

Redoxreaktioner i historisk perspektiv

Et bidrag til kemiundervisningens historie¹

Personer, som i de sidste mange år har modtaget gymnasial undervisning i kemi, har lært at afstemme reaktionskemaer - herunder redoxreaktionskemaer. Men hvem fandt egentlig på den metode, og hvornår kom den ind i gymnasiepensum? Det vil vi se nærmere på i denne lille artikel.

Af Børge Riis Larsen, Lektor emer., Ph.D.

I 1988 udkom en licentiatafhandling af Peter B. Yde om afstemning af reaktionskemaer². Afhandlingen blev antaget på Danmarks Lærerhøjskole (DLH), som i en årrække havde status som højere læreanstalt og således kunne tildele akademiske grader. Man kunne her opnå en kandidatgrad og få titlen cand.pæd. En licentiatgrad gav titlen lic.pæd., som dog i slutningen af 1980'erne blev ændret til Ph.D. Herudover kunne man tage doktorgraden og blive dr.pæd. Interessant er det, at DLH's bygning D dengang havde et fysisk institut på stue- og 1.-etagen, mens der var et kemisk institut på 2.-etage. DLH blev i 2000 til Danmarks pædagogiske Universitet, som i dag er en afdeling af Aarhus Universitet.

I Ydes afhandling er der en henvisning til en lille artikel³ af Otis Coe Johnson (1839-1912) fra University of Michigan, hvor han stort set fremkom med den "femtrinsrakett", som man i mange år har benyttet til afstemning af redoxprocesserne. Redoxprocesser definerer vi som elektronoverførselsprocesser. Elektronen bliver opdaget i 1897, men Johnsons artikel blev udgivet 17 år tidligere. Og han skrev heller ikke om oxidationstal, men om *bonds* - altså bindinger.

Frie grundstoffer har ingen bindinger, skriver han, og må derfor repræsenteres med et nul. Hydrogen har i sine kombinationer altid én binding og repræsenteres derfor med et etal, mens oxygen i sine kombinationer altid har to bindinger, altid minus. Han skriver endvidere, at summen af bindinger i en hvilken som helst forbindelse altid er nul og giver et eksempel: I salpetersyre, HNO_3 , har hydrogen +1, nitrogen har +5 og de tre oxygenatomer har hver -2, hvilket tilsammen giver 0. Endvidere skriver han, hvad han forstår ved *bonds*:

By the *bonds* of an element is meant the *amount of oxidation* it has sustained, or a bond is the *measuring unit of oxidation*.

Den gymnasiale kemiundervisning

I 1903 kom loven om de højere almenkoler, og kemi blev fag i det treårige gymnasium⁴. Man skulle nu først gå fire år i mellemskolen, så de første studenter efter denne ordning blev udklækket i 1910. I gymnasiet fik matematikerne faget *naturlære*, som bestod af to dele fysik og én del kemi. Man kunne have hver sin lærer i naturlæres to dele. Der var lærebøger i fysik og i kemi, og man kunne komme til eksamen i enten fysik eller

kemi - eller begge dele, så reelt var der tale om to fag, men formelt kun om ét.

I 1906 kom der en anordning for naturlæres kemidel. Heri læser vi i de første to paragraffer ret meget om, hvad der skal læres i uorganisk og organisk kemi, mens der i den tredje til sidst om fysisk kemi blot står:

De væsentligste Afsnit med Benyttelse af Eksempler fra det gennemarbejdede Pensum af uorganisk og organisk Kemi.

I en ny anordning fra 1935 står der ligeledes i de to første paragraffer meget om, hvad der skal læres i uorganisk og organisk kemi, mens vi i den tredje om fysisk og teoretisk kemi læser:

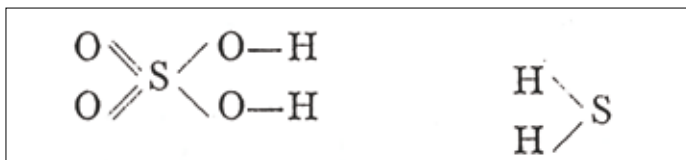
De vigtigste almindelige Teorier og fysisk-kemiske Love i det Omfang, som en dybere og sammenfattende Forstaaelse af de kemiske Processer, der omtales under Gennemgangen af de enkelte Stoffer, Kræver.

