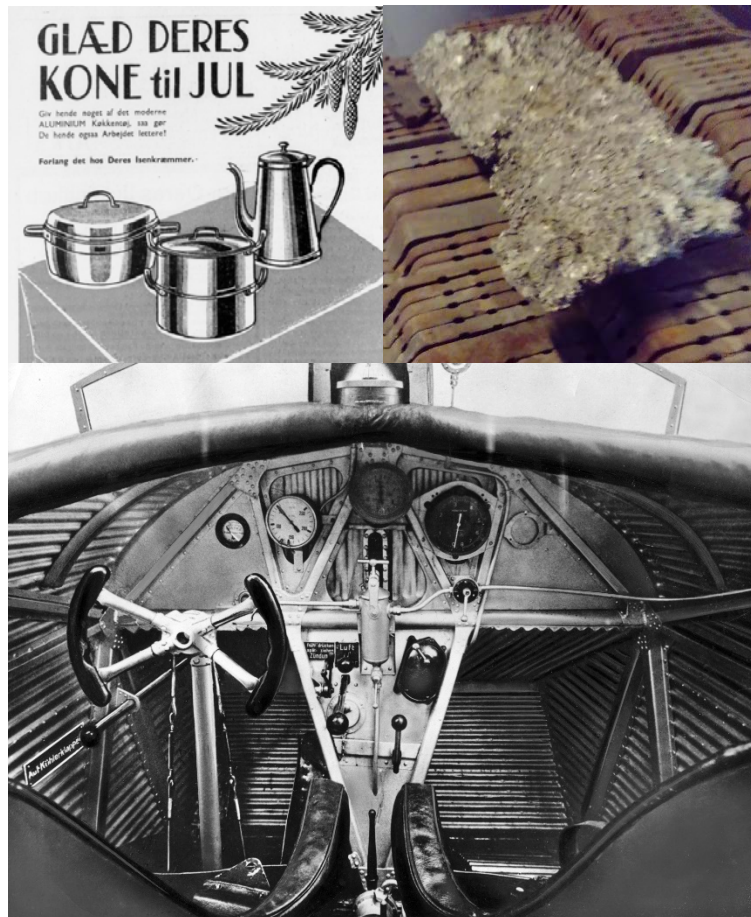


Nyt fra Teknologihistorie DTU



2020:1



Aluminium – et moderne vidunder?

| Teknologihistorie DTU
Viden og formidling

Aluminium – et moderne vidunder?

Af Louise Karlskov Skyggebjerg, Teknologihistorie DTU

Forord

Historien om aluminium er skrevet med undervisning i faget idéhistorie på htx for øje, men kan læses af alle med interesse for aluminium og de mange andre materialer, vi har brugt i større og større mængder i det moderne samfund. Undervejs suppleres historien om aluminium med teoretiske perspektiver på materialehistorie, og der vil også være forskellige øvelser, man kan lave eller springe over alt efter lyst og behov. Generelt er øvelserne tænkt som opfordringer til at "tænke med" på historien og reflektere over det læste.

Kommentarer, ændringsforslag og rettelser modtages meget gerne på mailadressen teknologihistoriedtu@tekhist.dtu.dk.

Bag i teksten findes ordforklaringer. De ord, der er forklaringer til, er understreget i teksten. Flere undervisningsmaterialer og nyhedsbreve fra Teknologihistorie DTU kan ses på www.historie.dtu.dk/formidling.

God læselyst!

Louise Karlskov Skyggebjerg

Teknologihistorie DTU, september 2020

Forsideillustration: Reklame for Kløverblad, aluminiumslagge fra ovnen på Vestforbrænding og cockpit fra Junkers F13. Kilde: Deutsches Museum (Wikimedia Commons) og Louise K. Skyggebjerg

Indhold

Forord.....	2
Materialernes historie	5
Øvelse: Find aluminium	5
H.C. Ørsteds metalklump	5
Masser af aluminium i naturen – men ikke i ren form	6
På verdensudstilling.....	7
Fremtidsdrømme anno 1855	8
I aluminium til månen	9
Prisen volder problemer	10
Parallele opfindelser	10
Øvelse: Hvem skal have æren?	11
Aluminium som husmorens drøm – og andre anvendelser.....	12
Ikke-menneskelige aktører i den antropocæne tidsalder.....	16
Mennesker svømmer i et ocean af materialer	16
Øvelse: Enig med Ingold?.....	16
Konserves på menuen.....	17
Øl i aluminiumdåser.....	18
Dåseåbning – et kompliceret teknisk problem med mange løsninger	19
Øvelse: Livscyklusvurdering	21
Kompleks videnskab.....	21
Øvelse: Forskning og politik	21
Teknologier i samspil	22
Aluminium overalt	23
Aluminiumdesign	23
Udviklingen af aluminium – en fortsat historie	24
Aluminium – en aktiv rejsekammerat.....	25
Øvelse: Natur, kultur eller?.....	25
Aluminium – globalt og i Danmark	26
Sort eller grøn?	26
Aluminium – primær og sekundær	27
Øvelse: Bæredygtig aluminium?	27

Aluminium – en fortsat historie	28
Øvelse: Vælg det rigtige materiale.....	28
Vil du vide mere?	29
Ordforklaringer	29

Materialernes historie

I 1800-tallet og især i 1900-tallet begyndte vi at bruge en masse nye materialer, som både har bidraget til vores materielle velfærd og til miljøproblemer. Her handler det om aluminium som et eksempel på ét af de materialer, vi bruger hele tiden, uden nødvendigvis at tænke så meget over det. Et andet eksempel kunne være beton. Det materiale er også kommet til at spille en stor rolle i vores hverdag, siden vi så småt begyndte at bruge jernbeton i slutningen af 1800-tallet. Et tredje eksempel kunne have været de mange typer plastik, vi begyndte at bruge i store mængder i 1900-tallet.

Med andre ord er historien om aluminium bare et eksempel på en historie om de materialer, der har ændret vores dagligdag enormt de sidste omkring 150 år.

Aluminium bruges i dag til mange forskellige ting fra fly, kanoer og vindueslister til stiger, gryder og højspændingsledninger. Det er samtidig et materiale, vi bruger i stadig stigende grad. Faktisk er produktionen af aluminium på verdensplan mere end fordoblet alene siden årtusindeskiftet.

Historien om aluminium er global, men i det følgende vil der være særligt fokus på Danmark, selvom vi som bekendt hverken har bauxitminer eller smelteværker. I centrum af historien står på brugen af aluminium i hverdagen, herunder de miljømæssige perspektiver. Generelt kommer vi vidt omkring fra H.C. Ørsteds laboratorium i København over grønlandske miner og islandske smeltværker til rensning af danske søer med aluminiumsalte. Der er nemlig mange perspektiver på historien om aluminium.



Øvelse: Find aluminium

Aluminium bruges i dag til mange forskellige ting. Find alle de steder i dit hjem, i din skole/arbejdsplads og i det offentlige rum, hvor der bruges aluminium og legeringer med aluminium. Overvej derefter alternative materialer, og hvad der kunne være af fordele og ulemper ved at benytte andre materialer.



H.C. Ørsteds metalklump

I 1825 fremviste den danske videnskabsmand H.C. Ørsted en metalklump for sine kolleger i Videnskabernes Selskab. Klumpen var resultatet af nogle måneders laboratorieforsøg og var af det, vi i dag kender som aluminium.

Før Ørsted havde andre kemikere fundet ud af, at der fandtes, hvad de kaldte et "lerets metal". De havde bare ikke fundet en metode til at få det isoleret fra dets kemiske forbindelse med ilt. Metallet havde en af Ørsteds bekendte, kemikeren Humphrey Davy, mange år tidligere kaldt for alumium og senere for aluminum. Den dag i dag kaldes aluminium for aluminum i USA og Canada.

For at gøre navneforvirringen endnu større kaldte Ørsted sin lidt urene klump af aluminium for argillium, fordi ler hedder argilla på latin. Om klumpen skrev han, at den i farve og glans nærmede sig tinnet.

Ørsted sendte senere i 1825 et kort brev til et tysk tidsskrift for kemi og fysik. Han skrev, at han havde fremstillet metallet, og at han senere ville sende mere information. Tidsskriftet trykte brevet, men de hørte aldrig mere fra Ørsted om aluminium. Ligesom efter sin opdagelse af elektromagnetisme i 1820 gik Ørsted hurtigt videre med andre projekter, bl.a. med oprettelsen af Polyteknisk Lærestanstalt i 1829 (i dag DTU). Det blev i stedet tyskeren Friedrich Wöhler, der arbejdede videre med lerets metal og et par år efter udviklede en anden og bedre metode til at fremstille aluminium.

Wöhler fortsatte sit arbejde med metallet i mange år og var den, der fandt ud af, at det ikke rustede så nemt og ikke vejede så meget som jern. Men aluminium var enormt dyrt at fremstille, så det lå ikke lige om hjørnet at anvende det i stor stil.



H.C. Ørsted tegnet et par år før han begyndte at interessere sig for aluminium.

En klump bauxit fra Frankrig gemt i materialesamlingen på DTU.



Masser af aluminium i naturen – men ikke i ren form

Aluminium findes ikke i ren form i naturen, men fremstilles som regel af bjergarten bauxit, der især består af aluminiumhydroxider som $\text{AlO}(\text{OH})$ og $\text{Al}(\text{OH})_3$.

Bauxit er opkaldt efter en by i Frankrig, men bjergarten findes især i Australien, Guinea, Brasilien og Jamaica. Bauxitten dannes i subtropisk og tropisk klima, hvor regn får aluminiumholdige bjergarter som granit til at forvitre, så der dannes bauxit. Vi har derfor ikke bauxit i Danmark.

