

En kemisk guldalder - elektromagnetismen 200 år

I anledning af 200-året for H.C. Ørstedes opdagelse af elektromagnetismen bringer vi denne artikel om en kemisk guldalder, hvor Ørsted, Bunsen og Zeise krydsede veje i arbejdet med galvaniske elementer, elektromagnetisme, fosfor- og svovlforbindelser og aluminium.

Af Curt Wentrup, School of Chemistry and Molecular Biosciences, The University of Queensland, Brisbane, Australia

Robert Wilhelm Bunsen besøgte København i 1841 som 30-årig, nyligt udnævnt professor i kemi ved Universitetet Marburg. Han var på vej hjem fra Stockholm, hvor han sammen med T.J. Pelouze og J. Reiset fra Paris havde været gæst hos Berzelius. Fra Berzelius fik han anbefalingsbreve til Carl Palmstedt i Gøteborg og H.C. Ørsted i København.

Bunsen besøgte Carl Palmstedt

Den 15. september rejste Bunsen fra Stockholm via Göta-kanalen til Gøteborg, hvor han besøgte Palmstedt [1]. Eftersom han havde glemt sin hydroelektriske stabel (Bunsenbatteri, figur 1) i Stockholm, blev et batteri på tre hydroelektriske stabler hurtigt samlet i Palmstedts laboratorium, og de eksperimenterede med det søndag eftermiddag (26. september) [1].

Bunsen sendte senere (1844) et kul-zink-batteri ("Kohlensäure") med instruktioner til dets sammensætning og benyttelse til Palmstedt [2].

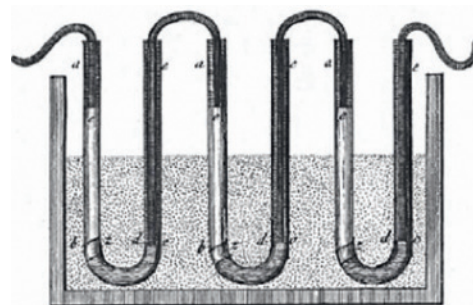
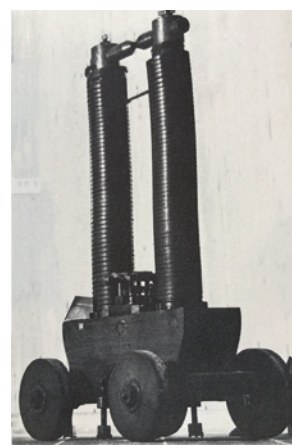
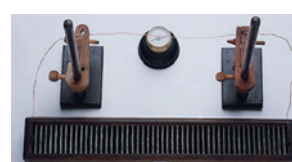
Den 13. januar 1844 bestilte han et batteri på 40 celler for Berzelius til benyttelse af Baron Fabian von Wrede [3]. Von Wrede var interesseret i lysets spektrum og havde publiceret forsøg på en forklaring af lysabsorption ud fra ondulationsteorien, et emne som Ørsted havde beskæftiget sig med og forsøgt at anvende på alle naturkræfter siden 1806 [4].

Bunsen rejser videre til København

Efter Gøteborg rejste Bunsen den 27. september til Helsingborg med hestevogn og derfra til København. Da han havde glemt sit batteri i Stockholm, havde Berzelius skrevet til Ørsted:

"Heders Vän... Bunsen från Marburg har passerat et par veckor här och ämnade, vid afresan härifrån, besöka äfven Dig i Köpenhamn... Han är en ganske utmärkt Vetenskapsman, stöpt i helt andra formar än de som nu blifvit moderna genom

Figur 1. Bunsens kul-Zn batteri. Den keramiske celle **V** indeholder 10% svovlsyre og en cylindrisk amalgameret zinkplade **Z** som anode. En anden keramisk celle **D** indeholder zinkelektroden indeholder salpetersyreopløsning. En rektangulær kubisk kulkatode **C**, fremstillet fra udglødet stenkul og koks [6,14b] står inde i salpetersyren. K viser forbindelsen med katoden.



