

KOSMOS

LÆRERRESURSE C · NETDEL

ERIK BOTH
HENNING HENRIKSEN

GYLDENDAL

INDHOLD

Den naturvidenskabelige metode · 1
Samarbejde med andre fag · 5

Den naturvidenskabelige metode

Den naturvidenskabelige metode er det kraftigste intellektuelle værktøj, som videnskaben kender. Den naturvidenskabelige metode udgør et ideal for, hvordan viden opnås. Alle bidrag til naturvidenskabelig viden skal komme fra observationer eller fra eksperimenter. De skal give os viden om, hvad der foregår i den objektive, fysiske verden, frem for hvad der opfattes af vores subjektive sanser.

Den naturvidenskabelige arbejdsmetode har gået sin sejrsgang inden for de naturvidenskabelige fagområder. I skolernes fysik/kemi-undervisning lærer man om og benytter disse tanker om god arbejdsskik ved eksperimentelt arbejde. Metoden beskrives i *Grundbog C*.

Metoden starter med, at man undrer sig over et fænomen i naturen. Herefter danner man sig en hypotese om årsager til eller sammenhænge vedrørende fænomenet. Hypotesen efterprøves ved forskellige eksperimenter, hvor udfaldet af eksperimenterne kan bekræfte eller afkræfte hypotesen. Hvis hypotesen bliver bekræftet, kan den blive til en teori. Vores viden om naturvidenskab bygger altså på et samspil mellem teori og erfaring.

Ved at opstille et eksperiment kan man udelade faktorer, dvs. variable, der formentlig ikke er af betydning for eksperimentet. Ofte kan man ved et eksperiment fokusere på en enkelt variabel eller nogle ganske få. Herved bliver resultatet af eksperimentet mere overskueligt, og det kan måske danne basis for formulering af en lovmæssighed.

Udviklingen af den naturvidenskabelige metode

Mange personer har bidraget til udviklingen af den naturvidenskabelige metode. Nedenfor nævnes de vigtigste.

Aristoteles

Den mest betydningsfulde naturvidenskabsmand fra oldtiden er grækeren Aristoteles (384-322 f.v.t.). Aristoteles' lærer var den græske filosof Platon, der havde oprettet et akademi ved Athen. Aristoteles betragtede naturen uden at forestille sig den styret eller besjælet af ånder og andre magiske væsner. For Aristoteles var observation af naturen og derefter opdeling af genstande og fænomener i grupper det bedste instrument til at forstå naturen. På denne måde fik Aristoteles skrevet om bl.a. følgende naturvidenskabelige emner: fysik, meteorologi, kosmologi, atomer og stoffer.

Aristoteles' metode til opnåelse af viden var at bruge både, hvad vi i dag vil kalde den induktive og den deduktive metode. Nok mest den sidste. I sin første bog om fysik skriver han i kapitel 1: *"Vi skal konkludere fra det generelle til det enkelte"*. Det er en deduktiv tilgang til opnåelse af viden.

Aristoteles betragtede dog også viden som noget, der udvikles ved iagttagelse, erfaring og strukturering af alle de informationer, vi kan få fra vore sanser. Enhver erkendelse kommer fra sansning, for kun ved hjælp af sanserne kan vi få mulighed for at danne almene begreber. Denne opfattelse er et kernepunkt i natur-

videnskaben, og Aristoteles kan således opfattes som den første rigtige naturvidenskabsmand.

Gilbert

Den engelske læge og fysiker William Gilbert (1544-1603) udsendte i år 1600 bogen *De Magnete* (latin: Om magneter). I bogen omtaler Gilbert, som den første, jordmagnetismen. Gilbert havde gennem flere år lavet forsøg med elektricitet og magneter, og hans bog viste resultaterne af disse forsøg. Før den tid havde man ikke bekymret sig om at lave forsøg. Man havde lige som de gamle grækere sat sig tilbage i stolen og tænkt sig til, hvordan det hele mon hang sammen. Gilberts bog, *De Magnete*, var således den første bog, der viste, hvordan man ved forskellige forsøg kunne opnå ny, sikker viden.

Galilei

Den italienske fysiker og astronom Galileo Galilei (1564-1642) blev meget begejstret for bogen og roste Gilbert således: *“Jeg vil give ham den højeste ros for de mange nye og sande opdagelser, som han har gjort. De bringer vanære over de mange forfængelige og opdigtende forfattere, der ikke skriver ud fra deres egen viden, men gentager alt hvad de har hørt fra tosser og menigmand, uden at forsøge at blive sikre ved eksperimenter”*.

Galilei gjorde som Gilbert. Han ville ikke nøjes med at gætte sig til, hvordan verden hang sammen, men udførte mange forsøg til at belyse forskellige områder af fysikken. Det skulle udvikle sig til det, man i dag kalder *den naturvidenskabelige metode*; det kraftigste intellektuelle værktøj som videnskaben kender.

Galilei kæmpede mod den religiøse indflydelse, der satte Aristoteles' ideer over fakta opnået ved observation og resultater af forsøg. Galilei udførte eksperimenter, der klart viste, at Aristoteles' teorier var forkerte. Aristoteles' fysik var deduktiv, dvs. med teorier, der var udviklet ud fra tanker. Det var en rigtig lænestolsfysik.

Galileis fysik var derimod induktiv, dvs. med teorier, der var udviklet efter resultater af observation af eksperimenter. Galilei ville ikke blot iagttage forsøg, han satte resultaterne ind i en matematisk sammenhæng. Det er blevet sagt om Galilei, at han *”Målte det, der var måleligt, og gjorde det måleligt, der ikke var umiddelbart måleligt”*. Derfor kan Galilei betegnes som den første eksperimentalfysiker.

Bacon

I *Grundbog C, kapitel 5* fortælles om englænderen Francis Bacon (1561-1626), der som den første beskriver den naturvidenskabelige metode. Bacon hævdede i sin bog *Advancement of Learning* (1605), at man måtte forkaste Aristoteles' metode, dvs. den deduktive metode. Al viden skal udelukkende komme fra fakta og resultater af eksperimenter. Det er ikke godt nok at læne sig tilbage i stolen og tænke over naturens opbygning; man er nødt til at udføre eksperimenter for at finde naturens sande opførelse.