På verdensudstilling

Efter Ørsteds opfindelse af en metode til at isolere aluminium var der i Danmark ret stille omkring metallet. Faktisk glemte man mere eller mindre helt det nye metal. Men i 1854 bragte den danske avis *Dagbladet* en nyhed om, hvad de kaldte en storartet erobring for videnskaben. Den franske kemiker Henri Sainte-Claire Deville havde vist, at

Leerjorden og Mergelen paa vore Marker kunne omdannes til et Metal, der er ligesaa hvidt og ligesaa glimrende som Sølv, der kan udhamres ligesaa let som Guld, angribes ligesaalidt som Platin, iltes ligesaalidt som Tin, der kan smeltes ved en ikke høi Temperatur, og med Alt dette er ligessaa let som Glas.

Kort forinden havde Deville fremvist plader og tråde af aluminium i det franske Videnskabernes Selskab, og omtalen i avisen fortsatte:

hvor stor er ikke den Tanke, at man snart vil see dette Metal frembragt i tilstrækkelig Mængde og til en tilstrækkelig lav Priis for at kunne anvendes i Industrien og til de talrige Haandværk, der ville bemægtige sig det (*Dagbladet* 24/2 1855).

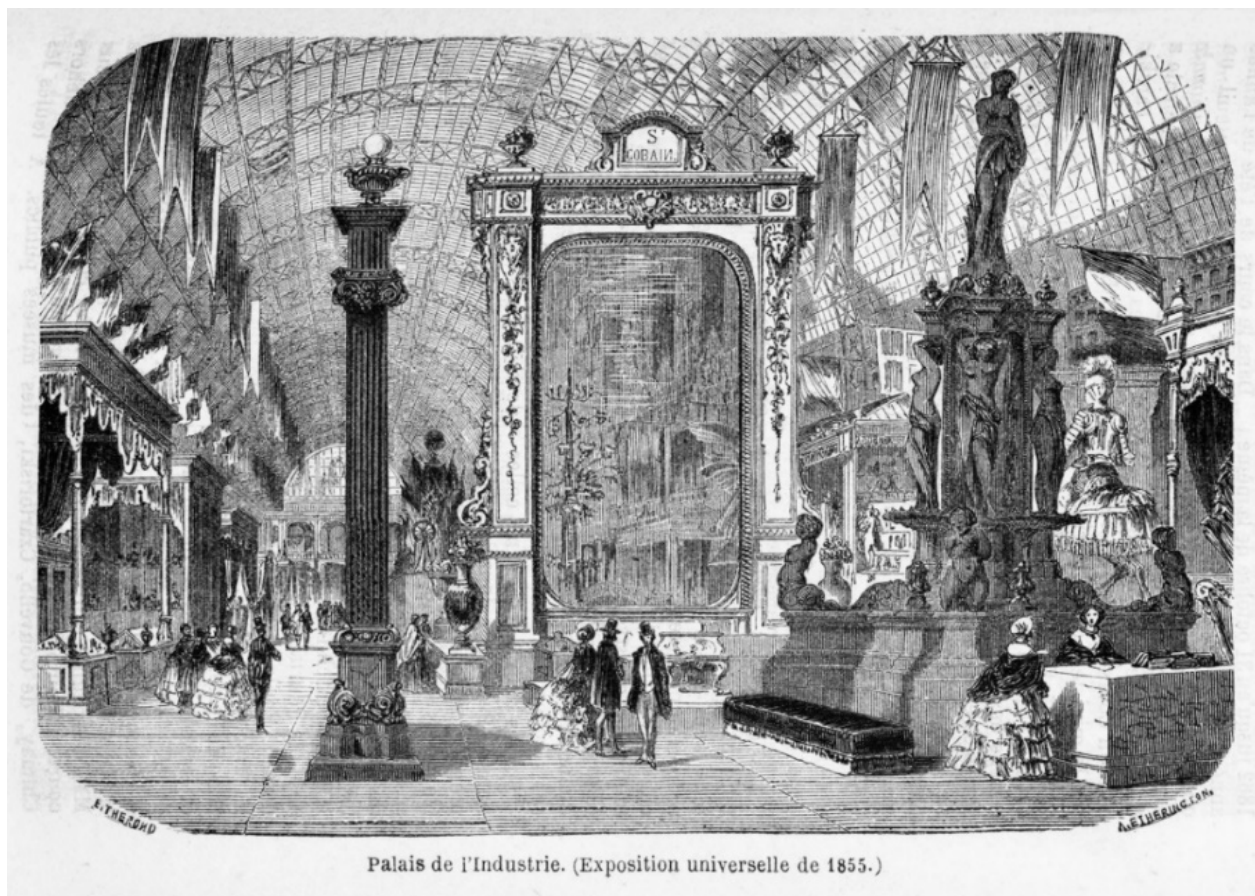
Deville kendte godt til Wöhlers tidligere arbejde med aluminium, men han havde videreudviklet fremstillingsmetoden. Ørsted var heller ikke helt glemt. Få dage efter nyheden om Deville fulgte *Dagbladet* op med historien om Ørsteds aluminium.

Det ændrede ikke ved, at det nu var Deville, der stod i centrum. I 1855 blev der holdt en stor verdensudstilling i Paris, og her blev det nye vidundermetal fremvist. I *Dagbladet* kunne man læse, at kejser Napoleon III personligt havde vist den engelske dronning pokaler, medaljer, gafler, skeer og andre nyttige genstande af det nye og forunderlige metal af ler. Et metal, som alle beundrede for dets sølvglans, men også pga. dets fortrinlige indre egenskaber, som avisen skrev. Disse egenskaber handlede om lethed, hårdhed, udtrækkelighed så det kunne hamres ud i tynde plader og trækkes ud i tynde tråde, smeltelighed samt modstand mod vand og luftens ilt.

Også den danske konge Frederik den 7. syntes, at det nye metal aluminium var interessant. Han fik omkring 1859 en flot rytterhjelm af materialet, der lignede sølv, men var lettere og havde større modstandsevne. Hjelmen findes i dag på Rosenborg Slot. Lidt mere jordnært fremviste Polyteknisk Lærestanstalt på et møde i januar 1856 nogle prøver af aluminium som stænger, plader og tråd for medlemmerne af Industriforeningen i København.



Devilles aluminium 1855.

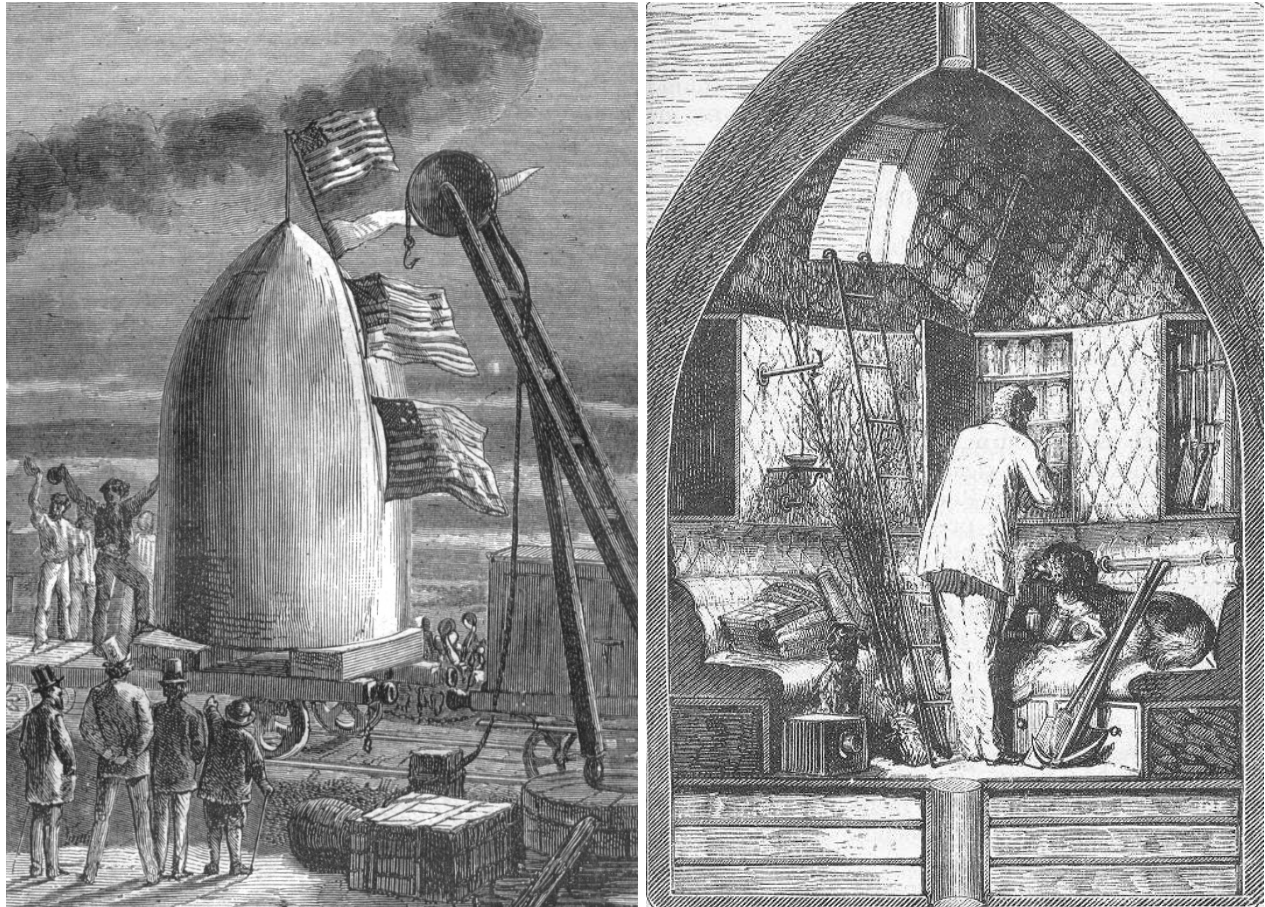


På verdensudstillingen i Paris i 1855 var aluminium en af de spændende nyheder.