Figur 2. (a, øverst) Ørstedes Cu-Zn kar-batteri og elektro-magnetisme-demonstration. (b, midten) Ørstedes store elektromagnet (H.C. Ørsted Museum, København). Strømmen kom fra Bunsens kul-zink-elementer [10]. Faraday havde også konstrueret en stor hestesko-elektromagnet [17], som var tilknyttet 10 Grove-celler (Pt, Zn); den blev demonstreret for Ørsted i Faradays laboratorium den 9. november 1846 [18]. Professor Pfaff i Kiel havde også konstrueret en stor elektromagnet, som kunne løfte 900 pund ved hjælp af et Cu-Zn-batteri [19a] og Henry and Ten Eyck [26b] i USA havde beskrevet én, som kunne løfte over 2000 pund. (c, nederst) Ørstedes galvaniske rejse-batteri med Ag og Zn elektroder i svovlsyre; apparatet var pakket i sand for stabilitet.

Liebig's og Dumas's mång- och stor-ordighet. Han er utmärkt eksvärd och ytterst modest. Det er verkligen skada, at han lemnade den af honom upfunna hydroelectriska stapel hos mig, ty Du skulle verkligen hafva med förvåning sett de ovanligt kraftiga och uthållande verkningarna af en liten apparat, som icke optager så mycken rymd, som ett halft ark paper" [5].

Den stabel, Bunsen havde glemt i Stockholm og som Berzelius omtaler i sit brev til Ørsted, er kul-zink-batteriet opfundet af Bunsen, figur 1 [6]. Liebig havde priset Bunsens batteri på lignende måde i et brev til Berzelius 17. maj 1841[7]:

“Bunsen har konstrueret galvaniske søjler med kul og zink, hvis effekt og udholdenhed overgår alt, hvad der er hidindtil kendt; det er fantastisk at se, hvordan 4 par kan holde en 4-tommers platintråd glødende i 24 timer”.

Blandt de hidtil bedste batterier var Groves Pt-Zn batteri og Ørstedes eget Cu-Zn batteri, bestående af et kobbertrug med zinkplader, figur 2a, som kun kunne holde en brugelig strøm i 2-3 timer, men ikke desto mindre blev brugt i Ørstedes berømte eksperiment i 1820, hvori han påviste magnetnålels drejning forårsaget af en platintråds elektriske felt [8].

Udbredt brug af Bunsens batteri

I 1841 havde Ørsted reduceret prisen på et Grove-batteri betydeligt, idet han benyttede en platineret porcelæns cylinder, fremstillet på den Kongelige Porcelænsfabrik, i stedet for Pt metal, [9], men overlegenheden af Bunsens kul-katode var unægtelig, og Ørsted anskaffede sig følgelig et batteri på 50 Bunsen-elementer, som han brugte i sine eksperimenter med en meget stor elektromagnet, figur 2c, hvor han fandt, at et enkelt Bunsen-element gav tilstrækkelig strøm til, at magneten kunne løfte 900 kg [10].

Bunsens batterier blev fremstillet af L.J. Deleuil i Paris efter J. Reisetts entusiastiske anbefaling [11]. Indtil januar 1844 havde han produceret over 5.000 elementer [3]. Deleuil brugte et batteri på 200 Bunsen-elementer til at oplyse en statue på Place de la Concorde med en elektrisk lysbue i 1843 [12]. For den videre fremgang med batterifremstilling og lysbuebelysning, se [13].

I et brev til Palmstedt 20. januar 1844 skrev Bunsen, at denne belysning i Paris var indirekte foranlediget af ham [2]. Han brugte selv 36-40 elementer til at føde en kul-lysbue, som frembragte et lys svarende til 1.000-1.200 stearinlys [10,14], men han tvivlede på, at det ville kunne bruges til gadebelysning. Ikke desto mindre blev mange forslag fremsat, og i slutningen af 1800-tallet var mange såkaldte moonlight towers med kul-lysbuer faktisk i brug til gadebelysning i mange byer. Krafft angiver, at Bunsen selv brugte det til oplysning af Elisabethkirken i Marburg [10,15].

