

# STENOMUSEEN 79

MEDLEMSBLAD FOR STENO MUSEETS VENNER – NOVEMBER 2019

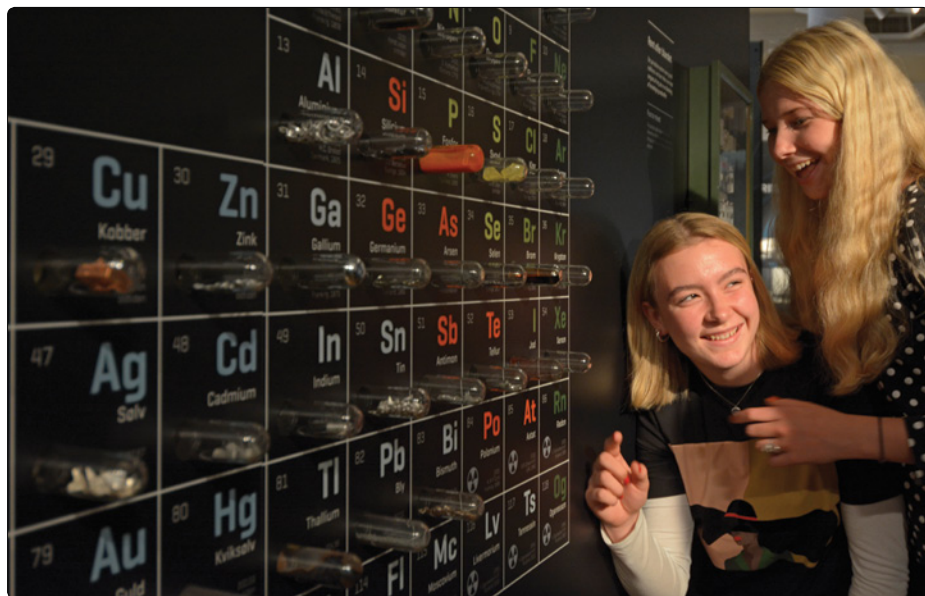
## Grundstoffernes store puslespil

I Steno Museets viden-skabshistoriske udstilling *Det nysgerrige menneske* finder man en udgave af det periodiske system, hvor man kan se små glas med prøver af de fleste grundstoffer. I anledning af, at det periodiske system i år har 150-års jubilæum, fortælles her nogle af de historier om systemet, som ikke kunne få plads i udstillingen.

Ud over særlige borde med vaske og gashaner samt glasskabe med kemikalier, kolber og reagensglas er det periodiske system på væggen noget af det, der allertydeligst signalerer, at man befinder sig i et kemilokale. Dette store skema med tal og bogstaver, som er elsket af nogle og måske hadet af flere, hænger der med en sådan selvfølge, at man let

kunne få den tanke, at det er lige så gammelt som kendskabet til grundstofferne. Men det er langt fra tilfældet.

Midt i 1800-tallet kendte man omkring  $\frac{1}{3}$  af de ca. 90 grundstoffer, som findes naturligt på Jorden. Nogle havde været kendt siden oldtiden, f.eks. guld, jern, kviksølv og svovl. Og mange var opdaget efter udvik-



Mange af Steno Museets gæster kikker nærmere på de grundstofprøver, som man kan finde i museets udgave af det periodiske system i udstillingen *Det nysgerrige menneske*. Foto: Erik Balle.

lingen af nye kemiske teknikker i slutningen af 1700-tallet.

Efterhånden som kemikerne opdagede flere og flere grundstoffer, begyndte nogle at spekulere på, om der var noget system i stofferne forskellige egenskaber.

### Begyndende systematisering

Som et af de første seriøse forsøg på en systematisering af grundstofferne udgav den franske kemiker Antoine Lavoisier i 1789 en liste over 33 fundamentale kemiske stoffer, hvor han grupperede dem i gasser, metaller, ikkemetaller og de sjældne jordarters metaller. Som et eksempel på at al begyndelse er svær, regnede han fejlagtigt lys og varme med som grundstoffer.

I første halvdel af 1800-tallet bemærkede den tyske

kemiker Johann Wolfgang Döbereiner, at mange af grundstofferne ud fra deres kemiske egenskaber kunne ordnes i grupper af tre, som han kaldte triader. F.eks. kunne litium, natrium og kalium, som alle var bløde, reaktive metaller, grupperes i en sådan triade. Döbereiner bemærkede endvidere et mønster i stofferne atomvægte, dvs. den relative vægt af de forskellige stoffers atomer. Det viste sig nemlig, at gennemsnittet af atomvægtene for det letteste og det tungeste grundstof i en triade svarede til atomvægten af det mellemste grundstof.

I de følgende år identificerede andre kemikere i alt ti triader, tre grupper af fire samt en gruppe af fem grundstoffer. Men selvom man gradvist kunne skimte nogle mønstre inden for mindre grupper af grundstoffer, manglede der stadig en ordning, som kunne omfatte dem alle.

### Perioderne opdages

I løbet af 1860'erne var der flere kemikere, som bemærkede en form for periodicitet i grundstoffernes egenskaber. F.eks. opdagede den engelske kemiker John New-

lands, at visse fysiske og kemiske karakteristika gentog sig ved hvert 8. eller evt. hvert 16. grundstof, når de blev opstillet efter stigende atomvægt. Det fik ham til at sammenligne denne periodicitet med musikens oktaver.

Newlands' oktavregel blev dog latterliggjort af hans kolleger, og Chemical Society nægtede at udgive hans arbejde, selvom vi nu ved, at han var tæt på den rigtige teori. Faktisk lykkedes det ham at opstille en tabel over grundstofferne. Ud fra tabellens struktur kunne han endda argumentere overbevisende for, at der måtte eksistere grundstoffer ud over de allerede kendte. Men selvom han havde erkendt grundstoffernes periodicitet, kan man ikke sige, at han opdagede det periodiske system. Dertil var hans tabel for ufuldstændig og fejlbehæftet.

### Det periodiske system

Der var flere andre kemikere, som var tæt på i slutningen af 1860'erne, men det er russeren Dmitrij Ivanovitj Mendelejev, som normalt får æren af at have opdaget det periodiske system, som vi kender det.

