

Organisk kjemi som allmenndannelse

En analyse av organisk kjemi i lærebøker i
kjemi i perioden 1914-1960

Per Magnus Lindgjerdet

Kjemi

Innlevert: juli 2013

Hovedveileder: Annette Lykknes, IKJ

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for kjemi

Innhold

Forord	side 4
Innledning	side 5
Valg av problemstilling	side 6
Om utvalget av lærebøkene	side 6
Arbeidet med oppgaven	side 7
Del 1: Utviklingen av den moderne kjemi	side 8
Utviklingen før den vitenskapelige revolusjon	side 9
En vitenskapelig revolusjon	side 9
Eksperimentell metode	side 10
Flogistonteorien	side 10
Opplysningstiden i Europa	side 11
Moderne kjemi tar form	side 12
Klassifisering av salter og andre forbindelser	side 12
Flere typer luft	side 14
Et relevant vektproblem	side 16
Nomenklatur - viktigheten av å snakke samme språk	side 18
Lavoisiers manifest	side 19
Moderne kjemi?	side 20
Fra Lavoisiers kjemi til organisk kjemi	side 22
Bidrag fra plante- og dyrekjemi - og myten om vitalismen	side 22
Utfordringer i forhold til substanser fra plante- og dyreriket	side 23
Fundamentale teorier etter 1800	side 24
Grunnstoffer, gasser og atomvekter	side 24
Elektrokjemi og elektrodualisme - de første skritt mot klassifisering av organisk kjemi	side 25
Organisk kjemi mellom 1820 og 1840	side 26
Optimisme og usikkerhet	side 27
Organiske radikaler – starten på slutten for elektrodualisemen	side 27
Analytiske framskritt	side 28
Flere tilnærminger til organisk kjemi	side 29
Typeteori	side 31

Laurent møter Gerhardt - rasjonalisering av organisk kjemi	side 32
Organiske molekyler får struktur	side 33
Organometallisk kjemi	side 33
Valens	side 35
Strukturteori	side 36
Kjemikonferansen i Karlsruhe i 1860	side 37
Benzen og aromatisk substitusjon	side 37
Stereokjemi	side 39
Organisk kjemi på 1900-tallet	side 41
Mekanistisk organisk kjemi - Fysikalsk organisk kjemi	side 41
Nye instrumentelle metoder	side 43
En forståelse av organiske forbindelsers oppbygning	side 44
Del 2: Lærebokanalyse	side 45
Bakgrunn for Lov om høiere almenskole av 1896	side 46
Lov om realskole- og gymnas på 7-årig folkeskole	side 47
Reformarbeid fram mot 1976	side 48
Lærebøker med bakgrunn i 1869-loven	side 49
Thorstein Hiorthdal - Kortfattet lærebog i anorganisk kemi, 5. utgave, 1893	side 49
Thorstein Hiorthdal - Kortfattet lærebog i organisk kemi, 4. utgave, 1889	side 50
Lærebøker etter Lov om høiere almenskole av 1896	side 54
Undervisningsplanen av 1911	side 54
Lærebøker i kjemi for perioden 1914-1960	side 56
Om lærebokseriene	side 57
Sverre Bruun	side 58
Kullstoffkjemi	side 59
Tematisering av lærebøker i kjemi – en inndeling basert på grunnstoffer	side 59
Organisk og uorganisk kullstoffkjemi	side 61
Kullstoffforbindelsenes kjemi	side 61
Hva ble definert som organisk kjemi?	side 63
Kullstoffkjemi hos Sverre Bruun	side 65

Allmennyttige kullstoffforbindelser og systematiserte organiske forbindelser	side 66
Kullsyreassimilasjon og åndedrett (fotosyntese og celleånding)	side 67
Allmenndannende kullstoffkjemi?	side 71
En mer teoretisk definisjon av organisk kjemi	side 73
Hvordan reflekterte lærebøkene fagområdet organisk kjemi?	side 74
Kjemiske belysningmidler og brennematerialer	side 76
Inspirasjon fra Hiorthdals bind "Anorganisk kjemi"?	side 79
Johannesen og Nicolaysen fram til 1921	side 79
Lysgass og stenkulltjære	side 80
Brennmaterialer i ulike faser og litt mer om steinkulltjære	side 83
Termokjemi	side 84
Lindstad og Lindemann – forbindelser mellom kullstoff og vannstoff	side 86
Hvorfor legges så stor vekt på flammene?	side 87
Et mindre aktuelt tema mot slutten av perioden	side 88
Kullhydrater	side 90
Kullhydrater – et vidt tema	side 94
Isomeri	side 97
Osmose?	side 98
Nye tilnæringer til organisk kjemi	side 100
Tormod Førland - arbeidsskolemetode	side 101
Sverre Bruun - atommodell og reorganisering av kapittelet	side 105
Avslutning og analyseresultater	side 108
Litteraturliste	side 111
Sammendrag	side 115

Forord

Jeg vil først og fremst takke min veileder Annette Lykknes for konstruktiv og god veiledning og store mengder med tålmodighet. Din grundige analytiske evne har vært til inspirasjon, selv om det det kanskje ikke alltid har virket sånn.

Jeg vil ellers takke mine foreldre for uvurderlig støtte og min datter på 4 år for at sitt alltid gode humør og mange kjærlighetserklæringer.

Dette hadde ikke vært mulig uten dere!

Innledning

27. juli 1896 ble "Lov om høiere almenkskole" vedtatt som et resultat av en omfattende reform av det norske skoleverket. Med denne loven ble Gymasiet definert som en allmennskole og del av en allmenndannelse. Loven innebar også at kjemi ble et obligatorisk fag for elever i første trinn på Gymnasiet. I undervisningsplanene som kom i forbindelse med denne loven ble organiske forbindelser beskrevet som en del av det som blir omtalt som "kulstoffets kemi" – som også er en vesentlig del av undervisningsplanene i kjemi i denne perioden. Med utgangspunkt i undervisningsplaner med bakgrunn i denne loven og utviklingen av organisk kjemi som fagområde på 1800-tallet har jeg derfor forsøkt å danne et bilde av hva "kulstoffets kemi" innebar og hvordan organisk kjemi – slik fagområdet framsto i denne perioden – er tatt for seg i lærebøkene.

Jeg har valgt å dele denne masteroppgaven i to hoveddeler. I del 1 har jeg tatt for meg den historiske utviklingen av kjemi. Dette har jeg gjort for å få innsikt i bakgrunnen for at de største framskrittene i utviklingen av organisk kjemi som fagområde skjedde på slutten av 1800-tallet. I denne delen blir derfor hovedsakelig utviklingen fram mot det som tradisjonelt har blitt omtalt som den kjemiske revolusjon på slutten av 1700-tallet og utviklingen av organisk kjemi som fagområde på 1800-tallet diskutert.

I del 2, som er masteroppgavens hoveddel, forsøker jeg å se på hvilket bilde som gies av organisk kjemi i lærebøker i kjemi i perioden 1914 til 1960 med utgangspunkt i undervisningsplanen for den gjeldende perioden. I den sammenheng har jeg analysert innholdet av lærebøkene og sett på hvilken tilnærming til organisk kjemi lærebokforfatterne bruker for å presentere organisk kjemi.

Valg av problemstilling

I denne oppgaven har jeg tatt for meg følgende problemstilling:

Hvilket bilde gies av organisk kjemi i lærebøker i kjemi mellom 1914 og 1960?

Formålet med denne oppgaven er å analysere hvordan organisk kjemi ble tatt for seg i lærebøker i kjemi i perioden 1914-1960 med bakgrunn i undervisningsplanen for den gjeldende perioden. Bakgrunnen for dette er at kjemi ble et obligatorisk fag på gymnasiet med Lov om høiere almindannelse i 1896. For å få et bilde av hva kjemifaget var før Lov om høiere almindannelse av 1896 har jeg også kort undersøkt undervisningsplanen og lærebøker før denne perioden.

Min personlige motivasjon for å velge en slik problemstilling består av to hovedårsaker. For det første har min bakgrunn som kjemilærer i den videregående skole bidratt til at jeg syntes en problemstilling som undersøker hvordan organisk kjemi ble tatt for seg i lærebøker i en annen tidsperiode er interessant. Innsikt i en slik problemstilling kan bidra til å få en forståelse av hva kjemifaget i skolen er i dag. En annen grunn til at jeg har valgt en slik problemstilling er at jeg i mine studier har fordypet meg i størst grad i organisk kjemi, og jeg mener denne bakgrunnen har gjort meg egnet til å fordype meg i et slikt tema. Jeg har også alltid hatt en interesse for historie og samfunn. En oppgave der jeg har fått innsikt i den vitenskapshistoriske utviklingen og utviklingen av norsk skole har derfor vært motiverende å jobbe med.

Om utvalget av lærebøkene

Lærebøkene er valgt med bakgrunn i innføring av Lov om høiere almindannelse av 1896 og utviklingen av organisk kjemi på slutten av 1800-tallet. Sverre Bruuns lærebøker var i perioden dominerende på markedet og analysen vil derfor også legge mest vekt på dette læreverket.¹ Den første undersøkte læreboka er Sverre Bruun sin lærebok fra 1914, og det er derfor tatt utgangspunkt i undervisningsplan av 1911. Revideringene av denne undervisningsplanen er for perioden av ubetydelig art – med unntak av innføringen av arbeidsskoleprinsippet i 1940.

Læreverket til Bruun ble utgitt ganske uforandret fram til 1956. I 1958 ble det foretatt en vesentlig reorganisering av denne læreboka. På grunn av dette læreverkets dominans på markedet i perioden og at læreverket også ble utgitt nærmest uforandret over en så lang periode utgjør dette en betydelig

¹Bruun og Devik, 1964

del av diskusjonen og analysen.

En annen grunn til at analysen avsluttes i 1960 er at det i 1955 ble påbegynt et omfattende reformarbeid i det norske skoleverket som for den høyere skole sin del ikke ble avsluttet i 1974. Denne perioden er derfor preget av omveltninger i hele det norske skoleverket.

Det er likevel lagt vekt på å få med flere lærebøker, slik at leseren kan få et innblikk i hvordan de alternative læreverkene presenterte dette stoffet. Analysen strekker seg fram til 1960. Utvalget av lærebøker etter den tid er mye større, og denne perioden er preget av det pågikk et omfattende reformarbeid i det norske skoleverket.

Arbeidet med oppgaven

For å få finne svar på min problemstilling har jeg i mitt studie benyttet meg av mange kilder. Jeg har i mitt arbeid i stor grad brukt BIBSYS, som er Universitetsbiblioteket ved NTNUs søketjeneste. For å få et bedre bilde av innholdet i lærebøkene før 1914 har jeg også tatt for meg en del lærebøker som finnes ved biblioteket ved Trondheim Katedralskole. I de undersøkte læreverkene i perioden 1914-1960 er derfor for Johannesen og Nicolaysen, Førland og Bruun sin del alle utgaver i denne perioden er gjennomgått. Dette har jeg gjort for å være sikker på at jeg ikke har gått glipp av vesentlige endringer. Endringene er som jeg har kommet fram til små over lengre perioder.

Lærebøkene er analysert med tanke på organisk kjemi. Likevel, siden det som er skrevet om organisk kjemi i undervisningsplanen er beskrevet under "kulstoffets kemi" har jeg også sett meg nødt til å finne ut hva som ligger i dette begrepet.

Arbeidet med å få innsikt i historien til undervisningsplanen etter lov av 1896 har vært et utfordrende arbeid, og i stor grad en måte å arbeide på som har vært ny for meg. Dette skyldes blant annet at det er få kilder som beskriver utviklingen av undervisningsplanen i den høyere skole i denne perioden. Jeg har derfor vært i kontakt med arkivsenteret på Dora, skolehistoriker Rolf Grankvist og Riksarkivet for å forsøke å få en oversikt over dette.

Del 1:

Utviklingen av den moderne kjemi – En vitenskap tar form

For å få et inntrykk av hva organisk kjemi var som fagområdet rundt 1900 og for å forstå utviklingen av fagfeltet organisk kjemi er det relevant å kjenne til deler av kjemihistorien som har hatt betydning for denne utviklingen. Derfor skal jeg i denne delen presentere noen av de viktigste oppdagelsene i kjemihistorien som bidro til at organisk kjemi kunne oppstå som et eget fagområde. De viktigste hendelsene i denne historien skjedde mellom 1750 og 1900, men det skjedde også oppdagelser før denne tidsperioden som er av interesse. Den kjemiske revolusjon rett før 1800 gjorde utviklingen av en del andre teorier mulig, og la grunnlaget for utviklingen av organisk kjemi som fagområde. Utviklingen av den moderne kjemi slik den framsto på begynnelsen av 1800-tallet ga grunnlag for utviklingen av organisk kjemi på 1800-tallet. Men den kjemiske revolusjon hadde ikke vært mulig uten utviklingen under det som tradisjonelt har blitt omtalt som den vitenskapelige revolusjon. Vi skal derfor også kort ta for oss noen av hendelsene i tidsperioden før 1750 som bidro til utviklingen under den kjemiske revolusjon og dermed utviklingen av organisk kjemi.

En del oppdagelser som har hatt stor betydning for utviklingen av organisk kjemi fram til idag skjedde også på 1900-tallet. Denne delen avsluttes derfor med å diskutere utviklingen innen fysikalsk organisk kjemi og innføringen av instrumentelle analysemetoder i organisk kjemi.

Utviklingen før den vitenskapelige revolusjon

Kjemi har sine røtter helt tilbake til antikken og til det som vi kjenner som alkymi. Alkymiens historie strekker seg grovt sett fra det 4. århundre f.kr. og fram til begynnelsen av 1700-tallet.² En vanlig oppfatning baserer seg på at alkymi handler om jakten på å "lage gull" av vanlige metaller, en prosess kalt transmutasjon - og at dette innebar noe spirituelt eller hemmelig - en slags jakt på åndelig og materiell perfektjon.³ Men alkymi bidro også til oppdagelser og utvikling av teknikker som skulle komme til nytte i mange århundrer. Mange naturfilosofer som bidro til utviklingen av den moderne kjemi var inspirert av alkymi helt fram til 1700-tallet, og mye av den empiriske kunnskapen om stoffer som ble fremskaffet i tidsperioden fram til 1700-tallet ble oppdaget av alkymister.⁴

Den vitenskapelig utviklingen stod nærmest stille i Europa i perioden etter antikken og fram til år 1000.⁵ De første universitetene ble opprettet i Vest-Europa i det ellefte århundre - de første i det som idag er Italia. Aristoteles og hans lære – blant annet om de fire elementene jord, ild, luft og vann – ble regnet som viktig for undervisningen i alt som hadde med naturen å gjøre og han ble etter hvert å regne som faglig autoritet ved universitetene rundt om i Europa.⁶ Under renessansen – som hadde sitt utspring i italienske byer på 1400-tallet – vokste interessen for antikkens kunnskap ytterligere, og denne perioden var preget av et ønske om å gjenoppdage "tapt visdom" fra antikken.⁷

Den meste kjente alkymisten under renessansen er Paracelsus (1493-1541). Han regnes som grunnleggeren av medisinsk kjemi – iatrokjemi. Hans "tria prima" var tre grunnstoffer (svovel, kvikksølv og salt) som han mente alt stoff bestod av, og som skulle inspirere senere alkymister.⁸

En vitenskapelig revolusjon

I følge Goodman markerte utgivelsen av to svært betydningsfulle bøker i 1543 starten på den vitenskapelige revolusjon: *De humani corporis fabrica*, som revolusjonerte viten om menneskekroppens anatomi, og *De revolutionibus orbium coelestium* av Nicholas Copernicus, som erstattet det geosentriske verdensbilde med det heliosentriske. Goodman trekker også fram noen viktige forutsetninger for at den vitenskapelige revolusjon kunne skje – en økende matematisk og

²Levere (2001), side 2-5; Bensaude-Vincent (1996), side 14; Brock (1992), side 6-7

³Brock (1992), side 2-4

⁴Bensaude-Vincent (1996), side 20

⁵Ihde (1984), side 16-18

⁶Goodman, (1991), side 24-27

⁷Renessanse = gjenfødelse; Levere, (2001), side 30-31; Goodman, (1991), side 27-30

⁸Bowler & Morus, (2005), side 58-59; Levere, (2001), side 10-11; Levere, (2001), side 30-31; Bensaude-Vincent (1996), side 24-25

eksperimentell tilnærming til naturen.⁹

Dette var en periode med mye nytenkning. Utviklingen av en vitenskapelig metode med vekt på eksperimentelle empiriske bevis skulle vise seg å bli sentralt for framgangen innen kjemi på slutten av 1800-tallet,

Eksperimentell metode

På 1600-tallet var naturfilosofien påvirket av et mekanistisk verdensbilde - man mente at naturen kunne forstås på en matematisk og mekanisk måte.¹⁰ Alkymisten og naturfilosofen Robert Boyle (1627-1691) kom med viktige bidrag til kjemi. Han regnes av mange som en viktig bidragsyter til utviklingen som gjorde kjemi til en eksperimentell vitenskap, med vekt på bevis, repeterbarhet, kvantifisering og bruk av rene materialer.¹¹

I *The Sceptical Chymist* (1661), tok Boyle et oppgjør med Aristoteles lære, feilaktig argumentering og inkompetent eksperimentering, og angrep de han mente var mer forført av teori enn av praktiske bevis.¹² Boyle mente kjemi var et redskap for å sette naturen "på prøve", og anklaget naturfilosofer for dårlig bruk av empiri og for å konkludere på for tynt og på feil grunnlag.¹³ Men Robert Boyle var også en alkymist som blant annet trodde at "De Vises Sten" kunne fungere som universalmedisin og gjøre kommunikasjon med engler og ånder mulig. Historikere har i ettertid derfor ofte referert til Boyles filosofi som "Chymistry" for å skille mellom denne type "kjemi" og moderne kjemi.¹⁴

Flogistonteorien

På slutten av 1600-tallet dukket også de første tankene som skulle lede fram til *flogistonteorien* opp. Kjemikeren som i størst grad har fått æren for flogistonteorien er Georg E. Stahl (1660-1734), men hans tanker var inspirert av Johann J. Becher (1635-1682), som igjen var inspirert av en alkymistisk tradisjon med tre grunnstoffer – altså inspirert av Paracelsus.¹⁵

I likhet med Becher mente Stahl at vann og jord var "hovedgrunnstoffene" i naturen. Stahl mente

⁹Goodman, (1991), side 33-35

¹⁰Goodman, (1991), side 220

¹¹Bensaude-Vincent, (1996), side 38; Levere, (2001), side 27

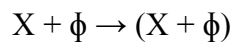
¹²Levere, (2001), side 21

¹³Levere, (2001), side 14-15, 18-19

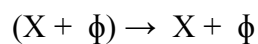
¹⁴Mange trodde at "De vises stein" var en "magisk" stein som kunne omgjøre alle metaller om til gull; Levere, (2001), side 16-17

¹⁵Levere, (2001), side 31-33

også at det var tre typer jord, deriblant flogiston, eller brennbar jord. Stahl mente at all forbrenning innebar tap av flogiston.¹⁶ Fra rundt 1730 til 1785 var flogistonteorien anerkjent av de fleste kjemikere. Denne reaksjonen kunne beskrives på følgende måte når et stoff fikk tilført flogiston, der X kan være både et metall og ikke-metall, og ϕ er flogiston: ¹⁷



Og omvendt ved forbrenning, eller kalsinering:



Gjennom flogistonteorien fikk man et teoretisk forklaringsgrunnlag for det som ble omtalt som kalsinering, men det var også andre områder flogiston ble knyttet opp mot. Flogiston ble blant annet knyttet til stoffers reaksjonsvillighet.¹⁸

Opplysningstiden i Europa

I Europa på 1700-tallet lanserte intellektuelle et program for økt kunnskap og velferd i befolkningen. Programmet hadde sitt utspring i Frankrike, og de intellektuelle som stod bak dette programmet var overbevist om at alt i universet - fra menneskesinnet til planetene - var mulig å sette i system og forklare med rasjonalitet, empiri og vitenskapelig metode.¹⁹ De så på det foregående århundre med sine teorier og oppdagelser som en manifestasjon av at en tidsepoke med rasjonelt tankesett skulle begynne.²⁰

¹⁶Levere, (2001), side 35-36

¹⁷Kragh, (2004), side 215-216

¹⁸Levere, (2001), side 37; Kragh, (2004), side 216

¹⁹Goodman, 1991, side 279; Levere, (2001), side 39-40

²⁰Bowler, (2005), side 4

Moderne kjemi tar form

Bowler og Morus hevder at i følge det tradisjonelle synet på den vitenskapelige revolusjon spilte kjemi en liten rolle – den kjemiske revolusjon startet først et århundre senere. En del av den tradisjonelle oppfatningen har også vært at det var franskmannen Antoine Lavoisier som nærmest alene gjennomførte den kjemiske revolusjon. Dette synet har blitt mye mer nyansert i senere studier, da en har fått bedre innsikt i de teorier og metoder som eksisterte før Lavoisier. Det har også blitt mer tydelig at det som blir omtalt som den kjemiske revolusjon ikke var en en-dimensjonal kamp mellom tilhengere og motstandere av "den nye kjemien", men at det var mange aktører med ulike utgangspunkt og oppfatninger. Det er likevel enighet om at kjemien slik den framsto ved utgangen av det 1700-tallet er vesentlig mer lik moderne kjemi enn den kjemien som eksisterte før denne tidsperioden.²¹ Det skjedde en unik endring på flere områder i løpet av 1700-tallet, noe som vi skal se nærmere på i denne delen.

Klassifisering av salter og andre forbindelser

Empirisk kunnskap alene ikke er nok til å etablere en vitenskap, det er også nødvendig med en organisering av kunnskap og regler for å klassifisere denne kunnskapen. Levere hevder at dette var noe 1700-tallets kjemikere var klar over. Vi skal ta for oss litt av arbeidet som ble gjort i forhold til klassifisering i perioden fram mot det som har blitt omtalt som den kjemiske revolusjon.²²

Franskmannen Wilhelm Homberg (1652-1715) utviklet på begynnelsen av 1700-tallet en tredelt klassifisering av salter, der de klassifiserende faktorene var egenskaper som utseende, lukt, smak og følelsen av saltet, laboratorieoperasjonene som skulle til for å lage saltet, og substansene som saltet var bygd opp av. Dette innebar at et salt, eller hvilken som helst annen substans ble definert av forbindelsene det var bygd opp av, måten det ble laget på og summen av de empiriske egenskapene. Dette synet ble stort sett akseptert, men det var ikke uproblematisk – mange stoffer hadde egenskaper som stred mot mye av det man mente å vite fra før, som for eksempel at affinitet innebar tiltrekning mellom likt. Korpuskelteori fra 1600-tallet ble tatt i bruk for å forklare egenskapene til stoffene, og gjorde det mulig å lage seg forklaringer som hang sammen med det man observerte. Et eksempel på dette var en forklaring som Robert Boyle hadde introdusert, der syrer ble sett på som spisse som et sverd eller en dolk, og baser var skjefte som skjulte denne egenskapen.²³

Denne nye måten å klassifisere stoffer på førte til identifisering av en hel mengde nye substanser,

²¹Bowler, (2005), side 55-56

²²Levere, (2001),side 45

²³Levere, (2001),side 43-44

både salter og andre stoffer. Klassifiseringen var et fremskritt i seg selv, problemet nå var at den økende mengden med nyoppdagede stoffer var i ferd med å skape et kaos av informasjon. Et forsøk på å løse dette var å lage affinitetstabeller. I tillegg til å gi informasjon om kjente reaksjoner, var disse tabellene ment også til å kunne forutsi ukjente reaksjoner. Den første av disse tabellene ble utgitt i 1718 av Etienne-Francois Geoffroy (1672-1731). Tabellene ble sånn passe godt mottatt i Frankrike, senere tabeller kom først i 1730 og 1749. Geoffroy avviste Stahl sin definisjon av affinitet som tiltrekning mellom likt, og passet også på å unngå å bli identifisert med Newton sin kjemi, der affiniteter ble sett på som rene tiltrekkende krefter. Han valgte derfor å kalle tabellene sine forholds-tabeller.²⁴

I 1749 ble det utgitt en innflytelsesrik lærebok som skulle øke interessen for slike tabeller. I *Eléments de chymie théorique* ble et helt kapittel dedikert affiniteter. I dette kapitelet ble det hevdet at i alle eksperimenter som hadde blitt utført finnes det en relasjon eller affinitet som gjør at noen prinsipper eller forbindelser kan slå seg sammen og andre ikke kan det.²⁵

På siste halvdel av 1700-tallet var Newtons idéer om hvordan stoffer kombineres til nye stoffer med gravitasjonslov som grunnlag for kjemisk tiltrekning på vei inn i Frankrike.²⁶ Dette gjorde affinitetstabellene mer relevant. I 1776 forsøkte Louis-Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) å kvantifisere de mekaniske kreftene for affinitet, etterfulgt av flere andre. I 1778 kom Pierre Macquer (1718-1784) fram til at det ikke var separate lover for kjemisk affinitet og gravitasjon. Dette impliserte at gravitasjonsteorien derfor kunne brukes om det bare var mulig å finne formen på partiklene.²⁷

Den svenske kjemikeren Torben Bergmann publiserte mellom 1775 og 1783 affinitetstabeller som et resultat av en enorm mengde eksperimenter. Flere tusen kjemiske reaksjoner ble satt i system. De kjemiske egenskapene til et stoff hadde sammenheng med hvordan og med hvilke byggeklosser stoffet var bygd opp av, og identiteten til byggeklossene var definert fra hvilke kjemiske reaksjoner som var mulig å gjøre med denne spesifikke byggeklossen. Bergmann hadde derfor interesse av absolutt alle reaksjoner, og dette gjorde at han så flere avvik i mønstre av reaksjoner som andre ikke så.²⁸

²⁴Levere, (2001), side 45-47

²⁵Levere, (2001), side 47

²⁶Levere, (2001), side 48; Levere, (2001), side 11-13; Bensaude-Vincent, 1996, side 67-69

²⁷Bensaude-Vincent, 1996, side 68; Levere, (2001), side 48

²⁸Bensaude-Vincent, 1996, side 69-70

Flere typer luft

Mellom 1750 og 1780 skjedde det store oppdagelser innen pneumatisk kjemi (gasskjemi) som skulle få stor betydning.²⁹ Men pneumatisk kjemi hadde også blitt studert før denne perioden – alkymisten Johan Baptista von Helmont (1579-1644) var en av de første som studerte gasser. Han kom fram til at det han med sin terminologi kalte «gasser» skilte seg fra andre stoffer ved at de var kaotiske substanser, som «ikke kan lagres i en beholder og heller ikke reduseres til en synlig substans». Han klarte i 1648 å identifisere en gass som han kalte «spiritus silvestris», som vi dag kjenner som karbondioksid. Denne gassen ville, i motsetning til «vanlig luft», ikke brenne.³⁰

Men Van Helmont var et unntak fra sin generasjon – før 1700-tallet hadde luft oftest blitt sett på som et grunnstoff av kjemikere og alkymister. På 1700-tallet hadde derfor Helmont sin oppdagelse blitt glemte.³¹ Med Stephen Hales (1677-1761) sin oppfinnelse av den pneumatiske trakten på første halvdel av 1700-tallet ble det mulig å samle opp og undersøke gasser.³² Flere kjemikere begynte derfor å samle opp og undersøke lufta, og i løpet av 1700-tallet ble det oppdaget flere nye typer «luft».