Fremtidsdrømme anno 1855

Dette Metal vil sætte Beboerne af enhver Hytte, ligesaagodt som dem, der beboe Paladserne, istand til at have Skeer og Gafler, der see ud som Sølv, og som desuden, naar de engang ere polerede, ville beholde deres Glands saalænge det skal være. De meest klangfulde og melodiske Kirkeklokker kunne forfærdiges af dette Metal i en hvilken som helst Størrelse. Ligeledes vil man igjen kunne betjene sig af Pantser og Harnisk i Krigen, da Aluminiumen kun er 2½ Gang tungere end Vand og altsaa ikke vil matte sammes Bærer. Aluminium vil komme til at levere alle vore Kogekar; intet Kobber- eller Malmkar vil mere forgifte vore sure saucer, Grøntsager, Syltetøier eller Confekter, og da de almindelige chemiske Stoffer ikke angribe dette Metal, vil enhver uformuende Person kunne henvende sig til Tandlægen, medens de nu maae holde sig tilbage paa Grund af de høje Priser, der foraarsages ved Guldindfatninger, hvormed de Kunstige Tænder maae befæstes.

Fyens Stiftstidende 12. december 1855



Illustrationer til Jules Vernes tekst om rejsen til månen. Måneraketten af aluminium er tegnet af Henri de Montaut i 1868.

I aluminium til månen

Forfatteren Jules Verne skrev om aluminium i romanen *Fra jorden til månen*. Den udkom på fransk i 1865 og blev på dansk udgivet sammen med en senere tekst som *Rejsen til månen*. I bogen beslutter en flok ingeniører sig for at skyde et projektil til månen. Da de diskuterer materialevalget, foreslår deres leder aluminium i stedet for jern eller kobber, fordi "dette prægtige metal er hvidt som sølv, foranderligt som guld, sejt som jern og let som glas; det er meget bekvemt at forarbejde, det er udbredt i hele naturen, da det danner basis for de fleste klipper, det er tre gange lettere end jernet, og det synes altså ypperligt egnet til at levere det stof, som vi skal bruge til vores projektil."

En af de andre spørger, om aluminium ikke er voldsomt dyrt. Lederen svarer, at det var det ved opdagelsen, men nu koster det blot 9 dollars pundet. Den anden synes stadig, prisen er meget høj. At projektilets vægt reduceres til under 1/3 gør dog udslaget. Måneraketten er bygget af det nye materiale, da den som bemandedt fartøj sendes mod månen.

Prisen volder problemer

Deville mente i 1854, at det var let at få øje på aluminiums anvendelighed, hvis man nemt kunne fremstille det. Problemet var bare, at det kunne man ikke. Aluminium var frygtelig dyrt at fremstille, og i 1880 konstaterede *Opfindelsernes Bog* tørt, at den første begejstring for det nye metal, som nogle havde ment ville kunne konkurrere med sølv, havde lagt sig betydeligt. Der fandtes kun få fabrikker, hvor det blev fremstillet i beskedne mængder. I dag vurderer man, at verdensproduktionen på det tidspunkt var omkring 3 tons om året.

Aluminium var stadig mest til pynt og noget, der kunne laves smykker af og gives som jule- og konfirmationsgave på linje med elfenben, koraller og mineralet agat. I 1861 kunne man fx i Middelfart Avis læse, at der i København blev solgt småting af det nyopdagede metal såsom brocher, ringe og knapper.

Brugen af aluminium begyndte først at ændre sig, da to unge mænd, franskmænden Paul Héroult og amerikaneren Charles Hall, i 1886 opfandt det, der senere fik navnet Héroult-Hall-processen. Ved den proces fremstilles aluminium ved hjælp af elektrolyse ud fra aluminiumoxid (Al_2O_3 , også kaldet alumina). Opfindelsen førte til åbningen af et aluminiumværk i Pittsburgh i USA i 1888 og ligeledes til fabrikker i Frankrig og Schweiz. Først nu kom der gang i en større industriel produktion af aluminium. Sammen med den østrigske kemiker Karl Josef Bayers opfindelse af en mere effektiv metode til at fremstille aluminiumoxid af bauxit, betød Héroult-Hall processen, at aluminium nu blev langt billigere. I år 1900 var verdensproduktionen steget til ca. 5.000 tons om året.

En vigtig faktor var også udviklingen inden for strømforsyning. Med udviklingen af dynamoen og opførelsen af store elektricitetsværker blev det nemlig muligt at få adgang til de høje strømstyrker, der er nødvendige til elektrolysen. Pga. det store behov for strøm blev aluminiumværkerne som regel anlagt, hvor der var adgang til vandkraft og dermed til billig strøm.

Parallele opfindelser

Hvordan kan det være, at to mænd, franskmænden Paul Héroult og amerikaneren Charles Hall, uafhængigt af hinanden og samtidigt udtænker stort set den samme proces, der kan gøre fremstillingen af aluminium langt billigere? Det kan jo virke lidt mærkeligt.

I teknologihistorien er der masser af eksempler på den slags parallelle opfindelser. Det vi ser og finder på, handler nemlig rigtig meget om, hvad vi kigger efter, hvad der allerede eksisterer af viden, materialer og andre teknologier, og hvad vi opfatter som problemer, vi gerne vil løse. Den viden og de teknologier, vi skaber, hænger altid tæt sammen med den tid og det sted, konteksten, vi er en del af. For Héroult og Halls elektrolytiske proces var en af de afgørende ting udviklingen inden for elektricitet.



Aluminiumsmelteværker kræver masser af strøm og er ofte placeret, hvor der kan benyttes vandkraft. Her ses Aluminium Company of Americas (Alcoa) valseværk og elektrolysefaciliteter (potroom) ved Niagara Falls omkring år 1900. Foto: Detre Library & Archives

Kryolit fra minen i Ivigtut i Grønland var en vigtig del af fremstillingen af aluminium efter Hall-Héroult-metoden, hvor aluminiumoxid opløses i smeltet kryolit. Fotografiet viser minen omkring 1869, da kryolit især blev brugt til fremstilling af soda. Foto: Rigsarkivet.



Øvelse: Hvem skal have æren?

Hvis man skriver internalistisk teknologihistorie, knytter man ofte historien om en ny opdagelse eller opfindelse til bestemte personer og giver dem æren for, at vi nu kan bruge fx aluminium. Diskuter, hvilke roller de nævnte personer – Ørsted, Wöhler, Deville, Héroult, Hall og Bayer – har spillet i historien om aluminium. Hvem har betydet mest for aluminiums udbredelse?



Verdensproduktionen af aluminium steg meget i løbet af 1900-tallet. På fotografiet ses aluminiumbarer produceret i USA omkring 1930. Foto: Detre Library & Archives

Aluminium som husmorens drøm – og andre anvendelser

Trods Deville og andres drømme blev aluminium i 1800-tallet stort set kun brugt til smykker og andre pyntegenstande. Endnu i 1899 fyldte omtalen af aluminium kun ½ side i en lærebog om materiallære til brug for ingeniørstuderende. Heri hed det, at aluminium efterhånden havde fået en mere udstrakt anvendelse, fordi det nu var forholdsvis billigt at fremstille. Det var sejt og strækkeligt og havde en lav vægtfylde. Det havde derimod ikke nogen stor styrke, så det blev mest brugt til legeringer, især med kobber, og som tilsætning til jern og stål for at give lette støbninger uden blærer.

Køkkenet var et af de første steder, hvor aluminium gjorde sit indtog, da aluminiumindustrien ellers havde fået overbevist forbrugerne om, at det ikke var giftigt. Ifølge reklamer fra 1930'erne gjorde gryder af aluminium ikke bare husmoren glad. De var også med til at spare på gassen eller strømmen, og så var materialet smukt, rent, hygiejnisk og uden giftige tilsætningsstoffer. Køkkenarbejdet blev lettere, og maden simpelthen bedre – i hvert fald hvis man skulle tro annoncerne for gryder i aluminium.

ALUMINIUM

det vidunderlige Metal

Den moderne Husmoder køber ALUMINIUM. Det er et vidunderligt Metal. Naar Køkkenudstyret er af Aluminium, véd man, at det er af samme Metal helt igennem. Der er Intet, som kan skalle af, Intet som kan ruste.

Aluminium er altid smukt, selv efter mange Aars Brug, og Aluminium er let: let at løfte, let at bruge og let at holde rent. Da det leder og fordeler Varmen betydelig bedre end Køkkentøj af andet Materiale, spares der tilfælde kolossalt paa Gassen — hvilket er een Grund mere til at foretrække Aluminium!

Enhver Husmoder, som staar overfor at skulle købe Køkkenudstyr, bør derfor først se paa Kasseroller, Gryder, Kander o. s. v. af Aluminium. Det findes i meget stort Udvalg, ogsaa til elektrisk Køkken. Forlang Kløverblad Aluminium hos Deres Forhandler.

DET HVIDE KØKKEN

KLØVERBLAD ALUMINIUM

Dansk Aluminium Industri A/S - Engelsvej 32 - København S.

Annonce i Middelfart Venstreblad 1935. Dansk Aluminium Industri blev grundlagt i 1928 som en udløber af Dansk Staalbeholderfabrik. På den lange bane blev aluminiumgryder i høj grad udkonkurreret af gryder i rustfrit stål.

Aluminiums udbredelse i køkkenet er bare et eksempel på de mange nye steder, aluminium blev taget i brug. Det erstattede også træ som skelet i de store luftskibe, ligesom der efterhånden blev bygget fly af metallet. Det tyske fly Junkers F13, produceret fra 1919 til 1932, blev bygget af legeringen duraluminium, der er hårdere end rent aluminium. Denne første hårdføre aluminiumlegering tog tyskeren Alfred Wilm patent på i 1909, og den blev afgørende for metallets brugbarhed til mange forskellige formål.