Han var i vinteren 1869

Vil du vide mere, anbefales Pia Villadsens lille bog *Det periodiske systems historie*, som er udgivet af Steno Museets Venner. Den kan købes i Steno Museets butik for 50 kr. eller på [smv.ebog.dk](http://smv.ebog.dk). Bogen kan også lånes på [eReolen](http://eReolen).

ved at skrive en lærebog i kemi, og for at få overblik over strukturen i de dengang 63 kendte grundstoffers egenskaber skrev han deres symbol, atomvægt og øvrige egenskaber på hvert sit kort. Efterhånden fik han arrangeret disse kort i et skema med stigende atomvægt på den ene led og gruppering af grundstoffer med lignende egenskaber på den anden led.

For at få kabalen til at gå op måtte han dog efterlade tomme pladser i systemet. Han mente, at de var til grundstoffer, som endnu ikke var opdaget. Ud fra hullernes placering i systemet var han endda i stand til at forudsige nogle af egenskaberne for de manglende grundstoffer, så man kunne lede mere systematisk efter dem. Det førte bl.a. til opdagelsen af gallium (1875) og germanium (1886). Mendelejev forudsagde i alt ti nye grundstoffer, hvoraf de syv senere blev fundet. De sidste tre var fejlskud. De eksisterer ikke!

Ud over at indføre ‘huller’ i systemet ignorerede Mendelejev et par steder den orden, som atomvægten indikerede, og byttede rundt på tilstødende grundstoffer for



*Den russiske kemiker Dmitrij Ivanovitj Mendelejev (1834-1907) er især kendt for at have opdaget det periodiske system. Grundstof nr. 101, mendeleevium, er opkaldt efter ham.*

bedre at kunne holde de kemiske “familier” samlet. På denne måde kunne han i flere tilfælde vise, at de kendte atomvægte var forkerte. Men enkelte steder var det Mendelejev, der tog fejl. Det skyldtes, at han – som de fleste andre – anså atom-

vægten som den vigtigste ordningsparameter. Men som man først fandt ud af et halvt århundrede senere, er det i virkeligheden atomnummeret, altså antallet af de dengang ukendte protoner i kernen, som er bestemmende for stoffernes

## ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ

		Tl = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4.	
		Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198	
	Ni = 59	Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199.	
H = 1		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200	
Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112		
B = 11	Al = 27,4	? = 68	U = 116	Au = 197?	
C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118		
N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?	
O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?		
F = 19	Cl = 35	Br = 80	I = 127		
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		

Д. Менделѣевъ

Mendelejev offentliggjorde sit "Forsøg på at opbygge et system over grundstofferne baseret på deres atomvægte og kemiske ligheder" i Det Russiske Kemiske Selskab i marts 1869. Bemærk spørgsmålstegnene, der markerede de nye grundstoffer, som Mendelejev forudsagde. F.eks. blev grundstoffet med atomvægten 45 opdaget ti år senere og givet navnet scandium. Kilde: Wikipedia.

rækkefølge i det periodiske system. Det var også først med atomfysikken, at man blev i stand til at forklare, hvorfor systemet har den struktur, vi ser.

### Et gennembrud for kemien

Mendelejevs første periodiske system, som er dateret

17. februar 1869, blev offentliggjort i marts samme år. I 1871 udgav han en mere detaljeret udgave af sit system. Siden da er det periodiske system blevet præsenteret på utallige måder, men den grundlæggende struktur er den samme. For Mendelejevs system viste

sig hurtigt at være et vigtigt gennembrud for kemien. Dels fordi det skabte orden og overblik over de mange grundstoffer, man kendte, dels fordi det som nævnt også havde evnen til at forudsige de grundstoffer, som endnu ikke var opdaget.

Der blev dog også opdaget nye grundstoffer, som Mendelejevs system ikke havde forudset. Da lord Rayleigh i 1895 opdagede det nye gasformige grundstof argon, passede det ingen steder i systemet. Dette blev i første omgang betragtet som et stort problem. Men ret hurtigt viste systemet sin styrke og robusthed. Argon og de andre ædelgasser, som blev påvist kort efter, viste sig nemlig at udgøre en helt ny gruppe i systemet. Derfor har de deres egen søjle yderst til højre i det periodiske system.

### Hvor mange grundstoffer findes der?

Det periodiske system, jeg lærte at kende i skolen i 1970'erne, rummede 103 grundstoffer. Men i udstillingens udgave er der hele 118 grundstoffer, hvoraf det seneste blev opdaget i 2010. Gæster i udstillingen spørger jævnligt, hvor mange

grundstoffer der egentlig findes. Men det vides ikke. I teorien kan der godt eksistere endnu tungere grundstoffer. Men ikke ret længe ad gangen, da de er stærkt radioaktive og derfor henfalder til lettere grundstoffer. Generelt er det sådan, at de supertunge grundstoffer lever i kortere tid, jo tungere de er. Derfor findes de ikke frit i naturen, men må fremstilles kunstigt i kernereaktorer eller ved hjælp af

acceleratorer. Men de kan være svære at fange. Så vidt vides er der kun set 5-6 kerner af det tungeste grundstof, oganesson. Og de henfalder igen på under et millisekund!

Flere grupper af fysikere forsøger dog at fremstille endnu tungere grundstoffer. Så måske bliver vi en dag nødt til at tilføje et eller flere til den udstillede udgave af det periodiske system.

Hans Buhl



*Grundstof nr. 118 er opkaldt efter den russisk-armenske fysiker Yuri Oganessian, som har været pioner i opdagelsen af syntetiske grundstoffer. På dette frimærke kan man bl.a. se, at oganesson kan dannes ved at beskyde californium med calcium-kerner. Kilde: Wikipedia.*

## Grundstofferne i din mobil

*Der indgår mindst 30 forskellige grundstoffer i din smartphone. En del af dem findes kun i begrænsede mængder, og nogle af dem udvindes i områder med blodige konflikter. Det kan det periodiske system også fortælle om.*

Det periodiske system giver ikke blot en oversigt over, hvilke grundstoffer der findes. Det kan også formidle, hvor meget der findes af dem. Og det er vigtig viden i en tid med stigende fokus på bæredygtighed.

**En begrænset ressource**  
Over halvdelen af de mindst

30 forskellige grundstoffer (nogle siger op til 70), som indgår i din smartphone, kan give anledning til bekymring på grund af stigenede knaphed. De findes nemlig i så begrænsede mængder eller er så svært tilgængelige, at vi i praksis risikerer at løbe tør for dem.

Hver måned udskiftes der alene i EU ca. 10 mio. smartphones. Derfor er det tvingende nødvendigt, at vi er opmærksomme på, hvordan vi udnytter de kritiske grundstoffer i dem.

### Hvad kan vi gøre?

Hvis vi skal beskytte de tredede grundstoffer, er det på-

krævet med en indsats på alle niveauer.

