

# ELEKTRICITET

Hotel Pro Forma på  
Statens Museum for Kunst  
17. februar - 19. marts 2023



HOTEL  
PRO  
FORMA

SMK



Statens Museum for Kunst  
National Gallery of Denmark

# INDHOLD

Om Elektricitet	5
Julie Sten-Knudsen: <i>Fremtiden er elektrisk</i>	6
Helge Kragh: <i>Elektricitetens århundrede i støbeskeen</i>	8
Kort over samlingen: Dansk og Nordisk Kunst 1750-1900, SMK	15
Mikkel Bogh: <i>At male skyen elektrisk</i>	20
Tina Ibsen: <i>Kosmisk elektricitet</i>	22
Dan Charly Christensen: <i>Glem ikke at vi er kunstnere..!</i>	24
Kreditliste	26

## FORORD

Elektricitet får nordlyset til at danse når solvindens store elektriske udladninger slynger elektrisk ladede partikler mod jorden. Elektricitet sørger for, at nervesystemet sender signaler rundt i kroppen og til hjernen. Elektricitet holder køleskabet koldt. Vi trykker på en knap og der bliver lys. Vi tager telefonen og er i kontakt. Elektricitet er på én gang konkret og magisk. Et dagligdags mysterium.

Elektriske fænomener har været kendt i over 2000 år. I antikken kaldte man i Egypten elektriske fisk for Nilens torden. I oldtidens Grækenland observerede man den tidligst kendte form for fremstillet elektricitet, gnidningselektricitet. Ved at gnide et stykke rav med et pelsskind, kunne man tiltrække og løfte fjer eller fremkalde små statiske stød. Ravet blev elektrostatisk. Ordet elektricitet stammer fra det græske ord for rav: *elektron*.

Siden oldtiden har mennesket vidst, at elektricitet eksisterer overalt. Luigi Galvani havde i 1791 argumenteret for, at en svag strøm konstant løb i menneskets væv, og med H.C. Ørsteds eksperiment i 1820, der viste at elektrisk strøm kan sætte en magnet i bevægelse, blev der ført bevis for en hidtil overset naturlov, elektromagnetismen. Herefter gik det stærkt. Mennesket lærte at forstå, kontrollere og manipulere en allerede elektrisk ladet verden.

Det var elektrificeringens og de spektakulære eksperimenteres tid. Den tyske fysiker og musiker Ernest Chladni optrådte med klangfigurer, mønstre i sand på vibrerende metalplader. Fysikeren J.W. Ritter lagde øjenæbler og kønsdele til sine egne elektrofysiologiske eksperimenter; Søren Kierkegaard fik elektriske stød på sit dødsleje. Tiden selv blev elektrisk.



220 ~ Induktion og elektromotor

Spørgsmålet er, om eftertiden har overset betydningen af, hvad vi længe har opfattet som periodens mere vilde og fejlslagne eksperimenter, eksperimenter som vi måske snarere bør opfatte som del af den samme stræben efter at finde en universel kraft, usynlige naturlove som binder alle fænomener sammen.

I 1821 byggede den britiske fysiker og kemiker Michael Faraday to apparater, der kunne frembringe, hvad han kaldte 'elektromagnetisk rotation', en vedvarende cirkulær bevægelse, forårsaget af den cirkulære, magnetiske kraft omkring en ledning. Samtidig byggede han en elektrisk generator, som brugte en magnet til at frembringe strøm. Opfindelser der udgør grundlaget for den moderne, elektromagnetiske teknologi. Men hvor Faraday brugte sine opdagelser til at opfinde brugbare apparater, søgte fysikeren, kemikeren, digteren, sprogforskeren og filosofen Ørsted selve *livsprincippet* og fandt det i elektromagnetismen.

Havde Ørsted udrettet, hvad han gjorde uden at have læst Immanuel Kant? Vi ved det ikke, men vi ved, at han skrev *Ånden i Naturen*, en sigende titel på tidens store projekt, hvor alt det, vi i dag forstår ved elektricitet, blev udtænkt, afprøvet og født.

Den franske digter Paul Valéry har engang bebrejdet den traditionelle historieskrivning, at den forsømmer et så 'bemærkelsesværdigt fænomen som elektricitetens erobring af jordkloden, skønt det er en kendsgerning, at disse fænomener har større betydning og rummer flere muligheder for at forme vores umiddelbare fremtid end alle politiske begivenheder tilsammen'.



227 ~ Nikola Tesla med sine duer



228 ~ Thomas Edison ved fonografen

## OM ELEKTRICITET

Elektricitet er en udstilling og en forestilling, der i levende tableauer viser nedslag i opdagelsen og brugen af elektricitet i tiden mellem oplysningstid, romantik og det moderne gennembrud, indrammet af samlingen 'Dansk og Nordisk Kunst 1750 – 1900' på Statens Museum for Kunst.

Scenekunst, billedkunst og naturvidenskabelige instrumenter og objekter belyser hinanden for at skabe en komposition, der kaster lys på periodens optagethed af elektricitet, på indsigt i elektricitet som naturfænomen og på udviklingen af elektricitet som kilde til udnyttelse af energi. Men ikke mindst ønsker Hotel Pro Forma at belyse, hvordan mennesket, i sit forsøg på at lære at beherske elektricitet, også forandrede verden. Det er derfor vi kalder 1800-tallet for et ladet århundrede.

I de foregående århundreder var elektricitet forblevet en kuriositet. Først i 1700-tallet begyndte man at få en videnskabelig forståelse af fænomenet. Mennesker, der studerede elektricitet, blev kaldt elektrikere. Ofte tjente de deres penge ved at underholde med elektriske tricks.

Det performative element gjorde sig også gældende i begyndelsen af 1800-tallet. Elektriske forsøg og forelæsninger fandt sted i åbne forelæsningsale. Og det var langt fra kun studerende eller videnskabsmænd, der mødte op. Pressen rapporterede om forsøg, hvor døde dyr og mennesker blev elektrificerede, så ansigter og lemmer bevægede og forvred sig. I populærkulturen satte det også spor. Mary Shelley's 'Frankenstein; eller en moderne Prometheus' fra 1818 handler om en videnskabsmand der samler døde legemer til en hel krop og vækker den til live med en mystisk gnist. Sådanne bredte både videnskabelige og uvidenskabelige forestillinger om elektricitet som livets gnist sig i samfundet. Var elektricitet dét, der fik vores kroppe til at bevæge sig, når vi var levende, og som kunne vække os til live efter døden?

Kataloget følger forestillingens dramaturgi ved at angive, hvad der er på spil i de enkelte udstillingsale. Det mægtige stof er disponeret således, at publikum vil opleve nogle af tidens videnskabelige og ofte spektakulære eksperimenter og forsøg, lige fra induktion og elektroterapi til det mest berømte af dem alle, H.C. Ørstedes fysiske bevis for elektromagnetismen.

# FREMTIDEN ER ELEKTRISK

Julie Sten-Knudsen

Uddrag

---

## Sol, vind

Fremtiden er elektrisk  
Jeg taler om elektrificering  
af biler og tog  
af varme  
af industri  
Jeg taler om elektrificering  
underlagt naturens kræfter  
Lys og luft  
Sol og vind  
Jeg taler om at lagre grøn strøm  
Bruge blæstens energi på vindstille dage  
og solens energi om natten

---

Jeg taler om landmandens solceller  
Om at høste energi og afgrøder fra samme stykke jord  
Jeg taler om lodrette solcellevægge  
på marker med korn eller jordbær  
Om morgenen høstes energien fra øst  
I de sene eftermiddagstimer  
og i sommerens aftensol  
høstes strålerne fra vest  
Jeg taler om vindmøller på dybt vand  
på flydende fundamenter  
Jeg taler om træer med stammer af stål  
og bladformede vindturbiner

Jeg taler om lyse idéer  
og luftkaster  
Jeg taler om lys  
og luft  
Kold luft  
og varm luft  
Aircondition  
og varmepumper  
Vinterstorme  
og hedeølger  
Jeg taler om død  
og ødelæggelse

## Metaller, mineraler

---

I elbilens batteri og motor  
skal der bruges særlige metaller  
ligesom i solcelleanlæg  
og vindturbiner  
Jeg taler om sjældne mineraler og metaller  
Litium  
Kobolt  
Bly  
Nikkel  
Mangan  
som er svære at udvinde  
svære at raffinere