I 1915 nødlandede det tyske luftskib L3 på Fanø. For at beskytte datidens højteknologi skød besætningen luftskibet i brand efter landingen. Denne rest er bevaret på DTU. Diagonalerne er af rent aluminium, mens resten er af en stærkere legering af aluminium, kobber og zink.

I mellemkrigstiden blev aluminium også brugt til beholdere som mælkejungere og andet mejeriudstyr, til forskellige former for emballage, i transportmidler som biler, sporvogne og skibe, og i arkitekturen til fx vindueskarme. Også broer begyndte man så småt at overveje at bygge i aluminium. I forbindelse med byggeriet af en ny Knippelsbro, der blev indviet i 1937, var der kommet et tilbud på at bygge den i aluminium, så vægten af den bærende konstruktion i klapperne kunne reduceres til 1/3. Man valgte dog et andet projekt, og da en aluminiumbro blev indviet over en å i Løgumkloster i 2005, omtalte man den som Danmarks første bro af materialet. Et af problemerne ved at bygge broer af aluminium frem for stål er, at aluminiums stivhed er væsentlig mindre.

For nogle af anvendelserne af aluminium var det centrale materialets kemiske egenskaber: at det ikke er giftigt og ikke går i forbindelse med fx salpetersyre. Ved andre anvendelser var det lethed, der var det afgørende. Den betød bl.a., at brug af aluminium i transportmidler kunne sænke brændstofforbruget. Hvert kilo, der blev sparet, gav større fart eller mindre kraftforbrug, som det blev sagt i et radioforedrag holdt af Niels Lichtenberg fra Industrirådet i 1938.



Lurrelle Guild tegnede dette bud på en bus af aluminium og plastik til et "Aluminized America" show i Chicago i 1942. Foto: Detre Library & Archives

I samme foredrag hed det, at Danmark fra et industrielt synspunkt havde en interesse i at aluminium fortsat vandt terræn, selvom vi hverken havde forekomster af bauxit eller masser af billig vandkraft, der gjorde det interessant at placere et smelteværk. Dels gav den øgede brug anledning til en enorm stigning i kryoliteeksporten fra udvindingen i Grønland, dels fremstillede vi mange varer i materialet såsom mælkejunger og jernbanevogne. Her behøvede vi ikke som ved stål at indføre metallet som halvfabrikata i færdige plader og profiler, men kunne nøjes med at importere råblokke. Hos Nordisk Kabel og Traadfabriker (NKT) havde man nemlig et valseværk.

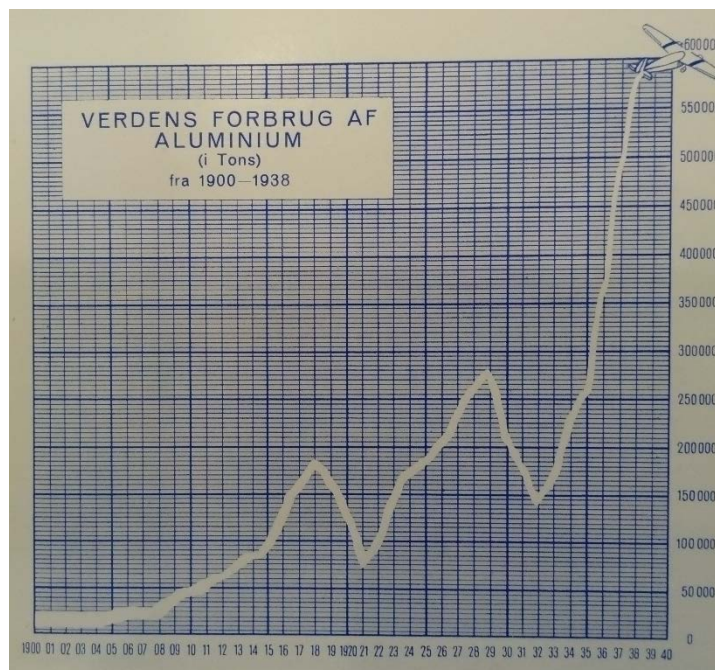


Aluminiumfolie kan have en tykkelse på ned til omkring 6 mikrometer. I Danmark er det bl.a. blevet fremstillet hos NKT, der også fremstillede plader, stænger, rør og profiler.

Før aluminium faldt i pris, blev der brugt tin til folie, så derfor kaldes alufolie stadig nogle gange stanniol. Sølvpapir er også en almindelig betegnelse, selvom materialet er aluminium.

Da Nordisk Aluminium A/S, et salgs- og servicekontor for aluminiumværker i England, Norge, Schweiz og Canada, udgav en folder i 1940'erne, påpegede de, at vi i Danmark brugte mindre aluminium end i andre lande. Kun 1,3 kg. pr. indbygger pr. år. Det var cirka det halve af i Sverige og under 1/5 af forbruget i USA. Budskabet var derfor, at hvis man ville gøre både Danmark og sin egen virksomhed mere konkurrencedygtig, skulle man øge brugen af aluminium. Hvis man spurgte aluminiumindustrien, var de ikke i tvivl. Vi på vej mod en ny tidsalder: de lette metaller.

Udviklingen i verdens forbrug af aluminium. Illustration fra en reklame for Nordisk Aluminium A/S.



Mennesker svømmer i et ocean af materialer

Ifølge den engelske antropolog Tim Ingold svømmer mennesker i et ocean af materialer. Dermed mener han, at vi er en del af en materiel verden, vi ikke bare må opfatte som en neutral baggrund for vores handlinger. Tværtimod skal det materielle opfattes som aktive bestanddele i en verden i konstant forandring.

Ingold mener, at vi ikke bare skal interessere os for ting, men også for materialerne, de er lavet af. Ifølge ham har vi en tendens til at se bygningerne, men ikke pudsen på væggene, og ordene, men ikke blækken, de er skrevet med. Men pudsen og blækken "continue to mingle and react as they have always done, forever threatening the things they comprise with dissolution or even "dematerialization". Plaster can crumble and ink can fade", som Ingold skrev i 2007.

I stedet for at interessere os for ting synes Ingold, at vi – også når vi ikke lige benytter bestemte materialer som håndværker eller gør-det-selv-aktiv – skal interessere os mere for materialernes egenskaber. Ikke forstået i normal kemisk forstand som nogle uforanderlige kendetegn, men som historier med fokus på, hvad materialerne gør i verden. Som han skriver i en tekst fra 2012: "To understand materials is to be able to tell their histories – of what they do and what happens to them when treated in particular ways."

Ikke-menneskelige aktører i den antropocæne tidsalder

Nogle forskere kalder vores tid for den antropocæne tidsalder, altså menneskets tidsalder, fordi menneskets påvirkning af kloden er blevet så massiv. Andre forskere er kritiske over for det begreb, fordi det sætter mennesket i centrum og glemmer, at vi ikke er alene på kloden. De kalder nogle gange materialer for ikke-menneskelige eller non-humane aktører for at understrege, at vi mennesker ikke er de eneste, der "gør" noget i verden.

Blandt kritikerne er posthumanisterne, der giver det ikke-menneskelige en central placering som historiske aktører. Du kan læse mere om posthumanisme i tekstboksen på s. 25.



Øvelse: Enig med Ingold?

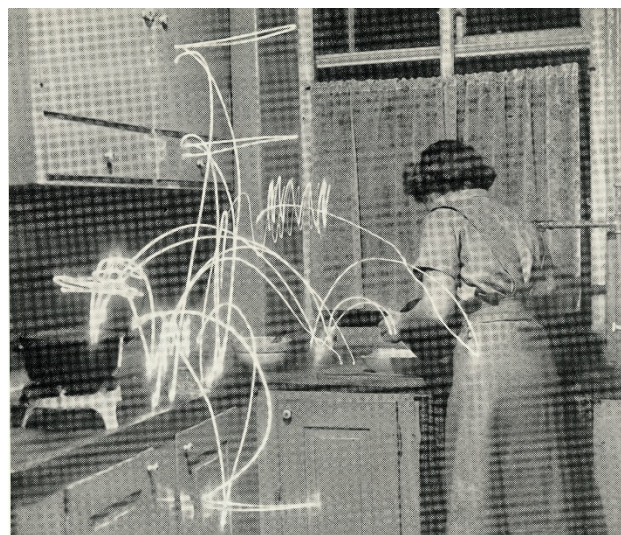
Tænk på aluminium og prøv at beskrive materialets egenskaber. Både på traditionel vis og på den måde, Ingold anbefaler, altså som historier om, hvad aluminium gør, og hvad der sker med materialet, når det bliver behandlet på bestemte måder. Er du enig i, at aluminium "gør" noget? Og i givet fald hvad? Har Ingold ret i, at vi svømmer i materialer, og hvad mener han egentlig med det? Og adskiller den antropocæne tidsalder sig på det punkt fra tidligere tider?

Konserver på menuen

Efter 2. verdenskrig blev aluminium i højere og højere grad brugt til emballage. Det gav sig bl.a. udslag i et forskningsprojekt på Danmarks Tekniske Højskole (DTH), som DTU hed dengang. Projektet skulle undersøge aluminiumdåsers anvendelighed til konserver. Konkret lagde man forskellige slags frugt-, grønt-, kød- og fiskekonserver i dåser af behandlet og ubehandlet aluminium. Derefter blev indholdet samt dåsernes korrosion undersøgt med passende mellemrum. Forsøgene foregik på Laboratoriet for Levnedsmiddelkonservering, og her var man klar til at præsentere de første resultater i 1946. På laboratoriet gik man også straks i gang med at rådgive konserverfabrikkerne om, hvilke produkter der med fordel kunne pakkes i aluminiumdåser, og hvilke krav der skulle stilles til dåserne.