Bacon advarede imod forskellige farer, som stod i vejen for opnåelse af ny viden. Man skal passe på ikke kun at finde resultater, der bekræfter ens tanker (hypoteser). Endnu vigtigere er det, hvis der kommer resultater, der ikke passer med den hypotese, man arbejder ud fra. Så ved man, at der enten er noget galt med den måde, man har udført eksperimentet på, eller også må man helt forkaste sin hypotese. Man kan således ikke vælge de resultater fra et eksperiment, som man helst vil have, fx de der passer med den hypotese, som man forsøger at eftervise.

Misbrug af resultater kaldes *videnskabelig uredelighed*. Videnskabsmænd har en ironisk måde at beskrive dette på. Det kaldes *succes-kriteriet*: *“Et forsøg kan anses som en succes, hvis man kan nøjes med at smide mindre end 50 % af forsøgsresultaterne væk for at få resten til at passe med den teori, som forsøget skulle eftervise.”*

Francis Bacon er også kendt for udtrykket *Viden er magt*, forstået således, at vi med viden bedre kan beherske naturen. Det var dog på ingen måde Bacons mål at ødelægge naturen; hans tanke var socialpolitisk. Ved hjælp af videnskabelig indsigt ville han forbedre fattige folks levevilkår. Bl.a. derfor blev Francis Bacon i 1618 udnævnt til Lord Chancellor, der var det højeste statslige embede i England. I den forbindelse måtte han optræde som dommer i retten.

Det er ironisk, at Francis Bacon, som har givet os de klare tanker om videnskabelig redelighed, dvs. ærlighed, senere blev dømt for bestikkelse og sat i fængsel i Tower of London. Bacon forsvarede sig mod anklagerne med, at godt nok havde han taget pengene, men han havde aldrig ladet det få indflydelse på hans domsafgørelser. Hvor tit har man ikke hørt det fra korrupte embedsmænd.

Der er desværre også eksempler på overambitiøse forskere, som fuser med deres resultater for at fremstå som dygtige og nyskabende forskere. Videnskaben

har en måde at beskrive dette ironisk på. Det kaldes *Skinners konstant*: *Det tal, som man efter et forsøg skal gange med, dividere med, lægge til eller trække fra det opnåede resultat for at få det ønskede resultat.*

Descartes

René Descartes (de-kart) (1596-1650) var en fransk filosof, naturforsker og matematiker. Galilei havde vist, at der var fejl i Aristoteles' fysik, og Descartes satte sig derfor det mål, at hans egne ideer om fysik skulle erstatte hele Aristoteles' fysik. Descartes ville forklare alt ud fra naturlige årsager og herved fjerne alle uforklarede og okkulte opfattelser. Alkymi og astrologi skulle ud. Folk forsøgte at bevise "sandheder" om naturen ved at citere Bibelen, men naturen var ifølge Descartes ikke besjælet; derfor skulle moralske forestillinger og nedarvede intellektuelle ideer kastes over bord. Al tidligere viden skulle efterprøves.

Descartes nåede ned til det mest simple udsagn om virkeligheden, som man kan tænke sig. Den eneste ting, han kunne være sikker på, var hans egen eksistens, for som han skrev: "*Jeg tænker, derfor er jeg til*". På latin: "*Cogito ergo sum*". Vores egen eksistens er vores virkelighed, og derfor må man, når man vil skaffe sig ny og sikker viden, ikke bare iagttage, men undersøge og eksperimentere. Alle videnskabelige hypoteser skal efterprøves ved observationer og eksperimenter, og derefter skal resultaterne efterprøves på bedste matematiske måde. Hans forbillede var indskriften, der havde stået over døren til Platons Akademi: "*Ingen, der ikke har kendskab til matematik, skal træde over dette dørtrin*". Det er fx Descartes, som har givet os koordinatsystemet med dets to akser.

I 1637 udsendte Descartes en bog, hvor hele titlen kan oversættes ved: "*En redegørelse for metoden til rigtig anvendelse af fornuften og søgning efter sandheden i videnskaberne*". Bogen benævnes normalt som *Discours de la Méthode*, fordi den indeholder et afsnit med titlen *Discours de la Méthode*, "*Om metoden*". I bogen systematiserer Descartes den analytiske tænkning, ved at opstille fire regler, som han mente var tilstrækkelige, hvis man sørgede for altid at overholde dem. Disse principper for metodisk tænkning er fuldt gyldige i dag. De fire regler er her gengivet i en kort udgave:

Den første regel er, at man ikke skal antage noget for sandt, som man ikke klart indser, er sandt.

Den anden regel er, at man skal opdele hvert problem i så mange mindre dele som muligt, hvor hver af disse mindre dele kan undersøges for sig.

Den tredje regel er, at man skal løse de enkleste dele af problemet først og derefter de mere vanskelige dele.

Den fjerde regel er, at man skal bevare overblikket, så man er sikker på ikke at have glemt noget.

Descartes' regler fortæller, hvordan man bør opløse alt komplekst i noget mere simpelt. Hvordan man bør drage slutninger fra det specielle til det almene. Man skal tage sit udgangspunkt i det, som man selv er overbevist om, og som man har efterprøvet kritisk. Herefter skal man starte med det, der er mest enkelt og lettest at forstå. Man skal opdele et problem i så enkle delproblemer som muligt. Derefter kan man med små skridt lidt efter lidt stige op til forståelse af det mere sammensatte, men man skal hele tiden have styr på, hvor man er nået til.

Newton

Den engelske fysiker Isaac Newton (1643-1727) var tilhænger af den induktive metode, som beskrevet af Francis Bacon. Der er ingen tvivl om, at Newton kun ville fremsætte de fysiske teorier, som han havde eftervist ved observation og forsøg. Newton formulerede tyngdelovene, men afviste at give et bud på, hvad de bagvedliggende årsager til tyngdekraften er. I sin berømte bog *Principia* skrev han: "*Jeg er endnu ikke i stand til ud fra fysiske fænomener at forklare årsagen til tyngdekraften, og jeg danner mig ikke hypoteser (latin: Hypotheses non fingo). For hvad der ikke kan konkluderes ud fra fysiske fænomener er hypoteser, og hypoteser, både metafysiske og fysiske eller baseret på en okkult baggrund eller en mekanisk, har ingen plads i eksperimentel naturvidenskab.*"

Popper

Den naturvidenskabelige metode fik sin nuværende udformning af den østrigskfødte filosof Karl Raimund Popper (1902-1994). *Grundbog C's* fremstilling af den naturvidenskabelige metode på side 92 følger Poppers idé. Denne udformning af den naturvidenskabelige metode kaldes også *den hypotetisk-deduktive metode*. Det er en metode til afprøvning af teorier/hypoteser.