Som enkeltpersoner er vi nødt til at spørge os selv, om det virkelig er nødvendigt at opgradere vores telefon, fladskærm eller computer lige nu? Eller kunne den holde et år mere? Skal den kasseres, skal det gøres korrekt, så materialerne kan genbruges og ikke ender på forbrændingen.

På det politiske plan skal vi prioritere ressourceproblemet højt og sikre en bedre genanvendelsespraksis og en effektiv cirkulær økonomi. Befolkningen skal også rustes til at træffe informerede valg, når der købes forbrugs-

varer, som er baseret på true-de stoffer, der måske endda importeres fra konfliktzoner.

### Ressourcernes system

I det særlige periodiske system nedenfor angiver felternes størrelse, hvor meget der findes af de forskellige stoffer i jordskorpen og atmosfæren. Da der er meget store forskelle på forekomsterne, er felternes indbyrdes størrelse logaritmisk. Du kan også se, hvilke af stofferne der typisk indgår i produktionen af smartphones.

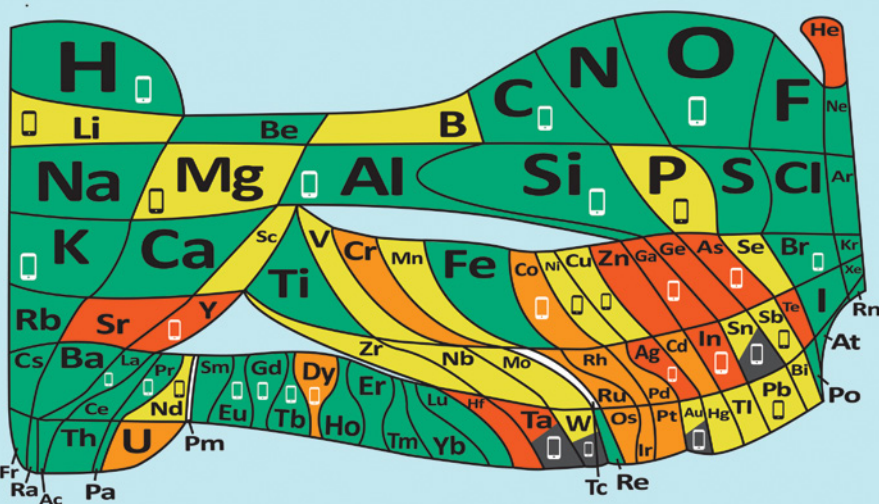
Felternes farver viser, hvor truede de enkelte grundstoffer er. De grønne stoffer er der rigeligt af. De gule og orange stoffer er svært tilgængelige og kan blive svære at skaffe. Endelig er de røde stoffer i stor risiko for at slippe op. De grundstoffer, der er hentet op af jorden, forsvinder selvfølgelig ikke, men de bliver spredt og vanskelige at genbruge. Derfor er de i praksis tabt, hvis vi ikke gør en indsats for at forhindre det.

De sorte grundstoffer: tin, tantal, wolfram og guld er stoffer, som i særlig grad kommer fra konfliktområder og ofte udvindes ved hjælp af børnearbejde.

Det tankevækkende periodiske system er udviklet af European Chemical Society. I denne sammenslutning af kemikere håber man, at det vil føre til refleksion og i sidste ende handling. Mindre forbrug og mere genbrug.

Hans Buhl

## De 90 naturlige grundstoffer som alt består af Hvor meget findes der af stoffet? Og er der nok?



Alvorlig trussel for at være brugt op i de næste 100 år

Stigende trussel for at være brugt op i kraft af voksende brug

Svært tilgængeligt og potentielt svært at skaffe i fremtiden

Rigeligt med forsyninger

Syntetiske grundstoffer

Konfliktminerale (udvindes i og sælges fra lande med konflikter)

Grundstoffer der bruges i smartphones

Læs mere og prøv computerspillet på <http://bit.ly/euchems-pt>

Dette arbejde er licenseret til Creative Commons Attribution-NoDerivs CC-BY-ND

# Steno og 'geologiens grundsten'

2019 markerer 350-året for den danske anatom Niels Stensens geologiske hovedværk *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus* eller bare *De solido*. Det var dog først flere hundrede år efter udgivelsen, at værket gav Stensen hans status som 'geologiens fader'.

*De solido* var Niels Stensens svanesang ud i det naturhistoriske og blev, af andre årsager, afslutningen på hans tilknytning til Ferdinando II's hof i Firenze. Som titlen antyder ('prodromus' betyder foreløbig), var bogen kun delvist færdig, da Stensen i al hast blev nødt til at adlyde en hjemkaldelse til Danmark fra kong Frederik III. Indledningsvist beklager Stensen derfor de mangler og forhastede konklusioner, som hans tidlige afrejse måtte afstedkomme. *De solido* var nemlig et bestillingsarbejde ønsket af fyrst Ferdinando II på baggrund af Stensens opdagelser to år tidligere.

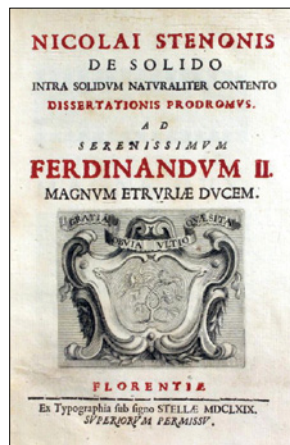
## Hajtænder i bjergene

I efteråret 1666 blev en stor

hvidhaj fanget ud for Livornos kyst, og på Medicifyrstens ordre blev hovedet fragtet til Firenze for at blive lagt under kniven af "den excellente og venlige lærde dansker Niels Stensen".