I forbindelse med forsøgene afprøvede man en metode til at måle små mængder aluminium i konserver, og senere undersøgte laboratoriet også aluminiumposers egnethed som emballage for tørmælk i stedet for poser af cellofan. I begyndelsen af 1950'erne lavede laboratoriet også et forsøg, hvor de pakkede ærter og gulerødder i en ny type aluminiumemballage. Forsøgene er eksempler på, at nye materialer og nye anvendelser kræver opbygning af ny viden.

Hele dette fokus på konserver og oprettelsen af en slags miniature-konserverfabrik på laboratoriet, hang sammen med, at man fra politisk hold håbede på en blomstrende konservereksport efter krigen. Det var altså også et eksempel på, hvordan prioriteringen af bestemte forskningsområder hænger sammen med samfundets udvikling mere generelt. Målet var at bedrive videnskab, som kunne få praktisk betydning og komme konserverindustrien direkte til gode. Først og fremmest skulle Laboratoriet for Levnedsmiddelkonservering medvirke til at bevare og befæste industriens stilling på verdensmarkedet. Man mente dog samtidig, at forskningen også kom de hjemlige forbrugere til gode, for der blev brugt millioner af dåser om året.



En husmor i færd med at tilberede skinke med grønrærter og gulerødder med og uden brug af dåsemad. Stregerne viser armens bevægelser og skal vise, at det er tidsbesparende at bruge konserver. Fotografierne er fra en betænkning fra 1954.

Øl i aluminiumdåser

Når vi bruger et materiale som aluminium, er det et valg mellem forskellige alternativer. Øl kan fx opbevares i glasflasker, eller vi kan hælde øllen i dåser af stål eller aluminium. Alle materialer har konkurrenter. I Danmark sendte Faxe de første øldåser på markedet i 1970. Senere blev plastik også en konkurrent til glasflaskerne.

Der er fordele og ulemper ved de forskellige materialer, og i 1994 satte Miljøstyrelsen fokus på de miljømæssige konsekvenser af valget mellem forskellige emballager til øl. Konkret sammenlignede man glasflasker (engangsflasker og genopfyldelige flasker), aluminiumdåser og ståldåser. I en rapport om læskedrikke kiggede man også på plastikflasker fremstillet af polyethylenterephthalat (PET).

På det tidspunkt havde Danmark et velfungerende retursystem, så over 98% af de tomme glasflasker til øl og læskedrikke blev returneret og genanvendt. I gennemsnit blev en flaske faktisk genopfyldt mere end 33 gange. Men vi havde været stillet for EF-domstolen, fordi vi siden 1981 havde haft forbud mod øl og læskedrikke i metaldåser. Det forbud blev nemlig opfattet som en teknisk handelshindring, der var sat i verden for at hjælpe bryggeriet Carlsberg og ikke bare som en regel, der skulle forhindre et affaldsproblem i naturen.

Danmark vandt den første sag ved EF-domstolen, men dermed var den såkaldte dåsekrig langt fra slut. I 1999 anlagde domstolen på ny sag imod Danmark. Den sag faldt der aldrig dom i, fordi en ny regering i 2002 valgte at tillade dåser og indføre dåsepant.

I dåsekrigen var vurderingen af de miljømæssige konsekvenser vigtige for, hvilket valg af emballage der blev anset for at være bedst. Men hvordan finder man ud af, hvad der er mest miljørigtigt? En måde er at bruge livscyklusvurderinger, og i dåsekrigen blev sådanne vurderinger, hvor man forsøger at beregne et produkts miljøaftryk fra vugge til grav, brugt som våben i diskussionerne.

Metoden var dog endnu ret ny, og resultaterne omdiskuterede. Da Miljøstyrelsen udgav en rapport i 1996 blev den stærkt kritiseret af metalindustriens europæiske interesseorganisation. Metalindustrien var ikke overraskende meget utilfreds med det danske forbud mod dåseøl og havde en interesse i at pege på metodiske mangler i rapporten. En ny og forbedret rapport udkom derfor i 1998.

Den nye rapport var udarbejdet af folk fra Chalmers Industriteknik i Sverige og fra Institut for produktudvikling på DTU, hvor man netop i årene forinden havde arbejdet meget med metodeudvikling af livscyklusvurderinger i det såkaldte UMIP-projekt. UMIP står for "udvikling af miljøvenlige industriprodukter". Rapporten baserede sig på UMIP-metoden, og konklusionen var, at elforbruget var betydeligt lavere ved brug af retur-glasflasker end ved brug af aluminiumdåser. Når det gjaldt andre negative miljøkonsekvenser som drivhuseffekt, fotokemisk ozondannelse, forsuring og nærings saltbelastning, var der ikke væsentlige forskelle.



*Faxe udløste uden at vide det startskuddet til en længere dåsekrig, da de sendte øldåser på markedet i 1970.
Foto: Royal Unibrew A/S*

Dåseåbning – et kompliceret teknisk problem med mange løsninger

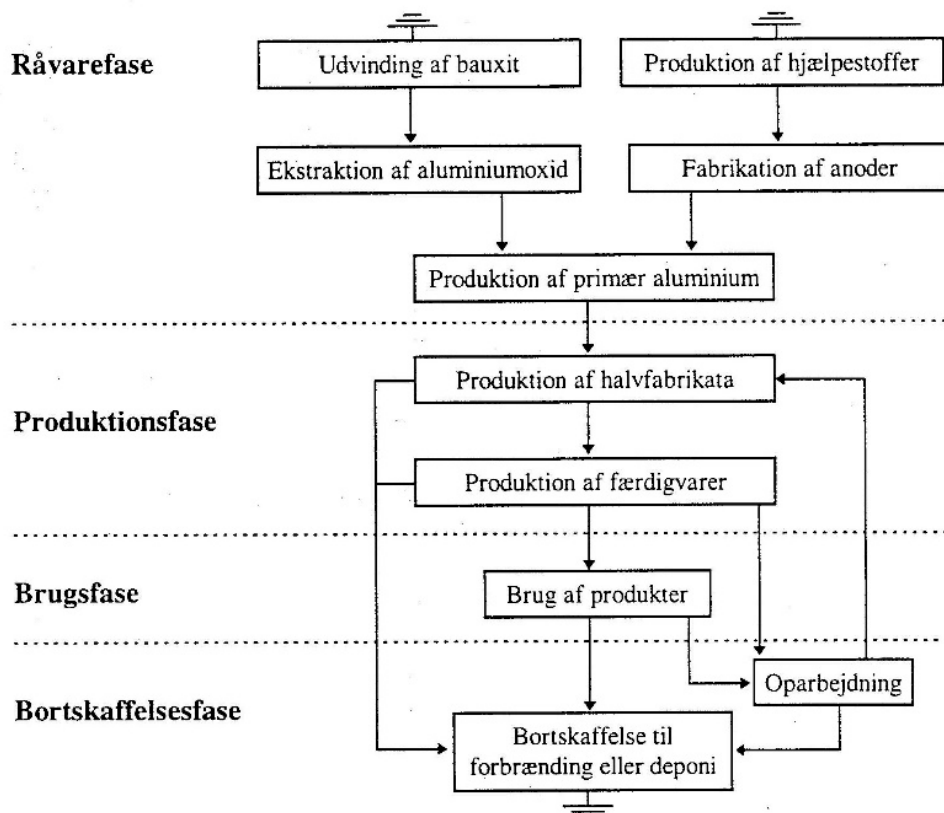
De første aluminiumdåser med øl skulle åbnes med en dåseåbner. Det var besværligt, så amerikaneren Ermal Fraze opfandt den såkaldte "pull-tab". Det er den anordning i låget, hvor du river i en ring for at åbne dåsen, så du kan drikke din øl eller cola. Det kan lyde simpelt, men det var faktisk en stor teknisk udfordring, der bl.a. stillede store krav til de tolerancer, man arbejdede med i produktionen.

Løsningens popularitet førte dog et affaldsproblem med sig. I stedet blev "push-tabs" opfundet. Den løsning var dog heller ikke ideel, da man risikerede at rive sin finger på den skarpe kant. Så i dag bruger vi den såkaldte "stay-tab", en løsning Daniel F. Cudzik søgte patent på i 1975. Alt i alt har mange forskellige opfindere gennem årene arbejdet med løsninger på problemet med at åbne dåser, og mange har taget patent på deres idé.



Konservedåsen blev i øvrigt opfundet længe før dåseåbneren, men man må sige, at den gjorde dåsen noget nemmere at bruge.

I dag bruger vi dåser af aluminium til nogle ting og dåser af stål til andre. Men heldigvis ikke længere dåser med bly. Da en ekspedition i 1845 drog fra England til Arktis for at udforske Nordvestpassagen kom ingen af deltagerne hjem igen. Blandt dødsårsagerne var blyforgiftning fra dåsemaden, de havde med. Det kan være farligt at vælge det forkerte materiale!



I 1999 undersøgte Miljøstyrelsen aluminiums miljøbelastninger i et livscyklusperspektiv med udgangspunkt i denne model. Formålet med rapporten var at beskrive, hvad de kaldte det økologiske råderum for brug af aluminium. Det blev defineret som den mængde naturressourcer, der kunne bruges pr. år, uden at forhindre fremtidige generationer adgang til samme mængde og kvalitet. Når det gjaldt brugsfasen så man nærmere på tre eksempler: aluminiumbakker til madudbringning, aluminium i biler og aluminium i vejskilte.

Man skulle tro, at diskussionen om dåser kontra glasflasker sluttede med indførelsen af dåsepant i 2002. Det var dog ikke helt tilfældet. Institut for Miljøvurdering, med politologen Bjørn Lomborg som direktør, udgav nemlig den såkaldte dåserapport. Heri regnede man sig frem til, at der var penge at spare penge ved at undlade at indsamle dåserne og i stedet brænde dem sammen med andet affald i forbrændingsanlæggene. Det gjaldt, selvom aluminium ikke kan brænde, men smelter og giver problemer i ovnene, hvor det sætter sig fast på indersiden og må fjernes som slagge.