Stephen Hales foreslo at lufta var kjemisk aktiv, og ikke inert, slik mange kjemikere på 1600-tallet antok. Hales observerte at lufta kunne reagere med eller binde seg til andre stoffer. Dette ble undersøkt av den skotske kjemikeren Joseph Black (1728-1799). Black fant ut at han ved å varme en form for magnesiumkarbonat³³ fikk en ny type luft som han kalte for «bundet luft».³⁴ Han begynte også å bestemme egenskapene til nye gasser³⁵ ved å studere deres reaksjoner med baser og syrer.³⁶

²⁹Bensaude-Vincent, (1996), side 44

³⁰Bensaude-Vincent, (1996), side 26-27; Mierzcki, (1991), side 69-70

³¹Mierzcki, (1991), side 70

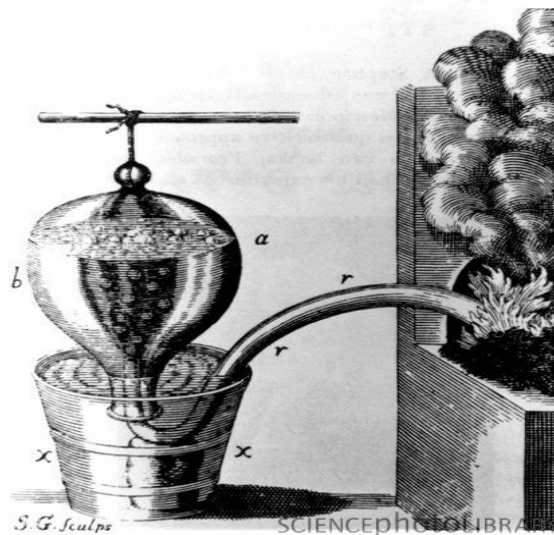
³²Ihde, (1984), side 21

³³Engelsk: Magnesia Alba

³⁴Karbondioksid

³⁵For enkelhets skyld: kaller alle nye typer "luft" gasser fra nå av

³⁶Bowler & Morus, (2005), side 61-63; Ihde, (1984), side 33-38



Figur 1: Den pneumatiske trakten³⁷

En kjent metode for å undersøke om en væske var en syre hadde vært å helle den på metaller, noe som ga en slags «brusing». Henry Cavendish (1731-1810) kom fram til at denne «brusingen» ga en gass som var mye lettere enn luft, og som kunne lages ved å helle flere ulike syrer på flere ulike metaller. I 1766 klarte Cavendish å identifisere denne gassen, som i mange år var kjent som «brennbar luft». "Brennbar luft" hadde vært kjent siden Boyles tid, men det hadde vært mye forvirring rundt hva den var. Cavendish tolket sin oppdagelse ut ifra flogistonteorien, og kom fram til at gassen måtte være flogiston i ren form.³⁸

Men når det kom til å oppdage nye gasser på 1700-tallet var hovedpersonen engelskmannen Joseph Priestley (1733-1786). Av de mest kjente gassene han oppdaget var dinitrogenoksid, også kjent som lystgass, og det han kalte deflogistigert luft; oksygen. Priestley brukte flogistonteorien som teoretisk fundament for de nyoppdagede gassene, og trodde egenskapene deres skyldtes varierende mengde flogiston for de ulike gassene. Han var av den oppfatning at gassen som Black hadde oppdaget³⁹ inneholdt store mengder flogiston, og at atmosfærisk luft inneholdt minst av alle. Han endret sin oppfatning av atmosfærisk luft i 1775, da han i 1774 hadde gjort en bemerkelsesverdig oppdagelse; ved å varme kvikksølv malm kunne han produsere en type gass som inneholdt lite eller ingen flogiston.⁴⁰ Han kalte som en følge av dette gassen han hadde oppdaget for deflogistigert luft.⁴¹ Den

³⁷Science Photo Library Ltd, 2013

³⁸Ihde, (1984), side 38-39

³⁹Karbondioksid

⁴⁰Oksygen

⁴¹Bowler & Morus, (2005), side 63-64

svenske kjemikeren Carl Scheele hadde tidlig i 1770-årene også klart å isolere den samme gassen, og han beskrev den som "ildluft". Men dette ble ikke publisert før flere år senere.⁴²

I oktober 1774 besøkte Priestley franskmannen Antoine Lavoisier (1743-1794) i Paris, og fortalte ham om sitt eksperiment med reduksjon av kvikksølv malm som ga en gass med lite eller ingen flogiston. Lavoisier bestemte seg for å prøve dette forsøket selv, men var foreløpig ikke i stand til å tilføye noe til oppdagelsen.⁴³

Et relevant vektproblem

Antoine Lavoisier kom fra et velstående middelklassehjem, og ble utdannet i kjemi med flogistonteorien som basis. Allerede i 1760-årene hadde Lavoisier begynt å skaffe seg et navn, og fra og med 1770-årene var han høyt respektert blant franske kjemikere.⁴⁴

I 1772 begynte Lavoisier å undre seg over flogistons egenskaper mens han utforsket kalsinering. Hovedspørsmålet han stilte seg var: Hvorfor øker vekten til et metall når det blir kalsinert? Spørsmålet hadde vært kjent lenge, men av ulike grunner ikke sett på som viktig, eller det hadde blitt besvart på andre måte. I følge flogistonteorien innebar kalsinering at et stoff avgav flogiston. Var det da ikke logisk at vekten skulle minke? Guyton de Morveau hadde nettopp uttalt at dette fenomenet kunne skyldes at flogiston var lettere enn luft, og at et stoff derfor ville bli lettere om det ble tilført flogiston.⁴⁵

Lavoisier ville finne ut av dette. Etter to eksperimenter der reaksjonene foregikk i lukkede beholdere fant han ut at vekten av beholderne var uendret etter at forsøkene var gjennomført. Han konkluderte med at vektøkningen måtte komme fra luft som ble bundet til metallet. Overbevist om at han hadde gjort en revolusjonerende oppdagelse sendte han et forseglet brev til akademiet i Paris der han hevdet at denne oppdagelsen var "en av de mest interessante siden Stahl". Men saken var ikke så enkel. Observasjonen av at det hadde skjedd en vektøkning ved kalsinering hadde blitt gjort før, blant annet av Robert Boyle, og ble ikke regnet som avgjørende for flogistonteoriens liv eller død.⁴⁶

Lavoisier hadde i 1772 rett og slett ikke midlene han behøvde, og heller ikke en intensjon om å

⁴²Bensaude-Vincent, (1996), side 79-80; Bowler, (2005), side 67

⁴³Bensaude-Vincent, (1996), side 79-81

⁴⁴Bowler & Morus, (2005), side 67

⁴⁵Bensaude-Vincent, (1996), side 82

⁴⁶Bensaude-Vincent, (1996), side 82-83; Ihde, (1984), side 29

motbeviser flogistonteorien – enda. Det første forsøket på å velte flogistonteorien ble heller ikke gjennomført av han. Lavoisier var altfor opptatt med å eksperimentere, blant annet med kalsinering, syrer, respirasjon og bestanddelene i vann. Hans første angrep på flogistonteorien kom i 1777, under en forelesning på akademiet i Paris. Men tilhørerne lot seg ikke overbevise av Lavoisier. Lavoisier hadde i sin forelesning hevdet at i stedet for en dekomposisjon der flogiston ble frigitt når noe ble forbrent, skjedde det en kombinasjon mellom stoffet og en del av lufta som førte til at det ble frigitt en "ild-substans". Nå som flogiston ikke kunne forklare brennbarhet lenger, måtte det være en substans som forklarte varme, ild og lys. Denne substansen var i følge Lavoisier kalorik – varmestoff.⁴⁷

Vann ble etter hvert et annet av flogistonteoriens problemer. I 1781 hadde Henry Cavendish oppdaget at det ble dannet dugg når han brente "brennbar luft" med "deflogistigert luft" i en lukket glassbeholder. Cavendish og Priestley forsøkte begge å forklare dette med flogistonteorien. Cavendish mente at "deflogistigert luft" var "deflogistigert vann", mens Priestley mente "brennbar luft" var vann overmettet med flogiston. Lavoisier hadde i flere år forsøkt å vise at en reaksjon mellom "antennelig luft" og "deflogistigert luft" ga en syre. Da han fikk høre om resultatet av Cavendish' eksperiment gjennom sin assistent, bestemte han seg for å forsøke å gjennomføre det selv. Han kom fram til en annen konklusjon enn Cavendish og Priestley - han konkluderte med at vann ikke var et grunnstoff, men bestod av "brennbar luft" og "deflogistigert luft".⁴⁸

I 1780-årene begynte Lavoisier et nytt prosjekt - å gi alle de nye gassene navn uten henvisning til flogiston.⁴⁹ Lavoisier hadde i 1776 gitt «deflogistigert luft» nytt navn – oksygen – og med dette forlatt flogistonteorien. Lavoisier hadde lagt merke til at substanser som ble dannet ved kombinasjon av metaller eller karbon og oksygen var sure. Han konkluderte derfor med at oksygen var prinsippet for surhet, og oksyngass bestod av oksygen og kalorik. Ved forbrenning av et metall ble oksygen bundet til metallet og dannet en sur kalk, mens kalorik ble frigitt som varme. Lavoisier kunne også forklare hvorfor det ble frigitt «antennelig luft» i reaksjonen mellom en syre og et metall: Den antennelige luften kom fra vann, som syren i reaksjonen var fortynnet med.⁵⁰ Lavoisier kalte senere «antennelig luft» for «hydrogen», som betyr «vann-dannende».⁵¹

⁴⁷Bensaude-Vincent, (1996), side 83-85

⁴⁸Bensaude-Vincent, (1996), side 81-82

⁴⁹Bensaude-Vincent, (1996), side 82

⁵⁰Bowler & Morus, (2005), side 69

⁵¹Levere, (2001), side 64

Nomenklatur - viktigheten av å snakke samme språk

Ut over 1700-tallet hadde det vokst fram en økende misnøye med navnsettingen i kjemi. Nye forbindelser kunne bli navngitt både ut ifra oppdageren, sted eller land oppdagelsen hadde blitt gjort i, medisinske effekter og ut ifra metoden som ble brukt ved preparering. Mange ønsket å kvitte seg med de mytologiske referansene fra alkymien. Det var også flere navn på samme forbindelse og samme navn på flere forbindelser. Dette var en økende kilde til misforståelser og frustrasjon i miljøet.⁵²

I mai 1782 ga Guyton de Morveau (1737-1816) ut «Mémoire sur les dénominations chimiques». Hensikten med dette prosjektet var å reformere den kjemiske nomenklatur slik at kjemikere kunne få sitt eget analytiske språk.⁵³ de Morveau var inspirert av svensken Carl von Linné (1707-1778), kjent som taksonomien far⁵⁴, og ønsket å systematisere kjemien på samme måte. Guyton var i likhet med Linné ikke av den oppfatning av at systemet han hadde laget var et naturlig system, men at det likevel skulle avsløre "tingenes natur".⁵⁵ Det viktigste for de Morveau var å forenkle kommunikasjon. Han systematiserte ut ifra prinsippet om at enkle substanser skulle ha enkle navn, og at forbindelser skulle ha navn som sa noe om deres oppbygning. Om forbindelsens sammensetning var ukjent, burde navnet være uten betydning.⁵⁶

Det var i dette klimaet og på slutten av denne tidsperioden, rett før den franske revolusjon, at Guyton de Morveau i januar 1787 befant seg på vitenskapsakademiet i Paris. Her lot Guyton seg overbevise av Lavoisier, som hadde mektige medhjelpere i blant annet Antoine Fourcroy (1755-1809) og Claude Berthollet (1748-1822). I løpet av noen få uker hadde Guytons prosjekt fra 1782 blitt endret slik at det kunne tjene som et «våpen» i striden med flogistontilhengerne. Ordet «flogiston» var fjernet, og inn var begrep som «hydrogen» (vann-dannende) og «oksygen» (syre-dannende) kommet. Lavoisier hadde også klart å danne en faglig bakgrunn for den nye nomenklaturen som baserte seg på at ord, fakta og ideer var tre sider av samme sak, og at et godt språk ga god vitenskap – lingvistisk og kjemisk tradisjon var kun med på å skape feil og fordommer. En nomenklatur som gikk fra det enkle til det komplekse hevdet han derfor ville være til stor hjelp for kjemikere.⁵⁷

⁵²Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, (2003), side 176; Bensaude-Vincent, (1996), side 46-47

⁵³Cambridge University Library, 2009-2012

⁵⁴Gregory, 2008, side 250

⁵⁵Gregory, 2008, side 249; Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, (2003), side 177

⁵⁶Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, (2003), side 176-178

⁵⁷Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, (2003), side 176-177

Etter seks måneder var Guytons originale prosjekt radikalt endret. Nomenklaturen var strukturert som et alfabet der 33 enkle substanser var delt opp i fire grupper:

- I. Enkle substanser hjemmehørende i naturen
- II. Ikke-metalliske, oksiderbare, ikke syrefaste enkle substanser
- III. Metalliske, oksiderbare, ikke syrefaste enkle substanser
- IV. Jordlignende, enkle substanser som det var mulig å lage salter av

«Grammatikken» bak denne nomenklaturen var basert på en dualistisk teori, der det ble antatt at kjemiske forbindelser var dannet fra to sammensatte grunnstoffer eller «radikaler».⁵⁸

Den nye nomenklaturen viste seg dog å ha en del svakheter, men Lavoisier var opptatt av at nomenklaturen skulle støtte opp om hans teorier. Et eksempel på dette ble oppdagelsen av saltsyre, da denne oppdagelsen ga grunnlag for å anta at oksygen ikke var nødvendig for å lage en syre. Oksygen skulle derfor ut ifra dette systemet ha fått nytt navn, noe som ikke skjedde.⁵⁹

Men ikke lenge etter introduksjonen av den nye nomenklaturen gikk utviklingen mer i retning av at lukt, farge, geografi og mytologi ble brukt som basis for navn på nye grunnstoff og forbindelser igjen. Nasjonalismen som preget Europa på 1800-tallet ga også opphav til navn på noen stoffer – som gallium og germanium. I tillegg fikk latin sin reintroduksjon med et nytt system laget av svensken Jöns Jacob Berzelius (1779-1848) på 1800-tallet.⁶⁰

Guyton sitt forsøk på å lage en ny nomenklatur kan sies å være vellykket, mye takket være oversettelsen til Akademiet i Dijon, *Encyclopédie méthodique*⁶¹ og Guytons kontaktnett. Rundt 1800 var denne nomenklaturen stort sett godtatt rundt om i Europa, med enkelte språklige modifikasjoner.⁶²

Lavoisiers manifest

I sin bok *Traité Élémentaire de Chimie* (1789), redegjorde Lavoisier for den teoretiske bakgrunnen for den nye kjemien. I denne boken ble nomenklaturen presentert, kjemi ble forklart ut ifra oksygenteori, og massebevaringsprinsippet i en reaksjonen ble understreket – den samlede massen

⁵⁸Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, 2003, side 178;

⁵⁹Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, 2003, side 180

⁶⁰Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, 2003, side 180-181

⁶¹Det siste og største av de store franske encyclopediene på 1700-tallet

⁶²Bensaude-Vincent, B, ed. Nye, M.J, (2003), side 179

til reaktantene var den samme som hos produktene. Begrepet kalorik ble også forklart som årsaken til varme og lys i mange kjemiske reaksjoner.⁶³

I opplysningstidens ånd var kvantifisering og nøyaktig måling for de fleste franske naturfilosofer nøkkelen til fremskritt innen vitenskapen. For Lavoisier og hans medhjelpere var dette selve grunnlaget for bevis innen kjemi. Hans empiriske og nøyaktige tilnærming kan bidra til å forklare at dette systemet ble bedre mottatt i Frankrike enn i for eksempel Tyskland, der kjemien på den tiden var mer basert på teori enn empiri. For en del av de franske tilhengerne var hendelsene i denne perioden en del av en større sammenheng - en slags manifestasjon av at "opplysningen" var fullendt.⁶⁴

En av Lavoisiers medhjelpere, Antoine Fourcroy, karakteriserte Lavoisiers rolle i forhold til de engelske bidragene (Priestley og Cavendish) i en artikkel skrevet i 1796, etter Lavoisiers død i 1794. Selv om han anerkjente oppdagelsene til de britiske aktørene, anklaget han dem for å mangle en forståelse av hva som skjedde i reaksjonene, og for å mangle teorier som kunne danne et grunnlag for å forklare helheten. Han hevdet også at Lavoisier hadde gjort kjemi om til en helt ny vitenskap, og at forklaringen lå i tre enkle faktorer - systematisk eksperimentering, teknologiske fremskritt som nøyaktige vekter og kalorimeteret som Lavoisier hadde oppfunnet for å måle mengden kalorik, i tillegg til et teoretisk forklaringsgrunnlag.

Dette gjorde i følge Fourcroy Lavoisier i stand til å lage en enkel teori ut ifra en enorm mengde med informasjon, og derfor ble kjemi «en helt ny vitenskap, veldig forskjellig fra hva den hadde vært tidligere».⁶⁵

Moderne kjemi?

I følge Bowler og Morus kan spørsmålet om den kjemiske revolusjon fant sted, vurderes ut ifra hvilken relevans og i hvor stor grad Lavoisier og hans medhjelperes nye rammeverk for kjemi ble mottatt av aktørene innen kjemi i den påfølgende tiden. På begynnelsen av 1800-tallet hadde de aller fleste forlatt flogistonteorien, men det var også få som fullt og helt dedikerte seg til det nye systemet. Blant annet hadde engelskmannen Sir Humphry Davy gjennom nye eksperimenter sådd sterk tvil om oksygen i virkeligheten var en "syre-danner", da han oppdaget at (det vi idag kaller) saltsyre er en syre uten oksygen. Han tvilte også på Lavoisiers kalorik, og hevdet i stedet at varme

⁶³Ihde, (1984), side 78-80

⁶⁴Bowler, (2005), side 71-72

⁶⁵Beretta, (1992), side 5-6

var en form for bevegelse.⁶⁶

Lavoisier hadde i liten grad gått inn på grunnstoffenes natur, og la ingen annen mening i kjemiske grunnstoffer enn at de var substanser som man ved kjemisk analyse ikke hadde klart å bryte ned til enda mindre deler. Dette skulle snart endres med engelskmannen John Dalton (1766-1844) – han knyttet en bestemt type atom til hvert grunnstoff og prøvde å finne massen til hver enkel type atom.

⁶⁷

Det hadde under det som har blitt omtalt som den kjemiske revolusjon blitt etablert et nytt system der forbrenning og oksidasjon ikke lenger ble forklart med flogiston. Grunnstoffene som hadde sin bakgrunn helt tilbake til antikken – med alle varianter som hadde oppstått i mellomtiden – var også utradert. Systemet baserte seg også på at den samlede massen i en reaksjon var konstant, og det var et nytt system for klassifisering. Nøyaktige målinger, metodisk rasjonalisering og empiriske bevis hadde fått solid fotfeste. Det hadde også kommet et nytt system for navnsetting som på en del punkter fungerte i lengre tid.

Utviklingen fram mot dette tok som vi har sett veldig lang tid, og kanskje innså Robert Boyle at det fortsatt var et godt stykke igjen da hans korpuskelfilosofi ikke var til noen praktisk hjelp og heller ikke kunne gi noe annet enn filosofiske eller metaforiske forklaringer. En kan lett hevde å hevde at utviklingen ble bremsset av inspirasjonen og opphøyningen av antikkens filosofi og religiøs innflytelse, men samtidig var denne bakgrunnen på mange måter en god start for en vitenskapelig tilnærming til naturen.⁶⁸

Det teoretiske fundamentet for kjemi var uten tvil radikalt endret. Men det var også mye som enda var ubesvart og deler som ikke ble forsøkt besvart, men som fortsatt skulle stå ubesvart i lang tid.

⁶⁶Bowler & Morus, (2005), side 71-72

⁶⁷Bowler & Morus, (2005), side 72-73

⁶⁸Beretta, side 4

Fra Lavoisiers kjemi til organisk kjemi

I denne delen skal jeg ta for meg utviklingen av organisk kjemi på 1800-tallet etter det som tradisjonelt har blitt omtalt som den kjemiske revolusjon. Organisk kjemi og uorganisk kjemi ble ikke tatt i bruk som begrep før omtrent 1820. Tida fram mot slutten av 1800-tallet medførte oppdagelser som gjorde at det innen organisk kjemi ble mulig å forstå og forutse reaksjoner på en helt annen måte. Organisk kjemi ble derfor på slutten av 1800-tallet regnet som et fagområde med store muligheter hvor nye oppdagelser ble gjort i stort tempo, spesielt innen fargestoffindustri og farmasøytisk industri. Jeg skal her ta for meg utviklingen i tida etter den kjemiske revolusjon og fram til 1900, og se på bakgrunnen for at dette ble mulig. Jeg skal også kort ta for meg utviklingen innen organisk kjemi på 1900-tallet, deriblant utviklingen innen mekanistisk organisk kjemi på midten av 1900-tallet og teknologiske framskritt dette medførte.

Bidrag fra plante- og dyrekjemi - og myten om vitalismen

Organisk kjemi ble ikke tatt i bruk som begrep før omtrent 1820. Rundt 1800 skilte kjemikere mellom mineral-, dyre- og plantesubstanser. På den tiden mente også en del kjemikere at substanser fra plante- og dyreriket hadde en spesiell kraft som gjorde dem "levende", og at de derfor ikke fulgte de samme reglene som substanser fra mineralriket - en slags "vitalisme". Dette synet hadde sin bakgrunn fra ideer helt tilbake til Georg Stahl sin tid. Stahl var av den oppfatning at levende organismer hadde en slags "vital kraft" som gjorde dem i stand til å motstå forråtnelse. Døde organismer mistet denne kraften, og deres forråtnelse kunne dermed forklares med de kjemiske lovene som gjaldt for substanser fra mineralriket.⁶⁹

Det vi idag regner som organiske forbindelser ble på 1700-tallet kategorisert under "plantekjemi" og "dyrekjemi" og navngitt ut ifra sin opprinnelse og observerbare egenskaper.⁷⁰ Plante- og dyrekjemien bestod av substanser det var mulig å ekstrahere fra planter og dyr, særlig de man mente hadde farmasøytisk verdi. Anatomien hos plantene og annet observerbart av dyrs og planters ytre trekk ble også regnet som relevant i forhold hvilke egenskaper ekstrakter fra disse hadde. Man kunne for eksempel anta at om en plante hadde fysiske trekk som minnet om utformingen av et organ, kunne denne planten være nyttig som medisin mot lidelser man antok hadde med dette organet å gjøre.⁷¹

⁶⁹Levere, (2001), side 33, 95

⁷⁰Klein et. al., (2003), side 131

⁷¹Ihde, (1984), side 161-162

Utfordringer i forhold til substanser fra plante- og dyreriket

En viktig årsak til at utviklingen av organisk kjemi skjedd etter den kjemiske revolusjon var tilgangen til rene forbindelser. For det første er uorganiske grunnstoff og forbindelser generelt lettere å isolere enn organiske forbindelser. Rene metaller, oksider og mineraler kan mange steder utvinnes fra malm. Uorganiske grunnstoffer, som for eksempel svovel, fantes enkelte steder tilgjengelig i ren form. Atmosfæriske gasser kan isoleres, og andre gasser, som hydrogen, kan også framstilles i bortimot ren form. Summen av tilgangen på uorganiske grunnstoffer og forbindelser i tilnærmet ren form gjorde det enklere å bestemme riktig kjemisk formel på uorganiske forbindelser enn for organiske forbindelser.⁷²

Naturlig forekommende organiske forbindelser er derimot ikke så lett tilgjengelig, og må isoleres fra plante- og dyrematerialer. Komplekse og store organiske molekyler krever også helt andre metoder enn de som først ble brukt til analyse – på 1700-tallet var destillasjon hovedsaklig den analytiske metoden som ble brukt for å analysere plantemateriale, men ekstraksjon og fraksjonert krystallisasjon var også i bruk for å analysere destillat. Destillasjon av plantemateriale ga gjerne en svart, fast rest som i liten grad varierte mellom ulike plantematerialer, men det var forskjeller når det kom til egenskaper og mengde destillat. Variasjoner i forholdene destillasjonen ble utført under kunne gi store forskjell i resultatene. På bakgrunn av dette ble 1700-tallets kjemikere tvunget til å standardisere de analytiske prosedyrene sine.⁷³

En faktor som spilte inn i forhold til at organiske forbindelser ble kartlagt senere enn uorganiske forbindelser er også den lave atomvekten til hydrogen. På 1700-tallet begynte det å bli ganske klart at alle organiske forbindelser var karbonforbindelser, og at de bestod av hydrogen og gjerne også oksygen og nitrogen. Et typisk organisk molekyl som ble forsøkt isolert fra plante- eller dyremateriale er ofte et veldig komplekst molekyl med lange rekker karbonatomer og høy molekylvekt. Store organiske molekyler har som en følge av dette også en stor mengde hydrogenatomer. En liten feil i vektanalysen vil derfor føre til en betydelig feil i antall hydrogenatomer. Et typisk uorganisk molekyl er derimot satt sammen av et eller noen få atomer som er mye tyngre enn hydrogen. En liten feil i beregning vektberegning vil da spille mindre rolle og ha mindre sannsynlighet for å gi en feil molekylformel.⁷⁴

Det var altså mange utfordringer kjemikere støtte på som gjorde at organisk kjemi ikke ble et særlig

⁷²Levere, (2001), side 95-96

⁷³Levere, (2001), side 95-97

⁷⁴Levere, (2001), side 95-97, 130-131

forutsigbart og forståelig fagområde før mot slutten av 1800-tallet. Vi skal se på noen av teoriene og oppdagelsene som fikk betydning for utviklingen.

Fundamentale teorier etter 1800

Grunnstoffer, gasser og atomvekter

På slutten av 1700-tallet forsøkte kjemikere å bygge videre på restene av 1600-tallets korpuskelteori. Mange kjemikere var inspirert av Lavoisiers nye teoretiske fundament for kjemi, men de fleste tok ikke hensyn til relativ vekt.⁷⁵ Dette skulle endre seg i løpet av relativt kort tid. I tiden etter Lavoisier sin *Traité* var det en økende aksept for kvantitativ analyse,⁷⁶ noe som skulle få stor betydning i løpet av få år.

Engelskmannen John Dalton er kanskje mest kjent for sitt arbeid med gasser, men han gjorde også en formidabel innsats når det kom til etableringen av en teori om reelle atomer og i forhold til det som etter hvert skulle bli en teori om valens. I motsetning til Lavoisier mente han at atomer var reelle.⁷⁷ Dalton hadde bakgrunn fra meteorologi, noe som gjorde at han interesserte seg for gasser og damptrykk.⁷⁸ Disse eksperimentene ledet ham etter hvert fram til det vi idag kjenner som "Daltons lov" i 1801, som sier at trykket til hver enkelt gass i en gassblanding er uavhengig av trykket til de andre gassene, og at det totale trykket er lik summen av trykket til hver enkel gass i blandingen. I 1803 forsøkte han for første gang å regne ut atomvekter. Ikke lenge etter formulerte han sin lov om flerproporsjonalitet, etter at han hadde observert at metan ble bundet til dobbelt så mye hydrogen som eten. Han ga metan og eten henholdsvis formlene CH_2 og CH .⁷⁹

Daltons atomteori skilte seg fra tidligere korpuskelteori ved at den antok at hvert grunnstoff bestod av en bestemt type atomer. Korpuskelteori hevdet derimot at alle atomer var like.⁸⁰ Dalton argumenterte for at grunnstoffer alltid ville binde seg til andre grunnstoffer på enklest mulig måte. For eksempel mente han at siden det bare var én kjent kombinasjon av vann og oksygen, måtte vann være en binær forbindelse bestående av ett atom oksygen og ett atom hydrogen. Atomteorien hans

⁷⁵Ihde, (1984), side 101-102

⁷⁶Ihde, (1984), side 122

⁷⁷Lavoisier hadde en pragmatisk tilnærming til grunnstoffer, og mente de ikke hadde noe med atomer å gjøre - de var rett og slett stoffer som kjemikere ikke hadde klart å bryte ned til mindre deler.