Før Popper mente man, at naturvidenskabelige teorier kunne fastslås, hvis andre forskere end opdageren kunne udføre de samme forsøg, som først havde bekræftet teorien. Hermed var teorien *verificeret*, dvs. bekræftet. Denne anskuelse kaldes *logisk positivism*. Herved forstås, at en naturvidenskabelig teori kan godtages, hvis den er verificerbar, dvs. bekræftes ved forsøg.

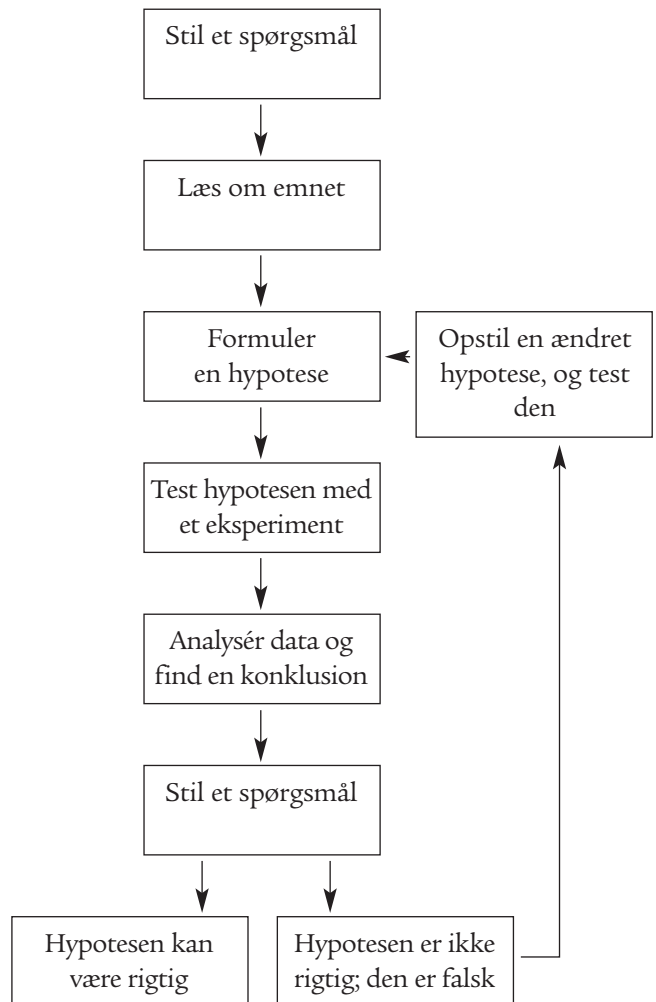
Det viste Popper var forkert. En teori kunne aldrig bekræftes endeligt af selv nok så mange forsøg. Popper hævdede, at en teori kun var gyldig, så længe den ikke var *falsificeret*, dvs. modbevist. For Popper er en teori kun videnskab, hvis der er mulighed for at falsificere teorien ved forsøg, dvs. om man ved et forsøg har mulighed for at finde et resultat, der ikke er i overensstemmelse med teorien. Falsifikation er altså et kriterium for videnskabelighed og den naturvidenskabelige metode. Karl Popper skrev: *"Metoden er, at hver gang vi foreslår en løsning på et problem, skal vi arbejde så hårdt som muligt på at få forkastet løsningen i stedet for at forsvare den."*

Den naturvidenskabelige metodes trin

Rækkefølgen i den naturvidenskabelige metode er beskrevet i *Grundbog C*. Her er et kort resume:

- Man stiller et spørgsmål vedrørende noget, som man har observeret og har undret sig over. Man spørger: *hvordan, hvad, hvornår, hvem, hvilken, hvor eller hvorfor*. For at spørgsmålet skal kunne falde ind under den naturvidenskabelige metode, skal spørgsmålet vedrøre noget, som man kan måle.
- Opstil en hypotese. I stedet for at starte helt forfra, så læs alt om emnet i bøger og på internettet. Da Isaac Newton blev spurgt, om hvordan han havde kunnet opdage så meget inden for naturvidenskaben, svarede han: *"Jeg har stået på skuldrene af giganter."*
- Hypotesen kan have følgende form:
Hvis jeg gør ... dette ..., så vil ... følgende ... ske.
- Test hypotesen ved et eksperiment, der er velegnet. Det skal være en "fair test". Det vil sige, at man i forsøget kun ændrer på en variabel. Alle andre skal holdes fast. For at være sikker på resultatet, bør man gentage forsøget flere gange, så man tager højde for tilfældigheder.
- Analysér forsøgets data og find konklusionen på forsøget.
- Svarer konklusionen til hypotesen? Ja eller nej?

- Hvis svaret er "nej", er hypotesen falsificeret, og man må opstille en ændret hypotese, der så skal testes.
- Hvis svaret er "ja", er hypotesen styrket.



Viden og sandhed

I dag ved vi, at den naturvidenskabelige metode ikke er en metode til at finde sandheden om naturen. Selv hvis en teori/hypotese bliver bekræftet af nok så mange eksperimenter, og det heller ikke er lykkedes at falsificere hypotesen, er teorien ikke bevist, men den er erfaringsmæssigt underbygget. Man må endelig ikke sige, at teorien er sandheden om naturen. Der er altid en mulighed for, at ny viden kan vise, at den tidligere viden kun var rigtig inden for et begrænset område. Historien har givet talrige eksempler på viden, der i lang tid har været regnet for en kendsgerning, alligevel viste sig ikke at være det. De naturlove, som vi kender i dag, kan vise sig ufuldstændige i morgen.

Samarbejde med andre fag

Ifølge *Undervisningsvejledning for faget fysik/kemi* skal skoleledelsen “også sikre, at de overlappende områder mellem naturfagene på 7.-9. klassetrin bliver koordineret i et samarbejde mellem naturfagslærerne. Herved undgår eleverne at opleve en helt ukoordineret undervisning (i fx fotosyntese, ånding, plante- og klimabælter, vejr-fænomener, ozonlag og klimatruser) i 2 eller 3 af fagene. De fælles trinmål – fælles for enten 2 eller 3 af naturfagene – er et udtryk for meget vigtige områder, der bedst tilgodeses, når undervisningen samles eller som minimum koordineres. Herved undgås unødigt dobbeltkonfekt og endnu vigtigere: Eleverne oplever, at naturfagene har noget vigtigt at give hinanden – at de belyser forskellige sider af samme virkelighed, og derfor er komplementære fag.”

