der førte til erkendelse af klimaforandringen:** Studier har vist, at historisk tilstedeværelse af CO<sub>2</sub>, kan måles ved at undersøge tidslag i en borekerne gennem Grønlands indlandsis. Herved har forskere påvist store ændringer i CO<sub>2</sub>-mængden gennem tiden.
- **Industrialisering, teknologiudvikling og befolkningsvækst førte til øget udledning af drivhusgasser:** Udvinning af olie til brændstof og udvikling af forbrændingsmotoren gav basis for øget mobilitet via bil og fly, som blev en væsentlig kilde til CO<sub>2</sub>-udledning.
- **Ny naturvidenskabelig viden og teknologi kan reducere udledninger og give mere lige adgang:** Naturvidenskabelige gennembrud skaber fundament for at erstatte fossilt baserede produkter med biobaserede og udvikle eksempelvis grønnere teknologier som vedvarende energi baseret på vind, sol og geotermi.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

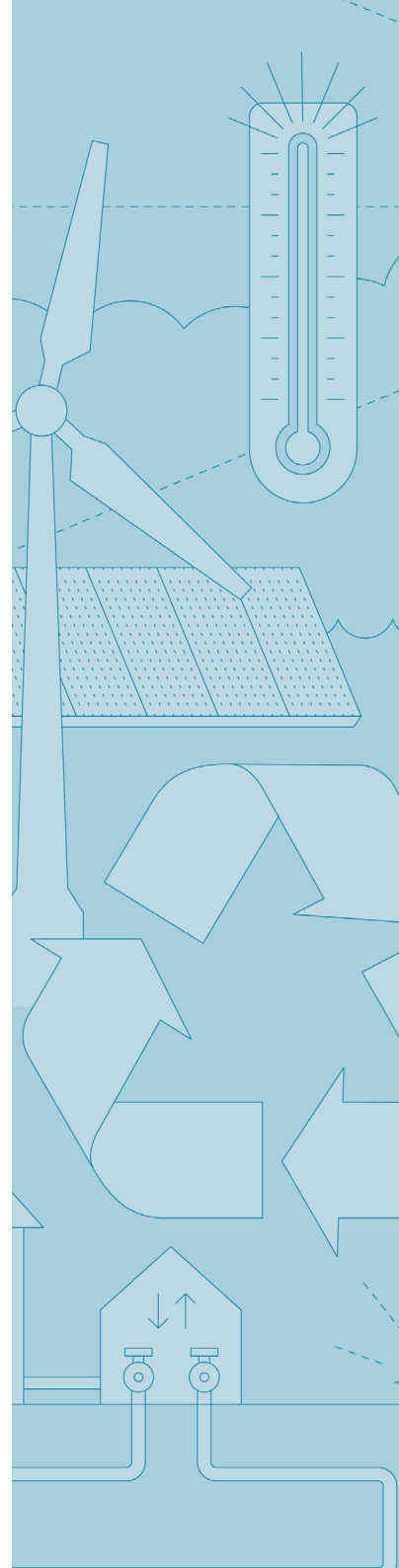
## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

**Norman Borlaug (1914-2009)**  
Amerikansk agronom og modtager af Nobels fredspris. Han er kendt som grundlæggeren af "Den Grønne Revolution".

**Wallace Smith Broecker (1931-2019)**  
Amerikansk geofysiker, der populariserede udtrykket global opvarmning i 1975 i forbindelse med et videnskabeligt opråb om klimaforandringer.

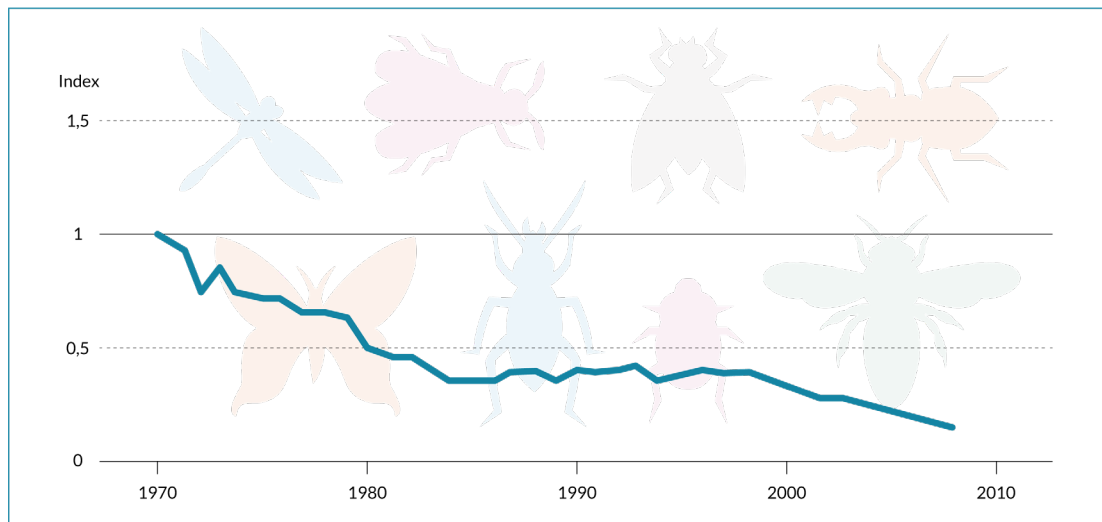
**Frances H. Arnold (1956-)**  
Amerikansk enzymforsker, der har ydet betydelige bidrag til forskningen og muligheden for at videreudvikle brugen af enzymer og til at udnytte de biologiske råvarer mere effektivt.