Allerede i sin ungdom havde Ørsted konstrueret et effektfuld galvanisk batteri, figur 2b, som overgik Volta-søjlen, hvori han brugte alternerende Ag- og Zn-elektroder, uden plader, som han tog med sig og demonstrerede på sin første Europatur i 1801-02 [8a,16].

Bunsen møder Scharling og Zeise

I København stiftede Bunsen også bekendtskab med E.M. Scharling (Ørstedes svigersøn), lektor i organisk kemi, og professor W.C. Zeise.

Efter sin hjemkomst meddelte Bunsen i et brev til Liebig [17], at lektor M.C.J. Thaulow i Christiania havde plagieret Liebig's nu klassiske bog om kemi i agrikultur og fysiologi [18a] i sin monografi [18b], hvilket havde forårsaget megen furore i Sverige og Danmark. Scharling skrev en sønderlemmende recension af Thaulows bog [18c]. Scharling havde studeret under Zeise, som havde anbefalet ham som assistent for Ørsted. Han blev professor extraordinarius i 1842, og efter Zeises død i 1847 Zeises efterfølger som professor i organisk kemi [19].

Zeise havde startet sin karriere som undervisningsassistent for Ørsted i 1820 og blev professor extraordinarius i 1822 og professor i 1829 og var kendt for opdagelsen af thiole (mercaptaner), xanthogensyre, og Zeises salt [20].

Om Zeise skrev Bunsen [17]:

“Zeise er en elskværdig, god og venlig mand, men hans konversation er just som hans skrift”.

dvs. kompliceret og vanskeligt forståelig, i overensstemmelse med bemærkninger gjort af Berzelius, Liebig, og Wöhler [20],

“Han har fremstillet en hel række højst interessante fosforforbindelser, men på trods af, at jeg talte med ham om det i en hel time, blev jeg ikke klogere på det”.

Zeises fosforforbindelser og manglende publikation

De nye fosforforbindelser blev beskrevet af Zeise på det andet møde mellem Skandinaviske Naturforskere i København (Over virkningen af Phosphor paa Acetone og Æther). Et kort referat om fremstillingen, men uden detaljerede oplysninger om sammensætningen blev publiceret [21]. Ingen yderligere publikation fremkom, men Berzelius fremsatte i et brev til Wöhler [22] 6. august 1840 den mening, at i det mindste en af forbindelserne syntes at have fosfor som bestanddel af et organisk radikal analogt med Bunsens arsen-forbindelse kakodyl, men en elementaranalyse var endnu ikke publiceret (og den blev aldrig publiceret).

Den 11. november 1841 skrev Bunsen til Berzelius om Zeises fosforforbindelser og nævnte, at han selv havde lavet nogle eksperimenter af den art og isoleret små mængder af Zeises forbindelser, som syntes at være meget komplicerede. Flere eksperimenter var ønskelige, især for at se, om radikaler med fosfor som elektronegativt element kunne opnås på den måde, men han kunne ikke fortsætte og publicere dette arbejde, før Zeise havde publiceret sit [3]. Zeise publicerede aldrig yderligere resultater angående disse forbindelser.

Den 11. august 1842 skrev Bunsen igen til Berzelius og



DANSK TRANSPORT EMBALLAGE A/S



Totalleverandør

af transport- og opbevaringsemballage

Over 25 års erfaring inden for transport- og opbevaringsemballage i plast til både food-, pharma- og nonfoodindustrien. Hos DTE vil vi gerne hjælpe dig med at udvælge den rigtige emballage til netop dit behov

- Miljøbokse
- IBC Pallettanke
- Plastkar
- Spildbakker m.m

Ring **74 59 16 80** for mere information eller besøg vores webshop på **www.dtemballage.dk**



Fra venstre: Ørsted, Berzelius, Bunsen og Zeise.

beklagede, at Zeise arbejdede så omstændeligt, at han næppe nogensinde ville blive færdig med sine analyser. Han havde set et helt skab fuldt af nye præparater i Zeises laboratorium [3]. Dette ville have indbefattet de nye svovlforbindelser, som Zeise beskrev på det tredje møde af Skandinaviske Naturforskere i Stockholm i 1842 ("Om nogle nye Svovlforbindelser").