I undervisningsvejledningen er angivet en række trinmål, der har samme formulering i to eller tre af fagene biologi, fysik/kemi og geografi. Der er desuden skitseret enkelte temaer, der kan danne et fælles udgangspunkt for at opfylde disse trinmål. I 9. klasse foreslås temaet “*Jordens og livets udvikling.*”

Nedenfor er i tabellen anført en række mulige emner for et samarbejde med andre fag. Opstillingen omfatter alle tre grundbøger og kopimapper. De fleste markeringer dækker over emner, hvor fagene kan støtte hinanden, bl.a. gennem eksempler, der belyser samme emne. Enkelte af skemaets samarbejdsmuligheder vil, især i 9. klasse, være egnede ved længerevarende forløb. Nogle af disse muligheder (ud over undervisningsvejledningens forslag) beskrives mere detaljeret i artiklens sidste del.

De flerfaglige mål kan tilgodeses på flere forskellige måder. Undervisningsvejledningen anfører følgende muligheder, hvor den flerfaglige undervisning dog anbefales.

- *Flerfaglig undervisning, hvor fagenes timer så at sige lægges sammen, og hvor lærerne indbyrdes aftaler deres respektive opgaver*
- *Parallelle (samtidige) og koordinerede undervisningsforløb i de omfattede fag, hvor hvert fag anvender sin særlige vinkel på området*
- *Koordinerede undervisningsforløb i de enkelte fag, der følger efter hinanden på en hensigtsmæssig måde.*

Kosmos-grundbøgerne og -kopimapperne rummer muligheder for alle disse samarbejdstyper.

SAMARBEJDE MED ANDRE FAG

Kosmos Grundbog A	Emne	Geografi	Biologi	Matematik	Historie	Samfundsfag	Kristendomskundskab
Side 38	Luftfugtighed og klima	+					
Side 42	Iskerneboringer	+			+		
Side 60	Blodtryk		+				
Side 108	Vand	+	+			+	+
Side 166	Brintbiler					+	+
Kopimappe A							
Kap. 1, projekt	Jordomrejse	+					
Kap. 2, projekt	Vandets kredsløb	+	+				
Kap. 6, projekt	Sukkerindhold		+				
Eksperiment 7.10 og 7.11	Farvestoffer		+				

SAMARBEJDE MED ANDRE FAG

Kosmos Grundbog B	Emne	Geografi	Biologi	Matematik	Historie	Samfundsfag	Kristendomskundskab
Side 15	Verdensbilleder				+		+
Side 22	Tidevand	+					
Side 33	Trækfugle		+				
Side 36	Jordmagnetisme	+					
Side 46	Hjertestartere		+				
Side 61	Energiforbrug	+	+			+	
Side 64	Krop og energi		+				
Side 72	Øret		+				
Side 78	Øjet		+				
Side 83	Ultralyd		+				
Side 92	Atmosfæren	+					
Side 92	Fotosyntese	+	+				
Side 96	Carbondioxid		+				
Side 106	Oxygen i atmosfæren	+	+				
Side 124	Metaller, genbrug	+				+	
Side 143	Enzymer		+				
Side 148	Mavesyre, miljø		+				
Side 154	Fossile og ikke-fossile brændstoffer	+	+			+	
Side 158	Carbonkredsløbet	+	+				
Side 162	Luftforurening	+	+			+	
Side 166 og 170	Drivhuseffekt og klima	+	+			+	
Kopimappe B							
Eksperiment 1.6 og 1.11	Tal i eksponentiel notation			+			
Kap. 3, projekt	Danmarks energikilder	+				+	
Eksperiment 4.10 og 4.11	Øjet		+				
Eksperiment 5.10	Udåndingsluften	+	+				
Eksperiment 5.11	Gæring		+				
Eksperiment 8.4	Fotosyntese	+	+				
Eksperiment 8.11 og 8.12	Drivhuseffekten					+	

SAMARBEJDE MED ANDRE FAG

Kosmos Grundbog C	Emne	Geografi	Biologi	Matematik	Historie	Samfundsfag	Kristendomsundskab
Side 7 og 18	Ismanden, aldersbestemmelse, halveringstid m.m.		+	+	+		+
Side 8, 31 og 114	Tal i eksponentiel notation			+			
Side 13 og 40	Kvinder i naturvidenskaben				+	+	
Side 19	Solsystemet	+					
Side 20	Kerneenergi	+	+			+	
Side 24	Krop og bestråling		+				
Side 34	Vind og vejr	+			+		
Side 38	Jordens fysik	+					
Side 56 og 86	Danmarks energiforsyning	+			+	+	
Side 59	Brintsamfundet					+	
Side 67	Minesøgere						+
Side 92	Naturvidenskabelig metode		+		+	+	
Side 108	Kolera	+	+				
Side 117	Materialer i et hus	+			+	+	
Side 121	Gødning	+	+			+	
Side 136	Mad og drikke		+				
Side 149	Konservering		+				
Side 162	Forurening	+	+			+	
Side 166	Genbrug		+			+	
Kopimappe C							
Eksperiment 1.1	Tal i eksponentiel notation			+			
Eksperiment 1.13, 1.14 og projekt	Kernekraft						
Eksperiment 2.2	Vinkelmåling			+		+	
Eksperiment 2.3, 2.11 og projekt	Vind og vejr						
Eksperiment 2.4	Havenes stigning	+					
Eksperiment 4.7	Binære tal	+		+			
Eksperiment 5.3	Niels Steensen	+	+		+		+
Eksperiment 5.9	Bolsjer	+	+				
Kap. 5 Projekt	Vikingesmykker		+		+		

Kopimappe C fortsat	Emne	Geografi	Biologi	Matematik	Historie	Samfundsfag	Kristendomskundskab
Eksperiment 6.6, 6.7, 6.8 og 6.10	Kalk og mørtel	+			+	+	
Eksperiment 6.11, 6.12 og 6.13	Gødning		+		+		
Eksperiment 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9, 7.10, 7.11, 7.12, 7.13, 7.14, 7.16, 7.17 og projekt	Mad og drikke		+				
Eksperiment 8.2, 8.5, 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11 og projekt	Forurening	+				+	

Emnekredse for et fagsamarbejde

I skemaet ovenfor er medtaget en række emner, der har åbenlyse sammenhænge med klassens øvrige fag. En række af disse emner, specielt fra *Grundbog C* og *Kopimappe C*, vil være yderst velegnede som udgangspunkt for et mere omfattende samarbejde med klassens øvrige fag. Det kan både dreje sig om et samarbejde i kortvarige temaperioder eller i længerevarende forløb. Disse emnekredse behandles nedenfor i større detalje. I det følgende er der ikke oplæg til systematiske forløb. Der er beskrevet en række emner, der kan indgå i forløbene.