**Dorthe Dahl-Jensen (1958-)**  
Dansk fysiker, der forsker i rekonstruktionen af fortidens klima ved brug af data fra iskerneboringer i Grønlands indlandsis – et vigtigt bidrag til dokumentationen af udvikling i CO<sub>2</sub>-emissioner over tid.



## ERKENDELSE 4

### Naturen er rig på biodiversitet



*Det globale indeks for hvirvelløse dyrs biodiversitet er faldet drastisk siden 1970.*

Vi bruger betegnelsen biodiversitet om variationen af liv med alt fra gener, arter og økosystemer. Når vi taler om biodiversitet handler det ikke kun om den sjældne, pressede eller truede natur, men om alt liv på Jorden fra bakterier, svampe, alger og insekter til alle former for planter og større dyr.

En god forståelse af biodiversitetens betydning kræver viden om, hvilke slags organismer, der er i et givent område, deres forbindelser og gensidige afhængigheder. Komplekse samspil mellem arter i økosystemer gør naturbevarelse vanskelig, og det kan være

svært at vide, hvilke arter og habitater, man skal fokusere på at bevare. Vi er derfor nødt til at have viden om biodiversitet, forskellige økosystemer, og hvad der kan påvirke dem.

*Siden livets opståen har der været fem store globale begivenheder, der hver især har udryddet hovedparten af det liv, der fandtes. I dag er naturen også under pres. Faldet i biodiversitet sker med sådan en hast, at vi nu taler om den sjette masseuddøen i Jordens historie.*

## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Biodiversiteten har indflydelse på, hvordan økosystemer fungerer:** Graden af biodiversitet reflekterer, hvor sårbart et økosystem er. Få arter i et givent område kan påvirke eksempelvis vores fødevarerikkerhed.
- **Mennesket påvirker biodiversiteten:** Den menneskeskabte påvirkning af biodiversiteten accelererede med den europæiske kolonisering, der åbnede for et globalt distributionsnetværk af dyr og planter til forbrug og bragte skadedyr og sygdomme med sig.
- **Biodiversitet har betydning for menneskets sundhed:** En høj grad af biodiversitet gør økosystemer mindre følsomme overfor sygdomme. Der har vist sig en direkte sammenhæng mellem artstab og overførsel af sygdomme.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### **Carl von Linné (1707-1778)**

Svensk botaniker, zoolog og læge som systematiserede navngivningen af dyr og planter. Han grundlagde det system, der stadig anvendes i dag over hele verden til klassificering af arter (taksonomi).

### **Edward O. Wilson (1929-)**

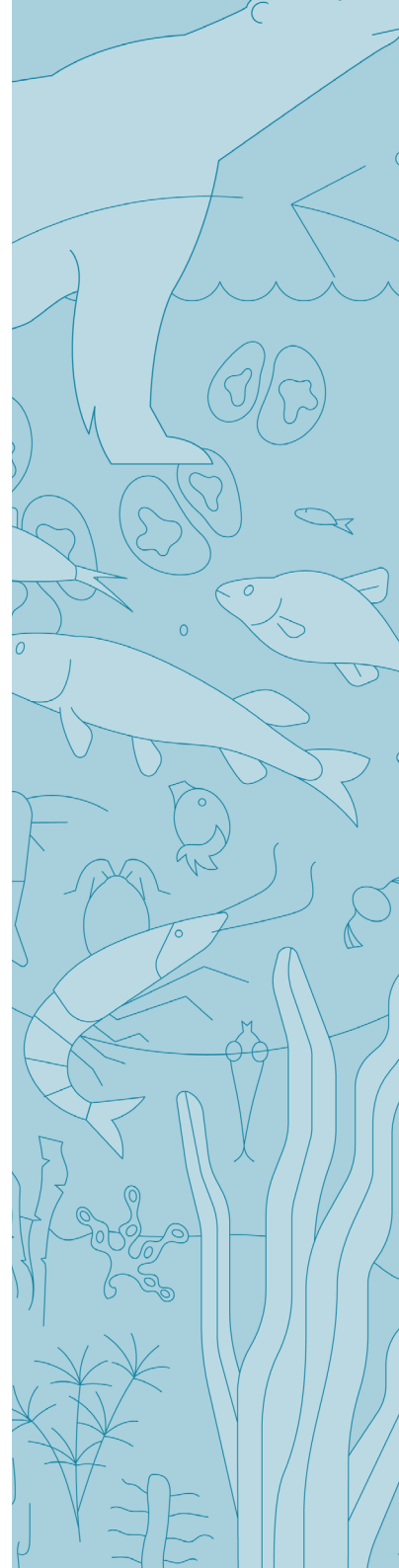
Amerikansk biolog og professor på Harvard University. Wilson satte for alvor biodiversitet på den internationale dagsorden efter begrebet blev introduceret på en konference i 1985.