Jeg taler om sjældne mineraler og metaller  
som skal hentes op af jorden  
og forarbejdes  
i en lang række af kæder  
Jeg taler om batterier til elbiler  
om forsyningsproblemer  
og eksplosive prisstigninger  
Litium er meget reaktivt  
Prisen på litium stiger  
Litium er et af kun tre metaller der kan flyde på vand  
Når litium brænder kraftigt  
skinner flammen som sølv

## Vand, ild

Fremtiden er elektrisk  
tænd  
sluk  
tænd  
sluk  
Vi får brug for mere strøm  
større og større mængder  
uden konsekvenser  
Det bliver varmere  
og varmere  
Vi får brug for at beskytte os  
mod den varme vi selv genererer

Jeg taler om vand og luft  
Jord og ild  
Det bliver varmere  
Jeg taler om brændende træer  
tyk røg der dækker himlen  
og kradser i lungerne  
Det bliver varmere  
Huse der på få minutter  
omsluttes af flammer  
og brænder ned til grunden  
Jeg taler om det pludselige  
og det langsomme

Jeg taler om ekstrem varme  
ekstrem tørke  
Landjord der bliver hård og slår revner  
Floder der udtørres  
Det salte vand fra havet trænger ind  
Jeg taler om ødelagte majs og sojabønner  
ødelagt hvede og ris  
Jeg taler om en elproduktion der går i stå  
Atomkraftværker kører på halv kraft  
De mangler flodvand til nedkøling  
og det vand der er tilbage  
er for varmt

## Fission, fusion

Partiklerne i stjerner  
er i en tilstand der kaldes et plasma  
De har så meget energi  
at elektroner og atomkerner  
flyder rundt mellem hinanden  
I solens indre fusioneres brintformer og danner helium  
Fusion er drømmen om at efterligne Solen  
To lette atomkerner samles til én tung  
Plasmaet skal opvarmes til 200 millioner °C  
Hvis det lykkes  
kan vi høste ubegrænset energi  
i milliarder af år

Fremtiden er elektrisk  
tænd  
sluk  
Vi er forbundne  
gennem den luft vi indånder  
og elektriciteten der løber  
gennem højspændingsnettet  
Vi får brug for større kabler  
Energien strømmer frem og tilbage imellem os  
Den må ikke blive afbrudt  
Vi får brug for uendelige mængder  
uden konsekvenser

Jeg taler om lys og luft  
Sol og vind  
Jeg taler om lyse idéer  
og luftkasteller  
Sten kan opbevare store mængder energi  
Litium er meget reaktivt  
Jeg taler om elektrificering  
af stort set hvad som helst  
Fremtiden er elektrisk  
tænd  
sluk  
tænd

# ELEKTRICITETENS ÅRHUNDREDE I STØBESKEEN

*Helge Kragh, professor emeritus, Niels Bohr Institutet*

---

Den elektriske tidsalder startede først for alvor i sidste del af 1800-tallet, men den var vel forberedt af en lang række tidligere opdagelser og opfindelser. Benjamin Franklin og andre af oplysningstidens naturfilosoffer – fysikere, vil vi nok kalde dem i dag – studerede med flid den statiske elektricitet, der opstår ved gnidning mellem to stoffer. Med sindrige elektriser-maskiner kunne man frembringe lange gnister eller kunstige lyn og på den måde belære såvel som fornøje det højere borgerskab. Og det gjorde man så. For en stund var elektroterapi, hvor man behandlede (eller mishandlede?) patienter med elektriske udladninger, på mode.

Bortset fra Franklins lynafleder fra 1752 var den statiske elektricitet dog mere af videnskabelig end af praktisk betydning. Da italieneren Luigi Galvani omkring 1790 påviste "dyrisk elektricitet" ved dissektion af frøer, vakte det stor interesse, for antydede det ikke en forklaring af selve livets natur? Det varede dog et årti, før "galvanisme" kom på alles læber, nemlig da Galvanis landsmand Alessandro Volta i 1800 konstruerede sit magiske batteri, der for første gang leverede en vedvarende elektrisk strøm. Batteriet med sine plader af kobber og zink var ganske enkelt og alligevel var det en sensation af verdensformat. Med historikerens uundgåelige bagklogskab er det ikke for meget sagt, at Voltas opdagelse var en milepæl ikke blot i elektricitetens historie men også i kulturhistorien.

Ved at koble et stort antal batterier sammen kunne den nye form for elektricitet anvendes til nyttige formål, sådan som den engelske kemiker Humphry Davy viste, da han omkring

1810 opfandt det såkaldte kulbuelys. Denne første version af elektrisk lys var dog dyr og noget upraktisk, hvorfor det kun i begrænset omfang blev brugt i bygninger eller som gadebelysning. Ikke desto mindre, det skete. Som et kuriosum kan nævnes, at den første elektriske gadebelysning i Danmark var på Lyngby Hovedgade i 1888, og det var med de stærkt lysende buelamper.

Naturromantikeren H. C. Ørsted var vildt betaget af Voltas batteri, om end mere på grund af dets metafysiske betydning end af dets praktiske muligheder. Uden batteriet ville han ikke have opdaget elektromagnetismen i 1820. Den intime sammenhæng mellem de to naturkræfter, elektriciteten og magnetismen, åbnede op for helt nye videnskabelige og teknologiske perspektiver. Den engelske fysiker og kemiker Michael Faraday kunne allerede i 1821 præsentere verdens første elektromotor, om end kun som et kuriøst stykke legetøj. Tyve år senere var det kuriøse legetøj blevet til praktisk virkende elektromotorer og det samme gjaldt for de strømgivende dynamoer, der byggede på Ørsteds og Faradays opdagelser. Elektroteknikken var i sin spæde vorden.

Den i en samfundsmæssig henseende vigtigste af de nye elektro-magnetiske opfindelser var utvivlsomt telegrafan, der i Samuel Morses version var intet mindre end en revolution. Telegrafanlinjen mellem Baltimore og Washington åbnede for trafik i juni 1844 og 21 år senere kunne rige englændere og amerikanere kommunikere via et transatlantisk kabel. Det blev begyndelsen på, hvad der er blevet kaldt victoriatidens internet, et verdensomspændende net af kabler og tråde der gjorde verden mindre og telegrafsekskaberne



støtende rige. Den elektriske strøm var kommet på arbejde, et hårdt men profitabelt arbejde.

På det videnskabelige plan satte den geniale skotske fysiker James Clerk Maxwell kronen på værket, da han i 1865 formulerede en omfattende matematisk teori for alle de erfaringer, man havde om elektricitet og magnetisme. Ikke blot sammenfattede Maxwells feltteori denne viden i en række kompakte og svært forståelige ligninger, den indebar også, at lyset er elektromagnetiske bølger, der udbreder sig i "æteren". Optik blev reduceret til elektrodynamik. Kunne det være, at Maxwells bølger ikke var begrænset til lyset, men at de også fandtes helt uden for det synlige spektrum? Ja, det blev faktisk påvist eksperimentelt af den 31-årige tyske fysiker Heinrich Hertz, der i 1888 frembragte, hvad der dengang blev kaldt hertziske bølger og senere blev kendt som radiobølger. Med det teoretiske grundlag i orden fulgte de første forsøg med trådløs telegrafi, hvor pioneren var den italienske fysiker og iværksætter Guglielmo Marconi. I 1901 lykkedes det Marconi at modtage et telegram i England sendt fra Newfoundland i Canada. Og det blev sendt gennem æteren, ikke via et kabel.

Én ting er at overføre meddelelser telegrafisk, men endnu bedre ville det være, hvis man kunne kommunikere direkte i form af tale. Det var netop denne udfordring, der i første omgang blev besvaret med et simpelt apparat patenteret af den skotsk-amerikanske døvelærer og opfinder Alexander Graham Bell i 1876. Telefonen, som apparatet hed, blev ikke en umiddelbar succes, men med tiden blev den opfattet som en nødvendighed, først i det progressive USA og senere

i det mere konservative Europa. Det næste trin var at duplikere den trådløse telegrafi på telefoniens område, hvilket da også lykkedes, men så er vi et godt stykke inde i det 20. århundrede.