Aldersbestemmelse

Samarbejde med geografi, biologi, historie og evt. tillige kristendomskundskab.

I kapitlet *Atomfysik* i *Grundbog C* indføres begrebet halveringstid og kulstof-14-metoden beskrives. Desuden beskrives nogle uranisotopers henfaldskæder. Disse emner er udgangspunkt for en række af kopimappens eksperimenter.

Sammen med andre fag er det muligt at skabe et samlet forløb under overskriften *Aldersbestemmelse*.

Samarbejdet kan fx indeholde følgende områder:

- biologi kan bl.a. beskæftige sig med stoffers halveringstid i kroppen, træers vækst, pollenanalyse og aldersbestemmelser af dyr og mennesker
- geografi kan beskæftige sig med alderen af Jorden og en række mineraler
- historie kan behandle metoder til aldersbestemmelse af arkæologiske genstande som fx moselig og trægenstande
- kristendomskundskab kan se på alderen af forskellige relikvier, fx ligklædet i Torino, og på visse religioners tro på, at Jorden kun har eksisteret i en periode på bare 6000 år.

I det følgende er beskrevet en række delemner, hvor fysikken kan give et bidrag til ovenstående områder.

Kulstof-14-metoden. Datering af arkæologiske genstande ud fra indholdet af carbon-14-isotopen er ikke perfekt. Metoden er god til en relativ kronologi, men for at give en absolut kronologi kræves samarbejde med andre videnskabsgrene. Årsagen er, at der højt oppe i atmosfæren ikke dannes præcis samme mængde af den radioaktive carbonisotop hvert år. Mængden varierer med bl.a. Solens aktivitet og den påvirkning Jorden modtager fra det ydre rum.

Gennem dendrokronologiske undersøgelser, se nedenfor, er det dog muligt at foretage korrektioner, der betyder, at metoden giver præcise aldersbestemmelser af genstande med alder op til 50 000 år. På side 71 i *Læreresurse C* er der yderligere oplysninger om metoden.

I Domkirken i Torino opbevares et relikvie, et tøjstykke, der påstås at være Jesu ligklæde. Tøjstykket har et synligt aftryk af en mands krop og ansigt. Ved en søgning på "Shroud of Turin" kan findes detaljerede beskrivelser af dette relikvie. Ved kulstof-14-undersøgelse af et lille hjørne af ligklædet er stoffet bestemt til at stamme fra 1300-tallet. Kan det alligevel være Jesu ligklæde?

Dendrokronologi. Træers vækst bestemmes af de klimatiske forhold. I "gode år" er træets tykkelsestilvækst større end i "dårlige år". Alle træer i et bestemt geografisk område vil have samme relative tykkelsestilvækst og dermed afstande mellem årringene. Ved at sammenligne arkæologiske træstykker fra mange overlappende tidsperioder har man fået dannet sikre tidsserier, der kan bruges til præcise aldersbestemmelser. I Danmark kan man med denne metode bestemme alderen af trægenstande fra de sidste 2300 år. Der findes i bl.a. Egypten områder, hvor man med denne metode kan foretage relative aldersbestemmelser 6000 år tilbage.

I Danmark kan dendrokronologien fx fortælle, hvilket år Trelleborg og Dannevirke blev opført. Ved undersøgelser af vrage af vikingeskibe kan både byggested og -år bestemmes.

Gennem en sammenligning mellem resultaterne fra dendrokronologien og kulstof-14-målinger kan korrektionerne til isotopmålingen bestemmes. Der lagres nemlig carbon i årringen fra det år, hvor træet groede.

Iskerneboringer. I *Grundbog A* er i Cafe Kosmos, *Isen fortæller historie* bl.a. beskrevet, hvorledes man ud fra vulkansk støv kan tidsfæste kraftige vulkanudbrud. Disse tidspunkter kan så sammenlignes med historikernes viden om de samme begivenheder.

Santorini. I bronzealderen for ca. 3600 år siden indtraf et voldsomt vulkanudbrud i Middelhavet nær Kreta. Vulkanen Thera ved øen Santorini havde et udbrud, der af arkæologer er set som en afgørende faktor i den minoiske kulturs forsvinden. Fra Egypten findes beretninger om udbruddet. Det har derfor for arkæologer været af stor betydning at kunne tidsfæste udbruddet præcist. Det vil tillige give en tidsbestemmelse af samtidige begivenheder i Egypten.

Resultater fra iskerneboringer på Grønland flyttede til stor overraskelse for arkæologerne tidspunktet for udbruddet med næsten 100 år. Støv fra udbruddet havde afsat tydelige spor i iskernen, der viste, at udbruddet fandt sted i 1642 f.v.t. Usikkerheden på denne tidsangivelse er 5 år.

I 2006 har forskere ved Aarhus Universitet bestemt tidspunktet med en anden metode. I lavaen er fundet er 1 m lang forkullet olivengren. Ved en undersøgelse, der kombinerer dendrokronologi og kulstof-14-undersøgelse, har forskerne vist, at udbruddet fandt sted i år 1613 f.v.t. Her er usikkerheden 13 år.

Selv om de to aldersbestemmelser ikke er helt sammenfaldende, er konklusionen, at udbruddet ikke fandt sted omkring 1500 f.v.t., som arkæologerne tidligere havde ment.

Jordens alder, Universets alder. Sten og mineraler er så gamle, at de ikke kan aldersbestemmes med kulstof-14-metoden. Men tilsvarende metoder med andre isotoper kan benyttes. En radioaktiv kaliumisotop, kalium-40, der er beskrevet i eksperiment 1.11, *Baggrundsstråling*, kan bruges. Isotopen, der har en halveringstid på 1,25 milliarder år, henfalder til luftarten argon. Efter det tidspunkt, hvor stenen blev dannet af smeltet materiale, har den skabt argon ikke kunnet undslippe. Ved yderst præcist at måle mængderne af kalium og argon i stenen kan alderen bestemmes med stor nøjagtighed. Denne metode er god til at bestemme alderen af mineraler, der er ældre end 10 000 år.

Mineraler med en alder, der måles i milliarder år, kan aldersbestemmes med tilsvarende metoder. Her måles på forholdet mellem isotoperne i henfaldskæderne fra uran og thorium. Metoderne er så præcise, at det med under en procents unøjagtighed er muligt at fortælle, hvor gamle de ældste sten på Jorden er.