Da en ændret anordning så dagens lys i 1953, var der for kemi stort set ingen ændring i forhold til 1935-anordningen. Men som en nyskabelse kunne censor som bispørgsmål stille eksaminanden en lille praktisk opgave som f.eks. udfældning af et hydroxid, påvisning af en chloridion eller genkendelse af et præparat. Denne opgave behøvede ikke at have tilknytning til hovedspørgsmålet, men skulle tjene til at vise eksaminandens praktiske kendskab til stofferne. Selv var denne artikels forfatter til studentereksamen i kemi efter denne ordning og var glad for, at censor ikke medbragte et lille rejseapotek, da han ikke husker, at hans klasse var blevet forberedt på opgaver af denne type.

Da grengymnasiet startede i august 1963, skete der flere ting. Kemi blev nu også formelt et selvstændigt fag. For de elever, der gik på den matematisk-fysiske og på den naturfaglige gren⁵, var den almene kemi nu rykket op på en 1.-plads, mens den uorganiske og organiske kemi først blev nævnt senere. Om den almene kemi hed det, at der skulle læres:

*Atomter, molekyler og ioner. Det periodiske system. Kemisk binding. Isomeri. Fortyndede opløsningers egenskaber. Reaktionskinetik og ligevægtslære. Syre-base-processer. Redoxprocesser*⁶ (Min fremhævelse).

Så fra nu af skulle der altså undervises i redoxprocesser. I min egen gymnasietid, som var sidste årgang efter 1953-ordningen, var redoxprocesserne altså ikke obligatorisk stof. Vi læste efter 4. udgave af Rancke Madsens lærebog, og jeg kan se af mine noter, at vi faktisk læste afsnittet om disse processer.



Stregformlerne for svovlsyre og svovlbrinte (hydrogensulfid) fra Kobberø's lærebog. Læseren opfordres til at beregne svovlsiltningstrin med Kobberø's metode i de to forbindelser.

Underviserne

Fra 1883 kunne man tage skoleembedseksamen og blive cand. mag. med matematik eller fysik som hovedfag og kemi som bifag. Først i 1912 kunne man tage kemi sammen med fysik som hovedfag. Det var der kun to, der gjorde, og de blev begge ansat i gymnasieskolen. Først fra 1917 kunne kemi gøres til eneste hovedfag. Der var ikke mange, der tog denne eksamen. Faktisk var der flere år, hvor der ikke blev uddannet en kandidat. Og de fleste med skoleembedseksamen fik ikke ansættelse i gymnasieskolen, men på de højere læreanstalter⁷. Ville man på den tid være professionel kemiker, blev man normalt cand. polyt. (fabrikingeniør) eller mag.scient. (fra 1915).

Lærebøgerne og den pædagogiske diskussion

I 1942 udkom en lærebog af Kristen Kobberø (1900-92), og han er tilsyneladende den første, der nævner størrelsen *iltningstrin*. Det skete i det lille afsnit *Iltning og Reduktion*⁸:

Ved Iltningstrinnet for et Atom i en Forbindelse forstaas Antallet af Bindinger, der i Forbindelsens Konstitutionsformel binder Atomet til Iltatomer (eller til andre elektronegative Atomer), -[minus] Antallet af Bindinger, der gaar til elektropositive Atomer.

F.eks. har Svovl Iltningstrinnet 6 i Svovlsyre og -2 i Svovlbrinte.