Berzelius skrev til Wöhler [22] om Zeises foredrag om "indvirkning af P. og S P. på acetone og ether", som havde givet tre krystalline forbindelser og en væske med en lugt som katteurin ("Katzenpisse"). Da Zeise ikke havde den evne at give en klar fremstilling, var han (Berzelius) ikke i stand til at give nogen information om disse forbindelsers natur, selv om han havde prøvet at finde ud af mere i en privat diskussion. Ydermere havde Zeise nægtet at låne ham manuskriptet, da han mente, at kun han selv kunne forstå det. Berzelius mente imidlertid, at sagen var højst interessant, omend svær at forstå. En lille beretning om dette foredrag blev offentliggjort med detaljer om fremstillingen, men ingen analytiske data [23]. Intet yderligere blev publiceret, men i det mindste blev det senere vist, at katteurin-forbindelsen var en thiol, 4-mercaptopentylpentan-2-on [24].

Kontrovers mellem Liebig og Zeise

Det er værd at påpege, at Liebig var involveret i en meget personlig og bitter kontrovers med Zeise over Zeises salts konstitution i perioden 1834-43, hvor Liebig klart havde uret [21,25]. Det er også interessant at notere, at Liebig i sine unge dage havde udtrykt et ønske om at studere under Ørsted, som han havde mødt i Paris i 1823 [5]. Imidlertid gik han i stedet til Gay-Lussac i Paris.

Fremstilling af elementært aluminium

Bunsens og Ørsteds forskningsinteresser krydsede hinanden langt senere gennem fremstillingen af elementært aluminium, som Ørsted havde udført i 1825 ved reduktion af vandfrit aluminiumklorid med kaliumamalgam [26]. Sandsynligvis var produktet imidlertid en legering af aluminium og kalium [27]. Da Ørsted var for travlt optaget af elektromagnetismen og de mange administrative hverv som professor på universitetet, direktør for den af ham oprettede Polytekniske Læreanstalt, og sekretær for det Kongelige Danske Videnskabskabernes Selskab, overlod han det til Wöhler at fortsætte arbejdet, da denne besøgte ham i 1827 [28]. Det lykkedes Wöhler at fremstille små mængder af metallet i 1827 [29] og den 18. december 1828 skrev han til Ørsted og takkede ham for at have givet ham tilladelse til at fortsætte aluminium-arbejdet [5].

I 1845 kunne Wöhler fremstille små, glatte kugler af Al på størrelse med et nåle hoved, hvide som tin og opløselige i kaliumhydroxyd med udvikling af hydrogen [30]. Men det er blevet formodet, at det produkt heller ikke var rent aluminium,

men en legering med platin, som diglen benyttet til syntesen var lavet af [30].

I 1854 beskrev både Bunsen [31] og Henri Étienne Sainte-Claire Deville en stærkt forbedret elektrokemisk syntese af aluminium [32], men den høje elektricitetspris betød, at denne metode endnu var for dyr til industriel fremstilling.

Imidlertid opdagede Deville, at man kunne få aluminium ved reduktion af kloridet med det meget billigere natrium. En stor bevilling fra Napoleon III skabte fundamentet for en industriel produktion, og i 1857 var Deville i stand til at producere 2 kg Al om dagen.

Deville var født på Sankt Thomas i Dansk Vestindien, hvor hans far var en velhavende og indflydelsesrig skibsejer. Selv om han var franskmand, blev han somme tider brugt som stedfortrædende guvernør, når den danske guvernør var fraværende. Han indrettede et hjemme-laboratorium, hvorfra han publicerede kemiske forskningsarbejder. I 1845 blev han professor og dekan for det naturvidenskabelige fakultet ved det nyoprettede universitet i Besançon, og i 1851 blev han udnævnt til Maître de Conférences ved École Normale Supérieure i Paris. Han var Suppléant for Dumas i 1853 og blev Dumas efterfølger ved Sorbonne i 1866. Han blev både berømt for sin fremstilling af aluminium og for hans geniale eksperimenter med det "varme-og-kolde" rør [33] fra 1864 og frem, som muliggjorde adskillelsen af pyrolysegasser. Hans arbejde om ligevægte lagde grundlaget for Le Chatelier's princip.