De enkelte elektriske opfindelser som telegrafen, telefonen og sporvognen ville ikke i sig selv have ført til den elektrificering af samfundet, vi kender i dag. Det krævede et integreret elektrisk netværk, hvor de enkelte apparater stod i forbindelse med hinanden og blev fodret med strøm fra et centralt elværk baseret på store dynamoer og med damp- eller vandkraft som primære kraftkilder. Udviklingen af et sådant system var historisk set tæt koblet til den legendariske Thomas Alva Edisons markedsføring af den form for elektrisk glødelampe, han havde opfundet i 1879. Han indså nemlig, at det nye elektriske lys kun kunne blive en succes, hvis det indgik i et større system. Resultatet af Edisons systemtænkning var et dampdrevet kraftværk ved Pearl Street på Manhattan, der leverede strøm til hele 82 abonnenter med tilsammen 400 af hans lamper. Jo, det startede unægtelig i det små, men alligevel kan man med rette kalde den 4. september 1882 for fødselsdagen for det elektriske samfund.

I den modernistiske digtsamling *Asfaltens Sange* fra 1918 så Emil Bønnelycke tilbage på den teknologiske udvikling i det forrige århundrede, der havde skabt den moderne verden. Den elektriske revolution var central i hans lovprisning, hvor han spurgte: "Er telegraferne, telefonerne, buelamperne, elevatorerne, kranerne, togene, aeroplanerne ikke en blomstring, som pludselig finder sted i verdenshistorien efter årtusinders monotont mørke?" Det var et retorisk spørgsmål.



218A ~ H.C. Ørsted's elektromagnetiske forsøg, 1820



229 ~ Leydnerflasker og elementer

## 217A ~ STATISK ELEKTRICITET

Siden oldtiden har mennesket vidst, at der findes naturlige, elektriske fænomener.

Den græske filosof Thales fra Milet beskrev omkring 600 f.v.t. en række observationer, hvoraf han udledte, at gnidning med pels gjorde rav magnetisk. Det som Thales havde observeret, var dog ikke magnetisme, men statisk elektricitet. Det græske ord for rav, ἤλεκτρον (*élektron*), er kilden til ordet 'elektricitet', og også til 'elektron', en elementarpartikel.

Elektricitet involverer enten opsamling eller bevægelse af elektriske ladninger. Derfor kan elektriciteten være enten statisk elektricitet eller elektrisk strøm.

Statisk elektricitet er den form for elektricitet, hvor den elektriske ladning er i ro. Den er resultatet af en ubalance mellem positive og negative ladninger i et stof. Når et materiale mister eller får tilført elektroner, bliver det elektrisk ladet, hvilket kan ske ved, at to materialer rører hinanden. Derfor kaldes statisk elektricitet også *berøringselektricitet*.

## 217B ~ GNIDNINGSELEKTRICITET

Statisk elektricitet produceres ved at gnide to forskellige materialer mod hinanden. Princippet bag *elektrisermaskinen* er det samme. Derfor taler man om *gnidningselektricitet*.

Elektrisermaskinen er en elektrostatisk generator, der omsætter mekanisk arbejde til elektrisk energi i form af statisk elektricitet ved at dreje for eksempel en glasskive, så den gnider mod et stykke uldstof. Den opbyggede elektriske ladning kan ledes videre ved at forbinde elektrisermaskinen med elektroder, hvilket i 1800-tallet typisk skete med kobbertråd uden isolation.

Elektrostatiske generatorer var den eneste kilde til kunstigt frembragt elektricitet indtil opfindelsen af *Leydnerflasken* i 1745, og en milepæl i forståelsen af elektricitetens væsen.

Den første elektrisermaskine blev opfundet af **Otto von Guericke** i 1672 og var endnu i 1800-tallet et vigtigt videnskabeligt instrument, nu brugt side om side med leydnerflasken og det nye kemiske batteri, *voltasøjlen*.

## 217C ~ INSTRUMENTKABINET

Overhofmarskal, officer **Adam Wilhelm Hauch (1755-1838)** fik i 1798 ansvaret for Det Kongelige danske Kunstkammer, hvis encyklopædiske opbygning og indretning han senere opløste ved at indlede grundlæggelsen af specialmuseer.

Hauch, hvis interesse for naturvidenskaberne var blevet vakt af maleren P.C. Abildgaard, havde fra 1789 indsamlet og opkøbt videnskabelige instrumenter og apparater i ønsket om at indrette et fysisk-kemisk laboratorium eller '*Physikalisk Cabinet*'. Den rige samling af instrumenter var anerkendt som en af de bedste i Europa, og blev i 1827 overført til Sorø Akademi, hvor den stadig kan ses.

Selv om Hauch primært var systematiker og samler af instrumenter, var han også en ledende skikkelse i dansk kemi og fysik, hvis lærebøger, herunder '*Begyndelses-Grunde til Naturlæren*', var af stor betydning.

## 217E ~ LIVSPRINCIPPET

Med opdagelsen af elektromagnetismen havde Ørsted sammenført to tidligere adskilte størrelser – elektricitet og magnetisme - i en ny, komplementær sammenhæng. På samme måde ville han og hans naturfilosofiske åndsfæller vise, at kunst og naturvidenskab ikke er hinandens modsætninger. Tværtimod forstår man ikke til fulde lovene bag naturkræfterne uden det æstetiske, og omvendt. Kun sammen bidrager de til den fulde beskrivelse af fænomenerne. Dette var ment som et paradigmeskifte i naturforskningen, hvor man nu forlod den tanke at al forandring i naturen skyldes ydre kræfter og i stedet så årsagen til forandring som allerede indlejret i naturens egen grundkraft, *Ånden i naturen*.

J. Th. Lundbye, C.W. Eckersberg og Christen Købke malede, under åben himmel, små øjebliksbilleder, studier af luften og skyerne. Disse, ofte daterede, registreringer af himlen, blev netop til under indtryk af tidens naturfilosofiske ideer om elektromagnetismen som værende en universel kraft, ja, som selve det dynamiske *livsprincip*, der udfolder sig i alt, og som binder alle fænomener sammen.

## 217F ~ ATMOSFÆRISK ELEKTRICITET

Der er elektricitet i luften og i skyerne. Lyn er en elektrisk udladning i atmosfæren der viser sig som et lysglimt, en ildlinje på himlen, efterfulgt af torden. I sin kraftigste form kendes *atmosfærisk elektricitet* som lyn i tordenvejr.

At lyn er elektriske udladninger mellem ladede områder i jordens atmosfære, har man vidst siden Benjamin Franklin i 1749 observerede, at lyn har næsten alle de egenskaber, man finder i elektrostatiske generatorer. Franklin opfandt i 1752 den første *lynafleder*.

Malernes utallige luft- og skystudier viser, hvordan atmosfærisk elektricitet og de hermed forbundne fænomener, i hele 1800-tallet var genstand for undersøgelser i både naturvidenskab og kunst.

**A.W. Hauch** skriver i 1800 i Videnskabernes Selskabs skrifter "*Om de Tordenvejr, som om Vinteren paa forskjellige Steder i Norge og i flere nordlige Egne bemærkes næsten lige saa hyppige som om Sommeren*".

## 218A ~ ELEKTROMAGNETISME

*Elektromagnetisme* er en af naturens grundlæggende kræfter. Elektrisk ladede partikler i bevægelse skaber elektriske og magnetiske felter, der tilsammen kaldes elektromagnetiske.

Længe blev elektricitet og magnetisme undersøgt hver for sig og betragtet som adskilte fænomener. Men i 1820 opdagede **H. C. Ørsted (1777-1851)**, at de to fænomener er nært beslægtede – elektriske strømme giver anledning til magnetisme.

Under et '*Forsøg over den elektriske Vexelkamps Indvirkning paa Magnetnaalen*', så Ørsted en svag bevægelse af en kompasnål, da han førte en strømførende platintråd hen over den. Dette simple fysiske eksperiment fik afgørende betydning for menneskets mulighed for at forstå en allerede elektrisk ladet verden. For Ørsted selv var elektromagnetismen først og fremmest et bevis på, at alting styres af bagvedliggende, usynlige naturlove.

## 218B ~ VINDKRAFT

Det elektriske udendørslys kom især byerne til gode. Meteorologen **Poul la Cour** var derfor optaget af, hvordan elektriciteten ville kunne gavne landbefolkningen. Det fik ham til at udvikle en el-producerende vindmølle. Fra 1891 til sin død i 1908 undersøgte la Cour, hvordan vindenergi ville kunne understøtte hans – og tidens - sociale vision.

Det største problem var vindkraftens oplagring fra stormdage til vindstille, en udfordring der stadig arbejdes med i dag. Og det var ideen til en løsning på netop det problem, som fik la Cour til at søge Finansudvalget om penge til en forsøgsmølle i Askov.