### **Sylvia Earle (1935-)**

Amerikansk marinbiolog, som grundlagde Mission Blue, der arbejder for naturbevarelse og beskyttelse af biodiversiteten i verdenshavene.

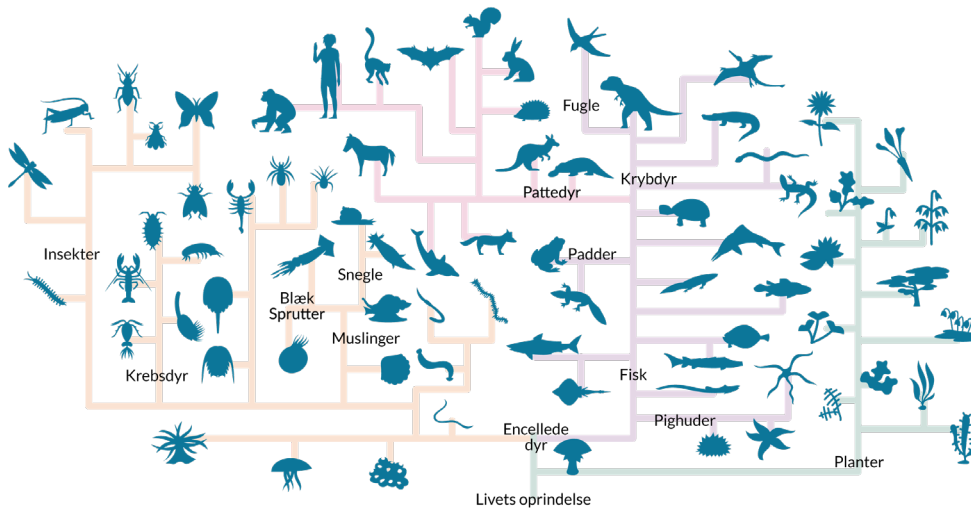
### **Sandra Diaz (1961-)**

Argentinsk professor i økologi, der bl.a. studerer planternes betydning for økosystemet. Hun er medforfatter på stort studie af verdens biodiversitet (i regi af FN).



## ERKENDELSE 5

# Alt liv har udviklet sig gennem evolution



Evolutionstræet viser, hvordan de forskellige arter har et fælles udsping.

Livet har udviklet sig fra en simpel begyndelse til den kompleksitet, vi finder i den levende natur omkring os i dag. Evolution betyder forandring over tid. Biologisk evolution er en proces, der bygger på arvelighed og naturlig selektion. Gener går i arv med små ændringer fra generation til generation. Populationer påvirkes altid af ydre livsbetingelser, og store ændringer i livsvilkår kan medføre store ændringer i nedarvede egenskaber.

Ved at studere naturen videnskabeligt har vi fået evidens for, at livet gradvist forandrer sig gennem kombinationen af miljøforandringer, genetisk variation, naturlig selektion og i nyere tid også epigenetik, som betegner ændringer, der kan overføres fra en

generation til en anden, uden at det direkte involverer ændringer i den genetiske kode. Viden om evolution hjælper os til at forstå livets historie og sammenhænge i naturen.

*Inden for biologisk evolution taler man bl.a. om seksuel selektion, hvor særlige træk, der for individets overlevelse kan være ufordelagtige, kan være afgørende i kampen om parringsretten. Her drejer det sig om at fremstå som den mest attraktive partner. To af de mest berømte eksempler er påfuglehannens store halefjer og hanløvers manke.*

## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Naturlig selektion:** Begrebet blev opfundet af Darwin og betegner den grundlæggende mekanisme, der gennemsnitligt favoriserer overlevelsen af de individer, der er bedst tilpassede de givne livsbetingelser ved at have særlige nedarvelige træk.
- **Evolutionstræer:** En af de mest udbredte måder at illustrere evolution på er fylogenetiske træer, der viser slægtskab mellem arter på en intuitiv måde.
- **Menneskets evolutionshistorie:** Menneskets evolutionshistorie minder meget om andre arters. Den er, som hos andre dyr, fuld af overraskelser og tilfældigheder.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### Mary Anning (1799-1847)

Britisk fossilsamler og amatørpaleontolog, der fandt nogle af de første fossiler fra juratiden på den sydengelske kyst. Hendes fund gav ny viden og var med til at ændre datidens syn på livets historie.