E-mail:

Curt Wentrup: wentrup@uq.edu.au

Referencer

1. J. Trofast, *Brevväxlingen mellan Jöns Jacob Berzelius och Carl Palmstedt*, Part 3, Kungliga Vetenskapsakademien, Stockholm **1981**.
2. Breve mellem Palmstedt og Bunsen, *Kungliga Vetenskapsakademien*, Stockholm.
3. Breve mellem Berzelius og Bunsen, *Kungliga Vetenskapsakademien*, Stockholm.
4. (a) F. von Wrede, oversat fra svensk af R. Taylor, *Scientific Memoirs Selected from the Transactions of Foreign Academies of Science and Learned Societies* **1837**, 1, 477. (b) H.C. Ørsted, *Neues Allgemeines Journal der Chemie*, **1806**, 6, 291-302.
5. *Correspondance de H.C. Ørsted avec divers savants*. Publiée par M.C. Harding, aux frais de la Fondation Carlsberg, Ascheboug & Co., København, **1920**, Vol. 1, p. 51.
6. R. Bunsen, *Liebigs Ann.* **1841**, 38, 311-313; *Poggendorffs Ann. Phys. Chem.* **1841**, 54, 417-430; *Poggendorffs Ann. Phys. Chem.* **1841**, 55, 265-276, med bemærkninger af C.J. Poggendorff.
7. J. Carrière, *Berzelius und Liebig. Ihre Briefe von 1831-1845*, J. F. Lehmann, München, 1893.
8. (a) D.C. Christensen, *Hans Christian Ørsted, Reading Nature's mind*, Oxford University Press, Oxford, **2013**. (b) Trug-batteriet: H.C. Ørsted, Bemærkungen hinsichtlich auf Contactelektricität, *Schweiggers J. Chem. Phys.* **1817**, 20, 205-212.