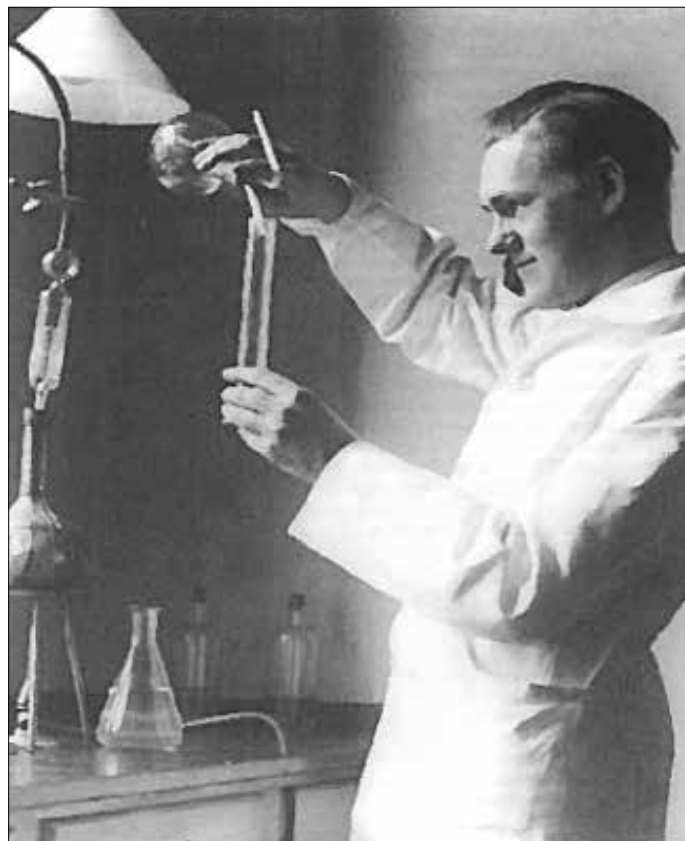
Personalet på DLH's kemiske institut fotograferet 29. februar 1980, som var sidste arbejdsdag for E. Rancke-Madsen. Han ses siddende som nr. to fra venstre. På fotografiet ses herudover en række personer, som har haft betydning for den gymnasiale kemiundervisning bl.a. som forfattere til lærebøger og temahæfter. Øverst fra højre Jørn Johs. Christiansen (senere lektor på Roskilde Katedralskole) og H.C. Helt¹⁸. Nr. fem fra venstre Gunnar Cederberg. Yderst til højre Leif Sønderberg Petersen (licentiatstuderende, senere informationschef på Risø). Siddende yderst til højre Peter Norrild (senere seminarierektor).

Læseren bemærker, at Kobberø som Johnson 62 år tidligere også skriver om bindinger.

To år senere udgav E. Rancke Madsen (1910-87) en lærebog, som i flere tiår skulle udkomme i mange udgaver⁹. Han var cand.mag. med kemi som hovedfag og dengang ansat på Danmarks tekniske Højskole¹⁰. I bogen gennemgår han afstem-

ningsproceduren, som Johnson foreslog i 1880 bortset fra, at *Bonds* er erstattet af *Iltningstrin*.

Han skriver her, at atomerne i et frit grundstof har iltningstrinnet nul. Brint har i alle sine forbindelser iltningstrinnet +1, og ilt - med undtagelse af brintperoxid H_2O_2 og heraf afledte forbindelser - iltningstrinnet -2. Desuden at summen af de i et molekyle indgående atomers iltningstrin = 0 og summen af de i en ion indgående iltningstrin er lig antallet af ionens ladninger regnet med fortegn¹¹. I en senere udgave af lærebogen skriver han dog, at oxidationstrinnet *defineres som den ladning, som atomet kan tænkes at have, hvis man antog, partiklen var opbygget af ioner*¹².



Anders Østergaard er her formentlig i gang med en Kjeldahl-analyse som studerende i kælderens på Polyteknisk Læreanstalts Kemiske Laboratorium A på Sølvtorvet i 1934. Østergaard sluttede sin akademiske karriere som rektor for Ballerup Gymnasium i årene 1961-81.

Men hvorfor kom dette ind i gymnasielærebøgerne i starten af 1940'erne?

På den tid udspandt der sig i Fysisk Tidsskrift en diskussion om gymnasiepensum i kemi. Anders Østergaard (1911-2006), som også var cand.mag. med kemi som hovedfag og på det tidspunkt underviste på Helsingør Gymnasium, interesserede sig for kemifagets didaktik og skrev i 1943 således:

*I Udlandets Lærebøger i Kemi har der i de senere Aar vist sig en mere og mere udtalt Tendens til at forskyde Lærestoffet i væsentlig Grad fra den rent naturhistoriske Beskrivelse af de enkelte Grundstoffer og deres Forbindelser til en mere almen Fremstilling af Kemien*¹³.