### Charles Darwin (1809-1882)

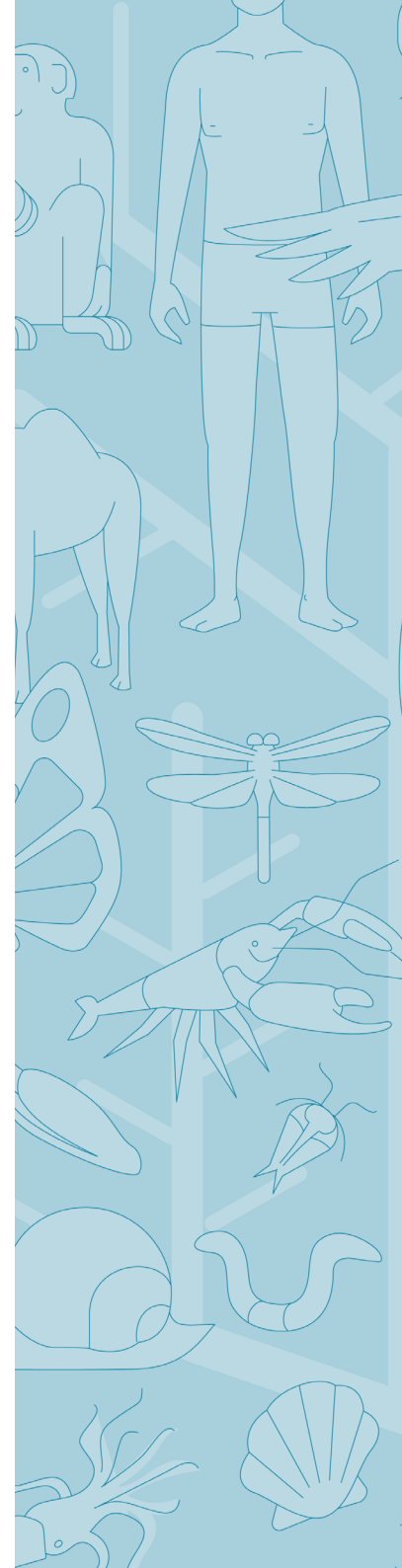
Britisk naturforsker og geolog, som har betydet meget for vores forståelse af livet på Jorden. Med sin bog "Om arternes oprindelse" introducerede Darwin ideen om evolution gennem naturlig selektion.

### Julian Huxley (1887-1975)

Britisk evolutionsbiolog og en af de ledende kræfter i den neodarwinistiske syntese, der forenede evolutionslæren med genetik og hermed grundlagde den moderne evolutionsteori.

### Jane Goodall (1934-)

Britisk primatolog og den første til systematisk at studere chimpanser i deres naturlige omgivelser. Hendes arbejde førte til et fuldstændig ændret syn på vores nærmeste nulevende slægtninge og dermed på os selv.



## ERKENDELSE 6

# Organismer består af celler – generne i dem kan både nedarves og ændres



Forskning i Zebrafisks gener ved National Human Genome Research Institute, Maryland, USA.

Alle levende organismer består af en eller flere celler. Cellerne indeholder genmaterialet, altså koden for hvordan vi hver især kan udvikle os. Den genetiske kode er gemt i et langt molekyle, som kaldes DNA. Genmaterialet danner koden for cellens proteiner, og proteiner spiller en afgørende rolle i alle levende organismer og i opbygningen af celler.

Organismers opbygning med celler og gener rummer kilden til at forstå biologien i alt liv på Jorden inklusiv vores egne kroppe og hjerner samt sundhed og sygdom. Derfor er en forståelse af dette felt så spændende og vigtigt.

*Både dyr, bakterier, svampe, alger og planter har organer eller funktioner, der kan bruges til teknologiske formål. For eksempel kan man producere unikke antistoffer i hønseæg, og den anderledes opbygning af antistoffer hos hajer og kameler kan måske inspirere til nye lægemidler.*

## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Arvemateriale:** Erkendelsen af, hvordan vores arvemateriale ser ud og fungerer går fra Gregor Mendels studier i arvelighed i midten af 1800-tallet over Kossels opdagelse af, at arvematerialet i kernen i cellerne består af fire baser til opdagelsen af, hvordan arvematerialet, altså DNA'et, i cellerne er opbygget.
- **Kroppens forsvarssystemer:** Immunsystemet er en vigtig del af komplekse organismers forsvarsmekanisme mod udefrakommende trusler som bakterier og virus.
- **Infektionssygdomme, epidemier og pandemier:** Infektionssygdomme er, når en organisme i form af virus, bakterier, svampe mv. angriber en anden organisme.
- **Hjernens celletyper:** Vi ved meget om hjernen, men der gøres stadig nye opdagelser. Denne viden kan hjælpe til at forstå sygdomme som demens og stress, så de kan forhindres og/eller behandles.
- **Livsstilssygdomme:** Livsstilssygdomme er i stigning, og viden om dette er vigtigt for at udvikle behandling. Forståelse for matematik og statistik var en essentiel del af at påvise sammenhængen mellem rygning og lungecancer.

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### Gregor Johann Mendel (1822-1884)

Østrigsk munk og pioner inden for arveligheds lære. Han er ophavsmand til Arvelovene, som i dag er kendt som "Mendels love". Mendel brugte ordet element for det, vi i dag kalder for et gen.