⁷⁸Levere, (2001), side 81-83; Bensaude-Vincent (1996), side 72-73

⁷⁹Ihde, (1984), side 104-106; lov om flerproporsjonalitet: forholdet mellom komponentene i en forbindelse er heltallige

⁸⁰Bowler & Morus, (2005), side 73

ble kjent gjennom hans *New system of Chemical Philosophy*, der det første volumet ble gitt ut i to deler i 1808 og 1810, og det andre volumet kom i 1827. I det første volumet brukte han sine antakelser til å regne ut de relative atomvektene for Lavoisiers grunnstoffer. Blant annet kom han fram til at forholdet mellom hydrogen og oksygen var en til sju - med andre ord veide et oksygenatom i følge Dalton sju ganger så mye som et hydrogenatom.⁸¹

Elektrokjemi og elektrodualisme - de første skritt mot klassifisering av organisk kjemi

Sir Humphry Davy (1778-1829) blir regnet som grunnleggeren av elektrokjemi. Annonseringen av oppdagelsene av voltasøylen⁸² og elektrolyse i 1800 inspirerte Davy til å eksperimentere med disse fenomenene fram til 1810.⁸³ Han konkluderte ut ifra disse eksperimentene med at kjemisk affinitet og elektrisk tiltrekning er forskjellige utslag av den samme kraften. Han foreslo også at det vi idag kjenner som elektropositivitet eller elektronegativitet hos substanser kunne rangeres ut ifra hvordan de responderte på elektrisitet. Som en følge av dette, ble det også naturlig å tro at elektropositive og elektronegative substanser ville kombineres med hverandre.⁸⁴

Elektrodualisme var et begrep som skulle få stor betydning for forståelse og klassifisering innen organisk kjemi på første halvdel av 1800-tallet. Svensken Berzelius blir regnet som grunnleggeren av elektrodualismen, som i stor grad var inspirert av elektrokjemien. I likhet med Davy innså Berzelius betydningen av elektronegativitet og -positivitet. Oksygen var for Berzelius det mest elektronegative grunnstoffet, og alle andre stoffer ble rangert ut ifra det.⁸⁵

Hvert grunnstoff hadde dermed sin egen elektriske ladning. Dette gjaldt også det som ble omtalt som radikaler. Radikaler var stabile grupper med atomer som var uendret gjennom en serie med reaksjoner. I følge teorien til Berzelius bestod hver kjemiske forbindelse av en elektropositiv og elektronegativ del – radikaler – som ble holdt sammen gjennom sin "elektrokjemiske affinitet".⁸⁶

Berzelius' dualismeteori var inspirert av Lavoisier sin oksygenteori, der syrer ble sett på som binære forbindelser av et radikal bundet med oksygen. I mineralsyrer var radikalet et grunnstoff, som for eksempel svovel eller fosfor, mens i eddiksyre var radikalet dannet av karbon og hydrogen som var

⁸¹Bowler, (2005), side 72-73, Ihde, (1984), side 109

⁸²voltasøylen er et sett med galvaniske celler i serie; det første batteriet

⁸³Russell, (2010), side 23

⁸⁴Levere, (2001), side 88-89

⁸⁵Levere, (2001), side 91-92

⁸⁶Levere, (2001), side 92

blitt "syredannet" ved hjelp av oksygen.⁸⁷

Berzelius arbeidet også med nomenklatur, og i 1811 publiserte Berzelius sin nomenklaturreform. Der forsøkte han å klassifisere kjemiske forbindelser og samtidig etablere latin som felles språk for kjemikere. Sannsynligvis var dette arbeidet inspirert av landsmannen Carl Linné, og kanskje også på grunn av språkbarrierene som frustrerte han i hans forsøk på å kommunisere med utenlandske kjemikere.⁸⁸ Med dette arbeidet ble også organiske forbindelser forsøkt klassifisert. De ble beskrevet som "...bygd opp av to eller noen ganger flere brennbare enheter med en mengde oksygen...". Videre hevdet han at "hovedforskjellen mellom disse klassene (organiske og uorganiske) er at (salter) bare inneholder binære kombinasjoner...". Arbeidet med å slå fast dette startet først i 1814, og førte til at det elektrodualistiske systemet i 1817 ble utvidet til også å gjelde for forbindelser vi idag regner for å være organiske.⁸⁹

Berzelius mente at kjemikere måtte gå fra det kjente til det ukjente, og derfor bruke kjente og utprøvde metoder i sine analyser. Berzelius var også av den oppfatning at lovene som gjaldt for uorganisk kjemi også gjaldt for organiske forbindelser, men at det likevel var en "livskraft" til stede som også spilte en rolle i organiske forbindelser.⁹⁰ Han mente derfor at metodene som ble brukt til å undersøke uorganisk kjemi også kunne brukes til å analysere organisk kjemi – med elektrodualismen som det teoretiske fundamentet. Elektrodualismen fungerte best som teoretisk fundament for salter, men med denne teorien var Berzelius i stand til å forutse mange reaksjoner, forklare egenskaper hos forbindelser og klassifisere dem. Dette gjorde at Berzelius på slutten av 1830-årene var blitt den ledende kjemikeren i Europa.⁹¹ I løpet av få år ble flere radikaler oppdaget - noe vi skal komme tilbake til - og denne teorien ble på midten av 1830-tallet av kjemikere sett på som meget lovende.⁹²

Organisk kjemi mellom 1820 og 1840

Perioden mellom 1820 og 1840 var preget av at det var mange flere spørsmål enn svar i organisk kjemi. Myten om vitalismen var i denne perioden for mange kjemikere heller ikke forlatt. Noen har hevdet at vitalismen ble motbevist i 1828 da Friedrich Wöhler (1800-1882) – tysk kjemiker og elev

⁸⁷Melhado, (1981), side 61; Ihde, (1984), side 184

⁸⁸Russell, (2010), side 74, 122, 142

⁸⁹Russell, (2010), side 86

⁹⁰Russell, (2010), side 90; Levere, (2001), side 101

⁹¹Levere, (2001), side 93, 100-101

⁹²Nye, (2003)

av Berzelius – for første gang klarte å gjennomføre en syntese av et naturprodukt.⁹³ Men dette var ikke nok til å overbevise tilhengerne av vitalismen, noe Wöhler innså. Situasjonen var mye mer komplisert, og det var mange forskjellige vitalister med svært ulike syn og motiver. Likevel, dette var en veldig nyttig oppdagelse, da både Wöhler og Berzelius innså at urea og ammoniumcyanat var isomere forbindelser.⁹⁴

Optimisme og usikkerhet

Rocke hevder at myten om vitalismens død ble skapt i 1843 av Hermann Kopp (1817-1892). Kopp spredte i følge Rocke en oppfatning om at Wöhler sin ureasyntese gjorde en endelig slutt på dette synet, men overså hvilken relevans reaksjonen hadde for isomeri.⁹⁵ For det skulle gå 17 år fra syntesen av urea til Wöhler's elev Hermann Kolbe (1818-1884) ble den første til å publisere en totalsyntese, nemlig eddiksyre fra uorganisk karbon og vann ved hjelp av svovel og klor. I mellomtida var kjemikere preget av usikkerhet i forhold til om det noen gang var mulig å skape et mer komplekst molekyl enn det Wöhler hadde gjort.⁹⁶ Mange nye organiske forbindelser ble likevel oppdaget og syntetisert i denne tidsperioden.⁹⁷

Organiske radikaler – starten på slutten for elektrodualisemen

Wöhler og Justus Liebig (1803-1873) gjorde i 1832 en mengde eksperimenter på bitre mandler der de fant det de mente var en forbindelse⁹⁸ som var stabil i nesten alle eksperimentene de gjorde med de bitre mandlene. Denne forbindelsen hadde formel $14C+10H+2O$ når de brukte Berzelius' sine atomvekter. De kalte denne forbindelsen "benzoylradikalet". Benzoyl hydrid (olje fra bitre mandler) kunne skrives $(14C+10H+2O) + 2H$, og de to hydrogenatomene kunne substitueres med 2 kloratomer, mente Wöhler og Liebig. En reaksjon med vann ville føre til en dekomponering av radikalet og produsere saltsyre (fra $2H$ og $2Cl$), samtidig som oksygenet som var frigjort ville kombinere med benzoyl og gi benzosyre. Denne oppdagelsen ga i følge Wöhler grunn til optimisme for organisk kjemi.⁹⁹

Berzelius var begeistret for Wöhler og Liebig sin oppdagelse og var av den oppfatning at dette var

⁹³syntese av urea ved å varme ammoniumcyanat

⁹⁴Rocke, (1993), side 240

⁹⁵Rocke, (1993), side 240

⁹⁶Nye, (2003)

⁹⁷Mierzecki, (1991), side 168

⁹⁸fra tysk: zusammengesetzten Grundstoff

⁹⁹Partington, (1964), side 327-329; Rocke, (1993)

"begynnelsen på en ny tidsalder for plantekjemi". Berzelius innrømmet med dette at et radikal kunne inneholde et oksygen, men dette gikk han senere bort ifra. Som nevnt var oksygen i følge Berzelius sin elektrodualisme det mest elektronegative grunnstoffet, og oksygen som del av et positivt radikal stred sterkt mot hans teori – hele konseptet med et radikal var at det representerte substansen som kombinert med oksygen gir et oksid. I Berzelius sin elektrodualistiske teori fantes kun hydrokarbonradikaler med elektropositive grunnstoffer. Liebig var mer nøktern i sine uttalelser, og konkluderte med at i alle fall noe av oksygenet assosiert med mange organiske radikaler forekom i forbindelse med radikalet, og derfor burde betraktes som en del av radikalet.¹⁰⁰

Som nevnt motiverte oppdagelsen av benzoylradikalet Berzelius til å forsøke og videreutvikle sin egen dualismeteori for å tilpasse seg de nye oppdagelsene.¹⁰¹ Dualismen sto likevel for fall av flere grunner. Én grunn var uklarhet om hvilke stoffer som var radikaler, en annen var om hvor mange atomer de bestod av. Den viktigste grunnen, som også fikk betydning for Lavoisiers oksygenteori om syrer, var oppdagelsen - så langt tilbake som i 1815 - av at klor kunne substituere hydrogen i organiske forbindelser. At to elementer med så ulike egenskaper kunne spille samme rolle var høyst merkverdig og en stor utfordring for tilhengerne av elektrodualismen.¹⁰²

Analytiske framskritt

Et framskritt innen analyse i denne tidsperioden som det er spesielt verdt å nevne, er Liebig sin alkaloidanalyse. I 1831 publiserte Liebig en artikkel der han greide ut om sin nyvinning, et forbrenningsapparat for analyse av organiske forbindelser. Liebigs apparat kunne analysere store organiske molekyler, og hadde hver sin enhet for analyse av karbon, hydrogen og nitrogen. Senere rekonstruksjoner har vist at apparatet ga oppsiktsvekkende gode resultater for karbon og hydrogen, men vesentlig dårligere for nitrogen - noe han også hadde mistanke om selv. Liebig jobbet med ganske rene prøver, og han hadde stor innsikt i at selv små forurensinger kan påvirke resultatet. Mange har ment at apparatet spilte en stor rolle i utviklingen av organisk kjemi, og gjorde at uerfarne studenter kunne utføre relativt nøyaktige analyser. Liebig greide også å oppnå noen forbløffende presise resultater - blant annet for morfin - til tross for problemet med analyse av nitrogen.¹⁰³

¹⁰⁰Partington, (1964), side 50

¹⁰¹Nye, (2003)

¹⁰²Nye, (2003)

¹⁰³Usselman, (2003), side 71-73, 79, 87 ; formelen for morfin avviker med et hydrogenatom når Liebig sin formel divideres med to.

Flere tilnærminger til organisk kjemi

I Frankrike var Lavoisiers "nye kjemi" akseptert som teoretisk grunnlag langt ut over første halvdel av 1800-tallet. Som vi har vært inne på begynte kjemikere etter oppdagelsen av at hydrogen kunne substitueres med klor i HCN i 1815 å stille spørsmål i forhold til elektro-dualismen, men det skulle fortsatt gå 21 år før noen kunne presentere et helhetlig og plausibelt teoretisk alternativ.¹⁰⁴ Det var generelt akseptert at organisk kjemi var i sin spede begynnelse på denne tiden, men til tross for Berzelius' hang til teoretisering var heller ikke han særlig håpefull med tanke på å kunne forklare organisk kjemi teoretisk.¹⁰⁵ Den første teorien av disse var eterin-teorien, forfattet av Dumas og Polydore Boullay. Denne teorien kunne oppsummeres i tre punkter:

1. Alkohol er et dobbelt hydrat av eterin, og eter er et enkelt hydrat av eterin.¹⁰⁶
2. Estere blir dannet fra en eter og anhydridet av en syre
3. Eterin er analog til ammoniakk i og med at den danner analoge forbindelser med syrer

I årene 1833-34 ble Berzelius' teori om stabile og elektropositive organiske radikaler av hydrogen og karbon styrket midlertidig med oppdagelsen etyl-radikalet. Grunnen til dette var at etyl viste seg å være et typisk radikal som passet godt med oppfatningen Berzelius hadde av hva organiske radikaler var – elektropositivt, stabilt gjennom en serie med reaksjoner og bestående av hydrogen og karbon. Nye organiske radikaler - blant annet metyl, acetyl, kakodyl - ble oppdaget i rask rekkefølge, og i en periode i midten av 1830-årene så denne teorien veldig lovende ut som teoretisk grunnlag for framtida.¹⁰⁷

En annen teori som for samtiden virket lovende, var hydrosyre-teorien. Denne teorien hadde også sin bakgrunn i Lavoisier sin teori om at alle syrer hadde oksygen, og hadde blitt utviklet for at syrer uten oksygen skulle passe inn i elektro-dualistisk teori - som for eksempel saltsyre og hydrogenjodid. Dette ble forklart med at klor og jod ble definert som negative grunnstoff - på samme måte som oksygen.¹⁰⁸

I 1820 hadde Humphry Davys protesje Michael Faraday (1791-1867) oppdaget at et kloratom kunne substituere et hydrogenatom i etylen klorid og gi perkloretan – en reaksjon som ble indusert av sollys. Han oppdaget også at volumet av klor som ble bundet tilsvarte volumet av hydrogen som ble frigjort. I 1828 oppdaget også den franske kjemikeren Gay-Lussac at klor, i likhet med brom og

¹⁰⁴Rocke, (1984), side 192

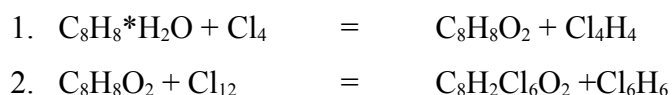
¹⁰⁵Rocke, (1984), side 174

¹⁰⁶eter = dietyleter; eterin = eten

¹⁰⁷Rocke, (1984), side 173-175

¹⁰⁸Rocke, (1984), side 192-193

jod, kunne substituere hydrogen i oljer og voks. En annen fransk kjemiker og tilhenger av Gay-Lussac, Jean-Bapiste Dumas (1800-1884), publiserte i 1834 en utgivelse der han forsøkte å forklare dette fenomenet med utgangspunkt i elektrodualismen. Dumas var tilhenger av eterin-teorien, og forklarte substitusjonen med et eksempel der alkohol ble klorinert og ga kloral, Cl_3CCHO . Alkohol var i følge eterin-teorien en olefin-gass bundet til vann - $\text{C}_8\text{H}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Klorinering foregikk i to steg i følge Dumas, der det første trinnet inkluderte at klor fjernet hydrogen fra olefinet uten at det ble erstattet:



Men denne forklaringen ble ikke spesielt godt mottatt. Spesielt Liebig var skeptisk. Han lyktes - i alle fall midlertidig - under et kort besøk i Paris i 1837 å overbevise Dumas om å forlate eterin-teorien og basere seg på radikal-teorien i stedet. Liebig hadde selv jobbet med substitusjon av hydrogenet som ikke var del av benzoylradikalet, og klarte å substituere det med både oksygen, cyanogen og halogener. Ut ifra dette mente han at hydrogen "bandt seg til andre grunnstoffer på en unik måte." Liebig mente også at formelen til radikalet var $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_2$, noe Berzelius hadde argumentert mot - han mente radikaldelen måtte bestå av hydrokarbonene alene, noe som bedre stemte med hans teori om elektrodualisme.¹⁰⁹

I 1836 skrev den franske kjemikeren Auguste Laurent (1807-1853) en doktoravhandling der han kritiserte elektrodualismen og presenterte en ny teori for systematisering av organisk kjemi. Laurent mente at kjemiske formler skulle uttrykke den totale summen av reaksjoner en forbindelse kunne gjennomgå, men at dette ikke var mulig å representerte med Berzelius sitt system. Som et forslag til løsning på dette problemet foreslo Laurent at kjemiske reaksjoner hovedsaklig ble bestemt av måten atomene var organisert på innad i et molekyl, og han hadde resultater å støtte seg til: Eddiksyre - som hadde et metylradikal - kunne konverteres til kloreddiksyre og trikloeddiksyre når klorgass ble boblet gjennom en løsning av den. Klor, et sterkt elektronegativt grunnstoff, tok plassen til hydrogen, et elektropositivt grunnstoff. Laurent mente det var merkverdig at forbindelsens egenskaper ble endret i så liten grad. Han konkluderte med at dette måtte ha noe med den geometriske oppbyggingen av forbindelsen å gjøre som ikke kunne forklares ut ifra elektrodualistisk teori.¹¹⁰

¹⁰⁹Rocke, (1984), side 193-195

¹¹⁰Levere, (2001), side 101-102

Laurent hadde vært Dumas' assistent da han undersøkte reaksjoner med naftalen i årene 1830-1832. Dette arbeidet ledet Laurent fram til "teorien om fundamentale og avledede radikaler", senere kalt "kjerneteorien". Et "fundamentalt radikal" - som naftalen - kunne gjennomgå en kjemisk endring til sitt "avledede radikal", enten ved substitusjon eller ved addisjon. Den viktigste faktoren i denne teorien var ikke egenskapene til atomene, men deres plassering. Klor kunne for eksempel spille ulike roller avhengig om det var utenfor eller en del av radikalet.¹¹¹

Med sin doktoravhandling hevdet Laurent at fenomene isomerisme, isomorfisme og allotropi indikerte at oppbyggingen av et molekyl har stor betydning for egenskapene. Men Berzelius var den ledende kjemikeren i Europa, og mye mer innflytelsesrik enn Laurent, så Laurent sine hypoteser fikk liten oppmerksomhet i første omgang.¹¹²

Typeteori

Etter å ha oppdaget at det var mulig å klorinere eddiksyre til trikloreddiksyre, begynte Dumas å vurdere om eterin-teorien hadde noe for seg likevel. Han var meget overrasket over at substitusjonen av tre hydrogenatomer med klor i eddiksyre ikke førte til større endringer i egenskapene. Dette ledet han fram til at han i 1840 presenterte tre utgivelser der han redegjorde for grunnlaget for denne teorien. Dumas definerte typer til å være "legemer som blir dannet fra likt antall kjemiske ekvivalenter bundet på samme måte." Men dette bød på problemer. Metansyre ($C_4H_2O_3$) og metyleter (C_4H_6O) var eksempler på to slike forbindelser som oppfylte dette, men hadde likevel svært forskjellige egenskaper. Dumas hevdet da at disse substansene ikke skulle regnes for å høre til samme "kjemiske type", men derimot til samme "mekaniske type" eller "molekylære type", og at en kunne se for seg tre forskjellige typer kjemiske reaksjoner:

1. Substitusjon som ikke endret de kjemiske egenskapene, og dermed ble den "kjemiske typen" uendret
2. Substitusjon som endret de kjemiske egenskapene, noe som endret den "kjemiske typen"
3. Addisjon eller eliminasjon, som ga en ny "mekanisk type"¹¹³

Rocke hevder at det i 1839 var det en slags taus enighet mellom Liebig, Laurent og Dumas om å avvise den Berzelius' elektrodualistiske definisjon av organiske radikaler (kun elektropositive

¹¹¹Rocke, (1984), side 200-201

¹¹²Levere, (2001), side 102-103; allotropi: ulik sammensetning av samme grunnstoff og stoffer med ulike egenskaper; isomorfisme: var kjent fra uorganisk kjemi, der ulike mineraler kunne danne blandingskrystaller med stort sett samme form til tross for at de hadde ulike atomer.

¹¹³Rocke, (1984), side 198-199

grunnstoffer) og heller definere radikalet som den delen av en forbindelse som er uendret i en serie med reaksjoner.¹¹⁴

Laurent møter Gerhardt - rasjonalisering av organisk kjemi

I 1843 møtte Laurent en - i likhet med ham selv - lite anerkjent kjemiker, Charles Gerhardt (1816-1856). De hadde mye til felles, og ble etter kort tid nære venner. Felles for både Gerhardt og Laurent var deres brennende ønske og sterke pågangsmot i forhold til å reformere organisk kjemi, deres kreativitet i forhold til teoretiske idéer og deres nærmest fraværende respekt for autoriteter og aksepterte dogma.¹¹⁵

Laurent og Gerhardt var enige om at organisk kjemi var det mest lovende området innen kjemi, og de mente at Berzelius og hans definisjon av elektrodualisme var til hinder for videre progresjon. I denne perioden ble det oppdaget nye organiske forbindelser bortimot daglig, men et tilfredsstillende system for klassifisering av disse forbindelsene fantes ikke. Dette ville Laurent og Gerhardt forsøke å gjøre noe med. De erkjente at de ikke hadde noen konkret kunnskap om den reelle oppbygningen av molekylens struktur, og at de heller ikke visste hva som skjedde med atomene underveis i kjemiske reaksjoner. De ble derfor enige om at det var nødvendig at de foretok en del generaliseringer ut ifra den kunnskapen de hadde og de antakelsene de mente var mest sannsynlige, slik at de hadde et utgangspunkt å jobbe ut ifra:

- ✓ Substanser med analoge egenskaper har analoge formler bygd opp av ukjente, men analoge atomarrangement
- ✓ Likheter når det kommer til klasser av forbindelser stammer fra lignende, men ukjente atomarrangement
- ✓ Gerhardt foreslo at siden atomarrangementene var ukjente, skulle de holde seg til at analoge formler korresponderte med analoge egenskaper
- ✓ Alle organiske forbindelser kan klassifiseres som fra et av tre følgende enkle uorganiske forbindelser: hydrogen H_2 , H_2O og ammoniakk NH_3 .¹¹⁶

Men de var også uenige om enkelte sider ved organisk kjemi. Gerhardt ga i årene 1844-1846 ut sin første bok, i to volum - "Précis de chimie organique". Her presenterte han sin avvisning av dualismeteorien, og hevdet de organiske radikalene var hypotetiske. Han avviste også rasjonelle

¹¹⁴Rocke, (1984), side 201

¹¹⁵Rocke, (1984), side 202

¹¹⁶Levere, (2001), side 100-105

formler. Dette synet ble ikke delt av Laurent - han fastslo at en del grupper besto gjennom en serie med reaksjoner, som for eksempel fenyl og ammonium. Laurent kritiserte også Gerhardt for å ikke være konsekvent i sin argumentasjon, da han i noen tilfeller antok tilstedeværelse av vann, nitrogrupper, svovelsyre, saltsyre og andre grupper.¹¹⁷

Organiske molekyler får struktur

Organometallisk kjemi

En enkeltperson som i veldig stor grad bidro på flere felt innen kjemi, var Edward Frankland (1825-1899). Han tok sin doktorgrad i 1849 i Marburg på grunnlag av oppdagelsen av en ny type forbindelse - organometaller - og undergruppen dialkylsink-forbindelser. Den store reaktiviteten til organometalliske forbindelser åpnet muligheten for mange nye reaksjoner, spesielt alkyleringer. Faktisk var Franklands dialkylsink-forbindelser *for* reaktive, og potensialet for organometalliske reaksjoner ble først skikkelig utnyttet med Grignard-reagenser (alkyl- eller arylmagnesiumhalider) i 1900.¹¹⁸

Til tross for dialkylsink-forbindelsers høye reaktivitet både med oksygen og vann, klarte Frankland å løse dette ved grundig tørking av apparater og reagenser, og ved å bruke inert atmosfære. Frankland trodde dialkylsink-forbindelsene var radikaler, og mente han med letthet kunne lage flere radikaler. Som en konsekvens av dette mente han det var mulig å lage radikaler ved å substituere elektronegative grunnstoffer som klor og oksygen med metyl, etyl og amylalkyler. Vinteren 1849/1850 reiste han tilbake England, ivrig etter å undersøke reaksjoner indusert av solly, spesielt "jodider av alkoholradikaler" med metaller. Dette arbeidet ga mange interessante funn, mest interessant av alle disse var kanskje det han omtalte som "iodide of stanethylum", C_4H_5SnI , fra tinn og etyl jodid i sterkt solly eller $180^\circ C$. "Iodide of stanethylum" omdannes til "stanethylum" ved behandling med base, fortynnet saltsyre og sink. Hans arbeid har blitt hyllet og referert til av ettertiden.¹¹⁹

En artikkel av D. E. Lewis nevner også utviklingen i Russland og studier av sinkalkyler ved universitetet i Kazan som et viktig bidrag til organometallisk kjemi og etablering av valenskonseptet. Forfatteren hevder her at bidraget er undervurdert, og at den første til å innse

¹¹⁷Rocke, (1984), side 202-204

¹¹⁸Russell, 2010, side 159-160

¹¹⁹Russell, (1996), side 104-106

mulighetene som lå i valenskonseptet var den første av de store russiske organiske kjemikerne, Aleksandr M. Butlerov (1828-1886). Lewis hevder Butlerov var den første til å ta i bruk begrepet "kjemisk struktur", og fra og med 1860 utdypet han sin strukturteori i lærebøker og forelesninger. Butlerov mente aksept av denne teorien var avhengig av i hvilken grad den kunne forutse nye isomere i organiske forbindelser, og følgelig av eksperimentell bekreftelse på dette. I 1863 ga denne tilnærmingen resultater, da den første tertiære alkoholen ble syntetisert, noe som hadde blitt forutsett av Kolbe årevis i forveien. Denne reaksjonen ble senere videreutviklet til en generell metode for syntese av tertiære alkoholer. Reaksjonen ble gjennomført ved behandling av fosgene, COCl_2 , med dietylsink.¹²⁰

Zaitsev sitt arbeid i 1870 og 1880-årene ga blant annet resultater i form av en generell syntese for symmetriske sekundære alkoholer fra etylformat og dialkylsinkforbindelser. Han utvidet senere denne syntesen til usymmetriske sekundære alkoholer, som ble syntetisert ved en reaksjon mellom sink og formatestere med en blanding av dialkylsinkforbindelser til stede. Hans student Egor E. Vagner (1849-1903) utvidet Zaitsev sin syntese videre - etter å ha blitt overført til å assistere Butlerov i stedet - til å gjelde for addisjon av zinkalkylforbindelser til aldehyder. Den generelle syntesen av alkoholer fra alkylsinkhalogener med karbonylforbindelser blir generelt referert til som "Zaitsev-Vagner syntesen". En fordel med denne reaksjonen er at den lettere gir alkoholer fra reaksjoner med allylhalider i forhold til Grignardreagenser, da Grignardreagenser ofte induserer krysskoblingsreaksjoner mellom allylmagnesiumhalidet og et allylhalid nummer to.