Vindmøllen i Askov blev et eksempel på, hvordan et elværk kunne indrettes i et mindre bysamfund og i tyndt befolkede landområder. Poul la Cours arbejde medførte, at små elværker blev opført i landsbyer, på mejerier og gårde. Samtidigt uddannedes såkaldte *landelektrikere* på Askov højskole. Derved skabte Poul la Cour også grundlaget for, hvad man i dag kalder det danske vindmølleeventyr, nemlig vindmølleindustrien.

## 219 ~ KLANGPLADER

**Ernst Florens Friedrich Chladni (1756 - 1827)**, tysk fysiker og musiker, anses for grundlæggeren af *eksperimentel akustik*. Chladni forskede i, hvordan lydbølger viser sig som vibrationsmønstre, når man sender lyd gennem plader af metal eller glas, som er bestrøet med pulver eller sand. Mønstrene korresponderer med svingningsfrekvensen fra den pågældende lydbølge. Disse mønstre kaldes *Chladnifigurer* eller *klangfigurer*.

H.C. Ørsted arbejdede med klangfigurer i et forsøg på at påvise forbindelsen mellem lyd, mekanisk kraft og statisk elektricitet ud fra den idé, at alle fænomener – lyd, lys, elektricitet såvel som menneskets ånd – var udtryk for naturens guddommelige, enhedsskabende kraft.

Elektricitet spillede en afgørende rolle i Ørsteds tanker om enhedskraften og klangfigurerne var ifølge ham en nøgle til at forstå den. Men Ørsted tog fejl. Der er ingen forbindelse mellem elektricitet og klangfigurer.

## 220 ~ INDUKTION OG MOTOR

To år efter H.C. Ørsteds elektromagnetiske forsøg i 1820 byggede den britiske fysiker og kemiker, **Michael Faraday (1791-1867)** to '*elektromotoriske*' apparater, der kunne frembringe vedvarende rotation, forårsaget af den cirkulære, magnetiske kraft omkring en ledning. Apparaterne ligger til grund for alle de elektriske motorer, vi i dag bruger.

Ni år senere foretog Faraday en lange række eksperimenter, der førte til opdagelsen af *elektromagnetisk induktion*. Faraday viste det omvendte af Ørsted, nemlig at bevægelse af en magnet kan skabe strøm. Når man bevæger en magnet i en spole, frembringes der strøm i spolen, der derfor virker som en dynamo.

De to opfindelser danner grundlaget for al moderne, elektromagnetisk teknologi.

Elektromagnetisk induktion står i dag for over 90 % af al strøm som produceres på jorden.



217A **Statisk elektricitet - Tableau**

217B **Gnidningselektricitet**

Elektrofor  
Stof, elektriserudstyr

Elektrisermaskine  
Elektrisermaskine

217C **Instrumentkabinet**

Elektrisk edderkop  
Voltakanon  
Henley's elektrometer  
Lysrør  
Elektrisk skråplan  
Jord og måne  
Elektrisk planetsystem  
Voltapistoler

217E **Livsprincippet**

Strålingskåle, kobber

217F **Atmosfærisk elektricitet - Tableau**

Lynildshus  
Lynildshus  
Lynhus

218A **Elektromagnetisme - Tableau**

H.C. Ørstedes forsøg, 1820  
Voltasøjle  
Breve fra J.W. Ritter til H.C. Ørsted  
Wilhelm Marstrand, Portræt af H.C. Ørsted

218B **Vindkraft - Tableau**

Tableau - Poul la Cour

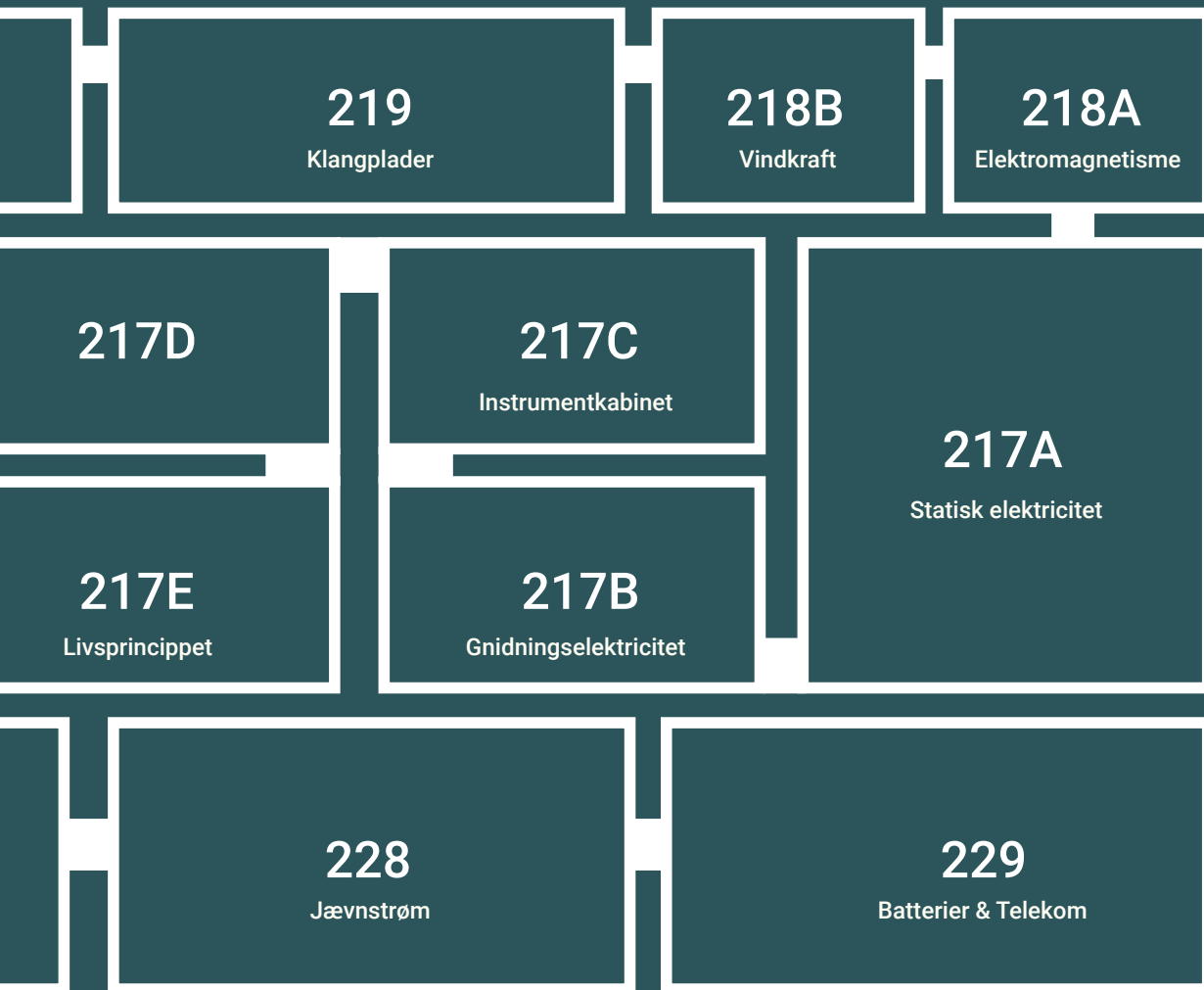
219 **Klangplader - Tableau**

220 **Induktion og motor - Tableau**

Induktions forsøg  
Elmotor med vandpumpe  
Elmotor (model)  
Faraday's bur  
Induktionsapparat

221 **Den elektriske stol - Tableau**

Kopi af den første elektriske stol



- 222 **Kosmisk elektricitet**  
Lys- og lydinstallation
- 224 **Elektroterapi - Tableau**  
Medicinsk induktionsapparat med leydnerflaske  
Medicinsk induktionsapparat  
Medicinsk elektrisermaskine
- 225 **Kulbuelys - Tableau**  
Strømtavle fra lysmaskine  
Kulbuelampe  
Kulbuelampe
- 227 **Vekselstrøm - Tableau**  
Tableau - Nikola Tesla  
Plasmakugle  
Kultrådslampe i fatning  
Duer
- 228 **Jævnstrøm - Tableau**  
Tableau - Thomas Alva Edison  
Glødelampe i fatning, Edison replika  
Lyspære i dele  
Glødelamper

- 229 **Batterier & Telekom**  
Ørsteds kemiske batteri, replika  
Voltaøjle  
Leydnerflaske m. udladningsapparat  
Leydnerflaske m. vippe  
Resonansspole m. leydnerflaske  
Vådelement  
Meldinger element  
Element  
Element Bunsen  
Polarisationsbatteri  
Galvanisk element  
Leydnerbatteri i kasse  
Leydnerflaske  
Telegrafapparat  
Telegrafmodtager  
Vægtelefon  
Bell bordtelefon  
648 AA batterier  
Elektrisermaskine

## 221 ~ DEN ELEKTRISKE STOL

I slutningen af 1880'erne ønskede man i Staten New York at finde en mere human henrettelsesmetode af dømte forbrydere end hængning.