### Wilhelm Johannsen (1857-1927)

Dansk plantefysiolog og genetiker. Brugte i 1909 for første gang ordet "gen" som benævnelse for den arvelige enhed, som Mendel kaldte for et element.

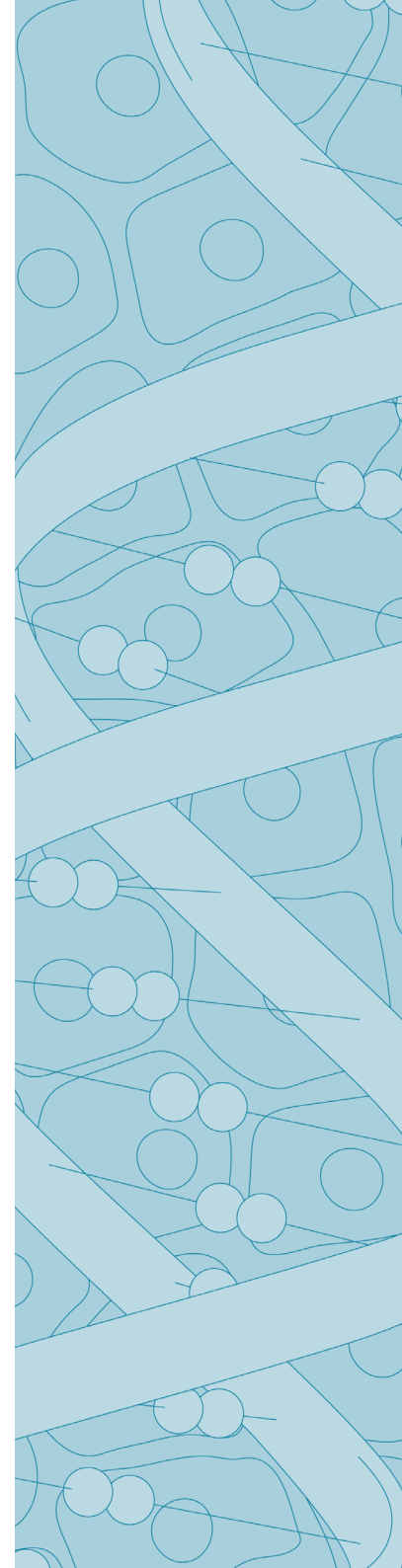
### August Krogh (1874-1949)

Dansk videnskabsmand, der har haft betydning for forståelsen af, hvordan ilt kommer ud i muskler gennem små blodårer, der åbner sig ved fysisk aktivitet. Han modtog en Nobelpris i fysiologi/medicin i 1920.

### Niels K. Jerne (1911-1994)

Dansk læge og immunolog, der i 1984 fik Nobelprisen i medicin for sin grundlæggende forskning i det menneskelige immunsystem.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*





## ERKENDELSE 7

# Alt i universet er opbygget af små partikler

The periodic table is color-coded into groups: Alkalimetaller (orange), Jordalkalimetaller (light orange), Lantanider (purple), Actinider (light purple), Overgangsmetaller (light blue), Postovergangsmetaller (light grey), Halvmetaller (light green), Ikke-metaller (green), and Ædelgasser (dark green). Atomic numbers are written in the top-left corner of each element's cell.

1	Metaller																Ikke-metaller										18
H	Alkalimetaller																Overgangsmetaller										He
Li	Jordalkalimetaller																Postovergangsmetaller										Be
Na	Lantanider																Andre ikke-metaller										Mg
K	Actinider																Halvmetaller										Ca
Rb	Halogener																										Sr
Cs																											Ba
Fr																											Ra

Det periodiske system blev først opstillet af kemikeren Dmitrij Mendelejev

Forståelsen af vores makroskopiske verden bygger på viden og indsigt i, hvordan de mindste “byggeklodser” fungerer og vekselvirker. Alt stof i universet består af få forskellige elementarpartikler som kvarker og elektroner. Disse opbygger atomer, der er den mindste enhed, som kan danne større enheder eksempelvis molekyler gennem kemiske forbindelser.

Nogle materialer, for eksempel aluminiumsfolie, er rene grundstoffer, som kun består af én slags atomer. Men langt de fleste materialer er kemiske forbindelser, der består af flere slags atomer. Viden om stoffers opbygning og egenskaber bruges både

i forståelse og design af eksempelvis medicin, kemiske reaktioner, fysiske materialer og teknologiske løsninger.