En annen innflytelsesrik organisk kjemiker var Sergei Reformatski (1860-1934), som publiserte en metode for preparering av β -hydroksy karbonylforbindelser via α -haloestere i stedet for allylhalider. Denne metoden skulle ikke bli erstattet før i 1980-årene med aldolkondensasjon.¹²¹

Etter 1900 dominerte grignardreagenser organometallisk kjemi, og utkonkurrerte sinkalkylforbindelser på de fleste områder.¹²² Grignardreagenser ble oppdaget i 1899 av Phillippe Antoine Barbier (1848-1922) som en følge av at Barbier i sin studie av terpener ønsket å finne metaller som kunne substituere sink i reaksjoner der metylgrupper skulle introduseres i organiske forbindelser. Sinkforbindelser var, som nevnt tidligere, problematiske på grunn av sin høye reaktivitet med både oksygen og vann. Grignardreagenser danner i kombinasjon med organiske jodforbindelser i vannfri eter et magnesiumorganisk jod-eter-kompleks som kan danne en mengde

¹²⁰Lewis, (2002), side 37-39

¹²¹Lewis, (2002), side 37-39

¹²²Lewis, (2002), side 37-39

organiske forbindelser - hydrokarboner, alkoholer, syrer, ketoner og amider. Det var Barbier som lyktes med å erstatte sink med magnesium, men han dedikerte reaksjonen til sin elev Francois A. V. Grignard (1871-1935), som skrev doktoravhandling om emnet i 1901. Grignard innså hvor stor nytte reaksjonen hadde, og fortsatte sitt arbeid i ettertid av doktoravhandlingen.¹²³

Valens

I følge Russell oppstod teorien om valens som et resultat av typeteori og radikalteori.¹²⁴ Russell hevder også at denne teorien har vært en av de mest fundamentale teorier innen kjemi, men at historien bak denne teorien også er mer omdiskutert. Det er likevel liten tvil om at Edward Frankland og hans organometallkjemi spilte en betydelig rolle. Da han kom hjem til England i 1850 og begynte å eksperimentere med sine alkyhalider i sollys, gikk det ikke lang tid før han begynte å legge merke til "en (..) maksimum kombinasjonsverdi eller -kapasitet hos de metalliske grunnstoffene som ingen før hadde hatt mistanke om".¹²⁵

10. mai 1850 sendte Frankland en publikasjon med sin nye oppdagelse av en maksimum kombinasjonsverdi hos metaller til The Royal Society i London. Beklageligvis ble brevet utilsiktet lagt til side og ikke lest før et år senere. Frankland forsøkte å i sitt arbeid å forsone tilhengerne av radikal-teorien og typeteori. Typeteori på den tiden - i følge Gerhardts seneste formulering - var basert på fire fundamentale typer - vann, saltsyre, ammoniakk og dihydrogen. De var ment å være enhetlige legemer, representert på en praktisk måte for å vise likheter mellom et "medlem av familien" og det den grunnleggende "typen". Typeteorien viste hvordan et molekyl reagerte i stedet for hvordan det var oppbygd, noe som på den tiden var problematisk.¹²⁶

Frankland tok utgangspunkt i det generelle synet på typer, og så for seg en hel mengde uorganiske molekyler som de ekte "typene". Han relaterte dette til de nye organometalliske forbindelsene han hadde syntetisert, og anså dem som derivater av de uorganiske typene. Men han anså også radikaler som metyl og etyl for å være enheter i molekyler, noe som for mange var selvmotsigende. I realiteten antok Frankland hvert syn for å være en analogi, og sa indirekte at begge analogier kunne passe i gitte situasjoner.¹²⁷

¹²³Ihde, (1984), side 335-336

¹²⁴Russell, (2010), side 193

¹²⁵Russell, (1996), side 104-106

¹²⁶Russell, (1996), side 104-106

¹²⁷Russell, (1996), side 104-106

I 1858 publiserte Auguste Kekulé et større verk der han greide ut om sitt syn på atomers natur, med en detaljert diskusjon av karbon, inkludert evnen til å lage bindinger med seg selv. Han understrekte dog at han hadde hentet inspirasjon fra andre kjemikere, inkludert typeteoretikerne, mens Frankland ikke ble nevnt. Kekulé hevdet her at det var nødvendig å "...gå tilbake til grunnstoffene (...) for å se på årsaken til egenskapene hos kjemiske substanser. (...) vi må utlede egenskapene til radikalene på samme måte som hos forbindelsene – fra egenskapene til grunnstoffene." Kekulé observerte at karbonatomer alltid bandt seg til fire monovalente eller to divalente grunnstoffer og konkluderte på bakgrunn av dette med at karbonatomer måtte være tetravalente. Han observerte også at når et karbonatom bandt seg til et annet karbonatom ville begge miste en valens, og den generelle regelen om antall hydrogenatom bundet til n antall karbonatomer kunne uttrykkes med formelen $2n+2$. Kekulé kom også med en ny definisjon av radikaler. Kekulé mente radikaler bestod av et hydrokarbonskjelett i tillegg til alle atomer bundet direkte til dette, bortsett fra det han kalte "typiske atomer" - atomer som var indirekte eller ikke fullstendig bundet til karbonskjelettet, som for eksempel hydrogenatomer bundet til oksygen i alkohol og aminer.¹²⁸

Strukturteori

Levere definerer strukturteori som kombinasjonen av teori om bindinger mellom atomer, grafisk fremstilling og karbonatomets tetravalens. Som vi har sett, var det flere innfallsvinkler til strukturering av organisk kjemi, og spørsmålet om hvordan molekylene var satt sammen og på hvilken måte atomene var arrangert innad i et molekyl var det største hindret for å enes. Men når spørsmålet om valens og binding ble bedre kartlagt i 1860-årene dukket det opp flere modeller for å vise strukturen hos organiske molekyler. Sirkler som overlappet og var borti hverandre, streker, buer og kulepinnemodeller ble utviklet. Mest skepsis var det til kulepinnemodellen - denne modellen viste atomer i tre dimensjoner, noe som på denne tida var utenfor den tidas kjemikere sin forståelse. Bedre mottakelse fikk formler der rette streker ble brukt mellom bokstaver som symboliserte grunnstoffer. Denne fremstillingen viste i hvilken rekkefølge atomene var bundet, noe som var enklere å akseptere.¹²⁹

Det var mye innen organisk kjemi og ellers i kjemi som var uklart i denne tidsperioden, og som bidro til historiens første kjemikonferanse i Karlsruhe i 1860.

¹²⁸Rocke, (1984), side 266-268

¹²⁹Levere, (2001), side 139-141

Kjemikonferansen i Karlsruhe i 1860

Berzelius' og hans elektrodualisme hadde hatt stor betydning for utviklingen innen organisk kjemi, og Berzelius hadde lenge vært den ledende kjemikeren i Europa. Men som vi har vært inne på stod hans elektrodualistiske teori for fall, da det var mye som tydet på at Berzelius med sin definisjon av organiske radikaler ikke stemte.

Historiens første internasjonale kjemikonferanse ble avholdt i Karlsruhe i 1860. Bakgrunnen for denne kongressen var uenighet og uklarhet som preget begrepsbruken innen kjemi, spesielt når det dreide seg om molekylformler og atomvekter. Møtet i Karlsruhe førte indirekte til at man klarte å enes om atomvekter. Perioden fra 1840-årene og fram til Karlsruhe-kongressen hadde vært preget av kaos og uklarhet innen organisk kjemi. Gerhardt og Laurents arbeid hadde delvis bidratt til noe oppklaring, men det var likevel uklarhet i forhold til begrepene typer og radikaler. Oppdagelsen av karbonatomets tetravalens i 1858 og at to karbonatomer kan bindes til hverandre bidro til at Berzelius elektrodualistiske teori falt, og sammen med andre oppdagelser til at det også ble mulig å se på strukturen og bindingsforholdene i organiske molekyler.

Kongressen i Karlsruhe i 1860 omtales idag som en forløper for og prototype på internasjonale møter kjemikere imellom. I 1889 ble de arrangert en internasjonal kongress i Paris med mål om å standardisere nomenklatur og kommersielle analyseprosesser. På oppfølgermøtet i Genève i 1892 ble en rapport om kjemisk nomenklatur lagt fram og godkjent av deltakerne og dannet basis for et nytt organisk nomenklatur.¹³⁰

Den første formelle opprettelsen av et organ for systematisering og standardisering av nomenklatur skjedde i 1919 da UICPA – forløperen for IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) – ble opprettet. UICPA hadde fransk som offisielt språk, men ble etter andre verdenskrig reetablert som IUPAC med engelsk som offisielt språk.¹³¹

Benzen og aromatisk substitusjon

En forbindelse som fikk mye oppmerksomhet på grunn av sin nytte i petroleums-, kulltjære- og fargestoffindustrien var benzen. Strukturen til benzen var det lenge stor uklarhet om. August Kekulé har i ettertid fått æren for strukturen til benzen. I 1865 kom han fram til sin heksagonmodell med alternerende enkel- og dobbeltbindinger, som også er den modellen som fortsatt brukes idag.¹³² I

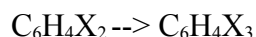
¹³⁰Lykknes & Kvittingen, (2002)

¹³¹Nye, (2003)

¹³²Levere, (2001), side 141

løpet av omtrent 15 år var denne modellen stort sett blitt akseptert.¹³³

Med Kekulé sin heksagonstruktur fikk spørsmålet om isomeri i substituerte benzener oppmerksomhet. I starten ble begrepene orto, para og meta brukt tilfeldig. Blant annet trodde Kekulé at orto-substituerte benzenmolekyler ble dannet fra anilin og metasubstituerte fra *m*-dinitrobenzen. Klarhet i disse begrepene ble etablert av Kekulé sin tidligere assistent Wilhelm Körner (1839-1926), som undersøkte den generelle reaksjonen:



134

Men reglene for substitueringen var ikke kjent. Körner og en annen elev av Kekulé, Hans Hübner (1837-1884), trakk på omtrent samme tid noenlunde like generelle konklusjoner rundt dette temaet - når benzen allerede var substituert med en syre (-COOH, -NO₂, -SO₃H), ville en ny syre hovedsaklig innta *meta* posisjon i forhold til den første syregruppen. En annen som forsøkte å generalisere ut ifra surheten til substituerer, var Emilio Noelling (1851-1922). Han kom i 1876 fram til følgende generaliseringer:

1. Om en nøytral eller svakt sur gruppe har posisjon 1, vil en substituent av typen Cl, Br, I, HNO₃ eller H₂SO₄ innta *para* posisjon, med varierende små mengder der *ortho* posisjon var besatt.
2. Hvis posisjon 1 var besatt av COOH, NO₂, SO₃H ville ovennevnte substituerer innta *meta* posisjon, med små mengder *ortho* og *para* substituerte produkter.¹³⁵

I 1887 foreslo H. E. Armstrong (1848-1937) en ny regel der han fremstilte monosubstituert benzen som C₆H₅-XY_n. Den substituerte gruppen var *ortho/para*-dirigerende hvis X eller Y var monovalent, og *meta*-dirigerende om en eller begge var polyvalent. D. Vörländer (1867-1941) var av en lignende oppfatning, men hadde en noe mer presis formulering. Han fremstilte monosubstituert benzen som C₆H₅E, der effekten av E var bestemt av om den var mettet eller umettet. Umattede substituerer som CN, NO₂, CHO, COOH og SO₃H var *meta*-dirigerende, mens mettede grupper som Cl, Br, CH₃, og CH₂Cl var *ortho/para*-dirigerende.¹³⁶

En definisjon som fikk mer innflytelse ble foreslått av A. Crum Brown og J. Gibson. I en

¹³³Russell, (2010), side 210

¹³⁴Russell, (2010), side 210

¹³⁵Russell, (2010), side 210-212

¹³⁶Russell, (2010), side 214

forbindelse C_6H_5X ble X sin dirigerende kraft definert etter hydridet HX - om det ikke kunne oksideres direkte til HOX , var X *ortho/para*-dirigerende. I motsatt tilfelle var X *meta*-dirigerende. Likevel, det var mange som hadde et ambivalent forhold til denne definisjonen - hva var egentlig en direkte oksidasjon? Senere har også mange av de "umulige" oksidasjonene blitt gjennomført.¹³⁷

Ifølge Wotiz var de første generaliseringene for det meste basert på induktiv empiri, og i mindre grad forsøkt forklart teoretisk. Gibson og Crum Brown innrømte også at deres "regel" ikke var en "lov", siden den ikke kunne relateres til en mekanisme. Verdt å merke seg er at dette var en av de første henvisningene til mekanismer i organisk kjemi.¹³⁸

Kekulé hadde lenge ment at substitusjonsreaksjoner går via en addisjon og danner et mellomprodukt. Nå forsøkte flere å forklare aromatisk substitusjon teoretisk. B. J. Flürscheim (1874-1955) prøvde å lage en teori basert på affinitet, der stoffer som hadde høyere affinitet for karbon, for eksempel klor i forhold til hydrogen, ville senke affiniteten for nabokarbonet til atomene de var bundet til, noe som igjen skulle føre til alternerende svake og sterke bindinger for hvert karbon. A. F. Hollemann (1859-1953) begynte i 1895 et forskningsprogram for å undersøke aspekter ved aromatisk substitusjon. Resultatene hans viste blant annet hvor sjeldne rene *ortho/para*- og *meta*-substitusjoner forekommer, og han sammenlignet styrken av de dirigerende krefter hos substituentene ved å undersøke substitusjonsreaksjonene som forekom hos 1,4-disubstituerte fenyl, blant annet hos 4-klorfenol.¹³⁹

Wotiz hevder at noe av årsaken til de mange uregelmessighetene når det kom til mønsteret for substitusjon kan være at mange hadde en pragmatisk tilnærming temaet og dermed var lite opptatt av teori. Det var også andre forhold ved benzen som var mer verdt å studere enn å forklare dette substitusjonsmønsteret. Nye aromatiske forbindelser ble også syntetisert i høyt tempo, noe som ikke hadde vært mulig uten en solid eksperimentell vitenskap.¹⁴⁰

Stereokjemi

I 1840-årene var atomer i tre dimensjoner utenkelig for de fleste kjemikere. Radikalteorien og typeteori var dominerende, og ga oftest en tilfredsstillende fremstilling av organiske molekyler. Men som vi har sett, dette var i ferd med å endre seg. I 1850- og 1860-årene forsøkte kjemikere å

¹³⁷Russell, 2010, side 215

¹³⁸Russell, 2010, side 216-217

¹³⁹Russell, 2010, side 218-220

¹⁴⁰Russell, 2010, side 221-226

finne en bedre måte å fremstille idéene sine på. I løpet av 1870-årene var strukturformler stort sett akseptert. Jacob Henricus van't Hoff (1852-1911) hadde likevel observert at disse formlene ikke var i stand til å gjøre rede for egenskapene til enkelte isomere forbindelser. I følge strukturformlene - som var to-dimensjonelle - skulle det være to isomere av en forbindelse CHHR_1R_1 , og tre isomere av en forbindelse $\text{CHR}_1\text{R}_2\text{R}_3$. Problemet var at ingen hadde funnet slike isomere. Van't Hoff observerte at "teori stemmer med fakta om vi anser affinitetene (bindingene) hos karbon for å peke mot hvert sitt hjørne av et tetrahedron, med karbonet i sentrum." Videre kom han fram til at et molekyl $\text{CR}_1\text{R}_2\text{R}_3\text{R}_4$ kan danne to stereoisomere - speilbilder av hverandre - ved at to grupper bytter plass i tetrahedronstrukturen. Karbonatomer av denne typen - bundet til fire ulike grupper - kalte han assymmetriske karbonatomer, og de to isomerene enantiomere.¹⁴¹

I et laboratorium kan det være så godt som umulig å skille mellom enantiomere, siden de kjemiske egenskapene oftest er like. Van't Hoff oppdaget at alle karbonforbindelser som i løsning roterer planpolarisert lys innehar et assymmetrisk karbonatom, og at hver enantiomer roterer lyset i motsatt retning i forhold til den andre. Men van't Hoff ble ikke tatt på alvor. Han jobbet på en veterinærskole og publiserte på hollandsk - noe som for tyske, franske og engelske kjemikere var bortimot latterlig. Spesielt krass var kritikken fra Hermann Kolbe, som mente at moderne kjemi led som en følge av "grunnløse spekulasjoner framsatt av juksebakere". Det var også vanskelig for en kjemiker i 1870-årene å se poenget med en teori uten direkte empirisk bevis. En utbredt oppfatning var derfor at optisk aktivitet var en generell egenskap hos en del forbindelser.¹⁴²

Den franske kjemikeren Joseph A. Le Bel (1847-1930) valgte en litt annen tilnærming enn van't Hoff. For det første publiserte han i det ansette *Bulletin of the Chemical Society of France*, noe som ga ham et mye bedre utgangspunkt for å bli tatt på alvor enn van't Hoff. For det andre tok han utgangspunkt i optisk aktivitet – sammenhengen mellom asymmetri og optisk aktivitet var kjent fra før. Le Bel tok for seg høyre- og venstrehåndsformene av assymmetriske krystaller, og viste at de hadde motsatt optisk rotasjon av hverandre. Han endte opp med omtrent samme konklusjon som van't Hoff - et hvert molekyl med fire ulike atomer eller radikaler bundet til et sentralt karbonatom var optisk aktivt om det ikke hadde et symmetriplan. Men Le Bel brukte i motsetning til van't Hoff ingen grafisk fremstilling for å vise dette. Van't Hoff fikk i ettertid størsteparten av æren for å ha innført formler i organisk kjemi.¹⁴³

¹⁴¹Levere, (2001), side 136, 139, 142, 144-145

¹⁴²Levere, (2001), side 146

¹⁴³Levere, (2001), side 147

Tredimensjonelle strukturformler, kjennskap til strukturen til benzen og dens derivater og oppdagelsen av karbonatomets tetraederstruktur ga mulighet for en helt annen forståelse og forutsigbarhet innen organisk kjemi. Fremskritt innen kjemisk syntese på siste halvdel av 1800-tallet, utvikling av valensteorien og muligheten for å tegne strukturformler på papir bidro også til at organisk kjemi ble regnet som veldig lovende på slutten av 1800-tallet i forhold til uorganisk kjemi – som ikke hadde like stor nytte av disse oppdagelsene. Kjemiske forbindelser og grupper i tre dimensjoner var en måte å visualisere på som det tok litt tid for kjemikere å venne seg til, men når dette spranget var foretatt ble det enklere å se hvordan ulike molekyler og grupper ville påvirke hverandre og eventuelt hvilke reaksjoner som kunne finne sted. Dette gjorde at det i siste kvartal av 1800-tallet skjedde en eksplosiv ekspansjon i organisk kjemisk industri, spesielt innen fargestoffindustrien, men også innen farmasi.¹⁴⁴

Organisk kjemi på 1900-tallet

På begynnelsen av 1900-tallet var mye systematisert og kartlagt innen organisk kjemi, og det fantes over hundre tusen kjente forbindelser. Det var enighet blant kjemikere et felles sett med atomvekter, og det fantes en strukturteori som baserte seg på valens. Syntese hadde vært den viktigste oppgaven for organisk kjemikere siden 1860-årene, og på samme tid hadde teorien om at det var en slags "vital kraft" i organiske forbindelser blitt forlatt fullstendig. Det reglene for aromatisk substitusjon og nomenklatur var likevel delvis fortsatt uklare, og molekylære omleiringer ble forbigått i all stillhet.¹⁴⁵

Rundt 1900 var laboratorier for organisk kjemi preget av reagenskolber og reagensrør, apparater av glass og porselen brukt i kvantitative og kvalitative analyser i tillegg til forbrenningsovnene brukt til rutinemessige grunnstoffanalyser. Det var få instrumenter - vekt, refraktometer, mikroskop og kanskje polarimeter var instrumenter som var i bruk i disse laboratoriene.¹⁴⁶ Men disse metodene hadde også vært tilgjengelige på 1800-tallet, selv om de da ble sett på som kuriositeter fra fysikk uten praktisk verdi for organisk kjemi.¹⁴⁷

Mekanistisk organisk kjemi - Fysikalsk organisk kjemi

Christoffer Kelk Ingold (1893-1970) var en dem som forstod betydningen av fysikalsk kjemi for organisk kjemi. Egenskapene hos organisk forbindelser kunne ikke bare forstås ut ifra struktur,

¹⁴⁴Levere, (2001), side 147-148, 151

¹⁴⁵Russell, (2010), side 278

¹⁴⁶Morris, (2002), side 58

¹⁴⁷Russell, (2010), side 279

men også ut ifra hvilke mekanismer som var mulige. Sammen med waliseren Ted Hughes stod han bak noen av de mest kjente mekanismene i organisk kjemi. I 1930 begynte de to sitt samarbeid, og i 1933 presenterte de tre mulige reaksjonsmekanismer med symbolene S_N2 , S_N1 og $E2$, der S står for substitusjon og E står for eliminasjon. I 1935 fant Hughes ut at en $E1$ reaksjon også var mulig ved eliminasjon av en substituert gruppe under dannelse av et alken. Men Ingold og Hughes måtte kjempe for å overbevise sine motstandere og kritikere. De fikk gradvis gjennomslag, men var nødt til å tåle hån og latterliggjøring for sine kinetiske bevis.¹⁴⁸

Fysikalsk-organisk kjemi ble i følge Ihde første gang nevnt i en læreboktittel fra 1940 skrevet av den amerikanske kjemikeren Louis Hammett (1894-1987). Hammett hadde i 1934 definert "Hammett Acidity Function", og denne skulle vise seg å være veldig nyttig i studiet av mekanismer hos organiske syrer. I 1930-årene analyserte Hammett organiske molekyler termodynamisk, og demonstrerte at Loven om massebevaring og reaksjonkinetikk var nøklene til å forstå mekanismene hos reaksjoner. I midten av 1930-årene etablerte også Hammett et stort antall logaritmiske sammenhenger mellom reaksjonshastigheten og likevektskonstanten.¹⁴⁹

Flere valgte å se bort fra det fysikalske perspektivet i organisk kjemi i England, likeså i Amerika. Ihde hevder at det i Amerika stod dårligere til med matematikkunnskapene og at innfallsvinkelen var mer kommersiell enn i Europa, og at dette kunne være noe av årsaken til en neglisjering av det fysikalske perspektivet blant mange i Amerika. Han hevder også at det eksisterte en generell skepsis til fysikalsk kjemi i det organisk kjemiske miljøet i forhold til termodynamikk, kinetikk og kvantemekanikk. I følge Ihde endret dette seg etter 1945, da amerikanske studenter fikk bedre matematikkutdanning, noe som førte til at amerikanerne dominerte dette feltet de kommende årene.

150

Rundt 1950 var aromatisitet forstått som "en egenskap hos en syklisk forbindelse med en stor resonansenergi der alle atomene som utgjør denne ringen deltar i et enkelt konjugert system. I 1950-åra ble også de første datamaskinene tilgjengelige. Dette medførte en kraftig forenkling av utregninger.¹⁵¹

¹⁴⁸Ihde, (1984), side 507, 542, 546, Brock, (1992), side 506-507

¹⁴⁹Ihde, (1984), side 548

¹⁵⁰Ihde, (1984), side 549-553

¹⁵¹Ihde, (1984), side 558

Nye instrumentelle metoder

I følge Morris var organisk kjemikere trege med å tilegne seg kunnskap slik at de kunne ta i bruk nye instrumentelle analysemetoder. Før 1930 hadde utviklingen i fysikk gjort det mulig å få kunnskap om molekylers struktur. Spesielt var observasjonen av at ulike funksjonelle grupper ga karakteristiske absorpsjonsspektra interessant. De nye instrumentelle metodene krevde både tålmodighet, siden en analyse tok lang tid, og det krevde ferdighet for å bruke dem. Men andre verdenskrig og krav fra den petrokjemiske industrien, samt den teknologiske utviklingen, skulle få fart på utviklingen av blant annet IR-spektroskopi, og føre til at de nye instrumentene ble tatt i bruk i løpet av få tiår.¹⁵²

Refraktometri var en metode som målte refraktivitet,¹⁵³ og var i bruk fram til omtrent 1930. Hver substans hadde sin karakteristiske refraktivitet, og metoden var egnet til å skille mellom ulike isomere og til å beregne graden av tautomeri i en forbindelse. Spektroskopi i det synlige spekteret ble for første gang blitt tatt i bruk i 1903, og ble for det meste brukt til å måle effekt av substituenten. Instrumenter for enkel UV-spektrometri dukket for første gang opp i 1940-årene. Det ble i 1942 oppdaget at ketoner ga store skift i absorpsjonsmaksima. På omtrent samme tid ble enkle instrumenter tilgjengelige, og det ble mulig å avsløre sterisk hindring. Fra nå av ble dette en standard metode i strukturell analyse. IR-spektroskopi kan avsløre funksjonelle grupper i molekyler, og instrumenter ble laget for industriell bruk i Tyskland i 1920-årene og i USA i 1930-årene. Forbedringer gjorde at det første "billige" spektrometeret ble tatt i bruk i 1956, og i 1960-årene ble spekteret utvidet til "far IR". Korrelasjonsskjema ble tilgjengelig, og rundt 1970 hadde IR-spektrometer blitt tatt i bruk i alle større organiske laboratorier. Kjernemagnetisk resonans ble oppdaget i 1946, og de første NMR-spektrometrene ble utviklet for første gang i slutten av 1950-årene. ¹H-NMR var mest brukt i starten, men utover 1960-årene ble ¹³C-NMR tatt i bruk i større grad. 3D-NMR ble tilgjengelig i slutten av 1980-årene, og gjorde analyse av proteiner, nukleinsyrer og andre komplekse molekyler mye enklere. NMR sin innflytelse på strukturell analyse har vært enorm, og det er umulig å tenke seg analyse av organiske molekyler uten NMR idag. Massespektrofotometriens historie går så langt tilbake som 1919, men metoden ble først tatt i bruk i organisk kjemi i 1950-årene. I begynnelsen ble MS brukt til å avgjøre molekylvekt, og fra og med 1970-årene ble blant annet ionisering og "fast atom bombardement" også tatt i bruk, noe som gjorde det mulig å analysere ikke-flyktige og termisk labile produkter.¹⁵⁴

¹⁵²Morris, (2002), side 61-62

¹⁵³refraktivitet beskriver med hvilken vinkel en forbindelse bryter lyset

¹⁵⁴Russell, (2010), side 280-281

Både MS og NMR ble forenklet i 1970-årene, da Fouriertransformasjon ble tilgjengelig.¹⁵⁵ Kort sagt transformerer en fouriertransformasjon en puls i tidsdomenet - et interferogram - om til en fremstilling i frekvensdomenet. En slik fremstilling gjorde det enklere å tolke resultater hvis spekteret har flere kjerner med ulik resonans, eller spin-spin kobling.¹⁵⁶ Moderne NMR bruker en kombinasjon av ¹³C-NMR og ¹H-NMR for analysering av struktur, og i mindre grad fluor, nitrogen og fosfor NMR. I tillegg har det siden 1979 blitt tatt i bruk en hel mengde nye 1D- og 2D-metoder som et resultat av moderne pulsteknikker.¹⁵⁷

En forståelse av organiske forbindelsers oppbygning

Lavoiser og hans "nye kjemi" – med en kvantitativ tilnærming til kjemi – la på slutten av 1700-tallet grunnlaget for en forståelse av all kjemi og var en forutsetning for utviklingen innen organisk kjemi. De første små skrittene mot en forståelse av oppbygningen av organiske forbindelser ble tatt på begynnelsen på 1800-tallet med elektrodualismen som etter hvert inkluderte teori om organiske radikaler. På denne tida ble også viktige fenomen som isomeri også oppdaget. Fram mot kjemikonferansen i Karlsruhe i 1860 ble det oppdaget mange nye forbindelser, men det ble etter hvert også stor tvil om det gjeldende teoretiske grunnlaget. Berzelius' autoritet hadde sannsynligvis stor betydning for at elektrodualismen var det dominerende teoretiske fundamentet så lenge.