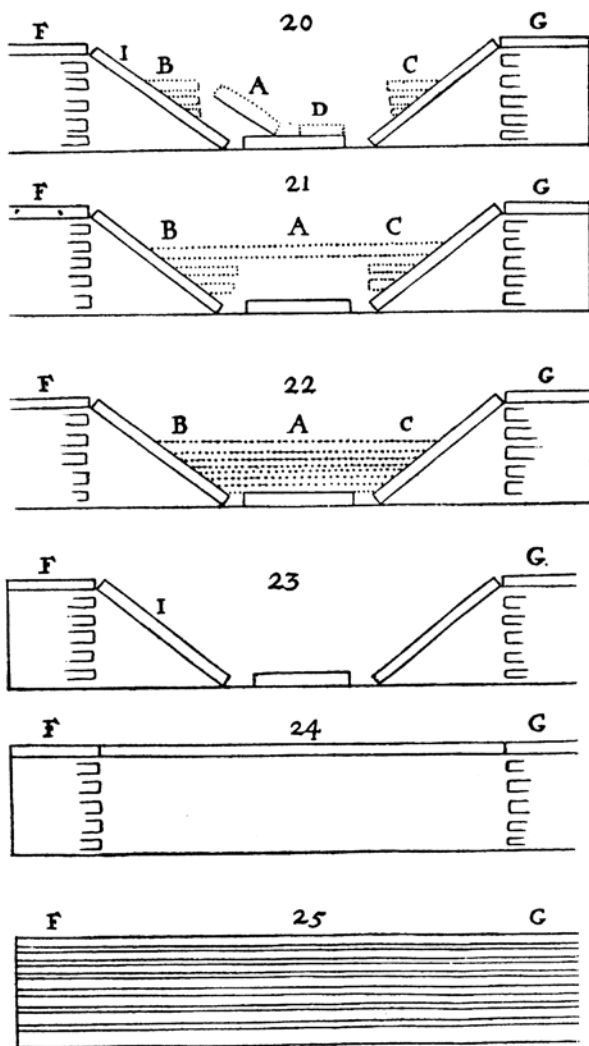
I sin rapport giver Stensen en fyldig beskrivelse af dissektionen af hajen og kommer afslutningsvist med den konklusion, at hajens tænder lignede de kuriøse og mytologiske sten ved navn *glossopetrae*, man undertiden fandt i middelhavslandenes bjergrige egne. Ferdinando II var fascineret af Stensens konklusion og bad ham udføre flere undersøgelser med henblik på at forstå, hvordan havdyr kunne findes langt fra vand og i høje bjerge. Det gjorde han således i *De solido*.

Første del af værket er den naturfilosofiske del, hvor Stensen er meget tilbageholdende med at komme med definitive konklusioner, men lægger an til, at han på et senere tidspunkt vil have nok eksempler til, at ingen filosof (i betydningen naturfilosof) vil betvivle hans argument.



*Niels Stensens hovedværk De solido fra 1669 betragtes i dag som en af geologiens grundsten.*

Den anden del indeholder Stensens metode, og det er her, at han fremlægger sin naturhistoriske ide om, hvordan man fortolker den faste natur. Grundlæggende foreslår Stensen, at alle faste legemer oprindeligt har været på væskeform, og at man kan fastslå, hvilke legemer der er blevet faste først ved at se på, hvilken del som efterlader et aftryk på andre. På den måde kan man fastlægge en kronologi. Stensen fremfører også, at hvis nogle legemer lignede andre legemer i form og udtryk, så var de skabt på



Der er i *De solido* et diagram, som er baseret på Stensens observationer af jordlagene i Toscana. Figurerne viser – i omvendt rækkefølge – hvordan et landskab kan ændre sig, når geologiske lag nedbrydes af ild og vand, og nye lag afsættes. Nederst ses et lodret snit af de oprindelige stenslag. Figur 24 og 23 viser, hvordan nogle lag er skyllet væk, så de øverste lag styrter sammen. På figur 22 ser man, hvordan der kan afsættes nye sandlag (stiplede) i den opståede dal. Endelig viser de to øverste figurer, hvordan det nuværende landskab kan dannes ved ny erosion af disse lag.

samme måde og på samme sted som de andre. Med andre ord, hvis *glossopetrae* lignede hjattænder, så var de nok hjattænder.

### Landskabets dynamik

Den tredje del udgør Stensens “eksperimenter” – hans observationer på rundrejser i datidens Italien – og indeholder en lang række af observationer og fortolkninger af strata, krystaller, forsteninger og aflejringer. I lighed med Ferdinando II’s eksperimentelle akademi, Accademia del Cimento, hvis medlemmer Stensen kendte og samarbejdede med, viser denne tredje del, at han forstod akademiets betoning af validering af hypoteser gennem gentagne observationer.

Men det er den sidste del af *De solido*, som er den historisk set mest interessante. Her præsenterer Stensen en analyse af Toscanas naturhistorie for sin mæcen storfyrsten af Toscana. Han viser ved hjælp af seks illustrative plancher, hvordan han ved at analysere de forskellige strata kan beskrive landskabets udvikling og historie og samtidig fremvise beviserne for, at *Bibels* skabelsesberetning og fortælling om

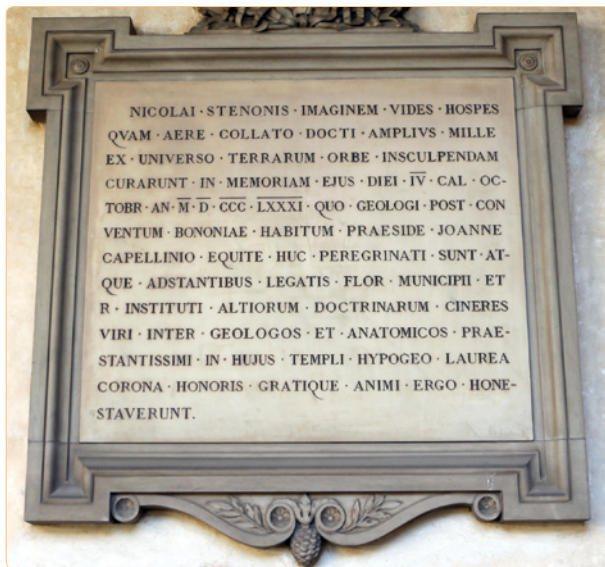


syndfloden stemmer overens med hans fund.

Muligheden for at kunne fremvise klare indikationer af, at *Bibels* fortælling kunne genfindes i naturens aftryk, var en majestætisk gave til Stensens beskytter og velynder. 1600-tallet var en tid, hvor natursamlinger og raritetskabinetter blev brugt til at fremvise naturens vidunder og til at demonstrere konge- og fyrstedømmers intellektuelle overlegenhed. Derfor var muligheden for at kunne demonstrere *Bibels* fortællinger ud fra Medici-familiens nabolag potentielt en formidabel gave fra en hofansat naturfilosof.

### En lunken modtagelse

På trods af dette fik *De solido* en noget lunken modtagelse i 1600-tallets videnskabelige miljøer. Stensens latinske udgave fra 1669 fik nærmest ingen omtale, mens Henry Oldenburgs engelske oversættelse fra 1671 gav anledning til fornyede diskussioner i Royal Society. Efterfølgende forsvandt Stensens geologiske bidrag stort set ud af videnskabshistorien indtil starten af 1800-tallet, hvor både Charles Lyell og Alexander von



I 1883 blev der i San Lorenzo-basilikaen i Firenze opsat en mindeplade, som hylder Niels Stensens indsats inden for geologien.