*Det er pudsigt at tænke på, at alt i universet, under normale forhold, er opbygget af de 118 forskellige grundstoffer, der indgår i det periodiske system. Til sammenligning fandtes der i 2018 over 3.700 forskellige legoklodser, som børn bruger til at bygge forskellige konstruktioner.*



## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Big Bang:** Observationerne af at fjerne galakser bevæger sig væk fra os, og erkendelsen af, at universet udvider sig, har bl.a. ført til ideen om et Big Bang, hvor universet blev skabt.
- **Atomer:** Atomer består af negative elektroner, som kredser rundt i bestemte baner om en positiv kerne. Den danske fysiker Niels Bohr opstillede i 1913 sin berømte atommodel.
- **Molekyler:** Et molekyle kan bestå af to eller flere atomer.
- **Tilstandsformer og temperatur:** Grundstoffer og blandinger af grundstoffer kan enten være et fast stof, en væske, en gas eller et plasma. Disse fire kaldes tilstandsformer.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### **Dmitrij Mendelejev (1834–1907)**

Russisk kemiker, som startede udviklingen af grundstoffernes periodiske system til klassificering af grundstofferne.

### **Marie Skłodowska Curie (1867–1934)**

Polsk-fransk fysiker og kemiker, der modtog Nobelprisen i fysik for arbejdet med radioaktivitet og under 1. Verdenskrig opfandt mobile røntgenenheder (røntgenambulancer), der kunne hjælpe til ved fronten.

### **Niels Bohr (1885–1962)**

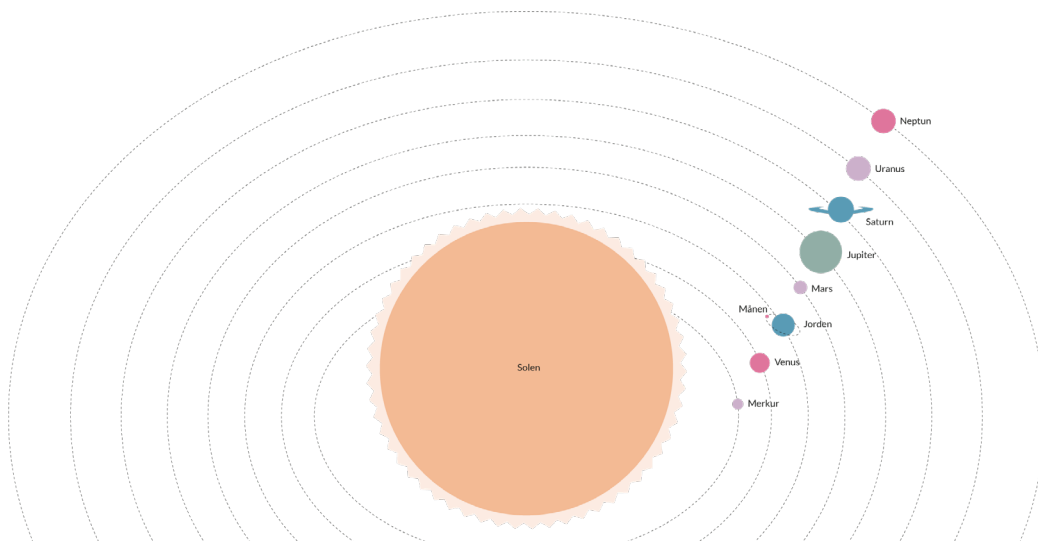
Dansk fysiker, der i 1922 modtog Nobelprisen i fysik. Bohr var ledende i udviklingen af modellen for atomers opbygning samt kvantemeknikken.

### **Lene V. Hau (1959–)**

Dansk fysiker, der er professor på Harvard Universitet i USA. Hun er især kendt for sit arbejde med at sænke lysets hastighed ved at sende det gennem kompakt materiale, et såkaldt "Bose-Einstein kondensat".

## ERKENDELSE 8

# Fundamentale fysiske naturkræfter virker overalt i universet



*Tyngdekraften holder planeterne fast i deres bane omkring solen og månen fast i dens bane omkring Jorden.*

Fire fundamentale naturkræfter står for alle vekselvirkninger i universet. Med vekselvirkning menes, at stof interagerer fysisk. Det gælder for små atomer og kæmpe galakser.

De fire fundamentale naturkræfter kan hjælpe os med at beskrive hændelser og fænomener fra den mindste til den største skala. De fire naturkræfter er meget forskellige. Andre kræfter kan afledes af de fire fundamentale naturkræfter.

*Det har været en lang videnskabelig proces at identificere, og blive enige om, hvad de fundamentale naturkræfter er. Undervejs har der været mange personer involveret. Det er ikke sikkert, at de fire fundamentale naturkræfter, vi i dag mener der findes, er de eneste.*

## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Tyngdekraften (gravitation):** Vekselvirkning mellem Jorden, os og alt andet med masse. Tyngdekraften er ansvarlig for, at masse kan samles til eksempelvis planeter og stjerner.
- **Elektromagnetisk kraft:** Vekselvirkning mellem alle elektrisk ladede partikler. Den elektromagnetiske kraft er ansvarlig for, at atomer og molekyler kan holdes sammen, for eksempelvis kemiske reaktioner samt for muligheden for at frembringe elektrisk strøm. Kraften er stærkere, men mere korttrækkende end tyngdekraften.
- **Stærk kernekraft:** Vekselvirkning mellem atomkernens nukleoner (protoner og neutroner) samt de kvarker, som nukleoner er opbygget af. Den stærke kernekraft er ansvarlig for, at atomets kerne holdes sammen. Denne kraft er meget korttrækkende og mærkes ikke uden for kernen.
- **Svag kernekraft:** Vekselvirkning mellem elementarpartikler i kernen. Den svage kernekraft er årsag til eksempelvis beta-stråling. Kraften er korttrækkende og mærkes ikke uden for kernen.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### Isaac Newton (1643–1727)

Engelsk matematiker og fysiker, der etablerede forståelsen af tyngdekraften med både de fysiske teorier og den praktiske matematik.