Utviklingen av organisk kjemi fram mot 1850 delvis preget av ad hoc-hypoteser for å få eksisterende teori og praksis til å stemme. De virkelig store framskrittene innen organisk kjemi skjedde først etter 1850 og fram mot 1900 med oppdagelsen av karbonets tetraederstruktur, kjennskap til benzens struktur og oppdagelsen av stereokjemi.

En del kjemikere var heller ikke så opptatt av teori, og hadde en mer pragmatisk tilnærming til teori, blant annet Edward Frankland. Kanskje gjorde en slik tilnærming det lettere å gjøre framskritt i denne tidsperioden? Et annet eksempel kan vi se er i forhold til aromatisk substitusjon, der det i lengre tid ikke eksisterte noen form for teori som kunne forklare mønsteret i substitusjon, men det ble likevel foreslått regler for substitusjon som var til hjelp.

Tilgangen til analyseinstrumenter og datamaskiner gjorde livet som organisk kjemiker veldig mye enklere. I dag blir det stadig syntetisert nye organiske forbindelser og oppdaget nye synteseruter, noe som gjør organisk kjemi minst like viktig og nyttig i dag som for et århundre år siden.

¹⁵⁵Russell, (2010), side 280-281

¹⁵⁶Friebolin, (2011)

¹⁵⁷Morris, (2002), side 1-3

Del 2: Lærebokanalyse

Denne delen tar for seg lærebokanalysen og jeg skal forsøke å besvare problemstillingen som ble introdusert i innledningen:

Hvilket bilde gies av organisk kjemi i lærebøker i kjemi mellom 1914 og 1960?

I den sammenheng skal jeg ta for meg lærebøker i den aktuelle perioden, men kort også se litt på lærebøker før denne perioden for å få et inntrykk av hvilken tradisjon som eksisterte. Jeg vil gjøre dette med utgangspunkt i det som står i undervisningsplanen om organiske forbindelser under "kulstoffets kemi" og annet i undervisningsplanen som kan være relevant for organiske forbindelser.

I denne delen benytter jeg meg av noen analytiske begrep som trenger forklaring. Disse begrepene brukes her som et verktøy for å beskrive tilnærmingen i lærebøkene. Et begrep jeg bruker er *hverdagslig*. Med en *hverdagslig tilnærming* mener jeg at kjemiske prosesser som kan tilknyttes folks hverdagsliv eller sannsynligvis er kjent fra før for mottakeren beskrives uten at prosessene ut over rent fysiske og kanskje også synlige faktaopplysninger nevnes – dette inkluderer fremgangsmåter, bruk og opprinnelse for stoffene. En slik hverdagslig tilnærming står i motsetning til en *teoretisk* forklaring eller beskrivelse av stoffene, der struktur hos molekyler, reaksjonslikninger og en klassifisering ut ifra funksjonelle grupper dominerer.

Med bakgrunn i mine funn har jeg også definert et skille mellom *første* og *annen generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi*. Jeg har tatt utgangspunkt i at lærebøkene i kjemi ble allmenndannende med 1896-loven, da kjemi ble et obligatorisk fag på det som skulle være en allmenndannende skole. Skillet henspeiler på at det i perioden mellom 1914 og 1948 (1958 for Sverre Bruun) er en lang periode med ganske få forandringer i lærebøkene for kjemi og at den hverdagslige tilnærmingen i lærebøkene er mest dominerende. Jeg har derfor valgt å omtale lærebøkene i denne perioden som første generasjons allmenndannende lærebøker. Med Tormod Førlands andre utgave av sin lærebok (1948) og til dels også Sverre Bruuns utgave fra 1958 ser vi i starten av kapittel om organisk kjemi en annen tilnærming, der forbindelsene til dels er systematisert slik vi ser i moderne lærebøker. Jeg har derfor valgt å kalle disse lærebøkene annen generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi.

Bakgrunn for Lov om høiere almen skole av 1896

Det norske samfunnet var i perioden 1850-1900 preget av nasjonsbygging, sterk økonomisk framgang og befolkningsøkning.¹⁵⁸ Dette var også en periode med kulturell og politisk utvikling der radikale europeiske ideer - i den offentlige debatten gjerne kalt positivisme – fikk stor påvirkning. Positivistene var inspirert av blant annet briten Charles Darwins (1809-1882) utviklingslære og franskmannen Auguste Comtes (1798-1857) sosiologiske idéer. Det mest sentrale for positivistene var en stor tro på naturvitenskapene og et kritisk blikk på kirke og kristendom.¹⁵⁹ En annen inspirasjon i denne tida som bidro til endringene i den høyere skole¹⁶⁰ var den danske presten Nikolai Grundtvig, med sin omsorg for allmuen og sin motstand mot latinskolen. Grundtvig var av den oppfatning at latinskolen var en "skole for døden" som førte til "bokormvesen og ufolkelig stivhet". Grundtvig er også kjent som "folkehøyskolens far" og så på denne skolen som et motstykke til latinskolen.¹⁶¹

Fra 1830-åra av hadde det pågått en debatt i gymnaset om latinens rolle som formaldannende - altså dens evne til å skjerpe tenkingen. Motstanderne av latin (tilhengerne av det som ble omtalt som realdannelsen) ønsket latin ut av skolen, og realfag, språk og samfunnsfag inn i skolen. Fra midten av 1800-tallet fikk talsmennene for realdannelsen mer gjennomslag, og dette førte til at gymnaset i 1869 ble linjedelt med en reallinje og en latinlinje. Latinlinja var i starten mest populær, men reallinjas popularitet økte ut over mot slutten av 1800-tallet.¹⁶²

Med bakgrunn i denne utviklingen vokste det i denne perioden derfor fram et krav om en reform i den høyere skole som tiltok i styrke utover 1880-årene. Det var tre hovedområder debatten dreide seg om – latinens rolle, forholdet mellom folkeskole og den høyere skole, og fellesundervisning for jenter og gutter.¹⁶³ For mange var den høyere skole fortsatt en embetsmannsskole, og den ble også av mange fremdeles omtalt som "latinskolen" på grunn av sin historie.¹⁶⁴

I forbindelse med arbeidet med folkeskoleloven, som ble vedtatt i 1889, vedtok stortinget med stort flertall en anmodning om at regjeringen skulle ta initiativ til en sterkere tilknytning mellom den høyere skole og folkeskolen og utrede muligheten for den høyere skole som en fullverdig

¹⁵⁸ Grankvist, (2009, side 102-103, 110

¹⁵⁹ Sirevåg, (1988), side 41-43

¹⁶⁰ middelskolen og gymnaset

¹⁶¹ Grankvist, (2000), sitat Grundtvig side 80-81; Tønnesen, (1995), side 58

¹⁶² Tønnesen, (1995), side 54-55

¹⁶³ Myhre, (1982), side 68

¹⁶⁴ Sirevåg, (1988), side 43

fortsettelse av folkeskolen.¹⁶⁵ Dette førte fram til Lov om høiere almen skole i 1896.¹⁶⁶ Denne loven definerte ikke lenger gymnaset først og fremst som universitetsforberedende, men heller en ungdomsskole som sammen med middelskolen skulle føre fram til en avsluttet høyere allmenndannelse.¹⁶⁷

Realfagene hadde som nevnt fått et gjennombrudd med 1869-loven. Kommisjonen som utarbeidet den nye loven mente at den videre oppgaven var å skjerpe og utvikle "iagttagelsesevnen og dømmekraften" og vekke kjærlighet til naturen.¹⁶⁸ I naturfag ble det derfor i større grad lagt vekt på iakttagelse, eksperimenter og elevøvelser.¹⁶⁹ Med reformen i 1896 ble kjemi også et obligatorisk fag for alle førsteklasinger på gymnaset med 4 til 6 undervisningstimer i uka.¹⁷⁰

1896-loven ble i følge Sirevåg drevet fram av en materiell og kulturell vekstperiode og et ønske om en demokratisering av landet og av skolesektoren.¹⁷¹ Grankvist hevder også at den markerte en overgang fra et standssamfunn til et klassesamfunn der skolesektoren ble brukt som et samfunnsinstrument for å bygge en enhetlig nasjonal kultur.¹⁷² 1896-loven var også i stor grad inspirasjon for den danske reformen av 1903, som i følge Lynning også ble drevet fram som en følge av et ønske om en demokratisering av den høyere skole og å gjøre den tilgjengelig for en større del av befolkningen.¹⁷³

Lov om realskole- og gymnas på 7-årig folkeskole

I løpet av den undersøkte perioden ble også en ny lov for den høyere skole vedtatt av stortinget 10. mai 1935. Denne reformen var i stor grad økonomisk motivert. I årene før denne reformen ble vedtatt hadde det foregått en debatt om strukturen på skolesystemet, og alternativene stod hovedsaklig mellom en 7-årig folkeskole og 2-årig middelskole og en 5-årig folkeskole og 4-årig middelskole. Et vedtak fattet av Stortinget i 1920 gjorde derimot at det ble en slags mellomløsning med en 3-årig middelskole i stedet for 2-årig som bygget på en 7-årig folkeskole og med mulighet for å starte på 3-årig gymnas for de som skulle videre på universitet. Skolestrukturen ble i 1920

¹⁶⁵ Stortingsforhandlinger, 1889, Innst. S. VII. fra Kirkekomiteen; Grankvist, (2000), side 95, 101: Overgangen fra allmueskole til folkeskole lovfestet blant annet naturfag som eget skolefag, reduserte kirkens innflytelse og stadfestet allmenndannelse som mål i seg selv

¹⁶⁶ Grankvist, (2000), side 100

¹⁶⁷ Myhre, (1982), side 69-70; Gymnasiet, (1911), side 2

¹⁶⁸ Sirevåg, (1988), side 61-62

¹⁶⁹ Myhre, (1982), side 84

¹⁷⁰ Gymnasiet, (1911) side 113; Ringnes, (2006)

¹⁷¹ Sirevåg, (1988), side 54

¹⁷² Grankvist, (2000), side 101-102

¹⁷³ Lynning, (2007), side 61-62

dermed 13-årig i stedet for 12-årig, noe 1935-vedtaket skulle endre på; middelskolen ble gjort 2-årig og gjorde skolesystemet om til en ordning med 7-årig folkeskole, 2-årig middelskole og 3-årig gymnas. 1935-reformen var altså en rammelov med vekt på det økonomi og struktur som Plankomiteen for den nye skoleordningen fikk i oppgave å utarbeide. Den pedagogiske og fagdidaktiske delen av den høyere skole ble i liten grad berørt.¹⁷⁴

I 1938 vedtok Stortinget en ny læreskolelov som innebar at det ble innført en skriftlig eksamen i pedagogikk og en vektlegging av det som har blitt omtalt som blant annet *aktivitetspedagogikk* eller *reformpedagogikken*. Elevaktiviteten og elevenes forutsetninger skulle vektlegges i større grad. Denne pedagogisk nytenkning hadde foregått siden omtrent 1890 både i Europa og Amerika. Reformpedagogikken var kritisk til den tradisjonelle og autoritære skolen med læreren i sentrum, og la i stedet stor vekt på elevenes utviklingsmuligheter og skapende evner. Plankomiteen for den nye skoleordningen var mest opptatt av at dette prinsippet skulle settes i verk i folkeskolen. Likevel, en innstilling ble i juli 1940 signert av et medlem av Administrasjonsrådet for det okkuperte Norge som inneholdt en fag- og timebytteplan som gjorde gymnaset 5-årig, bygget på en 7-årig folkeskole. Her ble i følge Grankvist reformpedagogiske idéer ivaretatt ved at elevaktivitet ble vektlagt og spørsmålsundervisning i klasserommet ble sett på som den viktigste undervisningsformen.¹⁷⁵

Reformarbeid fram mot 1976

Større endringer i forhold til det vi idag vil omtale som det pedagogiske og fagdidaktiske opplegget i den høyere skole skulle ikke påbegynnes før ti år etter 2. verdenskrig. I perioden 1955 til 1976 foregikk det et omfattende reformarbeid i skoleverket. I 1954 ble en stortingsmelding lagt fram hvor idéen om en 9-årig folkeskole ble presentert. Forsøk med 9-årig skole ble påbegynt i 1955, og førte til at "Lov om grunnskolen av 1969" ble vedtatt og påla kommunene å innføre obligatorisk og felles grunnskole innen 1975. På 1960-tallet ble reformarbeidet påbegynt for aldersgruppen 16 til 19 år. Reformen i gymnaset ble først utredet av Gjelsvikutvalget, som la fram sin innstilling om faglig innhold og oppbygning i 1965. Steen-komiteen fikk i oppdrag å utarbeide en plan for all opplæring mellom mellom grunnskole og høgskole- og universitetsnivå. Omfattende forsøksvirksomhet for gymnaset ble startet opp i 1969 og førte til at "Lov om videregående opplæring" ble vedtatt av Stortinget i 1974 og satt i verk fra og med 1976 med en ny og felles læreplan for videregående opplæring.¹⁷⁶

¹⁷⁴ Grankvist, (2000), side 121, 137-138

¹⁷⁵ Grankvist, (2000), side 139-141; Myhre, (1982), side 77; reformpedagogikk. I Store norske leksikon. Hentet fra: <http://snl.no/reformpedagogikk>; Sæther, (2011), side 35-36

¹⁷⁶ Telhaug, (1997), side 34-37

Lærebøker med bakgrunn i 1869-loven

Før jeg går i gang med lærebøker skrevet med bakgrunn i undervisningsplan av 1911 skal jeg ta for meg et eksempel på en lærebok og se hvordan organisk kjemi ble tatt for seg før kjemi ble gjort til et obligatorisk fag for alle elever på på gymnasiet med Lov om Høiere Almennskole i 1896.

I 1869 fikk realfagene en større rolle i den høyere skole med en linjedeling av gymnasiet i et latingymnas og et realgymnas. Kjemi var på realgymnasiet del av faget "naturvidenskab" som ble undervist på alle tre årstrinn (6+5+4 t/uke). Naturvidenskab bestod av fysikk, kjemi, naturhistorie (zoologi og botanikk) og mineralogi og hadde på realgymnasiet det nest høyeste timetallet etter matematikk – med andre ord et fag med en tilsynelatende vesentlig rolle. Likevel var beskrivelsen av naturvidenskab generelt og kjemi spesielt i undervisningsplanen ganske sparsom og lite detaljert sammenlignet med alle de andre fagene. Ut ifra det som står i undervisningsplanen er det grunn til å anta at fysikk var det klart mest fremtredende og definerte området i dette faget:

Der kræves en oversigt over fysiken og nærmere kjendskab til mekanik og varmelære. Imidlertid bør den hele fysikk læses i sin sammenheng, og helst i følgende orden: mekanik, akustik, hvorunder det nødvendigeste af bølgebevægelse, optik, varmelære, magnetisme og elektricitet.¹⁷⁷

Kontrasten er ganske stor til kjemi, der det eneste som står i undervisningsplanen er at "disciplene bør derhos besidde kjendskab til det væsentligste af den anorganiske kemi og mineralogien". Organisk kjemi er som vi ser ikke nevnt. Det er heller ikke "kulstoffets kemi" – som vi skal se får en betydelig rolle i undervisningsplanen av 1911.¹⁷⁸

Siden dette ikke er i den perioden jeg analyserer læreplaner og lærebøker for og utvalget av lærebøker i kjemi i denne perioden er begrenset, vil jeg ta for meg Hiorthdals lærebøker for reallinjen. Lærebøkene var delt i to bind, der et bind tar for seg anorganisk kjemi og det andre tar for seg organisk kjemi.

Thorstein Hiorthdal - Kortfattet lærebog i anorganisk kemi, 5. utgave, 1893

I forordet til første utgave Hiorthdals bok står det at boka er ".bestemt for den første undervisning i kemi, samt til repetition og til gjennemlesning for dem, der før har lært kemi, og som kunde ønske at sætte sig ind i denne videnskabs nuværende standpunkt.". Forordet til andre utgave forteller oss også at boka kan brukes på universitetet av nybegynnere, men også for "realgymnasierne". Det

¹⁷⁷ Undervisningsplan for realgymnasiet, 1885, side 63-64

¹⁷⁸ Undervisningsplan for realgymnasiet, 1885, side 63-64

presiseres at det som er skrevet med liten skrift kun er ment for universitetet.

Læreboka er på 222 sider og delt opp i 24 "stykker"¹⁷⁹, der første del består av stykke 1-10 og beskriver det som omtales som ikke-metalliske legemer, mens del 2 består av stykke 11-24 og beskriver metaller.

Sjuende kapitel er på nesten 20 sider og omhandler kulstof.¹⁸⁰ Det er her vi finner det lille som kan relateres til organisk kjemi i denne læreboka. Starten av kapitlet beskriver rene karbonforbindelser som diamant, grafitt, antrasitt og kull, i tillegg til kuloxyd¹⁸¹ og kuldioxyd¹⁸². Deretter kommer en kort beskrivelse av "kulstoffets forbindelser med vandstof"¹⁸³. Det forklares at de opptrer naturlig, men at de også finnes i petroleum, i oljer og ved dekomposisjon av organiske legemer. Noen eksempler er nevnt, som "sumpgas"¹⁸⁴ og "oljedannende gas"¹⁸⁵. Men det meste av denne delen er skrevet i liten skrift, altså ikke ment for reallinjen. Det som tydeligvis er ment for reallinjen er rene faktaopplysninger om stoffene, for eksempel hvilket kokepunkt metan og eten har og hvor disse stoffene finnes eller på hvilken måte de kan fremstilles.

"Kulstofforbindelser med kvælstof" og "andre kulstofforbindelser" kommer etter denne delen, men her er det aller meste skrevet med liten skrift. Siste del av kapitlet har tittel "brændematerialer og belysningsstoffer", er på litt over 7 sider og er en detaljert beskrivelse av forbrenning og flammer ved forbrenning av disse. I denne boka er dermed bare noen få forbindelser vi idag vil regne som organiske nevnt – organisk kjemi er derimot behandlet i et eget bind som vi nå skal ta for oss.

Thorstein Hiorthdal - Kortfattet lærebog i organisk kemi, 4. utgave, 1889

Organisk kjemi behandles som sagt i bind to av Hiorthdal sine to bind med lærebøker i kjemi for realgymnasiet. Dette bindet er på 179 sider og er dermed nesten like langt som første bind om anorganisk kjemi. I bind om organisk kjemi finner vi vesentlig mye mer om organisk kjemi enn i noen av de lærebøkene som er skrevet med bakgrunn i lov om høyere allmenndannelse fra 1896 og som vi skal komme tilbake til. I denne boka finner vi i likhet med første bind, dog i litt mindre grad, også en del som er skrevet med liten skrift, og dermed ikke er beregnet for realgymnasiet.

¹⁷⁹ kapitler

¹⁸⁰ karbon

¹⁸¹ karbonmonoksid

¹⁸² karbondioksid

¹⁸³ vandstof = hydrogen

¹⁸⁴ metan

¹⁸⁵ eten

I starten av boka finner vi et kapittel på 20 sider med overskriften "indledning". Her defineres organisk kjemi på følgende måte:

"Den organiske kemi omhandler kulstoffets forbindelser. Man har betegnet disse stoffer som de organiske, i modsætning til de anorganiske eller mineralske, fordi at saagodtsom alle de af dem, som man først lærte at kjende, hidrørte fra den saakaldte organiske natur, fra dyre- eller planteriget."

Her ser vi at den historiske betegnelsen nevnes, der det organiske forbindes med det levende – stoffer fra dyre- eller planteriket.

I dette kapittelet finnes beskrivelser av isomeri, grunnstoffanalyse med utregninger, molekylvekt og empiriske, molekylære og rasjonelle formler. Her finner vi også en ganske grundig innføring i det som vi tidligere har beskrevet som radikaler, og forklaring på forskjellen mellom uorganisk ("de enkelte radikalers eller elementernes kjemi") og organisk kjemi ("de sammensatte radikaler"). Radikaler var, som vi tidligere har sett, den positive delen i elektrolytisk teori og andre lignende teorier, for eksempel et etyl. Den negative enheten kunne være for eksempel oksygen, et halogen eller en karbonylgruppe.

Resten av boka er i stor grad en presentasjon av ulike organiske forbindelser med størst vekt på fysiske egenskaper som kokepunkt og smeltepunkt, aggregattilstand, brennbarhet, tetthet, farge, farge på flamme ved forbrenning, lukt, giftighet, flyktighet, hygroskopiske egenskaper og utseende på krystaller, pulver, gass eller væske. Som vi kan se av tabell på neste side begynner læreboka med en presentasjon av cyanforbindelser etter innledningen. Deretter kommer enkle alifatiske karbonforbindelser, organiske syrer og fettsyrer. Karbohydrater finnes grundig beskrevet omtrent midt i boka i stykke 11. I siste halvdel av læreboka presenteres en mengde aromatiske og heteroaromatiske forbindelser, og helt til slutt kommer noen kapitler med for det meste naturlig forekommende forbindelser, inkludert karbohydrater og proteiner.

I denne boka er alle stoffer beskrevet med molekylformel eller empirisk formel, og noen strukturformler er også tatt med. For de fleste stoffene er en del kjente reaksjoner og reaksjonslikninger tatt med i diskusjonen av forbindelsene og homologer. Bruk, opprinnelse og faktaopplysninger av mer triviell og hverdagslig art, slik som for eksempel opplysninger om hvor man kan finne gjærsopp og hvordan man framstiller lim, er som nevnt beskrevet i mindre grad i denne læreboka. Annet som er verdt å merke seg her er at detaljerte eksperimentbeskrivelser er fraværende i hele boka, og det finnes med noen få unntak heller ingen tabeller, figurer eller

oversikter.

Mitt inntrykk er at læreboka har som mål å presentere flest mulig fakta om stoffene og gjøre flest mulig reaksjonsligninger som disse stoffene kan inngå i kjent. Læreboka legger størst vekt på observerbare karakteristika ved reaksjonene og stoffene, og i mindre grad vekt på teorien bak reaksjonene. Som vi senere skal se gjelder dette også lærebøkene etter 1896. Avsnittene starter for det meste med at en enkelt forbindelse presenteres og derivater av denne forbindelsen og reaksjoner assosiert med disse presenteres fortløpende videre. For eksempel ser vi i stykke nummer to at metan presenteres først, deretter metanol, så kommer metalhalider og videre flere andre derivater. Framstilling av stoffene forklares med en reaksjonslikning, og mange av derivatene blir beskrevet framstilt av forbindelser som er presentert tidligere i avsnittet. Dette er en oppbygning vi ser veldig mange andre avsnitt i denne læreboka.

Tabell 1: Innhold "Kortfattet lærebog i organisk kemi" (1889)

Stykke nummer	Forbindelser beskrevet
1	Cyan og dets forbindelser.
2	Methylforbindelser og methanderivater.
3	Æthylforbindelser.
4	Myresyre og edikesyre.
5	Propyl-, butyl- og amyl-derivater
6	Kulstoffrigere homologer. Fede syrer.
7	Æthylenderivater.
8	Dikarbonsyrer. Oxalsyrerækken. Æblesyre. Vinsyre.
9	Trivalente forbindelser. Glycerin. Citronsyre.
10	Oliesyrerækken.
11	Forbindelser af høiere valents. Kulhydrater.
12	Urinstof og dets derivater.
13	Benzol. Benzolderivater.
14	Oxybenzoler eller fenoler. Kinon.
15	Amidobenzoler og azobenzoler.
16	Benzols homologer.
17	Aromatiske alkoholer og syrer.
18	Fenolalkoholer og oxysyrer.
19	Fenylmethaner og fenyلكarbinoler.
20	Polykarbonsyrer af benzol.
21	Naftalin og antbracen. Thiofen og furfuran
22	Pyridin- og kinolinbaser. Pyrrol- og pyrazolderivater.
23	Alkaloïder
24	Glukosider. Garvestoffer. Bitterstoffer. Farvestoffer.
25	Terpener og kamfer. Ætheriske olier, harpixer og balsamer.
26	Galdesyre. Kolesterolin.
27	Æggehvidestoffer eller proteinstoffer.

Lærebøker etter Lov om høiere almenskole av 1896

Med bakgrunn i undervisningsplanen av 1911 skal jeg i denne delen analysere hvordan organisk kjemi er tatt for seg i lærebøker i kjemi for gymnasiet i perioden 1914-1960. En revideringen av denne undervisningsplanen kom i 1915, men innebar ingen endringer for kjemi. Som vi har vært inne på kom det også i 1935 en ny lov for den høyere allmennskole, men den innebar ingen endringer for kjemifaget annet enn at arbeidsskoleprinsippet skulle vektlegges. Dette ble heller ikke vedtatt før i juli 1940 for gymnaset.

Undervisningsplanen av 1911

"Lov om høiere allmennskoler" ble vedtatt i 1896, og med dette ble kjemi gjort til et eget fag på gymnasiet. I følge undervisningsplanen av 1911 var dette faget obligatorisk for alle elever på første årstrinn 4 timer første halvår og omtrent 6 timer andre halvår. Lov om høyere allmennskoler av 27. juli 1896 sier følgende om undervisningen i naturkundskap:

"I naturkundskap: Kjendskap til de viktigste kemiske love, til dyrs og planters utvikling og liv samt til grundtrækkene av menneskets fysiologi og sundhetslære. For reallinjen desuten nærmere kjendskap til fysikken."

Loven legger som vi ser lite føringer i forhold til hva kjemifaget dreier seg om. Dette er forklart i undervisningsplanen.

Undervisningsplanen legger vekt på en forklaring av begrep og definisjoner, og en gjennomgang av de enkelte grunnstoffene og forbindelser av disse. Først til slutt skal en sammenhengende og systematisk forklaring av det teoretiske stoffet skje. Hvordan dette skal gjøres er ikke forklart. Dette er også ganske gjennomgående – det nevnes mange begrep og mange grunnstoffer, men det sies ikke noe om hva som er relevant å ta med om disse. Hvilke forbindelser som er relevante er bare nevnt i noen få tilfeller.

Et eksempel på dette er at begrepene "grunnstoff" og "element" brukes om hverandre, men det forklares ikke hva som er forskjellen på disse begrepene eller om det er to ord for samme begrep. "Herunder behandler man forskjellen mellem (...) begrepene element og sammensatt stoff..."