Humboldt markerede Stensens bidrag til naturhistorien.

Det var dog først ved Den Anden Internationale Geologikongres i 1881, at Stensens bidrag til geologien blev stadfæstet og hans eftermæle som 'geologiens fader' tog form. Ved kongressen foretog man en ceremoniel udflugt til Stensens gravsted i San Lorenzo-basilikaen i Firenze. To år senere markerede man ceremonien med et mindesmærke med denne tekst:

Du betragter her, rejsende, Nicolai Stenos buste, som

den blev rejst til minde om ham af mere end tusinde videnskabsmænd fra hele verden. Efter deres møde i Bologna valfartede geologer under Giovanni Capellinis formandskab den 4. oktober 1881 til denne grav, hvor de, overværet af repræsentanter fra kommunen og af universitetets lærde professorer, ærede de jordske rester af denne mand, berømt blandt både geologer og anatomer.

Resten er nu historie.

*Jakob Bek Thomsen og  
Anders Ladefoged Christensen*

# Et museum fyldt med nørder

**I efterårsferien åbnede Steno Museet dørene for nørder i alle aldre i *NordBase Science 2019*. Der blev nørdet til den store guldmedalje og i timevis.**

Temaet for årets efterårsferie var en hyldest til nørder. Som en 4. klasse fra Laursens Realskole fortalte, så er en nørd en, der synes, det er sjovt at vide rigtig meget om et emne, og som er god til at fordybe sig. Det gav vi plads til i hele uge 42. Vi havde mest fokus på natur-

videnskabelige nørder, men også dansenørd, læsenørd og fodboldnørd fandt vej til Steno Museet.

## Masser af aktiviteter

De mange besøgende børn gik sammen med forældre og bedsteforældre på oplevelse og fordybde sig i spørgsmål om forskellige genstandes flydeevne – bananer og golfbolde m.v. – eller afprøvede den hjemmebygget vindtunnel. Her blev det udforsket, hvad der skal til for at sende et flyvende

objekt ovenud af det høje rør ved hjælp af strømmende luft.

Andre nørdede med lyd: Hvad 'siger' en gryde eller et stykke værktøj? Hvordan ser lyd ud? Og hvordan mærkes lyd? Desuden var der mulighed for at tage et mini-el-kørekort eller genkende toner og farver – ja, alle færdigheder og sanser kom i brug.

Ikke alle aktiviteter var bemandede, og det var dejligt at se, at der ofte var voksne, som indgik i den dialog, som er så nødvendig for at børn får udbytte af en aktivitet. En aktivitet, som vakte genkendelsesglæde hos en del voksne, var en varmluftsspiral, som børnene klippede og måtte få med hjem.

## Hjælp fra forskere og frivillige

Alle de nørdede aktiviteter blev som tidligere tilrettelagt af frivillige – for en stor dels vedkommende medlemmer af Steno Museets Venner.

Ud over de frivilliges aktiviteter havde museet åbnet op for nogle af Aarhus Uni-



*De unge feriegæster – her fra Laursens Realskole – var meget optagede af at få deres selvbyggede konstruktioner til at svæve i den store vind-tunnel. Foto: Ida Marie Jensen, AU Foto.*

versitets nørder, som stillede op med tre projekter, hvor de deltagende gæster – børn såvel som voksne – bidrog med data ved at gennemføre forskellige aktiviteter: Overlevelse på Mars, Kapcykling mod cykelkongen og Tegning med sollys.

## Grundstof-banko

I anledning af 150-års jubilæet for det periodiske system blev der hver dag spillet grundstof-banko. Ud over at opråberen nævnte både grundstoffets betegnelse og navn, blev der også

plads til enkelte små funfacts om nogle af de kendteste grundstoffer – f.eks. fluor i tandpasta og den forbavsende lille mængde guld, der findes i verden.

Gennem en underholdende Nørd-test kunne man få et hint om, hvilken type nørd man mon var, og så erhverve sig et badge med den pågældende type. Det var måske ikke helt videnskabeligt, men underholdende – og af og til med til at skabe en dialog mellem forældre og børn om, hvad de mest interesserede sig for.

*Linda Greve og John Frenz*



*Ved hjælp af en snor og et par papkrus var der mulighed for at høre, hvordan forskellige genstande lyder. Foto: Ahrend Küselers.*



*Varmluftspiralerne fascinerede både unge og ældre. Foto: Ida Marie Jensen, AU Foto.*

## Om samarbejde i efterårsferien

Flere af de computerbaserede aktiviteter i efterårsferien var udviklet af Cordula Vesper, som er adjunkt i kognitionsvidenskab og kognitiv semiotik ved Aarhus Universitet. Her fortæller hun om sine samarbejdsstudier på Steno Museet.

Howdan er det at arbejde sammen som en gruppe? I efterårsferien havde jeg æren af at nærme mig det

spørgsmål på to forskellige måder.

På den ene side er det et af de centrale spørgsmål i min forskning, som jeg tog med på Steno Museet i en uge. Børn og deres forældre eller bedsteforældre kunne komme og prøve to eksperimenter, hvor de skulle koordinere deres bevægelser ved at tegne med sollys på et digitalt lærred eller koordinere med hinanden for at vinde et computerspil. På den må-

de kunne de prøve både det fantastiske og det udfordrende ved at arbejde som en gruppe.

På den anden side var jeg så heldig selv at opleve at være en del af en fantastisk gruppe – som gæstemedarbejder på Steno Museet – et dejligt sammenfald.

Jeg er kognitionsforsker ved Aarhus Universitet, associeret med Interacting Minds Center. Min forskning fokuserer på de kogni-



*I computerspillet "Cykelkongen" skulle to personer samarbejde om at få en 'tandemcykel' til at bevæge sig hurtigere på skærmen end cykelkongens cykel. Foto: Cordula Vesper.*



*Børnene var meget optaget af at trykke samtidigt på deres knapper, når der blev givet signal på skærmen. For så kunne de måske slå cykelkongen. Foto: Cordula Vesper.*

tive processer, der giver os mennesker mulighed for at arbejde sammen som en gruppe. Særligt er jeg interesseret i, hvordan vi justerer den måde, vi bevæger os på, når vi gør noget sammen med et andet menneske. Lad mig give tre eksempler på, hvorfor jeg finder netop det emne så fascinerende:

### Ved fælles hjælp

Eksempel 1: Forestil dig et tomt rum, der på få timer

bliver en interaktiv video-kunstinstallation og et eksperiment. Mere præcist er det tomme rum Steno Museets udstilling *Videnskab er lidenskab*, der bliver til eksperimentet "Sunlight graffiti". Det er et samarbejde mellem Studio Olafur Eliasson og Interacting Minds Center, hvor børn kan tegne sammen med sollys. Hvordan blev det rum transformeret?