Østergaard udgav også en kemilærebog, som udkom i syv udgaver. I den første fra 1944 har han et afsnit om iltning og reduktion:

For at lette Behandlingen af disse (redox-)Processer indføres Begrebet Iltningstrin. En Iltning er en Opgang i Iltningstrin. En Reduktion er en Nedgang i Iltningstrin.

Østergaard var ikke så konsekvent som Rancke Madsen, men viste dog, hvordan iltningstrinnet kan anvendes til afstemning af reaktionskemaer og skrev, at opgang skulle være lig med nedgang¹⁴.

Østergaard var ikke så konsekvent som Rancke Madsen, men viste dog, hvordan iltningstrinnet kan anvendes til afstemning af reaktionskemaer og skrev, at opgang skulle være lig med nedgang¹⁴.

Østergaard var ikke så konsekvent som Rancke Madsen, men viste dog, hvordan iltningstrinnet kan anvendes til afstemning af reaktionskemaer og skrev, at opgang skulle være lig med nedgang¹⁴.

Østergaard var ikke så konsekvent som Rancke Madsen, men viste dog, hvordan iltningstrinnet kan anvendes til afstemning af reaktionskemaer og skrev, at opgang skulle være lig med nedgang¹⁴.

Østergaard var ikke så konsekvent som Rancke Madsen, men viste dog, hvordan iltningstrinnet kan anvendes til afstemning af reaktionskemaer og skrev, at opgang skulle være lig med nedgang¹⁴.

Afslutning

Der er for mig ingen tvivl om, at såvel Anders Østergaard som Rancke Madsen ikke blot, hvad redoxprocesser angår, men tillige med at give den almene kemi¹⁷ en mere fremtrædende plads i gymnasiepensum, var foregangsmænd for den gymnasiale kemiundervisning. Deres interesse for såvel kemiens didaktik som det faglige indhold har i høj grad været med til at give faget et løft, som først blev fastlagt ved gymnasireformen i starten af 1960'erne, og som gymnasiet kan nyde godt af i dag.

E-mail:

Børge Riis Larsen: b.riis.larsen@gmail.com

Fodnoter

1. Artiklen bygger på et foredrag afholdt ved Kemisk Forenings årsmøde på SDU i Odense den 9. juni 2016.
2. Yde, P.B. (1988).
3. Johnson, O.C. (1880) p. 51.
4. Kemi havde faktisk været fag fra 1871-82, men havde så været ude indtil 1907.
5. Der blev også oprettet en matematisk samfundsfaglig gren, men den startede først lidt senere, da man skulle uddanne personer til at undervise i samfundsfag.
6. Riis Larsen, B. (1998) afsn. 3-5.

7. Riis Larsen, B. (1988) har på s. 134f en fortegnelse over alle cand.mag.'er med kemi som hovedfag.
8. Kobberø, K. (1942) s. 128f.
9. Rancke Madsen, E. (1944). 14. udgave udkom således i 1979.
10. I 1959 blev han den første professor i kemi ved DLH; og selv om han i hele sin tilværelse havde sin hovedbeskæftigelse udenfor gymnasieskolen, havde han et solidt kendskab hertil. Han var således gennem mange år timelærer ved Lyngby Statsskole og censor i kemi (og fysik) bl.a. i gymnasieskolen.
11. Rancke Madsen, E. (1944) s. 41.
12. Rancke-Madsen, E. (1963), 7. udg. s. 47.
13. Østergaard, A. (1943) s.190.
14. Østergaard, A. (1944a) s. 89f.
15. Østergaard, A. (1944b) s. 86f.
16. Riis Larsen, B. og V. Skovgaard-Petersen (2000) s. 16 og (2001) s. 44.
17. I årene herefter udkom flere lærebøger i flere bind, af hvilke det første er helliget den almene eller fysiske kemi: Voigt (1968), Andersson og Leden (1972) og Mygind (1978).
18. H.C. Helt (1926-2005) var medstifter af Dansk Selskab for Historisk Kemi i 1989 og selskabets første kasserer.