Bestemmelsen af Universets alder kan ikke klares i grundskolen. For at bestemme alderen ser man på variationer i frekvensfordelingen af den kosmiske mikrobølgestråling. Nye satellitmålinger vil i 2011 eller 2012 formentlig give en mere præcis alder end de ca. 13,7 milliarder år, der er værdien i 2011.

Danmarks energiforsyning

Samarbejde med geografi, biologi, samfundsfag og evt. tillige historie.

Denne overskrift rummer adskillige emner med tilknytning til undervisningen i fysik og kemi. Emne-

kredsen vil være aktuel i al fremtid, da politikere, forskere, virksomheder og befolkningen til stadighed må beskæftige sig med forsyningen og fordelingen af den samfunds nødvendige energi.

I det følgende er på stikordsform angivet en lang række spørgsmål, der kan udgøre emner i en temaperiode om energiforsyning i Danmark. Adskillige af spørgsmålene knytter sig til eksperimenter, som eleverne har udført eller kan udføre i forbindelse med Kosmos kopimapperne. Der er ikke forsøgt nogen katalogisering af spørgsmålene, der står i tilfældig rækkefølge. De fleste spørgsmål rummer samarbejds muligheder med flere af klassens andre fag.

Emner i forbindelse med et fagsamarbejde

- Hvornår blev Danmark elektrificeret, og hvilken betydning fik det for samfundet?
- Hvad er de forskellige samfundsmæssige konsekvenser ved en central eller en decentral energiproduktion?
- Klimakommissionen anbefaler i 2010, at Danmark skal være "fossilfri" i 2050. Hvordan skal det foregå og kan det lade sig gøre?
- Vil de danske skove kunne forsyne kraftværkerne med træ til erstatning af de fossile brændstoffer?
- Hvorfor er der en sammenhæng mellem miljø og energiforsyning?
- Hvilke energikilder bidrager til energiforsyningen i vores nabolande?
- Har der været krige i verden, der direkte eller indirekte er startet som en kamp om energikilder?
- Hvad er priserne på el-energi fra vindmøller, vandkraft og kernekraft?
- Kan Danmark blive selvforsynende med energi?
- Hvad kan ske, når tredje verdens landene begynder at bruge energi som i USA eller Europa?
- Hvordan vil din tilværelse blive, hvis du må nedskære dit elforbrug til det halve?
- Hvordan må samfundet indrettes, hvis vi alle skal nedskære vores elforbrug til det halve?
- Beskriv, hvordan du tror, at tilværelsen vil blive i Danmark, når vi ikke længere bruger fossilt brændstof.
- Kan solstrålingen i Sahara bruges som energikilde i Europa?
- Beskriv tilværelsen i et samfund, der udnytter sol og vind til skabelse af el-energi.
- Hvorfor er der en frygt i samfundet for kernekraft?
- Beskriv de miljømæssige konsekvenser af forskellige fremtidige og nuværende energiformer.
- Hvorfor er Danmark blevet et foregangsland for vindenergi?

Vind og vejr

Samarbejde med geografi, biologi, samfundsfag og historie.

Klimaændringer, drivhuseffekt og CO₂ er aktuelle emner, der behandles i flere af grundskolens fag. Ved et fagsamarbejde om disse emnekredse kan fysik/kemi bidrage med en lang række emnekredse og eksperimenter.

I det følgende er på stikordsform angivet en lang række spørgsmål, der kan bruges i en temaperiode om disse emner. Adskillige af spørgsmålene knytter sig til eksperimenter, som eleverne har udført eller kan udføre i forbindelse med Kosmos kopimapperne. Der er ikke forsøgt nogen katalogisering af spørgsmålene, der står i tilfældig rækkefølge. De fleste spørgsmål rummer samarbejds muligheder med flere af klassens andre fag.

- Hvilken indflydelse har Jordens stadig voksende befolkningstal på vejr og klima?
- Hvad er drivhuseffekten?
- Har oxygenindholdet i atmosfæren altid været det samme som i dag? (Se fx side 106 i *Grundbog B*.)
- Hvad er konsekvenserne, hvis havet stiger 50 cm i Danmark / i Bangladesh / på Island?
- Er den stigende globale temperatur et nutidigt særsyn eller er tilsvarende ændringer foregået tidligere?
- Hvilke fordele får vi i Danmark, hvis temperaturen i fremtiden vil stige?
- Hvilke fordele får vi i Danmark, hvis temperaturen i fremtiden vil falde?
- Hvad er den lille istid i Danmark, og hvornår indtraf den?
- Hvad viser grønlandske iskerneboringer om temperaturforholdene de seneste 120 000 år?
- Har ekstremt kolde vintre haft afgørende betydning for historiens gang?
- Hvorfor kan det nedsætte luftens CO₂-indhold, hvis vi begynder at spise tang i større mængder?
- Der er en stor varmekapacitet i verdenshavene. Hvor mange gange er varmekapaciteten af verdenshavene større end den samlede atmosfæres varmekapacitet? Hvilken betydning har svaret for udviklingen i Jordens klima?
- Hvor tit forekommer der istider på Jorden? Hvornår havde vi den seneste istid?
- Hvad er "sneboldjorden"?

Bogen *Det ustyrlige klima* af Ole Humlum, Trykkefrihedsselskabets Bibliotek, indeholder adskillige emner, der kan skabe sammenhæng mellem historie, samfundsfag og fysik/kemi.

Forurening

Samarbejde med geografi, biologi og samfundsfag.

Der er i kosmosserien mange øvelser, der vedrører forurening. Her skal nævnes øvelse 8.2 *Beskyt dig mod nikkelallergi* i *Kopimappe C*. Øvelsen fungerer godt i samarbejde med biologi, og pigerne vil blive specielt interesserede efter følgende oplysning: Nikkelallergi er en kontaktallergi, som oftest rammer kvinder. Ca. 10 % af alle kvinder i de industrialiserede lande rammes af nikkel-eksem. En tredjedel af de ramte udvikler håndeksem.

I øvelsen testes elevernes smykker og andre metalgenstande, der kan komme i kontakt med huden.

Det optager eleverne meget, og forfatteren har set elever gå direkte hen og smide positivt testede smykker i skraldespanden.

Mange har på ferieture i udlandet købt sølvsmykker hos gadehandlere. Disse smykker kan være lavet af legeringen nysølv, der ligner sølv, men slet ikke indeholder sølv. Legeringen består af nikkel, kobber og zink.