### Hans Christian Ørsted (1777–1851)

Dansk forsker, der virkede inden for felter som fysik, kemi og naturfilosofi, og som er internationalt kendt, særligt for sin opdagelse af sammenhænge mellem elektricitet og magnetisme (1820).

### James Clerk Maxwell (1831–1879)

Skotsk matematiker og fysiker, der især er kendt for at have formuleret, og udledt ligninger for, teorien om elektromagnetisme, der samler både elektricitet, magnetisme og lys i en samlet teori.

### Murray Gell-Mann (1929–)

Amerikansk fysiker, der i 1969 fik Nobelprisen i fysik, blandt andet for sit arbejde med at opstille en model for, hvordan elementarpartiklerne kan klassificeres, og hvordan de vekselvirker.

### Fabiola Gianotti (1960–)

Italiensk fysiker, der havde en central rolle i opdagelsen af Higgs-partiklen med ATLAS-eksperimentet på CERN's LHC accelerator.

## ERKENDELSE 9

Energien i universet er bevaret, men kan ændres fra en form til en anden



*Damplokomotivet udnyttede termodynamikkens love.*

Alle processer kræver omdannelse af energi. Det gælder enhver bevægelse eller forandring. Vores viden om energi er baseret på nogle grundlæggende principper:

- Den samlede energi i universet er konstant. Det betyder bl.a., at energi ikke bliver brugt - det bliver overført eller omdannet fra en form til en anden.
- Når energi overføres eller omdannes, vil der altid være noget af den, der bliver til varme. Den dannede varme kan eventuelt udnyttes, som det sker i ensvarme organismer eller i kraftvarmeværker. Men ofte opfatter vi den dannede varme som et tab af energi.
- Der omsættes energi i kemiske og biologiske processer. Nogle processer kræver energi, mens andre frigiver energi.
- Levende organismer er afhængige af at kunne omdanne kemiske forbindelser for at udnytte energien i dem. Mens nogle organismer kan omdanne Solens strålingsenergi til kemisk energi, er der organismer, der får deres energi ved at æde andre organismer eller dødt organisk materiale.

## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Termodynamikken:** Termodynamikken, og senere kinetisk gasteori og statistisk fysik, forklarer blandt andet, hvordan gassers makroskopiske egenskaber som temperatur, tryk og volumen er et resultat af, hvordan gasmolekyler interagerer. Termodynamikken er en nøgle til forståelse af energi.
- **Energi og kerneprocesser:** Der er to muligheder for at opnå energi ved kerneprocesser: Fission, der er spaltning af meget tunge kerner, og fusion, der er sammensmeltning af meget lette kerner.
- **Einsteins berømte ligning:** Einsteins berømte ligning  $E = mc^2$  fortæller os, at alt stof kan beskrives som energi.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### Emilie du Châtelet (1706–1749)

Fransk matematiker og fysiker, der arbejdede på teorien om, at energien i et system er bevaret. Hun viste, at et objekts kinetiske energi er proportionalt med dets masse og kvadratet på dets hastighed.

### Lord Kelvin (1824–1907)

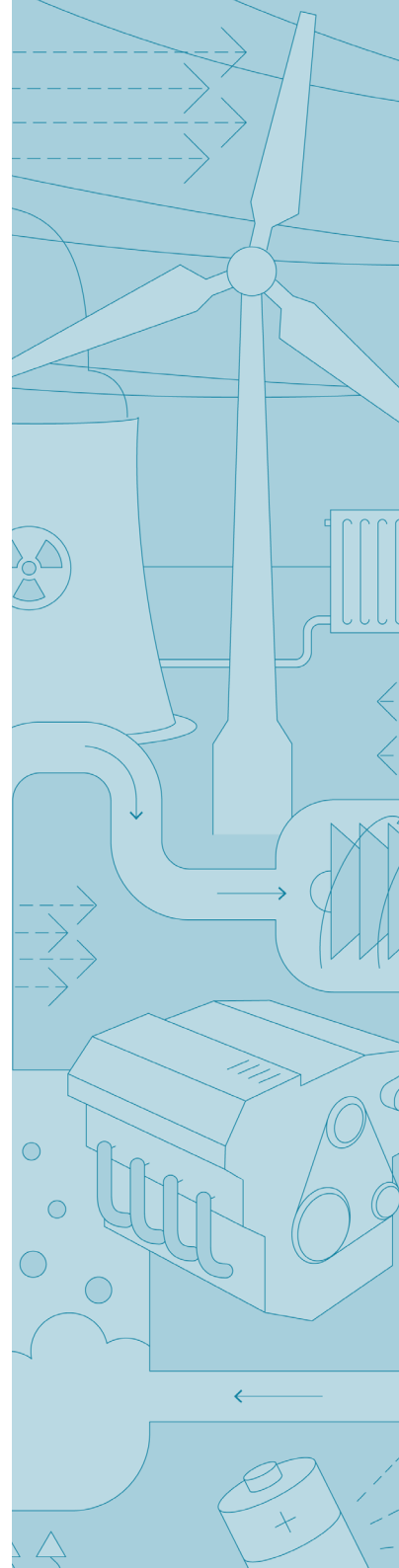
Irsk-skotsk fysiker og matematiker, der gav den første klare formulering af termodynamikkens to hovedsætninger og definerede den absolutte temperaturskala, som stadig bærer hans navn.