Svaret er simpelt: Ved ko-

orderede handlinger mellem ganske få mennesker. Det så tydeligt den dag, vi satte installationen op: Caroline, som er studerende ved Cognitive Science, og som skulle samle data til sin bacheloropgave i efterårsferien, står på en stige og sætter sorte gardiner op for at lave et mørkt rum til eksperimentet. Samtidig ser Niels fra museets værksted, hvilke værktøjer og materialer

*Fortsættes side 18*

## Et hjerteløst akvarium

*I sensommeren skete det, der ikke måtte ske: Hjerteakvariet i Steno Museets nye medicinhistoriske udstilling sprang læk.*

Hjerteakvariet i udstillingen *Videnskab er lidenskab* har sin helt egen historie. Da vi først havde fået ideen, måtte den gennemføres. Ingen på museet havde de store erfaringer med anatomiske præparater og slet ikke med en 1000 liter stor montre.

### Hvilken væske?

Hvilken væske skulle fyldes på? En 60% alkoholopløsning var oplagt, indtil vi

fandt ud af, at brandvæsenet ville regne på eksplosionskraften af sådan en balje med sprit. Det problem løste en formalinopløsning, som ikke kan brænde og er den perfekte konserveringsvæske. Efter nogle uger gik det op for os, hvor meget sikkerhedsudstyr, der skulle investeres i for at håndtere den giftige væske: specialmasker, punktudsug og uigennemtrængelige handsker. Vi afblæste bestillingen, da kemikalierne var ved at blive lastet hos leverandøren i Thisted. Derefter fandt vi ud af, at konservatorer var begyndt at bruge

en glycerolopløsning, som minder om tykflydende kølervæske, og at det var den absolut ideelle opløsning, fordi den både var ugiftig og ikke-brandbar. Vi havde bare ikke regnet på prisen. 1000 liter af specialopløsningen kostede knap 40.000 kr. Til sidst viste det sig, at en tyndere, ikke-brandbar opløsning af alkohol godt kunne bruges, og at Institut for biomedicin kunne levere den meget billigt.

### Fascination og angst

Tre dage før ustillingsåbningen rejste de 1000 liter alkoholblanding sig i akva-



*Alle mand på dæk. Pumpen holdes af Lars Kyndi Laursen til venstre. John Svane Jensen, Kristian Frost og Morten Skydsgaard er ved at redde hjerterne. Foto: Science Museerne.*

riet. Vi hængte det 25 kg tunge hvalhjerte op ved siden af det ærtstore musehjerne og de andre hjerter. Sikke et fascinerende skue, som svævede i væsken. Disse pumpecentraler fra dyrenes mørke indre. Nu døde i akvariets grønne lys og alligevel livsbekræftende elementer fra dyrerækkens mangfoldige kropsstørrelser.

I baghovedet rumstærede selvfølgelig angsten for, at hjerteakvariet skulle bryde og væsken fosse ud i udstillingslokalet to timer før åbningen af udstillingen. Så kunne borgmesteren holde tale i et museum, som emmede af sprit, og få gummistøvler til den efterfølgende rundvisning. Men min kollega Susanne Kirkfeldt beroligede mig og sagde: "Selvfølgelig lækker det ikke. Firmaet bestiller ikke andet end at lave akvarier".

### Undtagelsestilstand

Ved et møde ti måneder senere kom frontmedarbejder Kristian Frost løbende og råbte: "Der løber væske ud af akvariet". Undtagelsestilstanden indtraf! Væsken faldt faretruende hurtigt i akvariet. Vi fik ringet til den tekniske chef på Health,



*Missionen er lykkedes, og hvalhjertet er kommet i en plastikbeholder.  
Foto: Morten A. Skydsgaard.*

som ringede videre til teknikeren Lars Laursen, der smed alt, hvad han havde i hænderne, og fragtede en pumpe til Steno Museet. Da var alle håndklæder på museet for længst opbrugt og 150 liter væske forsvundet ned under gulvbrædderne. Men pumpen fjernede de resterende 850 liter, og efter to timers intensivt arbejde,

hvor alle hjalp til, kunne vi ånde lettet op.

Hold da helt ferie, hvor var vi glade for, at det skete i dagtimerne! Og vi turde næsten ikke tænke på, at hvis akvariet havde været fyldt med formalin, så skulle vi have lukket hele museet og evakueret medarbejderne.

*Morten Arnika Skydsgaard*

# Det sidste nysgerrige menneske

I efteråret 2019 afslutter vi arbejdet med udstillingen *Det nysgerrige menneske. To små afsnit afrunder arbejdet med den nye videnskabshistoriske basisudstilling med fortællingen om elektromagnetismen og det elektromagnetiske spektrum.*

Inden længe åbner vi de to sidste afsnit i *Det nysgerrige menneske*. Vi glæder os til at byde velkommen til et komplekst og alligevel genkendeligt emne. Det første afsnit hedder "Nysgerrighed bringer nye teknologier" og handler om opdagelsen og eftervirkningerne af opdagelsen af elektromagnetismen. Det andet afsnit er en oplevelsesvandring gennem det elektromagnetiske spektrum.

## Ørstedes verden

I 2020 fejrer vi landet over, at det er 200 år siden, at H.C. Ørsted opdagede sammenhængen mellem elektricitet og magnetisme. Det er også omdrejningspunktet for det første nye afsnit i *Det nysgerrige menneske*. Dog skal udstillingen stå

meget længere end blot i jubilæumsåret, og det er derfor ikke i anledning af jubilæet, at emnet er valgt. Det er valgt, fordi det er en relevant historie om et forskningsmæssigt nybrud, der har skabt fundamentet for den verden, vi kender i dag.

Afsnittet fortæller – i tråd med de øvrige afsnit i udstillingen – dels om den tid, opdagelsen er gjort i, dels om den indvirkning, den fik på fremtiden. Det er derfor både historien om H.C. Ørsted som naturfilosof og historien om, hvilken erkendelse alle de apparater, vi i dag tager for givet, er fundet i. Da emnet er relevant for mange af de skolebørn, vi hver uge formidler for på Steno Museet, har vi desuden valgt at give mulighed for at lave naturvidenskabelige saloner i udstillingen. På den måde viser vi både en gammel formidlingsform og inviterer børnene til at eksperimentere og fascinere.