Organisk kjemi er ikke nevnt som eget tema i undervisningsplanen, men en hel del organiske forbindelser er nevnt under det som omtales som "kulstoffets kemi". Vi finner også her en

tilnærming til temaet som antyder et stoffkjemisk utgangspunkt:

Under kulstoffets kemi gjennomgaes kuldioksyd, kuloksyd, sumpgas, æthylen, acetylen og lysgas samt petroleum; her falder det naturlig at indskyte et kapitel om brændematerialer og belysningsstoffer. Endvidere behandles i korthet: kulhydrater (stivelse, dekstrin, rørsukker, melkesukker, druesukker), alkoholer, (gjæring og fermentvirkning, vin, øl, spiritus, brød), eddiksyre, melkesyre, fete syrer og fettstoffer (lys- og sæpefabrikation); eggehviteoffer, litt om amider og amidosyrer.¹⁸⁶

Jeg vil også å tolke følgende utsagn til å være relevant for organisk kjemi, eller det som betegnes som "kulstoffets kemi":

...fæste elevens opmerksomhet ved de kemiske processer som spiller en rolle i menneskets og i naturens husholdning.¹⁸⁷

Som vi også skal se senere i analysen, er også følgende relevant for denne type kjemi:

Læreren stilles fritt i valget av den rækkefølge hvori de forskjellige grundstoffer kommer til behandling, likesaa avgjør han om ved gjennomgaelsen av de enkelte elementer vil la fremstillingen av selve elementet, dets egenskaper og affinitetsforhold komme først eller heller anvende en typemetode...¹⁸⁸

Undervisningsplanen for "kulstoffets kemi" må med dette – i likhet med for resten av undervisningsplanen for kjemi – kunne sies å være veldig lite konkret.

¹⁸⁶Gymnasiet, 1911, side 114

¹⁸⁷Gymnasiet, 1911, side 115

¹⁸⁸Gymnasiet, 1911, side 115

Lærebøker i kjemi for perioden 1914-1960

Tabell 2: Lærebøker forfattet av Sverre Bruun

Lærebok i kemi	1914
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1917
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1920
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1924
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1936
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1938
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1941
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1943
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1945
Lærebok i kjemi for den høgre skole	1948
Lærebok i kjemi for den høgre skole	1950
Lærebok i kjemi for den høgre skole	1952
Lærebok i kjemi for den høgre skole	1956
Lærebok i kjemi for den høgre skole	1958
Lærebok i kjemi for den høgre skole	1960

Tabell 3: Lærebøker forfattet av Ole Johannesen og Carl Nicolaysen

Tittel	Årstall
Lærebog i kemi	1897
Lærebog i kemi	1899
Lærebok i kemi for gymnasiet	1906
Lærebok i kemi for gymnasiet	1910
Lærebok i kemi for gymnasiet	1912
Lærebok i kemi for gymnasiet	1916
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1921
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1924
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1931
Lærebok i kjemi for gymnasiet	1936

Tabell 4: Lærebøker forfattet av O. Lindstad og Johs. Lindemann

Tittel	Årstall
Lærebok i kjemi	1926
Lærebok i kjemi	1934
Lærebok i kjemi	1940
Lærebok i kjemi	1941

Tabell 5: Lærebøker forfattet av Tormod Førland

Lærebok i kjemi for gymnas	1941
Lærebok i kjemi for realskole og gymnas	1948
Lærebok i kjemi for realskole og gymnas	1960

Om lærebokseriene

I min analyse tar jeg som sagt for meg organisk kjemi i lærebøker i kjemi og har i den sammenheng valgt å skille mellom første og annen generasjon av lærebøkene basert på tilnærmingen til organisk kjemi i lærebøkene. Til første generasjon regner jeg alle lærebøkene utgitt av Johannesen og Nicolaysen, Lindstad og Lindemann, men også Bruun sine lærebøker til og med 15. utgave (1956) og første utgave av Tormod Førland sin lærebok (1941). Bakgrunnen for at jeg definerer dette skillet er som jeg har nevnt tidligere at jeg har kommet fram til at vi for organisk kjemi i lærebøkene etter dette finner mer bruk av teoretiske forklaringer, systematisering av forbindelsene basert på funksjonelle grupper og en annen oppbygning av kapitlet. Her kan vi derfor også se en tilnærming til organisk kjemi som det i større grad er mulig å kjenne igjen i moderne lærebøker i kjemi.

Sverre Bruun sine lærebøker for gymnaset og den høgre skole ble utgitt i perioden fra 1914 og utover 1970-tallet. Den siste læreboka jeg har undersøkt i dette læreverket er fra 1960. I den undersøkte perioden ble innholdet i lærebøkene ganske liten grad endret i og med at det er snakk om en periode på nesten 50 år. Likevel, et lite skifte fant sted med utgivelsen av 16. utgave (1958). Her ble det som omhandlet hydrokarboner, belysningsmidler og brennematerialer og som før denne utgaven var plassert i kapittel om kullstoff flyttet til kapittel om organisk kjemi. Oppbygningen av kapittel om organisk kjemi ble også endret med denne utgaven, men innholdet ble ellers ikke vesentlig endret. En vesentlig tilføyning finner vi likevel – en elektronskallmodell for metan. Jeg har på bakgrunn av oppbygningen og inkluderingen av denne modellen valgt å diskutere dette læreverket etter 1958 som en del av andre generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi.

Ole Lindstad og Johannes Lindemann sine lærebøker ble utgitt i perioden 1926-1949. Innholdet i disse lærebøkene endrer seg ganske lite gjennom perioden, til tross for at det foretas en del språklige endringer. I denne lærebokserien ble det lagt vekt på å gjennomgå forbindelsene og assosiere dem med fenomener som er kjent for elevene.

Ole Johannesen og Carl Nicolaysens lærebøker ble utgitt i perioden 1897-1936. Denne lærebokserien gjennomgikk en revidering med 10. utgave i 1924 som førte til en endring også for organisk kjemi. Utgavene fram til 10. utgave i 1924 går i liten grad inn på organisk kjemi. Her finner vi det korteste stykket om organisk kjemi sammenlignet med de andre lærebøkene. Som den eneste lærebokserien er organisk kjemi her ikke tatt for seg i et eget kapittel, men revideringen innebærer en endring som gjør at organisk kjemi blir et større tema.

Tormod Førland sine lærebøker er de eneste som nevner begrepet arbeidsskoleundervisning. Dette begrepet som begrunnelse for at elevøvelser må inngå "som et organisk ledd i undervisningen". Den første utgaven av denne læreboka kom i 1941. 2. utgave kom i 1948, og var vesentlig revidert i forhold til 1. utgave. Endringene som kom for organisk kjemi skal vi gå inn på etter hvert, de andre endringene vil for det aller meste bli utelatt fra analysen.

Sverre Bruun

Sverre Bruuns lærebøker i kjemi var i stor grad dominerende på markedet i denne perioden.¹⁸⁹ Sverre Bruun (1886-1987) tok *examen artium*¹⁹⁰ på reallinjen i Kristiania i 1904, matematisk-naturvitenskaplig embetseksamen med kjemi som hovedfag i 1910 og pedagogisk eksamen året etter. Dette året ble han også ansatt ved Tønsberg høiere almenskole, hvor han var ansatt fram til han var 72 år, og arbeidet som timelærer i ytterligere ti år.¹⁹¹

Sverre Bruun er også kjent for å ha bidratt til å innføre det som har blir omtalt som *arbeidsskolemetoden*¹⁹² i naturfag og utarbeidelse av læreplaner og lærebøker i kjemi og fysikk¹⁹³ for gymnaset og den høyere skole. Gjennom *arbeidsskolemetoden* var Bruun opptatt av at elevene skulle aktiviseres gjennom egenaktiviteter og eksperimenter, og han var en pådriver og inspirator for å utstyre elevlaboratorier - først på sin egen skole i Tønsberg, etter hvert på gymnas over hele landet.¹⁹⁴

¹⁸⁹Bruun og Devik, 1964

¹⁹⁰Avgangsprøven i gymnaset fram til 1974, siste gang utskrevet i 1982: http://snl.no/examen_artium

¹⁹¹http://snl.no/nbl_biografi/Sverre_Bruun/utdypning

¹⁹²Pedagogisk retning innen reformpedagogikk, <http://snl.no/arbeidsskole./pedagogisk%20retning>

¹⁹³Medforfatter for fysikkbøkene var hans studiekamerat og gode venn Olaf Devik

¹⁹⁴http://snl.no/nbl_biografi/Sverre_Bruun/utdypning

Kullstoffkjemi

Organiske forbindelser ble i undervisningsplaner av 1911 omtalt under temaet "kullstoffets kemi" – heretter omtalt som kullstoffkjemi – som også inkluderte karbonforbindelser som vi idag vil regne som uorganiske. Kullstoffkjemi er også det konkrete temaet i undervisningsplanen som blir omtalt mest detaljert, noe som medfører at det som hører inn under kullstoffkjemi også utgjør en betydelig del av lærebøkene.

Med utgangspunkt i utviklingen innenfor organisk kjemi på slutten av 1800-tallet og innføringen av kjemi som et obligatorisk fag på gymnasiet skal vi se nærmere på hva kullstoffkjemi innebar og hvilken rolle det hadde i lærebøkene. Vi skal også se litt på hvordan organisk kjemi ble definert og omtalt i lærebøkene som ble utgitt i perioden fram mot 1960.

Tematisering av lærebøker i kjemi – en inndeling basert på grunnstoffer

Organisk kjemi var altså ikke et eget tema i undervisningsplanen i perioden 1911-1960. Begrepet "organisk kjemi" er ikke en gang nevnt i undervisningsplanen. Temaet ble av lærebokforfatterne likevel regnet som viktig nok til at det blir omtalt i egne kapitler eller deler av lærebøkene. I lærebøkene til Lindstad og Lindemann, Bruun og Førland er det egne kapitler med overskriften "organisk kjemi", mens organisk kjemi i lærebøkene til Johannesen og Nicolaysen blir omtalt i kapittel med tittelen "kullstoff".

Et grunnstoff som tittel på et kapittel er ikke noe vi finner i dagens lærebøker i kjemi, men en kapittelinnndelingen som i stor grad var basert grunnstoffer er et generelt trekk i alle læreverkene i denne perioden. En gjennomgang av grunnstoffer er også omtalt i undervisningsplanen av 1911, der det legges opp til en gjennomgang av grunnstoffer etter at innledningen er gjennomgått:

Før man begynner paa gjennemgaaelsen av de enkelte grundstoffer og deres forbindelser, bør man anvende nogen timer til indledende eksperimenter og forklaringer (...) Læreren stilles frit i valget av den rækkefølge hvori de forskjellige grundstoffer kommer til behandling...¹⁹⁵

Som vi ser av sitatet skal man innledningsvis bruke noen timer på eksperimenter og forklaringer, før man deretter tar for seg grunnstoffene. Videre er det ment at man "indarbeider nye kemiske

¹⁹⁵Gymnasiet, 1911, side 114

begreper" mens man gjennomgår grunnstoffene. Grunnstoffene er delt opp i ikke-metaller og metaller og listet opp inne i teksten i selve undervisningsplanen. Det presiseres også at de tilhører grupper og at kun et utvalg av grunnstoffene skal gjennomgås:

Av elementene gjennomgaaes kun et utvalg. Av ikke-metaller: surstoff, vandstof, kvælstof, svovel, klor, jod, kulstof, fosfor, silicium (...) Av metaller omhandles: kalium, natrium, kalcium... (...) Elevene bør dog vite at der findes mange andre grundstoffer, og at flere av de omhandlede er at anse som repræsentanter for hele grupper (...) under jernets gruppe nikkel kortelig behandles, likesom manganets hyperoksyd, brunsten....¹⁹⁶

For grunnstoffene er det gitt lite detaljer i forhold til hva som bør gjennomgås. Det legges i liten grad føringer på hvilke forbindelser som skal gjennomgås eller hva som skal diskuteres i sammenheng med hvert enkelt grunnstoff. Grunnstoffet kullstoff er her listet opp på en lignende måte som de andre grunnstoffene, og skiller seg i så måte ikke umiddelbart fra denne tematiseringen. Det som likevel skiller kullstoff fra de andre grunnstoffene er at det omtales som en egen del av kjemi – "kullstoffets kemi" – og ikke bare som et grunnstoff eller element¹⁹⁷:

Under kullstoffets kemi gjennomgaaes kuldioksyd, kuloksyd, sumpgas, æthylen, acetylen og lysgas samt petroleum; her falder det naturligt at indskyte et kapitel om brændematerialer og belyningsstoffer. Endvidere behandles i korthet: kulhydrater (stivelse, dekstrin, rørsukker, melkesukker, druesukker), alkoholer, (gjæring og fermentvirkning, vin, øl, spiritus, brød), eddiksyrer, melkesyre, fete syrer og fettstoffer (lys- og sæpefabrikation); eggehviteoffer, litt om amider og amidosyrer.¹⁹⁸

En tilsvarende detaljert beskrivelse finner vi ikke for noen av de andre grunnstoffene som er nevnt. Forbindelser av dette grunnstoffet er dermed viet mye større plass enn noen av de andre grunnstoffene og kullstoffkjemi har derfor en spesiell rolle i kjemifaget i denne undervisningsplanen.

Som vi kan forvente har dermed også kullstoff en spesiell rolle i lærebøkene og skiller seg ut i forhold til de andre grunnstoffene. I likhet med for mange andre grunnstoffer finnes det i lærebøkene et eget kapittel med tittelen "kullstoff", men som sagt finnes det også i alle læreverkene en del om organisk kjemi. Vi skal se nærmere på hva dette innebærer.

¹⁹⁶Gymnasiet, 1911, side 114

¹⁹⁷I flere lærebøker og noen steder i undervisningsplanen også omtalt som elementer, slik det brukes på engelsk og fransk

¹⁹⁸Gymnasiet, 1911, side 114

Organisk og uorganisk kullstoffkjemi

Som vi har sett innebærer altså kullstoffkjemi både uorganiske og organiske forbindelser. I alle lærebøkene skilles det også mellom organisk kjemi og grunnstoffet kullstoff. Det er derfor naturlig å tro at forbindelsene som ikke gjennomgås under organisk kjemi, og ikke i forbindelse med grunnstoffet kullstoff, er uorganiske forbindelser. Som vi skal se er ikke dette åpenbart, av flere årsaker.

Hvilke forbindelser som tilsynelatende regnes som uorganiske endres noe gjennom perioden. Dette gjelder i all hovedsak hydrokarboner og det som omtales som "kjemiske belysningmidler og brennmaterialer". Hydrokarboner omtales under ulike navn, som kullstoffets forbindelser med vannstoff og kullvannstoffer, og handler i alle læreverkene hovedsaklig om det vi idag regner som alifatiske forbindelser og beskriver ulike egenskaper fysiske egenskaper og anvendelsesområder for disse. I forbindelse med kjemiske belysningmidler og brennmaterialer beskrives ulike stoffer som brukes til oppvarming og som belysning, men også delvis prosessen med fremstille eller foredle disse stoffene, biprodukter som oppstår ved foredling av stoffene og i tillegg til dette flammen som oppstår ved forbrenning. Her beskrives for det meste av forbindelser som vi idag vil regne som organiske. Kjemiske belysningmidler og brennmaterialer er et tema som vi ikke finner i dagens lærebøker i kjemi. Dette vil bli omtalt i en egen del. Innholdet og organiseringen av temaet kullstoffkjemi endres lite før andre utgave av Førlands lærebok (1948) og Bruuns femtende utgave (1958).

I undervisningsplanen legges det altså opp til en gjennomgang av ett og ett grunnstoff og deres forbindelser etter at en grunnleggende gjennomgang med "indledende eksperimenter og forklaringer" er gjennomført. I lærebøkene finnes det derfor grundige beskrivelser av både grunnstoffet og forbindelser som inneholder disse grunnstoffene. Jeg skal ikke her gå i detalj på innholdet for disse grunnstoffene, men konsentrere meg om kullstoffkjemi og se på hvilken rolle denne type kjemi hadde i lærebøkene.

Kullstoffforbindelsenes kjemi

Kullstoffkjemi i lærebøkene blir altså etter undervisningsplan av 1911 hovedsaklig diskutert i to ulike deler, der den ene delen omhandler organisk kjemi og den andre omhandler

kullstoffforbindelser som ikke hører inn under organisk kjemi. Felles for alle lærebøkene i den undersøkte perioden er at diamant, grafitt, alle typer kull som blir beskrevet, kulldioksyd/kullsyre og kulloksyd ikke blir regnet som organiske forbindelser i noen av læreverkene. Dette er forbindelser som også blir regnet som uorganiske forbindelser idag, og disse vil derfor ikke være gjenstand for diskusjon videre.

Organisk kjemi blir i alle lærebøkene i perioden 1914-1960 definert som "kullstoffforbindelsenes kjemi". Dette er også tilfelle i dag. "Kjemien stemmer" er et læreverk med lærebøker som dekker kompetansemål i kjemi 1 og kjemi 2. Her finner vi en lignende definisjon:

Karbonkjemi kalles også organisk kjemi fordi karbonforbindelser er en viktig del av alle organismer.¹⁹⁹

I de fleste lærebøkene i perioden 1914-1960 bemerkes det også at det finnes unntak fra denne definisjonen. Vi skal se litt nærmere på det som står i Sverre Bruuns lærebok fra 1924. Dette sitatet er uendret fram til og med 1956, i likhet med oppbygningen og i stor grad innholdet av de to kapitlene "kullstoff" og "organisk kjemi". Disse to kapitlene dekker til sammen det som står om kullstoffkjemi i undervisningsplanen:

...kullstoff-forbindelsenes kjemi for den organiske kjemi. Nogen få, enkle kullstoff-forbindelser regner man dog ofte med til den uorganiske kjemi, slik som vi også har gjort i forrige kapittel.²⁰⁰

Med "forrige kapittel" refereres det her til kapittelet med tittelen "kullstoff". Dette er altså i følge denne definisjonen kapittelet der de uorganiske kullstoffforbindelsene gjennomgås. Men som det har blitt nevnt tidligere omtales i tillegg også en mengde forbindelser vi idag vil regne som organiske også i dette kapittelet. I tillegg til de ovennevnte uorganiske forbindelsene er også "kullstoffets forbindelser med vannstoff" (hydrokarboner) og "kjemiske belysningmidler" og "brennematerialer" tatt med i kapittelet om kullstoff. Vi skal se litt nærmere på dette.

I sitatet over fra Bruuns lærebok går det ikke fram hva som menes med "enkle kullstoffforbindelser". Av hydrokarbonene er metan, etylen (etan), acetylen (eten) og terpentinolje omtalt. Molekylformler er også gitt for disse forbindelsene. Disse forbindelsene har bare to typer atomer. Metan (CH_4), etylen (C_2H_4) og acetylen (C_2H_2) har også et lite antall atomer i molekylene. Det betyr

¹⁹⁹Grønneberg et al, (2008), side 85

²⁰⁰Bruun, (1924), side 87

kanskje at disse forbindelser kan omtales som enkle om en isolert ser på antall atomer i molekylet? Det samme kan ikke sies å være tilfelle for terpentinolje ($C_{10}H_{16}$). I denne delen beskrives også en hel del jordolje-forbindelser. Disse omtales som "forbindelser av elementene kullstoff og vannstoff", men ingen molekylformler er gitt for disse stoffene, så det er vanskelig å si noe om hvor "enkle" disse forbindelsene er. Det samme kan også sies om stoffene som beskrives som kjemiske belysningsmidler og brennematerialer. Til sammen blir dette også ganske mange stoffer, og kan vanskelig omtales som "nogen", slik som Bruun gjør. Det er dermed naturlig å tro at det er andre kriterier for hva som legges i å omtale en forbindelse som enkle.

I både Bruun og Johannesen og Nicolaysen sine lærebøker forklares det at skillet mellom organisk og uorganisk kjemi har en historisk bakgrunn. Johannesen og Nicolaysen (1924) sier blant annet at "organiske (...) de som dannes og finnes i levende veseners organer", men forklarer også at dette skillet mellom organisk og uorganisk kjemi i all hovedsak er et historisk skille som har sin bakgrunn fra "da man ikke kunde fremstille organiske forbindelser av uorganisk stoff (...) trodde man at i de levende vesener virket en "livskraft", som man ikke rådet over i laboratoriumsapparatene". Noe lignende finner vi også hos Bruun, som sier følgende om

Ordet "organisk" har bare historisk betydning. Det skriver sig fra en tid da man mente at de stoffer der finnes i den levende (organiserte) natur, bare kunde dannes under medvirkning av en hemmelighetsfull kraft, som man kalte *livskraften*. I løpet av forrige århundre lærte man imidlertid ad rent kjemisk vei å fremstille en hel rekke av disse stoffer (...) De stoffer man før regnet for organiske i den forstand at de var plante- eller dyreprodukter, inneholder allesammen kullstoff og med henblikk på dette har man kalt kullstoff-forbindelsenes kjemi for organisk kjemi. Nogen få, enkle kullstoff-forbindelser regner man dog ofte med til den uorganiske kjemi, slik som vi også har gjort i forrige kapittel.²⁰¹

Livskraften det er snakk henspiller på det som tidligere har blitt omtalt som "vitalismen". Som vi har vært inne på tidligere mente tilhengere av vitalismen at det fantes en slags kraft i forbindelser fra levende organismer som bidro til å holde dem sammen. Dette synet ble forlatt ut over 1800-tallet da man ble klar over at det var mulig syntetisere organiske forbindelser fra uorganiske stoffer. Skillet mellom organisk kjemi og uorganisk kjemi ble likevel beholdt av praktiske årsaker.

Hva ble definert som organisk kjemi?

I definisjonen hos Sverre Bruun (1924) defineres organisk kjemi som kullstoff-forbindelsenes

²⁰¹Bruun, (1924), side 87

kjemi, og i denne sammenheng nevnes også uorganiske kullstoff-forbindelser:

De stoffer man før regnet for organiske i den forstand at de var plante- eller dyreprodukter, inneholder allesammen kullstoff og med henblikk på dette har man kalt kullstoff-forbindelsenes kjemi for den organiske kjemi. Nogen få, enkle kullstoff-forbindelser regner man dog ofte med til den uorganiske kjemi, slik som vi også har gjort i forrige kapittel.²⁰²

Alle forbindelsene i forrige kapittel (som er kapittel om kullstoff som grunnstoff med forbindelser) blir dermed definert som uorganiske. Bruun har dermed satt skillet ganske tydelig, men årsaken til at han velger å klassifisere noen kullstoffforbindelser som uorganiske blir det ikke sagt noe klart om – det eneste som sies er at disse kullstoff-forbindelsene er "enkle". Hva "enkle" innebærer, er som vi har sett ikke forklart. Det er nærliggende å tro at "enkel" refererer til at oppbygningen av forbindelsene er enkle, som for eksempel hos kulloksyd og kulldioksyd. Disse forbindelsene står i motsetning til forbindelsene vi finner i kapittel om organisk kjemi – der er det en overvekt av mer komplekse molekyler, som kullhydrater (karbohydrater) og eggehvitestoffer, med noen unntak – etylalkohol (etanol), eddiksyre og eddiketylester (etylacetat) er unntak fra dette. Når en ser på resten av kapittelet med tittel "kullstoff" i denne utgaven av Bruuns lærebok (1924) stemmer det likevel ikke helt at det her kun er snakk om "enkle forbindelser", da kullstoffets forbindelser med vannstoff (hydrokarboner) og kjemiske belysningmidler og brennematerialer blir gjennomgått i denne delene. Dette er som vi skal se en mengde med forbindelser som vanskelig kan karakteriseres som enkle. For hydrokarbonene nevnes dog forbindelser som kan karakteriseres som enkle om en tar antall atomer i betraktning, men også større molekyler som terpentinolje ($C_{10}H_{16}$) blir gjennomgått her.

²⁰²Bruun, (1924), side 87

Kullstoffkjemi hos Sverre Bruun

Tabell 6: Innhold "Kullstoff". "Lærebok i kjemi for gymnasiet" - Sverre Bruun (1924)

Underkapittel	Forbindelser og stoffer som er diskutert	Omtrentlig prosentandel av kapittelet
Innledning: «kullstoff»	Diamant, grafitt, amorf kull (antrasitt, stenkull, brunkull, torv, trekull, benkull, sot) karborundum (SiC)	24%
kullstoffets oksyder	kulloksyd (CO), kulldioksyd (CO ₂), karbonater (CO ₃)	21%
kullstoffets forbindelser med vannstoff, jordolje	Metan (CH ₄), etyléngass (C ₂ H ₄), acetyléngass (C ₂ H ₂), terpentinolje (C ₁₀ H ₁₆), bensin, petroleum, smøreolje, fast parafin, vaselin, blåsyre (HCN), svovelkullstoff (CS ₂)	17 % (av dette utgjør jordolje 9 %)
Kjemiske belysningsmidler. Brennematerialer	Stearinlys, petroleumslamper, acetyléngass, stenkullgass, generatorgass	38%

Innholdet i denne tabellen er med få endringer representativt for Bruun sine lærebøker helt fram til femtende utgave i 1958. Lykknes nevner også i sin artikkel om periodesystemet at Bruuns lærebøker var det dominerende læreverket for kjemi på gymnaset i mer enn 50 år, og lærebøkene ble utgitt med små modifikasjoner i hele denne perioden.²⁰³ Som vi kan se av tabellen handler litt under halvparten av dette kapittelet om forbindelser som vi idag også vil regne som uorganiske – dette vil si diamant, grafitt, kull, kulldioksyd, kulloksyd og karbonater. Største av de enkelte delene av kapittelet dreier seg faktisk om kjemiske belysningsmidler og brennematerialer (38%). I hele kapittelet om kullstoff finner vi en lite teoretisk tilnærming – teori for noen av forbindelsene eller reaksjoner med forbindelsene er så godt som ikke forklart, i stedet diskuteres hovedsaklig opprinnelse, framstilling og bruk. Reaksjonslikninger, molekylformler eller strukturformler er ikke inkludert, med to unntak – framstillingen av acetylenngass fra kalsiumkarbid ($\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$) og reaksjonen for spalting av etylen til metan og kullstoff ($\text{C}_2\text{H}_4 = \text{CH}_4 + \text{C}$). Tilnærmingen i dette kapittelet kan sees i sammenheng med det som står i undervisningsplanen:

I det hele tatt bør man under gjennomgaaelsen av de enkelte grundstoffer, og ellers naar dertil er anledning, spesielt fæste elevenes opmerksomhet ved de kemiske prosesser som spiller en rolle i menneskets og naturens husholdning.²⁰⁴

²⁰³Lykknes, side 5

²⁰⁴Gymnasiet, 1911, side 115

Tilnærmingen til stoffene som diskuteres i forbindelse med kullstoffes forbindelser med vannstoff, jordolje og kjemiske belysningsmidler og brennematerialer kan i stor grad relateres til dette sitatet fra undervisningsplanen. For eksempel forklares det generelt for jordolje at den "finnes særlig i Nord-Amerika og Baku (...) forekommer i mere eller mindre dyptliggende jordlag", men når det kommer til beskrivelsen av de spesifikke produktene man kan få av jordolje beskrives bare anvendelsen av disse.

Hovedvekten av innholdet for kjemiske belysningsmidler og brennematerialer er også hvilke bruksområder de ulike materialene har, hvordan de fremstilles og flammene som oppstår ved forbrenning. Dette er noe alle læreverkene legger vekt på og noe vi skal gå nærmere inn på i delen om kjemiske belysningsmidler og brennematerialer.

Allmennyttige kullstofforbindelser og systematiserte organiske forbindelser

I alle lærebøkene gjennom hele perioden finnes det en del eller et kapittel i lærebøkene som tilsynelatende følger det tradisjonelle mønsteret med å diskutere kullstoff som grunnstoff. I alle læreverkene kommer delen som tar for seg organisk kjemi umiddelbart etter delen som tar for seg grunnstoffet kullstoff. Unntaket for dette finnes i Førland sin andre og tredje utgave (henholdsvis 1948 og 1960), hvor denne delen om kullstoff (som ikke faller inn under organisk kjemi) er plassert et annet sted i læreboka enn umiddelbart før organisk kjemi gjennomgås.