I 1889 blev den 30-årige morder William Kemmler derfor dømt til døden med henrettelse ved elektricitet. I 1881 var det lykkedes opfinder og tandlæge **Alfred Porter Southwick (1826–1898)** at sætte strøm til en specialbygget tandlægestol, hvorfor Southwick regnes som opfinderen af den elektriske stol.

Fastspændt i en sådan stol med elektroder til hovedet og det ene ben, sendte man 1000 volt vekselstrøm gennem Kemmlers krop. Henrettelsen blev første gang en fiasko. Man prøvede så én gang til med 2000 volt, og denne gang, 6. august, 1890 førte det til en ende på Kemmlers liv. Det tog 8 minutter og lokalet fyldtes af lugten af brændt kød. "Et forfærdeligt syn, meget værre end hængning", skrev New York Times dagen efter henrettelsen.

## 222 ~ KOSMISK ELEKTRICITET

*Nordlys* kaldes det farverige fænomen, der kan ses fra de nordligste breddegrader. Dets historie starter dybt inde i centrum af vores nærmeste stjerne, Solen.

Lige siden **H.C. Ørsted** påviste sammenhængen mellem magnetisme og elektricitet, har vi vidst, at de to hænger sammen i den elektromagnetiske kraft. Denne sammenhæng har betydning for de processer, der sker i og uden for Solen. Når det er meget varmt, bliver gassen nemlig til en elektrisk ladet 'plasma', der påvirkes af Solens magnetfelt.

Den ujævne rotation af Solen og det elektriske plasma får med tiden de lange magnetfeltlinjer til at blive kludret ind i hinanden. Hvis magnetfeltets linjer bliver kludrede nok, kan de strækkes og rives over, og det udløser en stor mængde energi. Resultatet bliver, at flere hundrede tons af det plasma, der ligger omkring området fra Solen, slynges fra Solen ud i solsystemet med enorme hastigheder. Fænomenet kaldes en *Coronal Mass Ejection*, eller bare en CME.

Hvis Jordens magnetfelt rammes af en kraftig CME, så vil noget af plasmaet fra Solen rejse langs magnetfeltlinjerne og ramme ind i Jordens atmosfære. Vores magnetfelt strækker sig fra den magnetiske nordpol og til sydpolen, og det betyder, at ved nord- og sydpolen rejser magnetfeltets linjer ned gennem atmosfæren og ind i Jorden. Det plasma fra Solen, som rejser langs Jordens magnetfeltlinjer, vil derfor ramme ind i atmosfæren mod syd og nord. Når plasmaet brager ind i luften i vores atmosfære, kan det få det til at lyse, og det er netop, hvad vi ser som nordlys, kosmisk elektricitet.

Tina Ibsen.



## 224 ~ ELEKTROTHERAPI

**Giovanni Aldini (1762-1834)** var kendt i hele Europa for sine offentlige forelæsninger med elektriske forsøg på døde dyr. Der var et tydeligt performativt element i Aldinis arbejde, men det havde et mål. I 1801 opdagede han, at han kunne kurere 'melankolsk galskab' med *elektroterapeutiske behandlinger*, og elektrisk strøm ansås snart at kunne forbedre kvaliteten og kvantiteten af menneskets fysiske og mentale kraft.

Elektroterapeutiske behandlinger indebar tilføring af galvanisk strøm til specifikke områder på kroppen. Strømmen blev ledt fra en induktionsmaskine, elektriseringsmaskine eller batterier med elektroder til specifikke steder på patientens krop.

Senere blev elektroterapien brugt mod neurasteni, svage nerver. Den italienske neurolog og antropolog Paolo Mantegazza kaldte 1800-tallet for '*Nervøsitetens Aarhundrede*'.

Elektriciteten havde medført nye udfordringer, men inden for elektroterapien var den også kuren.

## 225 ~ KULBUELYS

*Kulbuelampen* blev opfundet af den engelske kemiker **Humphry Davy** i begyndelsen af 1800-tallet, og var den første praktiske, elektriske lampe. Lyset frembringes af en elektrisk *lysbue* mellem to kulelektroder, der først rører hinanden og derefter langsomt adskilles, hvorved der skabes en bue af intenst lys og varme fra de glødende kulspidser. Før glødepæren benyttedes sådanne lysbuelamper med kulelektroder, kaldet kulbuelamper.

Kulbuelampen var således den første alment fungerende, elektriske lyskilde.

Tidligere kom al belysning fra lamper med flammer. Det vakte derfor sensation, da elektriske kulbuelys tændte på en café i Paris i 1878. Lysstyrken var da også ideel til gadelys, men for kraftigt til almindelig indendørs belysning.

Gader og teatre, stormagasiner og fabrikshaller var således de første steder, hvor kulbuelamper blev taget i brug.

## 227 ~ VEKSELSTRØM

*Vekselstrøm* en form for elektricitet, hvis retning hele tiden veksler og ændres, idet den varierer som bølger med en konstant frekvens. Vekselstrømmen var kendt allerede i 1830'erne, hvor de første dynamoer blev udviklet, men først da **Nikola Tesla (1856 - 1943)** serbisk fysiker og elektroingeniør, i 1888 opfandt *vekselstrømsmotoren*, blev den for alvor et alternativ til jævnstrømmen.

Tesla havde tidligt i sit liv arbejdet for Thomas Edison, der opfandt jævnstrømsystemet. Derefter lå de i hidsig krig. En krig som Tesla må siges at have vundet. For med opfindelsen beviste Tesla, at vekselstrøm ikke kun er ideel til energiforsyning i form af elektrisk kraft over store afstande, men også til at udnytte vandkraft til at producere strøm. Med den nye teknologi kunne man omforme den enorme mekaniske energi fra vandfald og dæmninger til højspændt elektrisk energi. I dag står denne form for 'hydroelektricitet' for omkring 70 % af al grøn elektricitet.

## 228 ~ JÆVNSTRØM

1878 lancerede verdens første professionelle opfinder **Thomas Edison (1847-1931)** et elektrisk lyssystem, der kunne udkonkurrere gaslyset på pris og kvalitet. Han satsede på et 110 V *jævnstrømssystem* til forsyning af parallelforbundne lamper, der kunne brænde uafhængigt af hinanden.

Det tog tre år at udvikle hele systemet, der foruden *glødetrådspæren* omfattede en ny dynamotype, treledersystemet, ny kabelisolering, muffe og samlinger, knivafbryderen, den elektrolytiske måler, smeltesikringen og lampefatningen med gevind. Det færdige forsyningssystem blev vist på den internationale elektricitets udstilling i Paris 1881.

Det siges at elektrificeringen af verden tog sin spæde start i 1882 da Edison byggede et elværk i New York, men jævnstrømsteknologi kunne kun distribueres over korte afstande. Først med indførelsen af vekselstrøm ved høj spænding blev problemerne med at skabe et vidtrækkende elektrisk netværk for alvor overvundet.

Alligevel levede jævnstrømmen videre. Det centrale elværk producerede vekselstrøm, der blev transformeret om til jævnstrøm, når den kom ud til forbrugerne. Det var ikke et enten-eller.

## 229 ~ BATTERIER

**Benjamin Franklin (1706-1790)** var den første til at bruge ordet 'batteri' for en række forbundne kondensatorer: paneler af glas belagt med metal, som blev opladet med en elektriseringsmaskine. Ved at koble disse sammen i et 'batteri' gav det en stærkere udladning.

**Alessandro Volta (1745-1827)** opfandt i 1800 den tidligste udgave af vor tids batteri, den såkaldte *voltasøjle*, som snart blev udviklet til mere effektive og praktiske elementer, der kunne forbindes til batterier.

Således opfandt englænderen **John Daniell** i 1836 et kemisk element, baseret på metallerne kobber og zink. Daniell-elementet med en elektromotorisk kraft på 1,1 volt gav en længerevarende og mere pålidelig strøm end voltasøjlen, hvorfor det kunne bruges til praktiske formål såsom telegrafi.