I Danmark er det forbudt at sælge smykker og ure, der indeholder nikkel, men nogle nikkelholdige produkter er ikke omfattet af loven. Det gælder fx strikkepinde, nøgler og mønter.

Nikkel er et fremragende metal til mønter, fordi det er holdbart over for fugt og salte fra hænderne. Men nikkel indebærer altså en helbredsmæssig risiko. Derfor har man forsket meget for at finde en sølvfarvet møntlegering uden nikkel, men det er ikke lykkedes endnu. Til gengæld forsøger man at fremstille legeringen, så nikkel ikke så let kan slippe ud af legeringen. De sølvfarvede danske mønter, dvs. 1-, 2- og 5-kronerne, indeholder nikkel, og disse mønter testes klart positive for nikkel.

De europæiske forbrugerorganisationer har længe kæmpet for, at man skal undgå nikkel i legeringerne til mønter. Legeringen, "nordic gold", i de guldlignende 10- og 20-kroner er opfundet af denne grund. Der er ikke nikkel i denne legering.

Hvis man er blevet overfølsom over for nikkel, skal man helst ikke have kontakt med de sølvfarvede mønter. Har man fået konstateret nikkelallergi, vil det medføre drastiske begrænsninger i kosten, da der er nikkel i flere fødemidler.

Niels Steensen

Samarbejde med geografi, biologi, historie og kristendoms-kundskab.

Niels Steensen er en dansker, der kan nævnes i forbindelse med flere fag, fx fysik/kemi, biologi, historie og kristendomskundskab. I forbindelse med krystalsystemer har danskeren Niels Steensen, også kaldt Steno, haft en vigtig rolle.

Niels Steensen blev født i 1638 i København. Han begyndte på universitetet, da han var 18 år gammel, og her brugte han - efter tidens skik - det latinske navn Nicolaus Stenonis. I Danmark kaldes han derfor ofte bare for Steno. Han blev uddannet som læge og gjorde senere mange opdagelser af kroppens funktion. Senere arbejdede han i Italien, og her skrev han verdens første geologiske afhandling.

I Italien fandt Steno mange forskellige bjergkrystaller, som han studerede, og han opdagede, at selv om krystallerne så forskellige ud, så var vinklen mellem samme to flader den samme, uanset hvor skæve og hvor store krystallerne var.

I sin geologiske afhandling fra 1669 skrev Steno bl.a.: *"En bjergkrystal vokser ved, at nyt krystallinsk stof aflejres på den allerede anlagte krystals flader"* og *"Sidernes antal og længde ændres på forskellig måde, uden at vinklerne forandres."*

Denne opdagelse var enestående, og den kaldes *Stenos lov*, *Krystallografiens 1. lov* eller *Loven om vinklens konstanter*. Loven kan formuleres således: *I alle krystaller af samme stof har vinklen mellem to tilsvarende, sammenstødende flader samme konstante værdi.*

I naturen vokser mange krystaller sig "skæve" på grund af omgivelserne. Fladerne bliver derfor forskellige i størrelse, men alligevel bliver vinklen mellem to flader den samme i to forskellige krystaller af samme stof. Loven om vinklens konstanter gælder derfor for alle krystaller, uanset om de er kæmpestore eller mikroskopisk små.

Inden for de medicinske studier arbejdede Steno både med hjertet, hjernen og kroppens kirtler. Han udførte mange dissektioner. Ved sin første dissektion af et hoved fandt han en kanal ved ørespytkirtlen. Denne kanal kaldes i dag *ductus stenonis*. Ved sine undersøgelser af hjertet viste Steno, at hjertet "bare" er en muskel.

Kridt, kalk, mørtel og cement

Samarbejde med geografi, samfundsfag og historie.

Emnet kridt er velegnet til samarbejde med geografi

Under det meste af Danmark ligger der et op til 0,5 km tykt lag kridt. Det blev dannet for 70 millioner år siden på bunden af et hav, der dækkede hele Danmark og en stor del af Europa. Der var mange koraller og skaldyr, og når de døde, sank deres kalkskaller og kalkskeletter til bunds i havet. På denne måde blev der efterhånden dannet et flere hundrede meter tykt lag af kridt. Kridtet er meget rent uden urenheder, som fx sten. Kridtlaget ligger i en dybde af ca. 200 m, men flere steder i Danmark ligger det tættere ved jordoverfladen, som fx ved Møns Klint og ved Faxe. Disse steder kan det betale sig at udvinde det. Ved Faxe kan man hente kridtet op i åbne brud og behøver ikke at grave minegange.

Emnet kalk og mørtel egner sig til et samarbejde med historie

Her beskrives kort kalkbrændingens historie i Danmark.

Fremstilling af brændt kalk har været kendt i tusinder af år. I de store pyramider i Egypten kan man finde mørtel mellem stenene. I Danmark har kalkbrænding været kendt efter år 1000. Københavns første borg, opført af biskop Absalon, blev bygget af sten holdt sammen med mørtel. Absalon indhentede tilbud på kalken i 1167. Kalkbrænding var derefter almindelig brugt flere steder i Danmark op til 1700-tallet, men rigtig industriel produktion begyndte først efter Københavns brand i 1728. Til genopbygningen skulle bruges meget kalk, og man fandt på at hente kalken på øen Saltholm. Kalken blev sejlet til den havn i København, der stadig har navnet Kalkbrænderihavnen.

Emnet cement byder på gode muligheder for samarbejde med samfundsfag, geografi og historie

I kommentarerne til afsnittet om cement i grundbogens kapitel 6 kan man læse om cementfremstilling i Danmark. Her gives nogle historiske oplysninger om cement.

Ordet cement kommer af det latinske ord *cementum*, der betyder ”hugget sten”. Cementlignende produkter var nemlig allerede kendt for over 2000 år siden i det gamle romerrige. Man havde opdaget, at når brændt kalk blev blandet med vulkansk aske, fx fra vulkanen Vesuv, gav det et langt stærkere byggemateriale end almindelig mørtel. Man kaldte produktet ”roman-cement”.

Kendskabet til cement og brugen af det satte den romerske verdensmagt i stand til at opføre imponerende bygningsværker. Store bygninger blev opført af beton lavet med roman-cement, fx de kilometerlange akvædukter, som førte frisk vand ind til byerne, eller Pantheon i Rom, som er den bedst bevarede bygning fra den tid. Den cirkulære bygning har et 43 meter bredt halvkugleformet tag støbt af roman-cement. Taget bæres kun af de ydre vægge.