Om plasseringen av disse delene i læreboka er tilfeldig eller ikke er det litt vanskelig å si noe om. Interessant å merke seg er det likevel at i Førland sin 3. utgave (1960) umiddelbart etter delen om kullstoff kommenterer at det finnes både organiske og uorganiske kullstofforbindelser:

Trass i at kullstoff utgjør mindre enn en hundredels prosent (...) av grunnstoffene (...) utgjør det et utall av sambindinger (...) Da en del av disse kullstoffsambindingene fins i levende organismer, kaller vi kullstoffsambindingene for organiske (...) delt kjemien i to hoveddeler, *organisk* og *uorganisk kjemi*. Den organiske kjemi behandler kullstoffets sambindinger (utenom karbonatene), den uorganiske alle andre.²⁰⁵

Her er det interessant å merke seg at ingen av de forbindelsene eller stoffene som gjennomgås i

²⁰⁵Førland, (1960), side 108

delen med overskrift "kullstoff" blir nevnt som uorganiske. Disse stoffene inkluderer stoffer vi idag vil regne som uorganiske – diamant, grafitt, sot, trekull, koks og beinkull – men også steinkulltjære blir tatt med, og en del forbindelser – noen av dem organiske – som kan utvinnes av steinkulltjære blir nevnt.

Som vi ser i sitatet over er karbonater nevnt som det eneste av kullstoffets sambindinger som er uorganiske. Likevel blir ikke karbonatene diskutert i denne delen om kullstoff. Avsnittet forklarer ikke noe om bakgrunnen eller hensikten med at det finnes en egen del med overskriften "kullstoff". Mitt inntrykk er at denne delen om kullstoff kanskje mest er tatt med for å følge det som er nedfelt i undervisningsplanen og som er det tradisjonelle mønsteret for kjemi i perioden – inndeling etter grunnstoffer og forbindelser av disse.

I Bruuns sine lærebøker fram til 1956 finner vi – som vi delvis har vært inne på – det samme skillet som vi også finner i Førland sin 1. utgave. Det kan virke som Bruun er inspirert av Hiorthdal sin lærebok om anorganisk kjemi – inneholdet i Bruun sitt kapittel om kullstoff ligner i stor grad på det Hiorthdal skriver om kullstoff i sitt bind om anorganisk kjemi – Hiorthdal omtaler også "kullstoffets forbindelser med vandstof" i dette bindet, noe som kan tolkes som at Hiorthdal mener dette hører inn under uorganisk kjemi. Hiorthdal omtaler dog disse forbindelsene igjen i bindet om organisk kjemi når derivater og homologer gjennomgås. En lignende kobling forekommer ikke hos Bruun.

For metan forklares det at det "dannes i naturen når organiske stoffer råtner under vann" og for jordolje skrives det her at dens opprinnelse ikke er kjent. Jeg vil derfor tro at Bruun kanskje ser på hvordan disse forbindelsene er definert hos Hiorthdal. Hos Hiorthdal (1889) finner vi også de enkleste hydrokarbonene beskrevet i bindet om "anorganisk kemi", men de blir også kort beskrevet i bindet om organisk kjemi. Det er dermed grunn til å tro at skillet mellom organisk og uorganisk kjemi ikke var så tydelig som det er idag.

Kullsyreassimilasjon og åndedrett (fotosyntese og celleånding)

Et tema som blir gjennomgått i forbindelse med kapittelet om kullstoff i de fleste lærebøkene er kullsyreassimilasjon og åndedrett. Dette temaet finner idag ikke i lærebøker i kjemi, men i stedet i lærebøker i biologi. Kullsyreassimilasjon og åndedrett er heller ikke et tema i undervisningsplanen

av 1911. Alle lærebøkene kommer likevel inn på dette i større eller mindre grad, men i forskjellige sammenhenger. Hos Lindstad og Lindemann og Johannesen og Nicolaysen blir kullsyreassimilasjon og åndedrettet gjennomgått før introduksjonen til organisk kjemi. Johannesen og Nicolaysen tar dette temaet opp i forbindelse med et avsnitt med overskriften "luften". Her diskuteres det hovedsaklig hvilke gasser luft inneholder og fordelingen av disse. I forbindelse med dette kommer læreboka inn på hvilken rolle det som her blir omtalt som kullsyre har for plantene:

...og skjønt der overalt og alltid dannes kulsyre, hvorved der forbrukes tilsvarende mengde surstoff, holder allikevel luftens surstoff- og kulsyre-mengde sig uforandret. Grunden hertil er den at plantene optar kulsyre fra luften, og at denne kulsyre i plantelegemet under lysets paavirkning dekomponeres i kulstof som beholdes, og surstoff som for største delen skilles ut igjen. Paa den maate sørger planterne for at luftens kulsyremængde ikke tiltar og surstoffmængden ikke avtar i det uendelige (planternes assimilation).

I likhet med de andre emnene som blir diskutert i forbindelse med kullstoffkjemi i Johannesen og Nicolaysen sine lærebøker blir heller ikke her reaksjonslikninger anvendt, med unntak av at vi finner molekylformel for kulldioksyd/kullsyre og en enkel reaksjonslikning for dannelse av kulldioksyd (CO_2) fra kulstof (C) som brenner i luft (O_2) i forbindelse med gjennomgang av kulldioksyd/kullsyre. Her forklares også at "kulsyregas er ikke brennbar" og "den underholder heller ikke forbrændingen eller aandedrettet".

Lindstad og Lindemann går grundigere inn på temaet enn Johannesen og Nicolaysen, men heller ikke her finner vi en reaksjonslikning som viser hva som skjer i reaksjonen eller hvilke forbindelser som inngår. Molekylformler finner vi dog både for stivelse ($(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_x$), kulldioksyd (CO_2) og surstoff (O_2). I 5. utgave finner vi også to illustrasjoner i forbindelse med dette temaet. Den ene illustrasjonen viser at bare planter har kullsyreassimilasjon og den andre forklarer at både dyr og planter har åndedrett. Teksten forklarer også at ved kullsyreassimilasjon blir kjemisk energi lagret og kulldioksyd blir tatt opp mens surstoff blir skilt ut, mens i åndedrettet blir kjemisk energi forbrukt og surstoff tatt opp mens kulldioksyd blir skilt ut. Forutsetninger for kullsyreassimilasjon, som lys, klorofyll og tilgang på vann og kulldioksyd blir også presisert her. Stivelse er forklart som spesielt energirik, men at stivelse kan omdannes til andre næringsstoffer er ikke nevnt. Men det refereres her til gjennomgangen av stivelse i forbindelse med kapittelet om organisk kjemi, hvor det forklares at stivelse kan spaltes hydrolytisk til glukose.

Kullsyreassimilasjon og åndedrett gjennomgås som sagt i lærebøkene til Lindstad og Lindemann i kapittel om kullstoff, men temaet repeteres også i forbindelse med i innledningen til kapittelet om organisk kjemi. Dette gjøres litt ulikt i de ulike utgavene. I innledningen av kapittelet om organisk kjemi i 1. utgave (1926) forklares følgende:

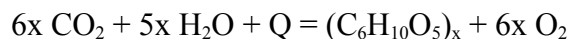
I naturen foregår stadig en omdannelse av uorganiske stoffer til organiske, idet plantene optar og omdanner CO_2 (...) menneskene benytter derfor organiske stoffer som energikilde i form av mat, brensel og lys; derved går de organiske stoffer for en del over til uorganiske, f. eks. til CO_2 . Dette er tilfelle ved åndedrettet, og når vi fyrer med ved i ovnen.

Lindstad og Lindemann viser her at det er en sammenheng mellom organiske og uorganiske forbindelser og kullsyreassimilasjon og åndedrett. Dette gjøres ved å trekke inn fenomener som kan være kjent for elevene – organiske stoffer er energikilder som vi kan benytte oss av som mat, brensel eller lys. Noe lignende skjer altså i følge Lindstad og Lindemann i åndedrettet – organiske stoffer omdannes til uorganiske. En slik tilnærming med å knytte kjente fenomener opp mot pensum ser vi også andre steder hos Lindstad og Lindemann, for eksempel i forbindelse med gjennomgangen med "forbindelser mellom kullstoff og vannstoff", der det som i undervisningsplanen av 1911 omtales som kjemiske belysningsmidler og brennematerialer gjennomgås fortløpende.

I senere utgaver blir beskrivelsen i sitatet over erstattet med spørsmålene "Vet du et eksempel på at uorganiske stoffer kan reagere slik at det bygges opp organisk stoff? Og et eksempel på det motsatte?". Dette kan kanskje sees i sammenheng med innføringen av arbeidsskoleprinsippet i norsk skole, som baserte seg i stor grad på at elevene skulle "oppdage" kunnskapen selv.

En annen innfallsvinkel og en mer sammenhengende og detaljert beskrivelse av temaet kullsyreassimilasjon og åndedrett finner vi i Førland og Bruun sine lærebøker. I disse lærebøkene forklares det at den energien som blir samlet opp av plantene lagres i stivelse og at denne energien kan overføres til eggehvitestoffer (proteiner) og fett. Her diskuteres – med unntak av for første utgave – kullsyreassimilasjon ("fotosyntese" fra og med 3. utgave) først i sammenheng med kullhydrater. I alle utgavene diskuteres sammenhengen mellom grunnstoffkretsløp, kullsyreassimilasjon/fotosyntese og åndedrett i forbindelse med det som blir omtalt som energiomsetninger til slutt i kapittelet om organisk kjemi. Førland bruker i den sammenheng

følgende reaksjonslikning for å illustrere opptak av solenergi (Q) i stivelse:



Førland forklarer videre at denne energien enten blir frigjort direkte ved forbrenning i plantene eller indirekte ved at næringsstoffene kullhydrater, fett og eggehviteoffer blir tatt opp i dyreorganismen. Her kommer også læreboka inn på at det i stenkull også finnes lagret millioner av år gammel solenergi. Førland er den eneste av lærebøkene som bruker en slik reaksjonslikning som vi ser over og også den eneste som knytter dette temaet opp mot energien som er lagret i stenkull.

Bruun har i likhet med Førland en ganske grundig og sammenhengende tilnærming til temaet kullsyreassimilasjon og åndedrett og diskuterer dette i kapittel om organisk kjemi:

Av luftens kullsyre, og vann som føres til fra roten, dannes der under sollysets medvirkning stivelse i bladgrøntkornene (...) Ved hjelp av enzymer kan stivelsen spaltes i enklere stoffer, som ved videre omsetninger kan danne fett og eggehviteoffer (...) *Det er den strålende energi fra solen som omsettes ved kullsyreassimilasjon og bindes i form av kjemiske energi i kullhydrater, fett og eggehviteoffer* (...) Den energi som de levende vesener bruker, skriver sig altså fra solstråleenergien (...) solstråleenergien ført over i en form hvori den kan magasineres og igjen avgis ved forbrenning i de levende organismer.²⁰⁶

Det er interessant å merke seg at enzymer også blir nevnt i denne sammenheng. Både hos Førland og Lindstad og Lindemann nevnes enzymer som katalysatorer ved hydrolytisk spaltning av kullhydrater, men bare Bruun tar for seg dette direkte i forbindelse med kullsyreassimilasjon. Helt til slutt hos Bruun i dette delkapittelet finnes en tabell som skisserer kretsløpet for kullstoff, surstoff og kvelstoff. Tabellen forklarer hvordan de tre grunnstoffene blir bundet og avgitt. En lignende oversikt finnes ikke noen av de andre undersøkte lærebøkene, og heller ikke andre steder i lærebøkene til Bruun.

Både Førland og Bruun knytter i sine lærebøker den energien som tas opp i stivelse ved kullsyreassimilasjon/fotosyntese opp mot omsetning og overføring av denne energien til andre næringsstoffer. Bruun klarer forklarer også at enzymer spiller en rolle i denne prosessen. Dette er ikke nevnt hos Førland. Førland kommer dog kort inn på enzymer i forbindelse med gjennomgang av kullhydratene. Førland har en litt annen innfallsvinkel til dette temaet enn Bruun og går etter min

²⁰⁶Bruun, (1924), side 103

oppfatning ganske mye mer rett på sak enn Bruun, men utelater en del detaljer som Bruun omtaler, som at enzymer spiller en rolle i omdanning av stivelse til andre næringsstoffer og at spesifikke salter er nødvendig for at planter skal vokse. Bruun utbroderer og presiserer også litt mer detaljert, for eksempel ved å forklare at "det av enkle, energiløse eller energifattige forbindelser blir laget sammensatte, energirike stoffer". Førland omtaler derimot forbrenningsvarmen for stivelse, noe som Bruun ikke kommer inn på.

Allmenndannende kullstoffkjemi?

Som vi har vært inne på ble kunnskapen som førte til den ekspansive utvikling innen organisk kjemi oppdaget fra 1850 og utover, og det største nyvinningene skjedde de siste 25 årene før 1900. Dette er også noe som gjenspeiler seg i lærebøkene, spesielt i Johannesen og Nicolaysen sine lærebøker fram til den omarbeidede 10. utgave kom ut i 1924. De første lærebøkene til Johannesen og Nicolaysen inneholder ikke stort annet om organisk kjemi enn faktaopplysninger om stoffene, som bruksområder, enkelte fysiske egenskaper og framstilling – en hverdagslig tilnærming. Disse lærebøkene mangler mye av det vi forventer å se i dagens lærebøker, som strukturformler, reaksjonsmekanismer og funksjonelle grupper.

En hverdagslig tilnærming til organisk kjemi er til dels dominerende i alle læreverkene fram til Førland sin 2. utgave (1948) og Bruun sin 15. utgave (1958). Som vi har sett er dette begrunnet i undervisningsplanen, der det blir lagt vekt på knytte kjemi opp mot "kemiske prosesser som spiller en rolle i menneskets og i naturens husholdning". Fra og med de ovennevnte utgavene ser vi en antydning til en mer systematisk og teoretisk tilnærming til organisk kjemi som minner om den vi ser i moderne lærebøker. Men hvordan arter en slik teoretisk oppbygning seg? I grunnbøkene for læreverket "Kjemien stemmer" – som dekker kompetansemålene innenfor organisk kjemi for fagene Kjemi 1 og Kjemi 2 – finner vi en slik oppbygning. I grunnboka for kjemi 1 dreier så godt som hele kapittelet om organisk kjemi seg om å introdusere ulike *funksjonelle grupper*. Grunnboka for Kjemi 2 bygger videre på dette. Her forklares ulike typer *reaksjoner* og noen *reaksjonsmekanismer*. I Kjemi 2 finnes det også et kapittel som kalles "næringsstoffer" der struktur, egenskaper og noen reaksjoner hos karbohydrater, fett og proteiner forklares. I dette faget skal det også gjøres en del påvisningsreaksjoner for organiske forbindelser med ulike funksjonelle grupper og næringsstoffene.

I Kjemi 1 forklares altså det grunnleggende teoretiske for organisk kjemi, mens i kjemi 2 blir det

lagt vekt på å se på reaksjoner og anvende kunnskapen som ble tilegnet i kjemi 1. En slik oppbygning står i kontrast til det vi ser i første generasjons allmenndannende lærebøker. Her ler faktaopplysninger det sentrale, og systematisering av stoffet legges det i mindre grad vekt på. Vi kan igjen se på Bruun sin 1924-utgave – som er representativ for hele perioden for Bruun – der det allerede på andre side i dette kapittelet er et eksempel på en påvisningsreaksjon for druesukker med Fehlings væske. Påvisningsreaksjoner er også et tydelig vektlagt tema i forbindelse med kullhydrater. Funksjonelle grupper blir gjennomgått kort underveis etter som Bruun velger å trekke dem inn. Eksempler på dette er at hydroksylgruppen diskuteres i forbindelse med at alkoholgjæring blir gjennomgått og karboksylgruppen blir diskutert i forbindelse med at eddiksyre blir nevnt fram når "eddiksyrebakterier virke på alkohol."

Kjemi som obligatorisk fag for alle elever på gymnaset, kunnskapen om organisk kjemi i tidsperioden og tilnærmingen som vi finner til organisk kjemi må sees i sammenheng. Som vi har vært inne på var kjemi et obligatorisk fag for alle elever på gymnaset fra og med 1896 som skulle undervises henholdsvis omtrent 4 og 6 timer første og andre halvår av første årstrinn på gymnaset. En tilnærming til kjemi som er knyttet opp mot elevenes hverdag og naturlige kjemiske prosesser var dermed også kanskje noe som kunne bidra til å gjøre kjemi til et fag som "alle" kunne forstå – ikke minst for organisk kjemi, der tema som alkoholgjæring, brødbaking og forsåpning fremstår som sentrale.

Noe som sannsynligvis spiller en stor betydning for en slik hverdagslig tilnærming til organisk kjemi og ellers også i læreplanen og lærebøkene generelt er noe av hovedtanken bak "Lov om høiere almennskoler" – gymnaset skulle være allmenndannende. Det skulle tydeligvis gi allmennyttig kunnskap som skapte gode og opplyste borgere. Det skulle ikke lenger være en "embedsmannsskole" forbeholdt noen få. Kjemi som obligatorisk fag for alle på gymnaset og ønsket om allmenndannende (og allmennyttig) kunnskap må etter min mening sees i sammenheng med en lite systematisk og teoretisk oppbygning av lærebøkene i kjemi fram til så sent som 1956.

Med *1869-loven* hadde gymnaset blitt delt i latinlinjen og reallinjen. Faget naturvidenskab – der kjemi var et av emnene – var bare obligatorisk for de som valgte "reallinjen", men verdt å merke seg er også at det ble undervist i alle tre årene. Som nevnt tidligere er innholdet i Thorstein Hiorthdals lærebøker i kjemi stort sett beregnet for reallinjen. Innholdet i Hiorthdals bind om

organisk kjemi – som fulgte 1869-loven – kan overhodet ikke sammenlignes med delene om organisk kjemi i lærebøkene etter 1896-reformen. Som vi har sett er mengden av forbindelser og inndelingen av stoffet i Hiorthdals bind om organisk kjemi mye mer omfattende enn i lærebøkene etter 1896-loven. Vi finner her en mer systematisk presentasjon enn vi finner i noen av bøkene i første generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi. Karbohydrater – som er noe av det meste sentrale i lærebøkene som følger 1896-loven – blir først diskutert et godt stykke ut i læreboka til Hiorthdal, etter at både hydrokarboner og derivater av disse er gjennomgått.

Kjemi ble som vi har sett veldig kort beskrevet i undervisningsplanen som fulgte 1869-loven og organisk kjemi eller kullstoff er ikke en gang nevnt. Til tross for dette var likevel organisk kjemi noe helt annet i lærebøkene til Hiorthdal enn i lærebøkene i den analyserte perioden. Dette kan kanskje sees i sammenheng med det som vi har vært inne på om kjemi som et obligatorisk og allmenntilgjengelig fag etter 1896.

Som vi har sett er kullstoffkjemi et bredt tema i undervisningsplanen – og et enda bredere tema i lærebøkene – med en tydelig allmenntilgjengelig og hverdagslig tilnærming. I tillegg til at vi finner en hel del uorganiske forbindelser i forbindelse med dette temaet, finner vi også noen emner som det ikke er naturlig å inkludere i kjemi i det hele tatt i dagens lærebøker. Vi har vært inne på det som omtales som kullsyreassimilasjon og åndedrett, og som vi senere skal se er osmose også et eksempel på at kullstoffkjemi inkluderer tema som ikke er særlig sterkt knyttet opp mot organisk kjemi. Det er derfor tydelig at vi i første generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi hovedsaklig ser en tilnærming til kjemi der det er naturlig å favne bredt og ta med tema som er mer allmenntilgjengelige enn relatert til kjemi.

En mer teoretisk definisjon av organisk kjemi

På slutten av den undersøkte perioden ser vi et lite skifte for kullstoffkjemi lærebøker i kjemi – i alle fall når det gjelder tilnærming og oppbygning av kapittelet om organisk kjemi. Med Førland sin 2. utgave (1948) og Bruun sin 15. utgave (1958) endres kapittelet om organisk kjemi en hel del. Endringene gjenspeiler seg også i at organisk kjemi blir mer teoretisk definert. Vi skal se nærmere på dette.

En teoretisk tilnærming til organisk kjemi ser vi ganske tydelig fra og med Førland sin 1948-utgave

og Bruun sin 1958-utgave, men spesielt i Førland sin 1960-utgave. I Bruun sin 1958-utgave finner vi en forklaring på hvorfor organiske forbindelser kan danne så mange forbindelser:

...når nettopp *kullstoffet* danner så mange forbindelser, kommer det først og fremst av at kullstoffatomene har evne til å bindes sammen til kjeder på forskjellig vis (...) særlig lett for å binde seg til atomer og atomgrupper på av mange slag...²⁰⁷

Dette er en ganske stor endring fra de tidligere definisjonene, og også den som vi finner i Førland sin utgave fra 1948. Kunnskapen om denne evnen til å karbon har til å binde seg i kjeder var også kjent på slutten av 1800-tallet. Likevel finnes ingen definisjoner som nevner dette. En lignende forklaring finner vi med Førland sin definisjon fra 1960, men Førland går i større detalj da han forklarer at kjedene kan danne både sykliske og asykliske ringer:

Til grunn for denne inndeling legger vi alltid molekylets strukturformel. Kullstoffatomene kan binde hverandre innbyrdes til kjeder. Disse kullstoffkjedene lager på en måte skjelettet i sambindingen. De kan være åpne, eller de kan gå sammen til en ring. Sambindinger med åpne kjeder kaller vi *asykliske* (ikke-sykliske), de andre, men kullstoffatomer som danner en eller flere ringer, kaller vi *sykliske*.²⁰⁸

Det blir etter hvert egenskapene til selve kullstoffet og forklaringer om molekylstruktur og evnen til å danne kjeder er hovedvekten i definisjonene. De mer hverdagslige forklaringene om at vi bruker organiske stoffer som brensel og mat finner vi ikke lenger, men Bruun velger fortsatt å legge til å legge til noe generelt om forbrenning:

De organiske forbindelsene inneholder gjerne mye energi, som blir fri f. eks. ved ånding og forbrenning av luft.²⁰⁹

I likhet med Førland sin definisjon fra 1948, finner vi også her en forklaring på at delingen av organisk og uorganisk kjemi er beholdt på grunn av at antallet kullstoff-forbindelser er veldig stort. Førland og Bruun sine nye tilnærminger til organisk kjemi og reorganiseringen i forhold til kullstoffkjemi vil bli diskutert i ytterligere detalj.

Hvordan reflekterte lærebøkene fagområdet organisk kjemi?

Det kan hevdes at utviklingen som foregikk innen organisk kjemi på slutten av 1800-tallet og ut over første halvdel av 1900-tallet ikke gjenspeilte seg i særlig grad for organisk kjemi slik som det framstår i læreplanen og i lærebøkene. Et argument for dette er at den hverdagslige tilnærmingen til faget – med veldig stor vekt på faktaopplysninger om stoffene og bruk av stoffene – er veldig

²⁰⁷Bruun, 1958, side 74

²⁰⁸Førland, 1960, side 108

²⁰⁹Bruun, 1958, side 74

fremtredende. Det er også lagt liten vekt på forbindelsenes struktur og ikke gjort noe forsøk på å fremstille stoffet på en måte som gir et system for å gjenkjenne forbindelse – som vi finner i Hiorthdal sitt bind om organisk kjemi, som begynner med enkle forbindelser satt sammen av få atomtyper og fortsetter med gradvis mer kompliserte forbindelser. Det kan virke som Bruun sine lærebøker fram til 1956 legger opp kapittelet om organisk kjemi nesten bare etter hva som regnes som mest allmenntilgjengelig og kjent for elevene når han velger å starte kapittelet med kullhydrater og velger å knytte halvparten av kapittel om organisk kjemi opp mot dette temaet.

En ny fagplan for kjemi kom ikke før i 1976 – med unntak av forsøk med nye fagplaner i forbindelse med reformarbeidet på 60-tallet. Dette reformarbeidet er et tema i seg selv som vi ikke skal gå inn på i forbindelse med denne diskusjonen. Jeg vil i stedet trekke fram at det i perioden mellom 1911 og 1960 skjedde oppdagelser som hadde betydning både for organisk kjemi og for kjemi generelt, men en del av disse var det kanskje ikke så naturlig å inkludere i en allmenndannende lærebok om kjemi. En av de viktigste nyvinningene innen kjemi på den tiden var elektroniskallmodellen, i tillegg til at fysikalsk kjemi og analyseinstrumenter på 50- og 60-tallet for alvor begynte å få betydning. Reaksjonsmekanismer begynte også å bli kjent.

En elektroniskallmodell for metan finner vi som vi skal se litt senere inkludert fra og med Bruun sin 1958-utgave, men ingen av nyvinningene i denne perioden er ellers tatt med i noen av lærebøkene. Oppdagelsene som var av betydning for organisk kjemi var kanskje på et så høyt teoretisk nivå at det var vanskelig å inkludere noen av disse oppdagelsene i kjemifaget slik det framstod – et obligatorisk fag som alle på gymnaset måtte gjennom.

Kjemiske belysningmidler og brennematerialer

Kjemiske belysningmidler og brennematerialer er et tema vi ikke finner omtalt i moderne lærebøker. I følge undervisningsplanen av 1911 er dette et tema det "er naturlig at indskyte" etter det vi idag omtaler som hydrokarboner. Som vi skal se etter hvert er dette også et emne som det i lærebøkene er lagt ulikt vekt på i forhold til de andre temaene innen kullstoffkjemi – noen lærebøker kommer bare kort innpå dette emnet, mens i andre lærebøker er dette et tema som forklares til dels svært grundig. Dette er også et tema som på slutten av perioden blir viet mindre oppmerksomhet.

Undervisningsplanen gir ingen detaljer i forhold til hva det er relevant å gå i detalj på i forbindelse med kjemiske belysningsmidler og brennematerialer – det gies ingen konkrete eksempler på belysningsmidler eller brennematerialer som det kan være aktuelt å ta for seg. Hva læreverkene inkluderer i temaet kjemiske belysningmidler og brennematerialer varierer derfor en del. Lærebøkene omtaler også dette emnet i ulike sammenhenger – temaet er tatt for seg både i forbindelse med organisk kjemi og i forbindelse med kapittelet om kullstoff.

De ulike læreverkene tar for seg ulike stoffer i forbindelse med dette temaet. Vi skal se litt nærmere på hva som trekkes fram i de ulike lærebøkene. Av alle læreverkene er det Johannesen og Nicolaysen som legger mest vekt på det som i undervisningsplanen omtales som kjemiske belysningsmidler og brennematerialer. I dette læreverket kalles kapittelet som tar for seg dette temaet "brennstoffer og belysningsstoffer" og vi finner både flest stoffer og flest detaljer om disse stoffene beskrevet. I andre lærebøker har dette temaet andre overskrifter.

Tabell 7: Innhold "brennstoffer og belysningsstoffer" Johannesen og Nicolaysen (1924)

Naturlige brennstoffer	Kunstige brennstoffer
Tre	Trekull
Kullene i naturen	Koks
Torv	Generatorgass
Brunkull	Vanngass
Stenkull	Lyggass
Antrasitt	
Petroleum	

Johannesen og Nicolaysen er også det eneste av læreverkene som skiller mellom naturlige og

kunstige brennstoffer. Inndelingen av brennstoffene er omtrent den samme for hele perioden. Før brennstoffene beskrives nærmere finnes en generell forklaring på hva brennstoffer er:

De aller fleste brennstoffer inneholder kullstoff og vannstoff, noen også surstoff. Kull og torv inneholder også kvelstoff, som kan utnyttes ved gassverker og lignende.