## 229 ~ TELEKOM

I 1847 fik **Samuel Morse (1791-1872)** patent på en videreudvikling af den elektriske telegraf og en speciel tilhørende kode. Morses telegrafiudstyr og morse-kode blev europæisk standard; brugen af telegrafen eksploderede. 1866 lykkedes det at skabe en permanent forbindelse over Atlanten. Verden blev forbundet på en helt ny måde og i et helt nyt, opskruet tempo.

**Alexander Graham Bell** patenterede telefonen i 1876, et patent der senere blev tilbudt den amerikanske stat og flere store firmaer - som alle afslog. De mente ikke at telefonen kunne true telegrafens position som det foretrukne kommunikationsmiddel.



J.Th. Lundbye 'Luftstudie', 1838, Den Hirschsprungske Samling



229 ~ Leydnerbatteri, 1790, Hauchs Physiske Cabinet

# AT MALE SKYEN ELEKTRISK

*Mikkel Bogh, cand.phil. et mag.art., museumsdirektør, SMK*

---

Hvad så 1800-tallets malere, når de vendte blikket og opmærksomheden mod himlen og især mod skyerne? Hvad malede de egentlig, når de med akkuratesse eller i hastige strøg med oliefarve på papir fremmanede skyformationer på himlen over Øresund, den jyske hede, norske bjergegne eller det Saksiske Schweiz? I en lille oliestudie har Christen Købke malet en del af udsigten over Kastellet fra sit tagvindue i atelieret i Toldbodgade. Topografien har været velkendt og hjemlig, men synsvinklen ny. Det, han så fra sit tagvindue, var et barndomsland, men set fra dette sted også et afsæt for drømme og tankeflugt. Bemærkelsesværdigt ved maleriet er, at tagryggen og skorstenen i forgrunden sammen med møllen og de øvrige hustage i mellemgrunden fungerer som ankerpunkter for himlen og skyerne. Det er dem han interesserer sig mest for her; farvetonerne og lysets spil i det varierede skylandskab.

Men hvad så Købke i skyerne? Var skyer for ham mere end receptorer for lys og farven på himlen? Vi har grund til at formode, at Købke som andre malere fra hans generation var optaget af at finde skønheden i de enkleste hverdagsforeteelser og i de mest begivenhedsløse situationer. At studere skyerne var at iagttage former i forandring uden synlig regel, måske med en anelse om, at der bag disse himlens flydende bygningsværker alligevel lå en art guddommelig orden, en uigennemskuelig organiserende kraft. Måneoplyste natskyer og morgen- eller aftenhimle forstærkede det længsels- og anelsesfulde og blev i en periode romantiske maleres foretrukne himmeltyper. Købke gik ikke ofte i den stemningsfulde retning. Han så op mod himlen, så skyernes formforvandlinger og fandt her noget, som på samme

tid antydede det uendelige og hyldede det fælles rum, som forbinder det spredte og adskilte på jorden. Købkes himmel var en dansk himmel: himlen over København. Men den var mere end det. Den var selve rummet, igennem hvilket genstande, huse, steder og mennesker – afgrænsede, isolerede og adskilt af store eller små afstande – var forbundne. Udsigten over Kastellet og Øresund, dette landskab med spredte bebyggelser, skibe på vandet i det fjerne, en skorsten, en mølle, tage, trækroner... disse dele af en helhed holdes ikke sammen af veje eller af fysisk interaktion, de holdes sammen i kraft af luften og himlen. Skyhimmelen, som B.S. Ingemann kaldte den synlige del af atmosfæren i et lille meteorologisk-poetikalsk skrift fra 1840, var for Købke et rum for kommunikation, for uendelig udveksling, der transcenderede det lokale.

Næppe nogen landskabs- og genremaler på dette tidspunkt har været i tvivl om, at der var elektricitet i luften. Det havde siden midten af 1700-tallet været en veldokumenteret naturvidenskabelig opfattelse, at skyerne var elektrisk ladede og at torden og lyn skyldtes elektrisk udladning. Det var for eksempel en udbredt antagelse, at ikke blot lyn og polarlys, men også skyer, blev dannet som følge af en naturlig – eller guddommelig – genopretning af den grundlæggende balance mellem de elektriske strømme i forskellige atmosfæriske regioner. Benjamin Franklin og Thomas-François Dalibard eksperimenterede i 1750'erne med udvinding af elektricitet fra uvejrsskyer. H.C. Ørsted opdagede og beskrev i 1820 forbindelsen mellem elektricitet og magnetisme, elektromagnetismen. Tyve år senere, i en usigneret populærvidenskabelig

lig artikel, forklarede han nordlys ud fra sin viden om elektromagnetiske felter i de øverste luftlag. Men selv om kunstnerne har kendt til sådanne teorier, er uvejr og lyn næsten fraværende i deres værker, polarlys ligeså; himlen med sine drivende, lysmættede og fint tonede skyformationer står i centrum for deres studier: Det var den romantiske og naturfilosofiske opfattelse af skyer som himmeltegn, som spor af en natur i proces, der interesserede dem, snarere end oplysningstidens teknisk-videnskabelige forklaringer. Repræsentanter for den sidste tendens stillede sig omvendt kritiske over for det, de så som romantisk sværmeri. Men spørgsmålet er, om ikke naturfilosofien og det tidlige 1800-tals kunstneriske skystudier fra John Constable og J.C. Dahl til Christen Købke, P.C. Skovgaard og J.Th. Lundbye ikke, på deres egen måde, forberedte vejen for den forståelse af atmosfæren som et rum for uendelige forbindelser, som få årtier senere, blandt andet baseret på Ørsteds beskrivelse af elektromagnetismen, skulle føre til udviklingen af trådløs kommunikation via radiobølger, der forbinder mennesker og steder på tværs af store afstande. Lå bredbånd og mobiltelefoni gemt i Købkes blik på himlen over Kastellet?

I sit førømtalte skrift, *Skyhimlen eller Den Luke-Howardske Skyformationslære* betragtet som *Billedform for Naturpoesien*, demonstrerer B.S. Ingemann et kendskab til skyernes elektricitet. Skriftet tager afsæt i den engelske meteorolog Luke Howards klassifikation af skyformationer og i Goethes fortolkning af Howards system. Ingemann afviser på ingen måde den gængse viden om atmosfærisk elektricitet og taler om videnskabens beskrivelse af skyernes

"eget dynamiske Væsen og electriske Natur". Men videnskaben standser her, siger han, hvori mod digterne og malerne i disse skyformationer drives af "en højere Anskuelse end den materiel-physiske". Den nationalromantiske Ingemann ser skyerne som analogier til psykiske kræfter og folkelige forestillinger om naturånder. For andre panteistiske naturfilosoffer var skyerne med deres elektriske ladninger udtryk for en urkraft. Som Dan C. Christensen skriver, forestillede disse sig "elektriciteten som den allestedsnærværende, sansepirrende kraft og som jordens puls, der slog i takt med årets rytmer og holdt alle organismer i live".

Var Købke mon at regne blandt disse? Malede han skyen elektrisk? Så han, parallelt med naturvidenskabsfolkene og naturfilosofferne, omend på maleriets betingelser, 'skyhimlens' potentiale for at udtrykke livskraft og for at forbinde den levende natur, mennesker og steder med hinanden? Anede han og hans kolleger i deres tusindvis af skystudier, hvad atmosfæren rummede af muligheder for at bære billeder, tegn og udvekslinger? Meget tyder på, at de så mere end bare skyer på himlen. De så en kampplads, de så konflikter mellem luftens og jordens regioner, de så spændinger, der kunne udløses i elektriske udladninger. Generelt, og især i Norden, var de dog mere optaget af skønheden i de bløde overgange og af nuancerne end af torden, lyn og voldsomme sammenstød. Men de ville samtidig definere nationen og det nordiske landskab under himlens tag. Elektriciteten var svær at forene med denne ambition. Den lod sig ikke nationalisere. Men én gang opdaget åbnede den himlen for grænseløse udsendelser. Det så malerne.

# KOSMISK ELEKTRICITET

Tina Ibsen, astrofysiker

---

På mørke og stjerneklare nætter kan de der bor højt mod nord, være heldige at opleve et kosmisk festfyrværkeri i grønne, røde og violette farver på himlen. Farverne strækker sig som gardiner der bølger sagte hen over himlen. Fænomenet kaldes nordlys, og dette himmelske lysshow har været forbundet med både forundring, frygt og i nyere tid meget forskning.