Rapporten blev kritiseret for at være fejlbehæftet og fik ikke politisk gennemslagskraft. Bjørn Lomborg var på det tidspunkt omdiskuteret, fordi han fandt de miljø- og klimamæssige bekymringer overdrevne og med økonomiske argumenter talte imod miljøtiltag. Han og instituttet havde en økonomisk baseret cost-benefit-tilgang til miljødebatten, og en af instituttets første rapporter havde netop titlen "Miljøets pris".



Øvelse: Livscyklusvurdering

Vælg et produkt som fx et fjernsyn eller en æggebakke og begynd på en liste over, hvad man skulle inddrage, hvis man ville vurdere produktets miljøaftryk fra vugge til grav, altså fra materialeudvinding til bortskaffelse. Er det let at finde ud af, om en æggebakke af plastik er mere miljøvenlig end en æggebakke af støbepap? Eller om en aluminiumdåse er mere miljørigtig end en glasflaske – og hvordan hænger det i øvrigt sammen med den historiske udvikling af indsamlings- og pantsystemer? (inddrag gerne tekstboksen på s. 22) Ændrer miljøaftrykket sig kort sagt historisk og hvorfor?

Husk at indtænke ting som energiforbrug (til bl.a. produktion og transport), forurening og genanvendelighed. Som inspiration kan du se på historiske eksempler som debatten om stofposer kontra plastikposer i foråret 2018.

Kompleks videnskab

Sammenligningen af emballager til øl byggede på livscyklusvurderinger, hvor man vurderede og sammenlignede forskellige løsnings miljøaftryk. I begyndelsen af 1990'erne var det en metode under udvikling. Der indgår nemlig rigtig mange faktorer, når man vil finde ud af, om en flaske af glas eller en dåse af aluminium er bedst for miljøet. Det er fx afgørende, om man regner med, at der bruges primær aluminium eller sekundær aluminium (genbrug) til fremstillingen af en dåse, og i hvor høj grad man forventer, at forbrugere vil returnere dåserne efter brug.

Den slags komplekse beregninger, der indeholder et stort element af vurdering, har videnskabsfilosofferne Silvio Oscar Funtowicz og Jerome Ravetz kaldt for post-normal videnskab. Det er videnskab, hvor fakta er usikre, værdierne til diskussion og meget er på spil, samtidig med at beslutningerne haster.



Øvelse: Forskning og politik

Livscyklusvurderinger er i dag en veludviklet metode, der bl.a. bruges som grundlag for miljøcertificeringer som Svanemærket. Men resultaterne afhænger selvfølgelig stadig af, hvad man opstiller som forudsætninger for sine beregninger. Diskutér hvad politikere, virksomhedsledere og forbrugere skal være opmærksomme på, når de bruger livscyklusvurderinger som grundlag for beslutninger. Overvej også, hvordan livscyklusvurderinger hænger sammen med udviklingen inden for computerkraft. Kunne vi have lavet samme typer analyser for 50 år siden? Hvorfor/hvorfor ikke?



Teknologier i samspil

Et velfungerende flaske- og dåseindsamlingsystem kræver teknologi. Afleverer du i dag din tomme flaske eller dåse til genbrug, er der stor sandsynlighed for, at du benytter en automat fra det norske firma Tomra. De er nemlig ledende på verdensmarkedet inden for pantautomater. Firmaet blev grundlagt i 1972 som de første, der brugte højteknologiske løsninger som optisk genkendelse, mikroprocessorer og laserteknologi i flaskeindsamlingen.

Pantsystemet kan man analysere som et stort teknologisk system. Det består ikke kun af teknik som Tomras maskiner, men også af forskellige aktører som supermarkederne, der opsætter pantautomater, og hjemløse, der samler flasker fra skraldespande o.l., og det består af værdier og politik. I den forbindelse er det værd at tænke over, at det danske pantsystem er et barn af 2. verdenskrig. Det blev indført i 1942, fordi krigen havde medført mangel på glasflasker.

Tomra markedsførte sig i begyndelsen som en højteknologisk virksomhed, men fra slutningen af 1980'erne opbyggede virksomheden et grønt image. I begyndelsen havde ejerne ikke vurderet, at miljømæssige argumenter kunne bruges i markedsføringen af deres maskine. Det ændrede sig i løbet af 1980'erne, hvor bekymringer for miljøet havde fået mere vind i sejlene. Det blev dermed vigtigt for Tomra, at deres maskiner blev opfattet som grønne, dvs. som noget, der bidrog til at beskytte miljøet.

Deres maskiner blev dermed en nøgleteknologi i almindelige menneskers miljøvenlige adfærd i hverdagen. Som teknologihistorikeren Finn Arne Jørgensen, der har undersøgt Tomras historie, skriver, så blev pantautomaterne et obligatorisk passagepunkt, som aluminiumdåser må passere for at blive grønne og blive opfattet som noget rent og ikke længere farligt. Som affald er dåserne "matter out of place", men når de er sendt gennem maskinen, opfattes de ikke længere som et (miljø)problem.

Man gætter på, at det tager ca. 500 år for naturen selv at nedbryde en aluminiumdåse.



Aluminium overalt

Som nævnt var der masser af ideer til, hvad man kunne bruge det nye materiale aluminium til allerede i 1850'erne – fra kirkeklokker over gryder og kunstige tænder til beskyttelse i krig. Men i praksis var brugen noget, der blev opfundet hen ad vejen. I begyndelsen lagde den høje pris en dæmper på sagen, og selv efter at prisen var faldet, havde de første aluminiumfabrikker ikke nødvendigvis let ved at komme af med deres varer. Derfor gik de aktivt ind i at promovere forskellige former for brug som fx køkkentøj af aluminium. I dag er listen over anvendelser af aluminium uendelig lang. Fra Trangia-sæt over stiger og stilladser til fly, designermøbler, højtalere, dørklader og ovenlysvinduer.

Aluminiumdesign

B&O begyndte at bruge aluminium i 1960'erne til transistorradioer, og siden blev aluminiumoverflader en integreret del af B&O's design.

På fabrikken i Struer har man et anodiseringsanlæg, hvor materialet overfladebehandles. Der bliver der også eksperimenteret med nye måder at behandle og farve aluminium på i samarbejde med både designere og materialeforskere.



Aluminium er ofte blevet omtalt og markedsført som moderne eller som fremtidens materiale, gerne i kombination med andre nyere materialer. I 1962 blev der fx annonceret for moderne markiser i festlige farver til butikker, kontorer og villaer i de moderne materialer glasfiber, plastik og aluminium. Og i 1968 kunne man i avisen Information læse en artikel med titlen "Aluminium – fremtidens skibsmateriale?" Heri blev der diskuteret fordele og ulemper ved at bygge skibe i aluminium frem for stål. Det kunne bringe skrogets vægt ned på kun 1/3, hvilket ville betyde, at man kunne forøge lasten, ligesom det havde fordele i forhold til fart, maskinkraft og sparet brændstof. Når man transporterede fisk og fiskeolie var der også den fordel, at aluminium besad "en række bakteriefjendelige egenskaber". Og så havde det vist sig, at maling holdt længere på et aluminium-underlag end på stål. Den store ulempe var dog stadig prisen, for aluminium kostede tre gange så meget som stål.

I 1989 var der sket et skifte, for nu blev aluminium fx i Sjællandske Tidende omtalt som noget af det gamle, der måske var på vej til at blive erstattet af andre materialer. Nu hed det sig, at den tid, hvor en bil var lavet af stål og en flyvemaskine af aluminium, var ved at være forbi. De gamle materialer blev afløst af nye avancerede materialer som plast, keramik og metallegeringer. Notitsen havde overskriften "Fremtidens materiale" og var skrevet i anledning af, at forskningscenter Risø holdt en konference, hvor forskere fra hele verden skulle udveksle de nyeste erfaringer om fremtidens specialdesignede materialer til fly, skibe, biler og batterier. Derefter skulle de diskutere materialeforskningens rolle i samfundet med politikere og erhvervsfolk.

Aluminium blev dog ikke opfattet som mere umoderne, end at materialet, da IC3-toget kom på skinnerne i 1990, blev fremhævet som grunden til at toget havde en lav vægt og dermed et lavt energiforbrug. Faktisk vejede et helt togsæt med tre vogne fyldt med passagerer ikke mere end et almindeligt lokomotiv.



IC3 tog. Foto: Matthew Ross

Men generelt var modernitet og fremtid ikke længere dominerende begreber, der nærmest pr. automatik blev knyttet til aluminium. I bogen "101 danske designikoner" fra 2014 stod der om Ice-stolen med aluminiumstel og plastiksæde, en stabelstol produceret af Fritz Hansen til brug inde og ude på caféer, i kantiner osv., at den udfordrede de traditionelle kunder. Det skyldtes, at "selv om danskerne i mange henseender havde vænnet sig til brugen af både aluminium og plastic i husholdningen, var de to materialer stadig belastet af et ry som uædle, billige erstatningsmaterialer inden for møbeldesign".

Udviklingen af aluminium – en fortsat historie

Forskningen i materialer har stor betydning for samfundets udvikling, og mange forskere arbejder hele tiden med at designe materialer med særlige egenskaber optimeret til en helt bestemt brug.

På DTU sidder der fx en forskningsgruppe, der i årtier har forsket i aluminiums korrosion, design af overfladen og materialets mikrostruktur, der bl.a. har betydning i forhold til genbrug.

Forskningen er ofte foregået i projekter i tæt samarbejde med private virksomheder som Hydro Aluminium, B&O, Terma, Airbus, Jaguar osv., der har brug for materialer med ganske bestemte egenskaber til deres produkter. Et projekt er gået ud på at udvikle hvidt aluminium i samarbejde med B&O. Et andet projekt handler om at optimere en anodiseret aluminiumlegering til brug i benproteser o.l. Her har det fx betydning, hvor stor belastning materialet kan tage, og hvor let det mister sin pæne overflade og bliver ridset.