## Et nutidigt forskningsfokus

Som i den øvrige udstilling sætter vi også her nyeste forskning fra Aarhus Uni-

versitet i spil. I afsnittet om elektromagnetismen fortæller Mogens Christensen fra iNANO, at forskning i elektromagnetisme fortsat er vigtig. Ligesom opdagelsen af elektromagnetismen førte en lang række teknologier med sig og skabte et behov for elektricitet og elektromotorer i vores hverdag, så er det forskning i elektromagnetismen, der skal hjælpe os med vores udfordringer i forhold til opbevaring af vedvarende energi fra f.eks. vindmøller. Mogens Christensen viser sine magnetiske opdagelser og fortæller om en nysgerrighed, der rækker tilbage til Ørstedes opdagelse.

## Lyset i tunnelen

Det andet nye afsnit er en vandring gennem det elektromagnetiske spektrum. Sammen med arkitektfirmaet Kollision har vi udviklet en tunnel beklædt med spejlfolie, hvor vi udfolder det elektromagnetiske spektrum gennem syv udvalgte områder; fra radiobølger til radioaktivitet. Hvert område indeholder en hverdagsgenstand og en sanseoplevelse,

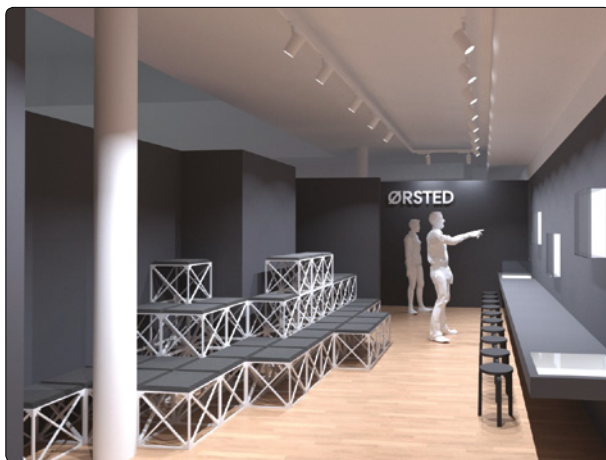


alt sammen gemt bag folien i en kasse, der lyser op, når gæsterne går forbi. Det kræver derfor nysgerrighed at opdage de syv områder.

## På vandring gennem lyset

De syv områder i lystunnelen er:

1. radiobølger, eksemplificeret ved en radio og et lydclip med budskabet om at gå indenfor, lukke døre og vinduer og tænde for Danmarks Radio. En lavteknologisk, men vigtig løsning til brug i tilfælde af ulykker.
2. mikrobølger, eksemplificeret ved mobiltelefoner og duften af popcorn fra en mikrobølgeovn.
3. infrarøde bølger, som viser billeder fra et termisk kamera i tunnelen.
4. synligt lys, der viser regnbuens farver.
5. ultraviolet lys, hvor det stempel, gæsterne fik ved indgangen, bliver synligt, og hvor en solcreme og hudificeret med hudkræft minder os om stråler, der skader os, hvis vi ikke passer på.
6. røntgen, hvor en film med gennemlyste kufferter fra Billund Lufthavn kører forbi og viser forskellige materialers synlighed.



*Udstillingsarkitektens vision af det nye udstillingsafsnit, hvor væggen om elektromagnetismen ses sammen med videnskabssalonen. Grafik: Kollision.*

7. gammastråling, hvor lyden af en geigertæller fortæller om strålingen ved Steno Museet, i Tjernobyl og i et fly 10 km oppe i luften.

## Kroppen erkender

Begge de nye afsnit, som forventes at åbne i januar 2020, giver gæsterne mulighed for at få kroppen med i erkendelsen. Både elektromagnetisme og det elektromagnetiske spektrum er abstrakte fænomener, som vi nok kender fra hverdagen, men dog alligevel kan have svært ved at forstå. Derfor har vi gjort os umage for at vise fænomenerne på en måde, som inviterer til at

eksperimentere og opleve gennem brug af flere sanser.

En vandring gennem den nye lystunnel giver gæsterne et grundlag for at opleve og forstå, at der er tale om et kontinuum fra radiobølger til gammabølger, og mulighed for at erfare, hvordan det elektromagnetiske spektrum relaterer sig til vores dagligliv. I afsnittet om Ørsted er der sammen med den videnskabshistoriske fortælling og genstandene også mulighed for at undersøge elektricitet, magnetisme og koblingen af de to. På den måde kan gæsterne læse, se og røre sig frem til nye erkendelser.

*Linda Greve*

**Om samarbejde ...***Fortsat fra side 13*

vi har brug for, før vi selv indser det. Jeg hjælper Caroline med at holde gardinet, mens jeg i telefonen får tekniske instruktioner af Daniel, som er programmør i Berlin og designeren af "Sunlight graffiti". I mellemtiden leder Linda fra museet og Charlotte, der er forskningsassistent ved Interacting Minds Center, efter et bord til computeren og kører det fra museets lager over i det tomme rum. Alt dette er samarbejde.

**Koordineret handling**

Eksempel 2: Det andet eksperiment, vi udførte i efterårsferien var et computerspil om samarbejde. Ved at trykke på to knapper på præcist det samme tidspunkt, kunne to personer få en tandemcykel til at bevæge sig fremad på skærmen. Målet var at nå mållinjen

for cykelkongen, en almindelig cykel styret af computeren.

Det er åbenlyst, hvor samarbejdet er i dette spil: Kun ved at have sin opmærksomhed rettet mod sin partner og forudsige, hvornår han eller hun trykker på knappen, er det muligt at koordinere godt nok til at vinde spillet. De fleste gæster mærkede, hvor svært det kan være, men også hvor godt det føles, når det lykkes at handle som én person – en rigtig gruppe.

Min forskningsinteresse er netop denne koordineringsproces, og vi er nu i gang med at analysere de data, vi indsamlede i efterårsferien.

Lad mig nævne endnu et aspekt af gruppearbejde. Alle museets formidlere, der stod ved eksperimentet, var meget åbne og entusiastiske for at få eksperimentet til at fungere. De lærte hurtigt, hvordan de bedst kunne fortælle børnene om spillet og

vores forskning bag det – og på den måde blev de midlertidigt medlemmer af vores forskningsgruppe. Alt dette er samarbejde.'