Litteratur

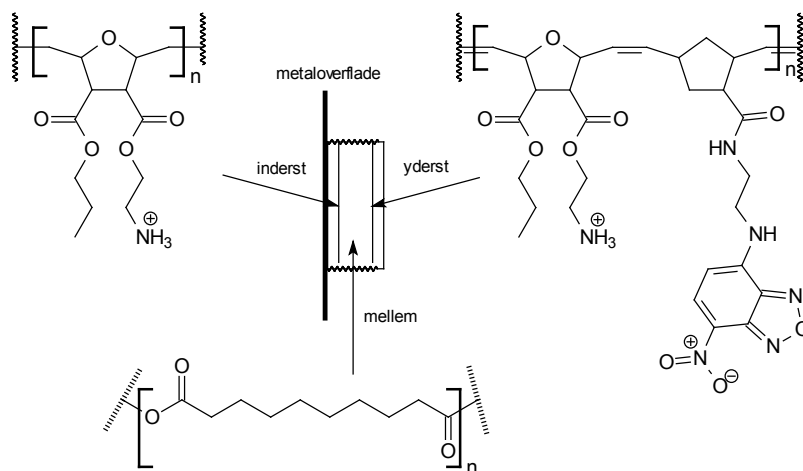
- Andersson, S. og I. Leden (1972): *Kemi I grundtræk 1*.
 Johnson, O.C. (1880): *Negative Bonds, and Rule for Balancing Equations*. I: *The Chemical News*, Vol. XLII No. 1079 30. July s. 51.
 Kobberø, K. (1942): *KEMI for Matem.-Naturvid. GYMNASIUM*.
 Mygind, H. (1978): *Almen kemi*.
 Rancke Madsen, E. (1944): *Lærebog i Kemi*.
 Rancke Madsen, E. (1960): *Lærebog i Kemi*. 4. udg.
 Rancke-Madsen, E. (1963): *Lærebog i kemi*. 7. udg.
 Riis Larsen, B. (1998): *Otte kapitler af kemiundervisningens historie. Træk af den gymnasiale kemiundervisnings historie gennem 400 år*.
 Riis Larsen, B. og V. Skovgaard-Petersen: *Tidligere rektor for Ballerup Gymnasium og redaktør af Gymnasieskolen Anders Østergaard i samtale med Børge Riis Larsen og Vagn Skovgaard-Petersen i februar 2000*. I: B. Riis Larsen og V. Skovgaard-Petersen (red.): *Uddannelseshistorie 2000* s. 9-23.
 Riis Larsen, B. og V. Skovgaard-Petersen (2001): *Interview med Anders Østergaard – et bidrag til belysning af kemiundervisningens historie*. I: *Dansk Kemi* nr. 6/7 juni/juli s. 42-44.
 Voigt, A. (1968): *Kemi I*.
 Yde, P.B. (1988): *Matematikken bag kemiske ligninger. Afhandling over licentiatstudium i afstemning af reaktionskemaer*.
 Østergaard, A. (1943): *Syre og Base. (Et Bidrag til Kemiundervisningens Didaktik)*. I: *Fysisk Tidsskrift* s. 190-200.
 Østergaard, A. (1944a): *Kemi. En Lærebog for Gymnasiet*.
 Østergaard, A. (1944b): *Om Kemiundervisningen i I. G.* I *Fysisk Tidsskrift* s. 86-90.

Nyt om ...

... Selvfornyende antimikrobiel overflade

Man har problemer med vækst på overflader i vand både på medicinske instrumenters overflader og på skibe. På medicinske overflader er dannelsen af biofilm en sygdomsrisiko og på skibe er bevoksning med alger og krebsdyr en udgiftøgende faktor, fordi det nedsætter farten. Man kan behandle overfladen, så den dræber det, der sætter sig; men efterhånden dannes der en biofilm af døde bakterier, alger og proteiner på overfladen. Man har nu med held forsøgt en ny strategi med en tredelt struktur, hvor den yderste, efterhånden som den nedbrydes, falder af, dernæst en nedbrydelig polymer og så inderst en ny polymer antimikrobiel overflade som vist.

Carl Th.



Toward Self-Regeneration Antimicrobial Polymer Surfaces, *ACS Macro Letters* 2015, 4 side 1337. DOI: 10.1021/acsmacrolett.5b00686.