Aluminium bruges i øvrigt i dag også i helt andre sammenhænge. Hos DTU Aqua tilfører man aluminiumsalte til søer, der har fosfor ophobet i søbunden. Fosforen siver langsomt op fra bunden, så alger kan blive ved med at gro og give uklart vand i flere årtier, selvom tilførslen af fosfor og kvælstof er mindsket. For at undgå det, kan man tilføre aluminiumsalte. De binder sig til fosforen i søbunden og vandet og giver dermed mindre næring til algerne vækst.



Søen ved Frederiksborg Slot er blandt dem, der er blevet tilført aluminiumsalte for at forhindre algevækst og dermed uklart vand. Foto: Ib Rasmussen

Aluminium – en aktiv rejsekammerat

I skolen lærer vi, at aluminium er et grundstof med nr. 13 i det periodiske system. Dermed kommer vi nemt til at tænke på det som et lille neutralt stykke natur skabt en gang for alle. Men det er forkert, hvis vi spørger fysikeren Karen Barad. For hende er et stof som aluminium ikke bare en neutral ting, som vi giver betydning gennem vores handlinger. Stof er for hende noget, der sker, ikke bare noget, der er. Aluminium er altså en aktør, der aktivt er med til at forme livet i det moderne samfund.

Barad er en af dem, der har været med til at udvikle den såkaldte nye materialisme, hvor mennesket ikke opfattes som noget særligt, men som noget, der er i verden sammen med mange andre aktører. Som en anden forsker, historikeren Timothy LeCain, skriver, så er vi altid et "vi". Hermed mener han, at mennesket aldrig er alene, men altid sammen med vores mange fælles rejsekammerater fra bakterierne i vores tarme til det kvæg, silkeorme og kobber, han selv har studeret. Historiske fænomener som kvægvavl, silkeproduktion, kobberminer og elektrificering skal forstås som ting skabt af den materielle verden som helhed, ikke bare som et resultat af mennesker og deres kreative tænkning, mener LeCain. Som han skriver i en bog fra 2007: "Matter makes us as much as we make it".

Nogle kalder folk som Barad og LeCain for posthumanister. Uanset hvad man kalder deres måde at opfatte verden på, er det en pointe, at de vil undgå såkaldt antropocentrisme, der sætter mennesket i centrum. For historikere betyder det, at vi skal gøre non-humane organismer og ting mere centrale i vores fortællinger i stedet for kun at interessere os for menneskers handlinger. Ifølge LeCain lever vi nemlig ikke "in an Age of Humans, but rather an age of coal and steel, of oil, an age of cows and silkworms, cotton and copper, an age of corn and rice: we live in an age of sulphur, of arsenic and asbestos, an age of diethylstilbestrol and bisphenols; we live in an age of hard concretes and soft plastics and sharp, shiny aluminium, and an age of bright electric lights that erase the infinite stars from our eyes".

Begrebet posthumanisme kan i øvrigt være lidt forvirrende, fordi det også nogle gange bruges om transhumanister, der vil forbedre menneskers evner ved hjælp af teknologi.



Øvelse: Natur, kultur eller?

Følger man posthumanister som Barad og LeCain giver det ikke mening at skelne skarpt mellem natur og kultur (forstået som det menneskeskabte). Prøv at gå en tur i den nærmeste skov og fotografer tegn på menneskets samspil med aktører som træer, jord, dyr og vand. Synes du, det giver mening at opfatte skoven som et stykke (uberørt) natur? Hvorfor/hvorfor ikke? Og kan du finde eksempler på, hvad skoven "gør"? Og hvad med aluminium – er det natur, kultur eller?

Aluminium – globalt og i Danmark

Hvem tjener på aluminiumindustrien? Desværre er det i mindre grad de ofte ret fattige lande, hvor der udvindes bauxit. De fleste penge tjenes, hvor råmaterialet bearbejdes.

I dag har et firma som Hydro, der opererer globalt inden for aluminiumindustrien i hele værdikæden fra udvinding af bauxit til ekstrudering, underskrevet en "Modern Slavery Transparency Statement". Det siger lidt om, at arbejdsforholdene i dele af aluminiumindustrien ikke er alt for rosenrøde.

I Danmark fremstiller Hydro aluminiumprofiler i Tønder. Et såkaldt ekstruderingsanlæg blev etableret i 1975, og i 1990 begynde man også at fremstille aluminiumrør. Blandt kunderne er både danske virksomheder som B&O og udenlandske virksomheder som Volkswagen, der har købt aluminium til brug i kølere på biler. Disse eksempler er blot to blandt de mange, der blev omtalt i et katalog fra fabrikken i Tønder fra 1981. I kataloget handlede det også om brugen af aluminium fra fabrikken til bl.a. lamper, butiksinventar, badekabiner, kontormøbler, vejskilte, postkasser, ketchere, solafskærmning, drivhuse, vindmøller, solarier og lastvogne.

Vil du have et hurtigt indblik i, hvilke firmaer der aktuelt arbejder med aluminium i Danmark, kan du tjekke medlemslisten hos brancheorganisationen Aluminium Danmark. Måske ligger der en virksomhed i nærheden, I kan besøge.

Sort eller grøn?

Er aluminium et sort eller grønt materiale? Der er ingen tvivl om, at aluminiumfabrikation er en stor miljøsynder, der sviner og forbruger enorme mængder energi. Derfor er der også aktivister, der har forsøgt at forhindre opførelsen af nye aluminiumværker, fx på Island.

I sin bog om aluminium beskriver sociologen Mimi Sheller både den kamp og de omfattende ødelæggelser, som aluminiumindustrien har ført med sig rundt i verden for naturen og for lokale befolkninger, især i fattige lande. Men hun beskriver også, hvordan selv en anti-aluminiumindustri protestlejr er fuld af aluminium i vinduesrammerne og panelerne på konferencehotellet, i det praktiske letvægtskøgegrej, som maden tilberedes i, i teltlejrens stænger og pløkke, i kamerastativerne og i de fly, biler og cykler, der gjorde det muligt for aktivisterne at nå frem til Island for at demonstrere. Det får hende til at stille spørgsmål som:

- Hvor nemt vil det være at fravænne os det alsidige mirakelmateriale, der på så mange måder understøtter vores moderne liv? Måske er vi nødt til at anerkende vores egen afhængighed af aluminium, før vi prøver at overbevise andre om at afvise det.
- Hvordan ved vi, at protester mod smelteværker et sted som Island ikke bare flytter industrien til fattigere og mindre ressourcestærke steder på kloden? Aluminium er ofte blevet fremstillet i fattige lande.

- Og hvad med industrien egne påstande om, at de promoverer genbrug, vedvarende energi og bæredygtige praksisser? Aluminium bruges jo fx til at gøre transportmidler lettere, så udledningen af CO₂ mindskes.

Aluminium – primær og sekundær

Aluminium kan smeltes og genbruges et utal af gange. Derfor taler man om primær og sekundær aluminium, hvor primær aluminium er nyproduceret og sekundær det genbrugte. Ifølge aluminiumindustrien er 75% af al den aluminium, der nogensinde er produceret, stadig i brug.

Man bruger kun ca. 5% af den energi, det kræver at fremstille aluminium, til at omsmelte gamle aluminiumprodukter til sekundær aluminium lige klar til brug. Aluminium, der ender i affaldsforbrændingsanlæg, forårsager derimod som nævnt problemer i ovnene, der må renses for smeltet aluminium med mellemrum.



Øvelse: Bæredygtig aluminium?

Gå ind på en hjemmeside fra aluminiumindustrien, fx <https://www.hydro.com/da-DK/>, og undersøg, hvad de skriver om bæredygtighed, miljø og klima. Hvad gør selskaberne for at blive mere grønne? Hvorfor tror I, de gør så meget ud af emnet? Gør deres indsats en forskel for klimaet og miljøet?

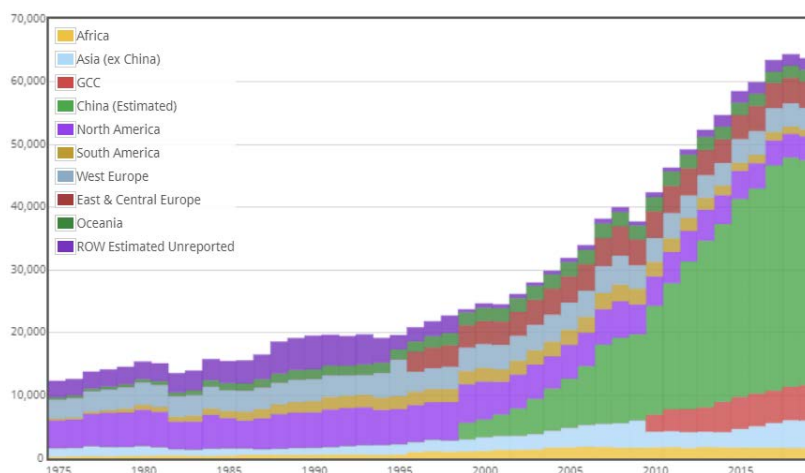


Ovnene hos Vestforbrænding er et af de steder, hvor aluminium skaber problemer. De må derfor stoppes og renses engang imellem for slagge.