**En del af en gruppe**

Eksempel 3: Den daglige rutine på Steno Museet imponerede mig, fordi arbejdet var simplificeret så meget. Både den fælles morgenmad og den daglige introduktionsrunde hjalp til at vide, hvem alle medlemmer af gruppen var, og deres rolle var, og hvordan alle kunne hjælpe hinanden med at løse potentielle problemer. Det er også samarbejde, og for gæster som Caroline, Charlotte og mig var det den bedste måde, hvorpå vi kunne blive en del af gruppen i en uge.

Tak til alle for den meget imødekomende atmosfære og den helt igennem fantastiske tid på Steno Museet.

*Cordula Vesper***Til Steno Museets Venner**

- Så er det atter tid til at forny sit medlemskab af venneforeningen. Kontingentet bedes indbetalt på konto 1551 0001457624 inden 10. januar 2020. Taksterne er 200 kr. for personligt medlemskab og 300 kr. for parmedlemskab.
- Kassereren har fået ny mailadresse: [VibekeReinhardt1@gmail.com](mailto:VibekeReinhardt1@gmail.com).
- Boggaven i 2020 bliver Morten A. Skydsgaard m.fl. (red.): *Kend din kropspolitik*.
- Foreningen afholder generalforsamling på museet onsdag 18. marts 2020 kl. 19.30.



## Stadig stor søgning til astronomi

Rumkapslen satte besøgsrekord alle de måneder, den var udstillet, og på Science Museerne oplever vi stadig, at folk er vilde med astronomi.

Ole Rømer-Observatoriet trækker folk til som aldrig før, og der er udsolgte aften- og par måneder frem i tiden. Lige nu er der først billetter at få til april – dog er der enkelte tilbage i vinterferien. Så hvis man vil derud, inden sæsonen slutter til maj, så skal man hurtigt til tasterne.

Det samme oplever vi med Fuldmåneaftenerne, hvor der i skrivende stund først er billetter til marts. De mangeartede emner kan ses på hjemmesiden, hvor man også køber billetter.

Det er også muligt at komme i planetariet i weekenderne kl. 12 og 14, hvor vores astronomiformidlere fortæller myter om vinterens stjernehimmel, men også om moderne astronomi.

Vinterferien er under udvikling og kommer til at handle om rumhelte og fremmede verdener. Vinterferiegruppen har brainstormet ved at bygge i LEGO. Det bliver sjovt, så kom i uge 7 og vær med!

*Aase Roland Jacobsen*



*Foto: Trine Bjerre Mikkelsen.*

## STENOMUSEN

udgives af Steno Museets Venner. Bladet udkommer 3 gange årligt. Det sendes til foreningens medlemmer, men kan frit hentes af alle i museets foyer. Stof kan sendes til redaktionen.

Redaktion:

Knud Erik Sørensen, ansv.

[knersoe@gmail.com](mailto:knersoe@gmail.com)

Hans Buhl

[hans.buhl@sm.au.dk](mailto:hans.buhl@sm.au.dk)

Aase Roland Jacobsen

[aase.jacobsen@sm.au.dk](mailto:aase.jacobsen@sm.au.dk)

Grafisk tilrettelæggelse:

Knud Erik Sørensen

Tryk:

Toptryk Grafisk, Gråsten

**SCIENCE  
MUSEERNE**  
AARHUS UNIVERSITET

## STENO MUSEET

– en del af Science Museerne

C.F. Møllers Allé 2

Bygning 1100

Universitetsparken

8000 Aarhus C

Tlf.: 8715 5415

E-mail: [sm@au.dk](mailto:sm@au.dk)

Web: [www.stenomuseet.dk](http://www.stenomuseet.dk)

Åbningstider:

tirsdag-fredag kl. 9-16

lørdag-søndag kl. 11-16

helligdage kl. 11-16

mandag lukket

**Onsdage og torsdage indtil 19. december, kl. 16.30 og 18.30**

Julerundvisninger i Væksthusene: *Smag på julen*. Kom og hør spændende historier om julens planter og få smagsprøver undervejs. Billetter købes på [sciencemuseerne.dk/botanisk-have](http://sciencemuseerne.dk/botanisk-have).

**Torsdag d. 12. december kl. 20**

Fuldmåneaften i planetariet: *Vinterhimlen*. Arrangementet er udsolgt.

**Fredag 10. januar kl. 20**

Fuldmåneaften i planetariet: *Astronomiske begivenheder i 2020*. Arrangementet er udsolgt.

**Lørdag 8. februar – søndag 16. februar**

Vinterferieaktiviteter for hele familien på Steno Museet med planetarieforestillinger, hver dag kl. 10-16. Forevisninger på Ole Rømer-Observatoriet kl. 18 og 20. Besøg også Væksthusene i Botanisk Have. Se mere på [www.sciencemuseerne.dk](http://www.sciencemuseerne.dk).

**Søndag 9. februar kl. 20**

Fuldmåneaften i planetariet: *At flytte til Mars – og hvad så?* Udstillingerne er åbne fra kl. 19. Billetter købes på [www.sciencemuseerne.dk](http://www.sciencemuseerne.dk).

**Mandag 9. marts kl. 20**

Fuldmåneaften i planetariet: *Galakser på forårets stjernehimmel*. Udstillingerne er åbne fra kl. 19. Billetter købes på [www.sciencemuseerne.dk](http://www.sciencemuseerne.dk).

**Onsdag 18. marts kl. 19.30**

Ordinær generalforsamling i foreningen Steno Museets Venner. Hold øje med [www.sciencemuseerne.dk](http://www.sciencemuseerne.dk) for mere information.

**Onsdag 8. april kl. 20**

Fuldmåneaften i planetariet: *Varulve og Månebaser*. Udstillingerne er åbne fra kl. 19. Billetter købes på [www.sciencemuseerne.dk](http://www.sciencemuseerne.dk).

**Torsdag 7. maj kl. 20**

Fuldmåneaften i planetariet: *Jagten på nye verdener*. Udstillingerne er åbne fra kl. 19. Billetter købes på [www.sciencemuseerne.dk](http://www.sciencemuseerne.dk).

**Fredag 5. juni kl. 20**

Fuldmåneaften i planetariet: *Sommerhimlen og de lyse nætter*. Udstillingerne er åbne fra kl. 19. Billetter købes på [www.sciencemuseerne.dk](http://www.sciencemuseerne.dk).

**Jul og nytår på Science Museerne**

Steno Museet og Væksthusene er lukket 21. december 2019 - 1. januar 2020, begge dage inklusive.