9. H.C. Ørsted, *Kgl. Danske Videnskabernes Selskab*, **1841**, LXVI-LXVII;
10. (a) H.C. Ørsted, *Kgl. Danske Videnskabernes Selskab*, **1847**, 99-102; (b) Ref. 5, Brev fra H.C. Ørsted til J. J. Berzelius 20.5.1847; (c) Ref. 5, Brev fra H.C. Ørsted til C. Matteucci 23.10.1847.
11. F. Krafft, Bunsen-Briefe in der Universitätsbibliothek Marburg, *Schriften der Universitätsbibliothek Marburg* **1996**, 74. Bunsens anden Parisrejse var 1844, ikke 1842.
12. *L'Illustration*, Paris, **1843**, 2, 132. <https://archive.org/details/lillustrationjou02pari/page/130/mode/2up>.
13. W.J. King, Development of Electrical Technology in the 19th Century, *Bulletin: Contributions from the Museum of History and Technology*, Smithsonian Institution, Washington, D.C., **1963**, 228, 334-407.
14. (a) R. Bunsen, beretning af J. Reiset, *Ann. Chim. Phys.* **1843**, 7, 355-358; (b) R. Bunsen, beretning af J. Reiset, *Ann. Chim. Phys.* **1843**, 8, 28-36; (c) R. Bunsen, beretning af [H.V.] Regnault for [J.] Reiset (sic!), *Compt. Rend. Séanc. Acad. Sci.* **1853**, 16, 503-507; (d) [H.] Becquerel, *Compt. Rend. Séanc. Acad. Sci.* **1853**, 16, 525-527; (e) R. Bunsen, beretning af J.C. Poggendorff, *Poggendorffs Ann. Phys. Chem.* **1843**, 60, 402-405.
15. C. Stock, *Robert Wilhelm Bunsens Korrespondenz vor dem Antritt der Heidelberger Professur (1852) - kritische Edition, mit einem Geleitwort von F. Krafft*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, **2007**.
16. H.C. Ørsted, *Magazin für den neuesten Stand der Naturkunde*, J. H. Voigt, Weimar, **1801**, 3, 412-417, med figur, Planche IV.
17. R. Bunsen to J. Liebig, 29.10.1841, letter, Bayerische Staatsbibliothek, München.
18. (a) J. Liebig, *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, Braunschweig, **1840**; (b) M.C.J. Thaulow, *Chemiens Anvendelse i Agerdyrkningen*, Johan Dahls Bogtrykkeri, Christiania, **1841**; (c) E.A. Scharling, *Tidsskrift for Litteratur og Kritik*, Universitetsboghandler C.A. Reitzel, København, **1842**.
19. Dansk Biografisk Lexikon.
20. Cf. C. Wentrup, Zeise, Liebig, Jensen, Hüchel, Dewar and the π -Complex Bonds, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, 59 (22).
21. W.C. Zeise, *Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, Afhandlinger* **1845**, LV-LIX.
22. O. Wallach, Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler, Wilhelm Engelmann, Leipzig, 1901.
23. W.C. Zeise, *Ann. Chem. Pharm.* **1843**, 47, 24-37.
24. K.A. Jensen, *Centaureus* **1989**, 32, 324-335.
25. S.M. Jørgensen, *Z. Anorg. Allgem. Chem.* **1900**, 24, 153+182.
26. (a) H.C. Ørsted, *Kgl. Danske Videnskabernes Selskab*, 18.2.1825-8.4.1825; (b) Notits af Chr. Hansteen, baseret på et brev fra H.C. Ørsted, i *Magazin for Naturvidenskaberne (Christiania)*, **1825**, 5, 176-177.
27. A. Drozdov, 13Al Thirteenth Element Encyclopedia, The RUSAL Library **2007**; https://rusal.ru/en/press-center/RUSAL%20Encyclopedia_full_engl_FINAL.pdf.
28. History of Aluminium: https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_aluminium.
29. F. Wöhler, *Poggendorffs Ann. Phys. Chem.* **1827**, 11, 146-161.
30. F. Wöhler, *Poggendorffs Ann. Phys. Chem.* **1845**, 64, 447-451.
31. R. Bunsen, *Poggendorffs Ann. Phys. Chem.* **1854**, 92, 648-651.
32. J. Wisniak, *Journal of Materials Engineering and Performance*, **2004**, 13, 117-128.
33. Cf. C. Wentrup, Flash Vacuum Pyrolysis - Techniques and Reactions, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, 56, 14808-14835.

Statements fra udstillere

Petter Holmström, Product Manager Lab. Omni Process AB

” - We participated at the Swedish LabDays fair in Stockholm, organized by J.B. Exhibitions, last year; and we were quite satisfied with the fair and the opportunities it provided us. And that is why we now have chosen to book a stand at LabDays Copenhagen 2020 in the Øksne hall. We look forward to meet the Danish lab audience and present our lab products and services.

Mette Linding Nygaard, Teamleader, Krüger A/S (ELGA Lab Water)

” - Krüger har ikke deltaget på de danske labmesser i de sidste par år, idet vi har været repræsenteret af vores forhandler. Her i 2020 har vi igen valgt at være repræsenteret ”på egen hånd”, så vi har reserveret en stor stand på LabDays Copenhagen 2020, og vi glæder os til igen at få den direkte dialog med vores brugere i Øksnehallen.

Ulla Helt Laursen, Area Manager Denmark, Nordic Biosite ApS

” - Vi har over 20 års erfaring samt en platform med over fire millioner innovative produkter til forskning og diagnostik. Vi synes, at LabDays-messerne er et rigtig godt forum at møde vores brugere og kunder face-to-face; og derfor har vi også sagt ja-tak til at deltage på den kommende messe i København.





HAR DU BRUG FOR PRÆCIS DOSERING?



Hos os finder du et stort udvalg af pumper og laboratorieudstyr til attraktive priser

Kontakt os, hvis du har spørgsmål eller brug for vejledning til den rette løsning.

info@drifton.dk
Telefon 3679 0000

Se udvalget på webshoppen www.drifton.dk