Med romerrigets fald og folkevandringstidens begyndelse omkring år 400 gik fremstillingen og anvendelsen af cement i glemmebogen. Kunsten at fremstille cement blev glemt i 1400 år. Da man skulle bygge Peterskirken i Rom skulle den på alle måder være den største bygning i Verden. Byggeriet blev påbegyndt i 1506 og afsluttet i 1626. Kuplen blev også stor, men da den kun kunne bygges af mørtel og mursten, blev den ikke så stor som kuplen på Pantheon på den anden side af floden Tiberen.

Kendskabet til cement dukkede først op igen i England i anden halvdel af 1700-tallet, da en ingeniør, John Smeaton, skulle bygge et fyrtårn på en kyst, som var særlig udsat for vind og vejr. Ved forskellige eksperimenter opdagede han, at kalk blandet med ler ved brændingen gav en særlig stærk mørtel. Fyrtårnet, Eddystone Lighthouse, blev bygget i 1759, og det holdt i 126 år. I 1824 startede en anden englænder cementproduktion ved i en stor ovn at brænde en blanding af kridt og ler i forholdet 4:1. Han kaldte cementen for portlandcement, fordi farven mindede om en bygningssten, som man fik fra øen Portland ud for Englands sydkyst.

Salt

Samarbejde med biologi.

Cafeartiklen *Salt redder liv* i *Grundbog C* er velegnet til et samarbejde med biologi. Der beskrives, hvordan salt i form af drop redder liv ved sygdom og ulykker, men artiklen kan også bruges til et emne om verdensomspændende sygdomme, specielt kolera.

Samarbejde med geografi.

I *Grundbog A* side 121 beskrives kort, hvordan salt produceres i Danmark. Her gives nogle yderligere oplysninger.

Indholdet af salt i havvand ligger på omkring 3 %. Derfor kan man udvinde salt fra havvand. Det sker ofte i varme lande. Gennem en dæmning lukkes havvandet ind på nogle lavvandede områder, hvor vandet efterhånden fordampes. Ved fordampningen stiger saltholdigheden i vandet, og til sidst udfældes saltet. Når vandet er fordampet, lukker man mere havvand ind, og processen gentages mange gange. Til sidst ligger der tykke lag af salt, der kan skovles op. På Læsø fremstiller man salt af havvand, der hentes fra engarealerne ved kysten. Når de oversvømmes af havvand bliver noget vand tilbage i huller i jorden. Her fordampes vandet, så saltholdigheden stiger. Produktionen er meget lille, og saltet sælges som gourmetsalt.

Den helt store produktion af salt sker ved Mariager Fjord. Her ligger Danmarks eneste fabrik, der producerer større mængder af salt. Saltet hentes op fra undergrunden, hvor det findes i en salthorst. For at få saltet op fra salthorsten pumper man ferskvand gennem et rør 1500 m ned i salthorsten. Her opløses saltet i vandet, hvorefter saltvandet, med en koncentration på 31 %, pumpes op til jordoverfladen gennem et andet rør.

Oppe i fabrikken renses saltvandet, saltopløsningen inddampes, og ud kommer saltet - 600 000 ton om året. På fabrikken produceres praktisk taget alt det salt, der bruges i Danmark. Desuden eksporterer fabrikken salt til hele Skandinavien, for i de andre skandinaviske lande er der ingen saltfabrikker. Vi kan sagtens eksportere saltet, for i salthorsten er der salt til mange tusinde års forbrug.

Saltet i salthorsten er dannet på følgende måde. Tidligere i Jordens historie var Danmark et stort hav uden land. I den tid blev der dannet store lag af salt på bunden af havene. Disse lag er senere blevet dækket af 2 til 3 kilometer tykke lag af sand, ler og kalk. Endnu senere har havbunden hævet sig, og det faste land dukkede op af havets overflade. Man kan finde disse saltlag mange steder, og de kan være op til 1 kilometer tykke. Oven over lagene ligger andre lag af jord, der hindrer regnvand i at trænge ned til saltlagene. Disse overliggende lag presser på saltet, og nogle steder presses saltet op mod overfladen, i hvad der kaldes salthorste. Hvis man derfor kan finde en salthorst, skal man ikke bore flere kilometer ned i jorden for at hente salt op. Salthorsten

syd for Mariager Fjord er fire km høj og tre km bred, og den ligger kun 300 meter under jordoverfladen.

Konservering af madvarer

Samarbejde med biologi og samfundsfag.

I *Grundbog C* er beskrevet, hvordan man i dag konserverer madvarer.

I tilknytning til øvelse 7.16 *Konservering med svovldioxid og sulfat* i *Kopimappe C* følger nogle uddybende oplysninger vedrørende moderne konservering.

Der findes følgende tilsætningsstoffer med enten svovldioxid eller sulfat:

- E 220 Svovldioxid, SO_2
- E 221 Natriumsulfit, Na_2SO_3
- E 222 Natriumhydrogensulfit, NaHSO_3
- E 223 Natriumdisulfit, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$
- E 224 Kaliumdisulfit, $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$
- E 226 Calciumsulfit, CaSO_3
- E 227 Calciumhydrogensulfit, $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$
- E 228 Kaliumhydrogensulfit, KHSO_3

Sulfit kan udløse allergi og voldsomme astmaanfald hos overfølsomme mennesker. Kroppen kan normalt selv klare indtagelse af små mængder svovldioxid, for stoffet dannes naturligt i kroppen ved nedbrydning af aminosyrer. Kroppen omdanner svovldioxid til uskadeligt sulfat. Denne omdannelse er så virksom, at den sagtens kan klare de mængder, som man måtte indtage via føden.

Der må tilsættes 2000 mg svovldioxid pr. kg tørret frugt, og den højst tilrådelige daglige dosis er vurderet til 0,7 mg svovldioxid pr. kg legemsvægt. En person på 60 kg må derfor maksimalt få 42 mg svovldioxid om dagen. Denne mængde kan nås ved at spise omkring 42 g tørret frugt.

Sulfitterne har lignende egenskaber, men fx må man normalt ikke tilsætte svovldioxid til kød, da det ødelægger B-vitaminet. Vegetariske færdigretter er også ofte konserveret med svovldioxid.

Sulfit bruges også som konserveringsmiddel i hvidvin og citronsaft.

Som et historisk kuriosum kan nævnes, at den første konserveredåse blev opfundet i 1809, da Napoleon Bonaparte udskrev en konkurrence om at fremstille holdbar mad til den franske hær.