Aluminium – en fortsat historie

Konklusionen på denne historie om aluminium er, at aluminium ikke bare er aluminium. Måske burde vi faktisk begynde at tale om metallet i flertal? Det er i hvert fald kun i streng kemisk forstand, at man kan tale om aluminium i ental som et grundstof med nogle helt specifikke egenskaber. Der er langt fra H.C. Ørsteds klump af urent aluminium til de specialdesignede legeringer, der udvikles i dag til forskellige formål. Der er langt fra et syn på aluminium som fremtidens materiale til en opfattelse af aluminium som en billig erstatning og miljøproblem. Og der er langt fra at kunne købe et lille smykke af materialet til den intensive brug, vi kender i dag. Kort sagt: aluminium har en historie, og den historie er vigtig, hvis vi vil forstå vores nutid. I øjeblikket fremstilles der over 60.000.000 ton primær aluminium om året, heraf mere end halvdelen i Kina. Det er omkring fem gange så meget som i midten af 1970'erne. Så man kan med posthumanisterne sige, at aluminium har været en rejsekammerat med vokseværk. En rejsekammerat, der har ændret vores samfund på mange måder.

Total for 1975 to 2019: 1,302,081 thousand metric tonnes of aluminium



Tal fra hjemmesiden www.world-aluminium.org. Find selv flere tal.

Hvad er det vigtigste at vide om materialer og materialehistorie?

- Prisen er en afgørende faktor for, hvilke materialer vi anvender.
- Et materiales egenskaber og historie handler om meget andet end kemi.
- Materialer er noget, vi konstant udvikler.
- Det er ikke altid enkelt at afgøre, hvad der miljømæssigt er det bedste materialevalg.
- Materialer kan opfattes som ikke-menneskelige aktører, der gør en forskel i forhold til, hvad der ellers ville være sket.



Øvelse: Vælg det rigtige materiale

I faget Teknologi på htx arbejder I med produktudvikling, herunder materialevalg og vurdering af forskellige materials miljøpåvirkning. Har I eller nogle af jeres kammerater overvejet at bruge aluminium i et af de produkter, I har arbejde med. Hvorfor/hvorfor ikke?



Vil du vide mere?

Vil I vide mere om aluminiums historie, er her tre gode tekster at begynde med:

Kragh, H. (2018). Aluminium var luksusvare på linje med guld - nu bruges det overalt.
ForskerZonen: <https://videnskab.dk/teknologi-innovation/aluminium-var-luksusvare-paa-linje-med-guld-nu-bruges-det-overalt>

Ramskov, J. (2019, september 19). Aluminiumalderen begyndte med Ørsted. *Ingeniøren*.
<https://ing.dk/artikel/aluminiumalderen-begyndte-med-orsted-228727>

Sheller, M. (2014). *Aluminum Dreams. The Making of Light Modernity*. Boston: MIT Press.

Vil I lave kemiforsøg med aluminium, er der inspiration at hente i Torben Birks artikel i *Dansk Kemi* nr. 10 2014. Den kan findes her: www.kemifokus.dk/demonstrationsforsoeg-aluminium

Vil I arbejde med forskellige tilgange til teknologihistorie, kan der hentes inspiration i Louise Karlskov Skyggebjergs undervisningsmateriale: Tilgange til teknologihistorie. *Nyt fra Teknologihistorie DTU* 2019:1. www.historie.dtu.dk/formidling/skolemateriale/teknologihistorie

Er I interesserede i at læse mere om posthumanisme og den måde at skrive historie på, kan Timothy LeCains bog *The Matter of History* anbefales (Cambridge University Press 2017). Den handler især om kobber, langhornskvæg og silkeorme.

Ordforklaringer

Aktør: En aktør er noget, der gør en forskel i forhold til, hvad der ellers ville være sket. Det kan være mennesker, men det kan også være ting. Designet af en bænk kan gøre, at hjemløse ikke kan sove på den. En smartphone kan gøre, at jeg altid er nem at få fat på. En sikkerhedsselealarm kan gøre, at jeg i højere grad overholder færdselsloven. I aktør-netværk teori taler man ofte om aktanter i stedet for aktører. Det betyder dybest set det samme. Du kan læse mere om ANT i undervisningsmaterialet *Tilgange til teknologihistorie* (se litteraturanbefalingerne).

Anodisering: Ved elektrokemisk overfladebehandling, også kaldet anodisering, kan man forøge det naturligt dannede oxidlag på et materiale som aluminium. Ved anodisering kan man bl.a. øge korrosionsbestandigheden, gøre overfladen hårdere og dermed øge modstanden mod mekanisk slid samt arbejde med farver.

Antropocæn: Begrebet betyder menneskets tidsalder. Det er foreslået som geologisk betegnelse for de sidste par hundrede år, hvor mennesket påvirkning af kloden har været større end nogensinde før. Så stor, at det påvirker hele måden, kloden fungerer på.

Antropolog: Antropologi er læren om mennesket. Antropologer er interesserede i, hvorfor folk tænker og handler, som de gør. Antropologer tager ofte ud og bor i en længere periode i et samfund forskelligt

fra deres eget for at studere det. Der er dog også antropologer, der undersøger det samfund, de selv er en del af.

Cost-benefit: Ved en cost-benefit analyse stiller man spørgsmålet: Kan det betale sig? Man vurderer omkostningerne op imod de fordele, man opnår. Der er tale om en økonomisk analyse, der vurderer forholdet mellem fordele og ulemper ved et projekt ved at værdisætte disse i målelige og sammenlignelige priser (ordnet.dk).

Ekstrudering: Ved metalekstrudering presser man en metalblok af fx opvarmet aluminium gennem en form, så metallet får præcis den form, man ønsker. På den måde fremstiller man aluminiumprofiler og rør.

Elektrolyse: Ved elektrolyse adskiller man et stof i flere stoffer ved at lede elektricitet gennem det. Normalt er aluminiumatomet bundet til ilt, men den binding kan nedbrydes ved elektrolyse, så man kan producere metallet aluminium.

Internalistisk: Ordet kommer af det latinske ord for det, som er indeni. Det er i teknologien selv, man kan finde svarene. Den er den altoverskyggende hovedperson i internalistisk teknologihistorieskrivning. To vigtige spørgsmål i internalistisk teknologihistorie er: Hvordan virker teknologien? Og hvem opfandt den? Du kan læse mere om internalisme i undervisningsmaterialet *Tilgange til teknologihistorie* (se litteraturanbefalingerne).

Kontekst: En kontekst er den sammenhæng, hvori noget indgår, optræder eller finder sted (ordnet.dk). Den kan fx forstås som de historiske omstændigheder, en ny teknologi bliver skabt under.

Korrosion: Gradvis nedbrydning af et materiale ved en kemisk reaktion med det omgivende miljø. Der er tale om korrosion, når vi siger, at jern ruster, og at kobber, messing og bronze irer.

Kryolit: Kryolit er et mineral, der bruges ved fremstilling af aluminium som katalysator ved elektrolysen. Tidligere var der en stor kryolitmine i Grønland, men i dag bruger man syntetisk, dvs. kunstigt fremstillet, kryolit.



Legering: En legering består af flere grundstoffer, hvoraf mindst et er et metal. Rustfrit stål er et eksempel på en legering. Duraluminium en anden. I praksis findes der et utal af legeringer, og der arbejdes konstant på at udvikle nye. Legeringer er vigtige, fordi man med dem kan designe et materiales egenskaber, fx gøre aluminium stærkere og stål mere eller mindre rustfrit.

Livscyklusvurdering: Ved en livscyklusvurdering prøver man at vurdere et produkts miljøaftryk fra udvindingen af råmaterialer til bortskaffelse. Metoden blev især udviklet i 1990'erne, men grundtanken er væsentlig ældre. Vil du vide mere om metoden, kan du fx besøge www.lca-center.dk.

"Matters out of place": Begrebet stammer fra antropologen Mary Douglas, der studerede, hvad vi opfatter som smuds og snavs. Det var for hende det, der er på det forkerte sted. Det, der ikke er på plads.

Non-human: Betyder bare ikke-menneskelig, så non-humane aktører betyder altså bare ikke-menneskelige ting, der gør en forskel. Se også begrebet aktør.

Obligatorisk passagepunkt: Noget alle skal passere for at nå målet. Begrebet er udviklet som en del af den såkaldte aktør-netværk teori (ANT). Du kan læse mere om ANT i undervisningsmaterialet *Tilgange til teknologihistorie* (se litteraturanbefalingerne).

Opfindelsernes bog: Er et fantastisk opslagsværk, der udkom på dansk fire gange fra 1880'erne til 1920'erne. Heri kan man læse om alverdens teknologi.

Polyethylenterephthalat (PET): PET er et termoplastprodukt i polyesterfamilien. Det er bl.a. kendetegnet ved at være let at genbruge. PET blev opfundet for ca. 80 år siden.

Posthumanisme: Posthumanisterne gør op med vores tendens til at opfatte mennesket som det helt centrale i verden. Man vil ud over den såkaldte antropocentrisme, der sætter mennesket i centrum for alt, der sker. Se mere under transhumanisme.

Sociolog: Sociologi er videnskaben om samfundet. Hvorfor fungerer samfundet og "hænger sammen", som det gør?

Store teknologiske systemer: Amerikaneren Thomas Hughes interesserede sig for elektricitetshistorie og opfandt en særlig tilgang til at undersøge systemer som elforsyning og jernbanenettet. Hans tilgang kaldes på engelsk "Large Technological Systems" og forkortes LTS. Du kan læse mere om LTS i undervisningsmaterialet *Tilgange til teknologihistorie* (se litteraturanbefalingerne).

Tolerancer: Tolerancen er en genstands maksimale, tilladte afvigelse i vægt eller mål fra et fastsat mål eller en given standard (ordnet.dk). Tolerancer er vigtige ved produktionen af alskens ting og sager. Sker der fejl her, er det ofte, at et produkt ikke virker efter hensigten.

Transhumanisme: Transhumanisterne vil forbedre egne og andres kroppe og evner ved hjælp af teknologi, fx ved at indoperere mikrochips eller gøre andre ting ved kroppen. Nogle gange omtales transhumanisme som en form for posthumanisme, men som begreberne bruges i dette undervisningsmateriale, er det altså to ret forskellige ting.

Valseværk: På et valseværk bearbejdes et materiale, fx metal, ved hjælp af valser, så man får plader, folier m.m.