Før vi havde en videnskabelig forklaring på nordlyset, var der overtro og myter forbundet med fænomenet. Lige fra at nordlyset var vejen til de dødes rige til at det var kæmpende drager på himlen eller en advarsel fra gud. Der findes selvfølgelig en mere naturlig forklaring. Alligevel bliver man til stadighed fortalt, at fløjter man imens der er nordlys, risikerer man at blive hentet med til dødsriget.

Nordlysets historie starter dybt inde i centrum af vores nærmeste stjerne, nemlig Solen. Den er en middelstørrelse stjerne, som hovedsageligt består af brint og helium. I centrum af Solen er det 15 millioner grader varmt, og ved så høje temperaturer kan brinten fusionere til helium, som skaber det lys, der får Solen til at skinne. Ligesom Jorden roterer Solen rundt om sin egen akse, men da den er en kugle af gas, roterer alle dele af Solen ikke lige hurtigt. Denne forskel i rotation, mener man er grunden til, at Solen har et globalt magnetfelt med en magnetisk nord- og sydpol.

Lige siden H. C. Ørsteds berømte forsøg i 1820, hvor han påviste sammenhængen

mellem magnetisme og elektricitet, har vi vidst at de to hænger sammen i den elektromagnetiske kraft. Denne sammenhæng mellem magnetisme og elektricitet har stor betydning for de processer, der sker i og uden for Solen. Når det er meget varmt, bliver gassen nemlig til elektrisk ladet 'plasma', hvilket betyder, at det påvirkes af Solens magnetfelt.

Solens magnetfelt strækker sig fra dens magnetiske nordpol og bevæger sig i store buer ind i den magnetiske sydpol. Magnetfeltlinjerne løber som usynlige strenge fra den ene pol til den anden. Af årsager som man endnu mangler at forstå til bunds, bytter Solens magnetiske poler plads hver 11 år, så det er ikke altid, at den magnetiske nordpol ligger samme sted som Solens nordpol. Langs de usynlige magnetfeltlinjer vil den varme elektriske plasma bevæge sig, og eftersom det lyser, kan man nogle gange få magnetfeltlinjerne at se.

Den ujævne rotation af Solen og det elektriske plasma får med tiden de lange magnetfeltlinjer til at blive kludret ind i hinanden. Hvis magnetfeltlinjerne bliver kludrede nok, kan de strækkes og rives over og det udløser en stor mængde energi. Resultatet bliver, at flere hundrede tons af det plasma, der ligger omkring området fri fra Solen, slynges fra Solen ud i solsystemet med enorme hastigheder. Fænomenet kaldes en *Coronal Mass Ejection*, eller bare en CME. Plasmaet fra Solen rejser herefter ud gennem solsystemet og hvis det har retning mod Jorden kan det

tilbagelægge de 150 millioner kilometer der er mellem Solen og Jorden på 12-48 timer.

Vores planet Jorden har også et globalt magnetfelt med en magnetisk nord- og sydpol. Ligesom Solens magnetfelt bytter Jordens poler også plads. Det tager bare i snit 250.000 år mellem disse skift i stedet for 11. Det betyder faktisk også, at den magnetiske sydpol lige nu ligger på den geografiske nordpol og den magnetiske nordpol ligger ved den geografiske sydpol. Vores globale magnetfelt vil beskytte Jorden fra det plasma der kommer fra Solen, og den vil afbøje plasmaet rundt om Jorden. Men hvis Jordens magnetfelt rammes af en kraftig CME, så vil noget af plasmaet fra Solen rejse langs magnetfeltlinjerne og ramme ind i Jordens atmosfære. Vores magnetfelt strækker sig fra den magnetiske nordpol og til sydpolen og det betyder, at ved nord- og sydpolen rejser magnetfeltets linjer ned gennem atmosfæren og ind i Jorden. Det plasma fra Solen som rejser langs Jordens magnetfeltlinjer vil derfor ramme ind i atmosfæren mod syd og nord. Når plasmaet brager ind i luften i vores atmosfære, kan det få det til at lyse, og det er netop, hvad vi ser som nordlys.

Farverne på nordlyset bestemmes af, hvilken luftart det elektrisk ladede plasma støder ind i, og i hvilken højde sammenstødet sker. Den mest normale farve på nordlyset er grøn, og det grønne nordlys dannes i de luftlag der ligger 90-150 kilometer over Jordens overflade. Længere oppe kan det røde nordlys ses i højder på 150-200 km over Jordens

overflade. Begge disse farver dannes når oxygen i vores atmosfære rammes af plasma fra Solen. Tættere på Jorden, i højder på 75-100 km, dannes det violette lys, når kvælstof i Jordens atmosfære rammes af plasma. Nordlys dannes altså højt oppe i atmosfæren. Vi definerer normalt grænsen til rummet som 100 kilometer over Jordens overflade, og derfor kalder vi fænomener som nordlys for *rumvejr*.

Vi ved, at Solens magnetfelt ikke altid er lige kludret, men bliver mere kompliceret over en 11-årig cyklus. Når de magnetiske poler bytter plads, som de gør hver 11. år på Solen, så 'nulstilles' magnetfeltet igen. Men når det er mest kludret sammen, så bliver der dannet mange CME'er og vi kalder denne periode for solmaksimum. Når der er mange CME'er, der udsendes fra Solen, er der også større mulighed for at se nordlys her på Jorden, og da vi er på vej ind i det næste solmaksimum inden for de næste år, vil vi få mulighed for at opleve meget mere nordlys i den kommende tid.

Uden viden om elektromagnetisme ville vi hverken kunne forklare processerne i Solen eller hvordan nordlyset dannes i atmosfæren.

# GLEM IKKE, AT VI ER KUNSTNERE.....!

Dan Charly Christensen, dr.phil., lektor emeritus

---

Sådan skrev Johann Wilhelm Ritter til Hans Christian Ørsted i 1805. Jamen, er naturvidenskab da en kunstart i ramme alvor? Og var hans danske kammerat enig med ham?

Brødrene Ørsted, Anders Sandøe og H.C. Ørsted, introducerede verdens nok mest betydelige filosof siden Platon, nemlig Immanuel Kant, i Danmark-Norge i tidsskriftet *Reperitorium*: Anders Sandøe: Kants moral-filosofi, og H.C. Ørsted: Kants natur-metafysik. Ørsted øjnede og jagtede Kants idé om et paradigmeskift i naturvidenskabelig forskning: fra en *mekanisk* matematisk materialisme, hvor al natur (i analogi med himmellegemerne) ansås for opbygget af små substanser (atomer), hvis forandringer skyldtes ydre kræfter - til en *dynamisk*, hvor årsagen til al forandring (f.eks. fra mørke til lys, fra stilhed til lyd, fra kulde til varme), var allestedsnærværende, immaterielle kræfter, som ingen endnu forstod. Kræfter, som hverken kunne måles eller vejes (f.eks. elektricitet og magnetisme), og som ved nærmere udforskning ville vise sig at være én grundkraft (ånden i naturen).

Dette paradigmeskift var afgørende for Ritters eksperimenter, og derfor stiledede HCØ direkte mod Jena, hvor Ritter havde stillet sine opsigtsvækkende eksperimenter til rådighed for Alexander von Humboldt og Johann Wolfgang Goethe – og nu rundhåndet delte dem med Ørsted. Mødet mellem Ørsted og Ritter førte til et livslangt venskab. Begge levede og åndede for deres forskning. De var jævnaldrende, begge sønner af apotekere og følte sig hjemme i et laboratorium. Alligevel var de vidt forskellige. Ørsted al-

lerede karrierebevidst, sprogkyndig, ordentlig, selvbehersket, begavet med sociale kompetencer, Ritter derimod et asocialt rodehoved, autodidakt, drikfældig, stofmisbruger, impulsiv, fattig og bipolar. Tilsammen et genialt makkerpar, der var fast besluttet på at føre det nye paradigme til sejr.

Ved et meget simpelt forsøg fandt Ritter ud af, at når han anbragte to metalstænger af henholdsvis sølv og zink i en sjat vand og forbandt dem med en leder, frembragte han en elektrokemisk kraft, der i forstærket form spaltede vand i to luftarter, der boblede op ved hver sin elektrode, i rumfang dobbelt så meget brint som ilt.