### Nikola Tesla (1856–1943)

Serbisk-amerikansk fysiker, opfinder og elektroingeniør, hvis patenter og teoretiske arbejde dannede basis for elektrificeringen af samfundet og moderne vekselsstrømssystemer.

### Mária Telkes (1900–1995)

Ungarsk-amerikansk forsker, der arbejdede med solenergi-teknologier, som førte til solfangerne. Hun gjorde det muligt at opføre det første hus, hvor al energien stammede fra solenergi.



## ERKENDELSE 10

# Solsystemet er en meget lille del af en enkelt af milliarder af galakser i universet



Et udsnit af stjernekonstellationen Skytten optaget af NASA/ESA Hubble-rumteleskopet.

Solsystemet med Solen i centrum består af otte klassiske planeter samt tusindvis af måner, dværgplaneter, asteroider og kometer.

Vores solsystem er kun ét blandt 200 milliarder stjerner i vores galakse Mælkevejen. Universet indeholder milliarder af galakser. Antallet af stjernesystemer med jordlignende planeter (exoplaneter) er derfor meget stort.

Om der findes liv andre steder i vores eller andre stjernesystemer, er fortsat et relevant, men ubesvaret spørgsmål.

Begyndelsen af universet, og alt hvad det indeholder, kan

beskrives ved teorien Big Bang. Universet har udviklet sig meget på de 13,8 milliarder år, der er gået siden begyndelsen, og gør det fortsat.

*Med Hubble-rumteleskopet har vi observeret galakser, hvor lyset har rejst i omkring 13 milliarder år for at nå os. Det fortæller os bl.a., at de første galakser er dannet mindre end en milliard år efter universet blev dannet ved Big Bang for cirka 13,8 milliarder år siden.*



## KERNEFAGLIGE NEDSLAG, SOM KAN INDGÅ I UNDERVISNINGEN

- **Planeter og måner:** Planeter er de moderat store legemer (som ikke er stjerner), som bevæger sig i en ellipsebane rundt om en stjerne, eksempelvis vores egen sol. Planeterne lyser i kraft af lyset fra stjernen. Måner er større sten og planetlignende masser, som kredser omkring en planet.
- **Stjerner:** En stjerne er en stor kugle af varm gas. Stjerner lyser, når tyngdekraften er så stor, at gassen trykkes sammen og opvarmes, så der sker kerneprocesser (fusion) inde i stjernen.
- **Mælkevejen – vores galakse:** Solen er en ud af 200 milliarder stjerner, der tilsammen udgør den galakse, som vi kalder Mælkevejen. Ingen ved præcis hvor mange galakser, der findes i universet, men der er mindst hundrede milliarder galakser i den del af universet, vi kan observere.

*I Naturvidenskabens ABC kan du få inspiration til flere kernefaglige nedslag og læse cases, der kan understøtte forståelsen af den grundlæggende erkendelse og tydeliggøre erkendelsens relevans.*

## VIGTIGE PERSONER FOR VIDENSKABEN

### **Tycho Brahe (1546-1601)**

Dansk astronom, der foretog mange astronomiske observationer, samt udførte kemiske eksperimenter. Blandt tidens instrumenter var der ingen kikkert - den blev først opfundet senere.

### **Ole Rømer (1644-1710)**

Dansk videnskabsmand, der ud fra observationer af Jupiters måne Io udledte, at lys bruger tid på at komme fra et punkt til et andet, dvs. at lyset har en endelig hastighed.

### **Henriette S. Lavitt (1868-1921)**

Amerikansk astronom, der dannede grundlaget for at vurdere afstande i rummet. Det blev blandt andet fundamentet for Hubbles senere opdagelse af, at universet udvider sig.

### **Edwin P. Hubble (1889-1953)**

Amerikansk astronom, der viste at der var andre galakser end Mælkevejen, samt at universet udvider sig og formulerede, hvad vi i dag kalder "Hubbles Lov" for universets udvidelse.





**BØRNE- OG  
UNDERVISNINGSMINISTERIET**