Herefter iværksatte den fantasifulde Ritter en række forsøg med denne mystiske kraft på sine egne sanse- og kønsorganer. Det foresvævede ham, at sanseapparatet var drevet af den elektrokemiske kraft. Han gennemførte derfor en række forsøg på egen krop, hvor han satte strøm til hud, øre, øje, tunge, næse og pik. Han registrerede tydelige forskelle, alt efter om han anvendte den positive eller den negative pol. På grundlag af disse auto-eksperimentelle resultater gav han sig til at fundere over kunstarternes naturvidenskabelige grundlag: lys og farver, lyd og stilhed (pauser), smag, duft, osv. For er det ikke de samme kræfter, der påvirker menneskets sanser, når de udsættes for naturindtryk og kunstværker: i Raphaels motiver med farver, lys og skygger, i Bachs passioner og kantater, i Byrons lyriske digte og Shakespeares dramaer? Og Ørsted videreudviklede disse naturæstetiske idéer med sine klangfigurer, hvor han forestillede sig, at de symmetriske klangfigurer, han frem-



kaldte med en violinbue, når han bestrøg en klangplade med et finkornet pulver, skyldtes elektriske kræfter. Er denne overensstemmelse mellem det akustiske (tonerne) og det visuelle (klangfigurerne) ikke det sanselige bevis på kunstens naturvidenskabelige grundlag?

Omkring 1800 var det mekanisk-matematiske paradigme solidt forankret i Paris, hvor Napoleon postede ressourcer og prestige i teknisk-naturvidenskabelige forskningsinstitutioner som École Polytechnique og Institut National - til støtte for krigsindustrien og på bekostning af humaniora.

Et naturvidenskabeligt paradigmeskift måtte derfor ske i direkte konfrontation mellem Ritters og Ørsteds dynamiske teori og den på det parisiske parnas herskende mekanisk-matematiske.

Til den ende lærte Ørsted at begå sig på fransk på de bonede gulve i Institut National og præsentere sit og Ritters dynamiske paradigme. Målet var at erobre Den store Napoleonpris (datidens Nobelpris). Det gik helt galt. Det bevis, Ørsted på Ritters vegne demonstrerede i Paris var snarere en grille (om at jordkloden havde elektriske poler, som kunne identificeres ved hjælp af en roterende Voltasøjle), og forsøget, som var ilde forberedt, kiksede totalt. Det var først i 1820 (forudsagt af Ritter i et horoskop), at det lykkedes Ørsted at overbevise Institut National om elektromagnetismens realitet, hvormed han var med til at fremkalde et paradigme- og generationsskifte i Paris og resten af verden.

Dette paradigmeskifte i naturvidenskaberne giver i dag ekko i vor egen tids kriser: atomtruslen, klimakrisen, befolkningsekspllosionen, miljøforureningen i form af det teknisk-naturvidenskabelige fremskridts nemeses. Vi er nået til et punkt, hvor teknologien skal frelse os fra teknologien, hvis vi skal undgå katastroferne.

For makkerparret Ørsted-Ritter var formålet med naturvidenskabelig forskning ikke at være tjenestepige for teknologien, men for humaniora (at gøre livet mere humant) ved at forstå naturens love og menneskeliv i samarbejde med kunsten. Perspektivet var dualistisk: der var fysik og metafysik: den håndgribelige jordiske, empiriske og sanselige verden på den ene side, og på den anden ideernes verden, hvor bevidstheden skimter det uhåndgribelige i form af det sande, det gode og det skønne.

Ørsted forestillede sig et komplementært forhold mellem det fysiske og det metafysiske. Som naturforsker tog han nødvendigvis udgangspunkt i empiriske realiteter, der banede vej til erkendelse af naturens love og funktion i livet - og tog skridtet videre til *Aanden i Naturen (1849-50)*. Kunstneren følger den modsatte retning og udtrykker sine abstrakte forestillinger om sandhed/løgn, godt og ondt, smukt og grimt i konkrete, sanselige værker på lærredet, i musikken, i bogen eller på scenen.

Det var dette makkerskab og denne *dualisme*, Georg Brandes med inspiration fra blandt andet Nietzsche ville gøre op med, da han lancerede 'det moderne gennembrud'. "[Guldalderens] Lære bestod jo væsentlig deri, at man tog Kierkegaard ... i den ene Haand og Ørsted ... i den anden, klappede dem sammen og indbandt dem i Eet", hævdede Brandes i 1866 (*Dualismen i vor nyeste Philosophie*). Hans forbillede var fransk *monisme*, der havde sin rod netop i École Polytechnique, hvor man udelukkende henholdt sig den sanselige empiri og afskaffede metafysik som sværmerisk overtro tilsat en god portion hykleri.

For uddybning henvises til artiklen 'Fysik som Kunst' i *'Krydsfelt, Ånd og natur i Guldalderen'* (red. Mogens Bencard), Gyldendal, 1995, s. 18-31 og biografien *'Naturens tankelæser. En biografi om Hans Christian Ørsted'*, Museum Tusulanum, 2009, kap. 10, 12-15, 38, 63.

# KREDITLISTE

## MEDVIRKENDE

Sanger	Lore Lixenberg
Performer	Rasmus Balling
Musikere	Wilhelm Ljunggren Dahl, Villads von Posselt
Øvrige	Ada Jacobi, Olivia Katrine Friis, Mirka Smrcinova, Robert Garde Kongshaug, Nynne Roberta Pedersen, Madelin Wilian, Jon R. Skulberg, Garcia Lucas Harbo Pauwels, Jacob Christian Hansen, Sofia Bellucci, Kristina Švenčionytė, Jørgen Teller, Linda Lapina, Ulla Gravesen, Jacob Pedersen, Lassi B. Ondesen, Nina Garde Kongshaug

## KUNSTNERISK HOLD

Koncept	Kirsten Dehlholm, Marie Dahl, Annesofie Becker
Isenesættelse, dramaturgi og manuskript	Kirsten Dehlholm, Marie Dahl
Kurator og katalogredaktør	Annesofie Becker
Digt	Julie Sten-Knudsen
Lysdesign	Jesper Kongshaug
Kostumedesign	Nadine Burkhardt
Kompositioner	Kristian Hverring, Lore Lixenberg, Wilhelm Ljunggren Dahl, Villads von Posselt
Lyddesign	Troels Bech

## PRODUKTION

Forestillingsleder	Anna Borzak
Rekvisitør	Bo Madvig
Syersker	Lena Bjerregaard, Anne Bellinger
Instruktørassistenter	Maja Meedom, Andrea Kohrtz
Byggere	Jacob Petersen, Jacob Thing
Scenografiassistenter	Maja Meedom, Ona Juciūtė
Lystekniker	Frederik Dahl Hougs
Lysassistent	Joanna Filipowska
PR-assistance	Nadia Kristensen, Magnus Pind Bjerre
Billet- og servicepersonale	Andrea Kohrtz, Anthon Tams, Luna Emilia Obling Høeg, Megan Elliot, Maja Meedom, Sara Skjershede Nielsen, Nadia Kristensen
Fotograf	Christoffer Askman
Manager	Ulla Katrine Friis
Producent	Lisbeth Bjerregaard Jacobi
Grafisk designer	Adam Ryde Ankarfeldt

## TAK TIL

Statens Museum for Kunst, Christian Vind, Arno Victor Nielsen, Christoffer Harlang, Jørgen From Andersen, Helge Kragh, Nicklas Munksgaard Larsen, Ole Lynnerup Trinhammer, Flemming Friborg, Henrik B. Andersen, Den litauiske kulturattaché i Sverige, Finland og Danmark, Litauisk Kulturinstitut, Svanevejens Auto, DR Rekvisit, Stena Recycling

## GENSTANDE UDLÅNT AF

Danmarks Tekniske Museum; Hauchs Fysiske Cabinet, Stiftelsen Sorø Akademi; Energimuseet Bjerringbro; Frederiksborg Nationalhistorisk Museum; Medicinsk Museion, Københavns Universitet; Naturama; Danmarks Tekniske Universitet



229 ~ Fremtiden er elektrisk



217C ~ Vandrende guldaldermennesker

**K:**  
Statens  
Kunstfond

**SMK**  
Statens Museum for Kunst  
National Gallery of Denmark

**AUGUSTINUS FONDEN**  
ESTABL. IN 1847

AXEL MUUSFELDT'S FOND

**B**  
BECKETT-FONDEN

KNUD HØJGAARDS FOND  
- GRUNDLAGT 1944 -

**LCI**  
Lithuanian  
Culture  
Institute

**NIKOLAI OG FELIX FONDEN**  
H.H. PRINS NIKOLAIS OG H.H. PRINS FELIX' FOND

**NY CARLSBERG FONDEN**  
NEW CARLSBERG FOUNDATION

WILHELM HANSEN FONDEN *f*

William |  
Demant | Fonden

**IH** AAGE OG JOHANNE  
LOUIS-HANSENS FOND