Her finnes også en tabell som beskriver varmeutviklingen av et brennstoff. Dette beskrives som *forbrenningsvarmen*, og defineres som antall kalorier man får når 1 kg brennmateriale forbrenner fullstendig. Videre beskrives viktigheten av at det er tilstrekkelig med lufttilgang for å få en fullstendig forbrenning og full utnyttelse av potensialet som finnes i brennmaterialet.

Det meste som forklares om naturlige brennstoffer dreier seg om hvor de finnes, mens det også for tre forklares litt om oppbygningen (består vesentlig av cellulose, har porer fylt med luft og et varierende vanninnhold) og for kullene beskrives det kort hvordan de har oppstått ("dekomponert under vann ved langsom oksydasjon under sparsom tilgang av surstoff"). For de kunstige brennstoffene forklares det i grove trekk hvordan de fremstilles og hvilke biprodukter en kan forvente ved fremstilling og litt om nytten av disse.

Tabell 8: Innhold "Kjemiske belysningsmidler. Brennematerialer." Sverre Bruun

1924	1956
Stearinlys	Stearinlys
Petroleumslamper	Asetylengass
Acetylgass	Stenkullgass
Stenkullgass	
Generatorgass	

Som vi ser av disse tabell 8 er både petroleumslamper og generatorgass utelatt i 1956-utgaven. Petroleumslamper ble overflødige og mindre aktuelle som belysningsmiddel da elektristet ble innført. Litt overraskende er det kanskje at stearinlys beskrives i like stor detalj som i 1924. For stearinlys er det nesten bare beskrevet hvordan den brenner og hvilken flamme som oppstår – dette er noe vi skal ta for oss i detalj etter hvert. Fremstilling av lysgass og hvilke biprodukter som kan forventes er også beskrevet grundig. Med unntak av for petroleumslamper og generatorgass er teksten i hele dette avsnittet uendret fra 1924 til 1956 – 1956-utgaven er den siste som utgaven som kommer ut før læreboka gjennomgår en gjennomgripende forandring med 1958-utgaven.

Førlands lærebok gjennomgår fra første til andre utgave (1941 og 1948) ganske omfattende revideringer, også når det kommer til temaet kjemiske belysningsmidler og brennematerialer.. Vi kan i andre utgave se antydning til en systematisering som vi ser i moderne lærebøker. Samtidig ser vi at temaet kjemiske belysningmidler og brennematerialer vies mindre plass. I 3. utgave (1960) er dette temaet redusert ytterligere.

Lindstad og Lindemanns lærebøker skiller seg litt ut fra de andre lærebøkene når det gjelder kjemiske belysningsmidler og brennematerialer. I dette læreverket finnes det ikke et eget kapittel om dette temaet. I stedet gjennomgås dette temaet i forbindelse med "forbindelser mellom kullstoff og vannstoff" – som også er det første avsnittet etter innledningen til organisk kjemi. Det som kan relateres til kjemiske belysningmidler og brennematerialer utgjør faktisk hovedvekten av dette kapittelet.

Det er dermed en del forskjell i forhold til hva de ulike læreverkene legger i det som i undervisningsplanen omtales som kjemiske belysningsmidler og brennematerialer. Bruun er for eksempel den eneste læreboka som ikke går i særlig detalj på ulike typer kull og torv, mens Johannesen og Nicolaysen legger stor vekt på dette, også etter revideringen av læreboka. Lindstad og Lindemann er det læreverket som legger minst vekt på dette temaet og har i tillegg en litt annen tilnærming enn de andre læreverkene – her beskrives kun lysgass, stearinlys og jordolje under overskriften "forbindelser mellom kullstoff og vannstoff".

Gjennomgående for hele perioden er at temaet som i undervisningsplanen av 1911 omtales som kjemiske belysningmidler og brennematerialer etter min oppfatning i stor grad er diskutert på en måte som jeg tidligere har omtalt som hverdagslig og i liten grad er knyttet opp mot organisk kjemi, til tross for at en del forbindelser vi idag vil regne som organiske blir gjennomgått. Dette er heller ikke et tema som diskuteres i forbindelse med organisk kjemi – med unntak av for hos Lindstad og Lindemann – der lysgass, stearinlys og jordolje beskrives i forbindelse med "forbindelser mellom kullstoff og vannstoff". Dette gjelder også Førland sin andre utgave fra 1948, som ellers er ganske forskjellig fra lærebøkene som utkom før den tid og har en tilnærming til organisk kjemi som minner om den vi ser i moderne lærebøker. I alle lærebøkene er framstilling og anvendelse av de ulike brennstoffene og belysningmidlene vektlagt mest, og prosessen for fremstilling av noen av stoffene er meget detaljert beskrevet.

Flammen som oppstår ved forbrenning er også diskutert ganske grundig i noen av lærebøkene. Reaksjonslikninger for de ulike forbrenningsreaksjonene finnes ikke, med et unntak – Bruun inkluderer en reaksjonslikning for spaltingen av etylen til metan og kullstoff ($C_2H_4 = CH_4 + C$). Bruun er også den eneste som forklarer forbrenning på en matematisk måte og bruker begrepet "termokjemisk ligning". Dette vil bli diskutert.

Inspirasjon fra Hiorthdals bind "Anorganisk kjemi"?

Thorstein Hiorthdals lærebøker i kjemi består av et bind om "anorganisk kemi" og et om "organisk kemi". Som vi har vært inne på skriver Hiorthdal i forordet til disse lærebøkene at lærebøkene – med unntak av det som er skrevet med liten skrift – er beregnet for realgymnasiet. I Hiorthdal sitt første bind om kjemi – anorganisk kjemi – fra 1893 er kjemiske belysningsmidler og brennematerialer et tema. Undervisningsplanen av 1885 nevner ikke dette som et eget emne, men som vi har vært inne på legger undervisningsplanen av 1885 knapt føringer på innholdet av kjemifaget, annet enn at "disciplerne bør derhos besidde kjendskab til det væsentligste af den anorganiske kemi". Oppbygningen i lærebøkene som følger undervisningsplan av 1911 – spesielt Bruun sine lærebøker – ser i ganske stor grad ut til å være inspirert av Hiorthdals bind om anorganisk kjemi når det kommer til kjemiske belysningsmidler og brennematerialer.

Bruun velger også å følge Hiorthdal i at han ikke tar for seg kjemiske belysningsmidler og brennematerialer som en del av organisk kjemi. Bruun velger i hele perioden 1914-1956 å plassere dette temaet i kapitlet om kullstoff og ikke i kapitlet om organisk kjemi. Først med 1958-utgaven blir temaet ganske uforandret flyttet til kapittel om organisk kjemi. Det samme gjør Førland i sin 2. utgave (1948).

Johannesen og Nicolaysen fram til 1921

I Johannesen og Nicolaysen sine lærebøker fram til niende utgave i 1921 er kjemiske belysningsmidler og brennematerialer et vesentlig tema. Her brukes størst plass av alle de undersøkte lærebøkene på temaet kjemiske belysningsmidler og brennematerialer. I disse lærebøkene utgjør denne delen litt over 6 sider, mens definisjonen av organisk kjemi og alt som kommer etter dette og før brennematerialer og belysningsmidler – det vil si kullvannstoffer, fettartene, kullhydrater, eggehvitestoffene og gjæring (inkluderer øl, alkohol, vin, eddiksyre og brød) – er på såvidt under 7

sider. I sistnevnte del finner vi også beskrivelser av brennbare gasser. Til sammenligning bruker Bruun (1924) litt under 5 sider på dette temaet og 18 sider på organisk kjemi og Førland (1948) bruker 4 sider av det 26 sider lange kapittelet om organisk kjemi.

Belysningsmidler og brennematerialer er altså veldig sterkt vektlagt i Johannesen og Nicolaysen sine lærebøker i forhold til i de andre lærebøkene. Dette må nok sees i sammenheng med at kullstoffkjemi som tema diskuteres på en hverdagslig måte – så godt som alt som forklares om kullstoffkjemi er faktaopplysninger om framstilling, bruk, lukt og utseende. Dette gjelder også de andre bøkene i denne perioden, men for Johannesen og Nicolaysen er dette nesten totalt dominerende. Her er det i kapittel om kullstoff – med ett unntak – ingen reaksjonslikninger, ingen strukturformler eller molekylformler, og det er heller ingen antydning til systematisering av forbindelsene ut ifra funksjonelle grupper. Grupper av forbindelser er ikke nevnt overhodet. En systematisering av forbindelser ut ifra funksjonelle grupper finner heller ikke i noen særlig grad før Førland sin 2. utgave fra 1948, men i alle lærebøkene før denne læreboka ble utgitt – med unntak av Johannesen og Nicolaysen – omtales "grupper" eller "grupper av forbindelser", som for eksempel hydroksylgrupper eller karboksylgrupper.

I Johannesen og Nicolaysen er det i motsetning til i de andre lærebøkene som sagt ikke brukt noen strukturformler. Det er heller ikke brukt molekylformler – faktisk er bare empiriske formler anvendt. Mangelen på teoretisk bakgrunn, strukturformler og molekylformler i forhold til de andre lærebøkene har nok sammenheng med at den første utgaven av læreboka kom i 1897. Senere utgaver fram til tiende utgave i 1924 er lette revisjoner i forhold til denne, i alle fall når det dreier seg om det vi idag vil regne som organisk kjemi. Organisk kjemi var et fagområdet med et teoretisk fundament som hadde blitt utviklet for det meste i perioden etter 1850, med de viktigste oppdagelsene i de siste 25 årene før 1900. Dette bidrar nok til at organisk kjemi er et veldig lite tema hos Johannesen og Nicolaysen i perioden 1897-1921.

Lysgass og stenkulltjære

Stenkullgass eller lysgass er et tema som blir diskutert i alle lærebøkene. Både Bruun, Johannesen og Nicolaysen, og Førland forklarer ganske detaljert om dette temaet, mens Lindstad og Lindemann er det læreverket som i minst grad legger vekt på det som i disse lærebøkene omtales som lysgass. Jeg skal her først og fremst se litt på hvordan Bruun og Johannesen og Nicolaysen behandler dette

temaet. Førland sin lærebok gjennomgår ganske store forandringer fra første til andre utgave (1941 og 1948). Jeg skal derfor ta for meg endringer i Førlands 2. utgave i en egen del.

Johannesen og Nicolaysens lærebok gjennomgikk med 10. utgave i 1924 en revidering som også omfattet organisk kjemi. Her forklares følgende om lysgass:²¹⁰

Lysgass fremstilles ved ophetning av stenkull i lukkede retorter av ildfast sten. De utviklede brune, tunge damper undviker gjennom rørledninger til forlag hvor en del av den dannede tjære kondenseres og renner ned i en beholder. Foruten tjære inneholder den rå lysgass vesentlig vannstoff, sumpgass, ætylén, kulloksyd, svovelvannstoff, cyanforbindelser og ammoniakk (...) Koks, ammoniakk og tjære er biprodukter. Ammoniakken blir enten solgt som salmiakkspiritus eller omdannes til ammoniakksalter. Tjæren er en mangfoldig blanding av organiske forbindelser. Disse er utgangspunkt for fremstilling av en mengde farvestoffer (anilinfarver), lægemidler, sprengstoff...²¹¹

Som vi kan se er det her en grundig beskrivelse av både fremstillingsprosessen og hvilke biprodukter som kan forventes. I læreboka finnes det også to tabeller som gir omtrentlige verdier for utbytte av stenkull. Johannesen og Nicolaysen kommer her inn på betydningen av en del organiske forbindelser som finnes i tjæra, deriblant betydningen av disse stoffene i fargestoffindustrien og farmasøytisk industri. Teoretiske aspekter ved forbindelsene er likevel ikke diskutert – her sies eller antydes hverken noe om strukturen til benzen, dette til tross for at strukturen til benzen ble foreslått allerede i 1865 og dermed burde dermed være ganske godt kjent i 1924. Dette er en rent deskriptiv forklaring om hva som skjer ved en slik prosess som ikke går i dybden – en hverdagslig tilnærming til dette temaet der det legges mest vekt på detaljer om selve prosessen og navn på de ulike produktene og biproduktene.

I Bruuns lærebøker er innfallsvinkelen litt annerledes. Her er stenkullgass (lysgass) og stenkulltjære to forskjellige tema som begge diskuteres ganske detaljert. Interessant å merke seg er også at stenkullgass beskrives i kapittelet om kullstoff og stenkulltjære blir gjennomgått til slutt i kapittelet om organisk kjemi. Det er dermed uklart om Bruun mener stenkull er et tema som hører inn under organisk kjemi eller uorganisk kjemi.

²¹⁰En del av teksten som inneholder detaljerte beskrivelser av navnene på deler av selve renseanlegget er utelatt. Dette har ikke betydning for innholdet av sitatet.

²¹¹Johannesen & Nicolaysen, (1924), side 87-88

Når det gjelder framstilling av steinkullgass blir prosessen kort omtalt i Bruuns lærebøker. Her finnes det også inkludert noen enkle illustrasjoner – blant annet en enkel modell av et gasskraftverk. Denne blir tatt bort fra og med 1958-utgaven. Andre små og lite vesentlige endringer blir gjort på dette kapittelet i perioden, blant annet så blir temaet petroleumslamper fjernet etter 1938 – noe som kan sees i sammenheng med at elektrisitet var vanlig som belysning lenge før den tid. I denne delen finner vi i likhet med hos Johannesen og Nicolaysen en ganske hverdagslig tilnærming til dette temaet. Her får vi også kjennskap til at lysgass er en mekanisk blanding av en hel rekke gasser som fremstilles av stenkull og er en gass som brukes både til belysning, oppvarming og koking, og må gjennomgå en omfattende rensing som fjerner en del biprodukter – deriblant stenkulltjære. Flammen er også her gjenstand for diskusjon, om enn ikke så omhyggelig som for stearinlys.

Til slutt i kapittelet om organisk kjemi finner vi som sagt et avsnitt med tittelen "stenkulltjære". Her forklares det at stenkulltjæren har betydning som "utgangsstoff ved framstilling av en hel mengde viktige kjemiske forbindelser". Her finner vi også en modell av heksagonstrukturen til bensol (benzen). Strukturen forklares også kort:

Kullstoffatomene må antas knyttet sammen til en ring. En slik ringslutning opptrer i en stor rekke organiske forbindelser – således i de fleste av dem der finnes i stenkulltjæren og som fremstilles av denne. Disse forbindelser kalles cycliske i motsetning til de alifatiske...

En slik beskrivelse finner vi med unntak av i Førlands første utgave (1941) ikke i noen av de andre lærebøkene i første generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi. Her nevnes også en del eksempler på andre stoffer som kan utvinnes ved "stenkulltjærens destillasjon og den videre behandling av destillatene" og deres bruk, deriblant karbolsyre (antiseptisk) og anilin (anilinfarger). Betydningen av strukturen og mulighetene for å lage derivater av dette er likevel ikke nevnt.

Bruun legger likevel med dette vesentlig mer vekt på forbindelser av kommersiell betydning som kan utvinnes av stenkulltjære enn Johannesen og Nicolaysen, og forklarer mindre detaljert om prosessen med framstilling.

Brennmaterialer i ulike faser og litt mer om steinkulltjære

Første utgave av Tormod Førland sin lærebok (1941) har en oppbygning og en tilnærming til temaet kullstoffkjemi som minner om den vi finner i de andre lærebøkene i førstegenerasjons allmenndannende lærebøker i kjemi. Her blir alle de (som vi idag vil regne som) uorganiske kullstoffforbindelene beskrevet i et eget kapittel med tittelen "kullstoff" sammen med kullvannstoffene og kjemiske belysningsmidler og brennematerialer. Kullhydrater, alkoholer, eggehvitestoffer (proteiner) og fett gjennomgås i kapittel om organisk kjemi. Som tidligere nevnt varierer innholdet noe i forhold til kullvannstoffene og kjemiske belysningsmidler og brennmaterialer, men oppbygningen av det som finnes i kapittel eller del om organisk kjemi har veldig store likheter i forhold til de andre lærebøkene i førstegenerasjons allmenndannende lærebøker.

Førland kommer også inn på lysgassproduksjon og steinkulltjære i detalj i sin første utgave. I motsetning til Johannesen og Nicolaysen – som har en lang utgreiing om navnene på de ulike delene i fremstillingsprosessen – forklarer Førland denne prosessen ganske kort, og trekker fram de viktigste produktene, nemlig koks, lysgass, ammoniakkvann og steinkulltjære. Her forklares det også at lysgass ikke lenger brukes til belysning, men mest brukes til koking og oppvarming.

Steinkulltjære blir i denne forbindelse beskrevet grundig, og en del strukturformler blir også nevnt i forbindelse med dette. Mange bruksområder er nevnt, og blant dem fargestoffer, medisiner, sprengstoff og søtstoffer. For en del av disse forbindelsene er også strukturformlene gitt, og det forklares at "ringforbindelser kalles *karbocykliske*" og at "kullstoff er 4-verdig". Det er interessant å merke seg at i den sterkt reviderte andre utgaven av Førlands lærebok er dette bortfalt. Vi kommer tilbake til dette.

Førland forklarer i kapittelet om brennmaterialer i sin 1. utgave at det er en sammenheng mellom den prosentvise sammensetningen av kullstoff i ulike brennmaterialer også forklart – jo eldre brennmaterialene er, jo mer kullstoff inneholder de. Førland kommer også her med en annen generalisering vi ikke finner i noen av de andre lærebøkene – her forklares det at brennstoffer kan deles inn i faste, flytende og gassformige. I den sammenheng kommer læreboka også inn på forbrenningsvarme, som blir definert tidlig i dette avsnittet:

Ved et stoffs *forbrenningsvarme* forstår vi det antall kilokalorier (kcal) som ett kilo av stoffet leverer ved fullstendig forbrenning. Forbrenningsvarmen for rent kullstoff er 8100 kcal og for vannstoff 34000 kcal. Ved ufullstendig forbrenning av kullstoff til CO blir det bare utviklet 2400 kcal.²¹²

Noe lignende finner vi også i de andre lærebøkene, men definisjonen av forbrenningsvarme er trukket fram mer i denne læreboka.

I 2. utgave av Førland sin lærebok blir hele temaet brennematerialer flyttet til kapittel om organisk kjemi. Lite av innholdet er likevel endret. Den mest påfallende endringen er at flammen diskuteres i mindre grad og at stearinlys knapt er nevnt. Aromatiske kullstoffforbindelser blir ikke beskrevet her lenger, men blir diskutert kort i delen om kullvannstoffer. Interessant å merke seg er at det her presiseres at brennstoffer bør ha størst mulig brennverdi (forbrenningsvarme), noe som kanskje er opplagt for de aller fleste, og som heller ikke presiseres i noen av de andre lærebøkene. Dette begrepet og enheten kalorier blir ikke diskutert i detalj, og det gies ingen eksempler som kan gi assosiasjoner til noe som kan være kjent for elevene fra før. Dette henger etter min mening kanskje litt i løse lufta i de andre lærebøkene, da det ikke er gitt noen ytterligere forklaring på hva denne verdien kan sammenlignes med – som for eksempel hvor mye som trengs for å varme opp et hus av en viss størrelse.

Hos Bruun er ikke begrepet forbrenningsvarme nevnt i det hele tatt. Bruun sier i stedet at "det blir fri en varmemengde". I en del av de andre lærebøkene finner vi tabeller for verdier ved forbrenning av ulike kullstoffbaserte brennmaterialer. Som vi snart skal se presenterer Bruun gjennomgåes forbrenning av ulike brennmaterialer på en annen måte enn i de andre læreverkenes.

Termokjemi

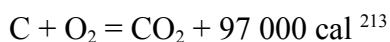
I lærebøkene til Bruun finnes det i alle utgavene umiddelbart etter kjemiske belysningmidler og brennematerialer et avsnitt der begrepet "termokjemisk ligning" dukker opp. Bruuns lærebok er det eneste læreverket som har et slikt avsnitt og bruker begrepet "termokjemisk ligning". Innholdet i dette avsnittet varierer i en del av utgavene, men vi skal se litt nærmere på hva som står i 1924-utgaven der følgende forklares:

Brennstoffene (...) er vesentlig kjemiske forbindelser av elementene kullstoff, vannstoff og surstoff eller to av

²¹²Førland, 1941, side 89

dem. Ved deres forbrenning dannes der kulldioksyd og vann (...) Kjemisk energi omdannes ved disse oksydasjoner til varme (...) Den varmemengde som frigjøres ved deres forbrenning, er næsten alltid mindre end den vi på grunnlag av tallene ovenfor kan beregne av deres kullstoff- og vannstoffinnhold.

Læreboka gir dermed en ganske grundig forklaring av sammenhengen mellom kjemisk energi og forbrenning. I teksten her er det også gitt noen eksempler på brennverdier. Det som omtales som en termokjemisk likning brukes for å illustrere oksidasjonen av kullstoff:



Bruun sin lærebok har dermed en ganske teoretisk tilnærming til dette i forhold til de andre lærebøkene. Som sagt finnes det en del tabeller i noen av de andre lærebøkene med eksempler på varneverdier, men begrepet termokjemisk likning dukker ikke opp, og en slik oksidasjon er ikke beskrevet. Likevel er det interessant å merke seg at i avsnittet forut for denne delen – om kjemiske belysningsmidler og brennmaterialer – ikke gies noen eksempler på at denne reaksjonen forekommer. Det er også bare én reaksjonslikning i delen om kjemiske belysningsmidler og brennmaterialer, nemlig etylén som spaltes i metan og kullstoff ($\text{C}_2\text{H}_4 = \text{CH}_4 + \text{C}$) – en reaksjonslikning det umiddelbart ikke er enkelt å sette i sammenheng med oksidasjonen av kullstoff.

Fra og med 1958-utgaven blir Bruuns lærebok sterkt reorganisert, også i forbindelse med organisk kjemi. I denne utgaven flyttes både kullvannstoffer og kjemiske belysningsmidler og brennmaterialer til kapittel om organisk kjemi. Rekkefølgen endres likevel ikke – Bruun omtaler også etter 1958 kjemiske belysningsmidler og brennmaterialer umiddelbart etter kullvannstoffene, og her finnes også et avsnitt om termokjemi etter kjemiske belysningsmidler og brennmaterialer. Termokjemiske likninger finnes også i 1958-utgaven, men er forkortet en hel del – den eneste forklaringen som gies i forbindelse med denne likningen her er at "1 g-molekyl kullstoff forbinder seg med 1 g-molekyl oksygen til 1 g-molekyl kulldioksyd og at det blir fri en varmemengde på 97000 cal". Likningen blir med dette vanskeligere å assosiere til kjemiske belysningsmidler og brennmaterialer uten noen videre forklaring.

Termokjemi er heller ikke et tema som nevnes i undervisningsplanen, og Bruun sine lærebøker er de

²¹³ Bruun, 1924, side 86

eneste lærebøkene som har inkludert et slikt avsnitt. Som tidligere nevnt har både Johannesen og Nicolaysen og Lindstad og Lindemann tabeller for varmeutbytte ved forbrenning av ulike brennmaterialer og Førland oppgir også enkelte varmeverdier i sin omtale av brennstoffer, men disse kan vanskelig sees i sammenheng med at.

Lindstad og Lindemann – forbindelser mellom kullstoff og vannstoff

Lindstad og Lindemann har som tidligere nevnt en litt annen tilnærming til det som i undervisningsplanen omtales som kjemiske belysningmidler og brennmaterialer enn resten av læreverkene. Vi skal se litt nærmere på dette.

For det første gjennomgås kjemiske belysningmidler og brennmaterialer i Lindstad og Lindemann sine lærebøker i forbindelse med "forbindelser mellom kullstoff og vannstoff" (senere "kullvannstoff-forbindelser"). Stoffene som gjennomgås skiller seg likevel ikke særlig ut i forhold til de andre lærebøkene – her gjennomgås lysgass/stenkullgass, stearinlys og jordolje. For lysgass nevnes det også at den inneholder en del forbindelser som vi regner som uorganiske, blant disse kulloksyd. Disse stoffene utgjør faktisk hovedvekten av kapittelet. Produkter fra lysgass-/stenkullgassproduksjon er nevnt med molekylformler og forbrenning av disse er forklart i ganske stor detalj. Fra og med 1941 er også vedgass (gassen som oppstår ved forbrenning av ved) tatt med. Her er også flammene omtalt, spesielt for stearinlys.

En slik tilnærming til temaet kan kanskje sees i sammenheng med det som står i innledningen til kapittelet om organisk kjemi. I likhet med de andre lærebøkene forklares det også her at vi kan definere "organisk kjemi som **kullstoff-forbindelsenes kjemi**", men følgende nevnes også i denne innledningen:

I naturen foregår stadig en omdannelse av uorganiske stoffer til organiske, idet planetene optar og omdanner CO₂ og mange andre uorganiske stoffer. Ved denne livsvirksomhet dannes energirikere molekyler. Menneskene benytter derfor organiske stoffer som energikilde i form av mat, brensel og lys; derved går de organiske stoffer for en del over til uorganiske, f. eks. til CO₂. Dette er tilfellet ved åndedrettet, og når vi fyrer med ved i ovnen.²¹⁴

Denne innledningen til organisk kjemi bidrar til å gi assosiasjoner til fenomener elevene ganske

²¹⁴Lindstad og Lindemann, (1926), side 66-67

sikkert kjente fra dagliglivet, men også hadde vært gjennom i forbindelse med det som ble omtalt som kullsyreassimilasjon og åndedrettet (fotosyntese og celleånding). En gjennomgang av ulike kullvannstoffer etter hvert som ulike kjemiske belysningsmidler og brennematerialer forklares kunne kanskje gi en liknende assosiasjon. Lysgass og stearinlys som lyskilde og jordolje og som drivstoff var nok kjent for de fleste elevene, mens kullvannstoffer for nybegynnere er mer abstrakt.

Lindstad og Lindemann er også det eneste læreverket i første generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi som forklarer at det er et system for det de omtaler som parafiner (hydrokarboner). Dette forklares i sammenheng med jordolje:

De gasser som strømmer ut, har formlene CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} (...) disse formlene har en merkelig likhet (...) smeltepunktet og kokepunktet er høiere jo flere kullstoff-atomer det er i molekylet...²¹⁵

Denne generaliseringen gjenspeiler homologer av "forbindelser mellom kullstoff og vannstoff" og er noe som gjennomgås i forbindelse med jordolje. Her forklares at det økende antall kullstoff-atomer i forbindelsen gir økende smelte- og kokepunkt – en sammenheng som ikke er beskrevet i noen av de andre lærebøkene. For Lindstad og Lindemann er det dermed en klar parallell mellom brennematerialer og kullvannstoff-forbindelser gjennom hele perioden, noe som vi ikke finner like tydelig fremhevet i noen av de andre lærebøkene.

Lindstad og Lindemann skiller seg dermed litt fra Bruuns og Johannesen og Nicolaysens lærebøker når det kommer til kjemiske belysningsmidler og brennematerialer, da dette assosieres i større grad til hverdagslige fenomener og vi finner tegn til en systematisering som vi ikke finner i disse lærebøkene.

Hvorfor legges så stor vekt på flammene?

Noe annet som sett fra dagens ståsted kanskje virker litt merkelig er at flammen som oppstår ved forbrenning i mange av lærebøkene diskuteres i ganske stor detalj. Også her er Johannesen og Nicolaysen den læreboka som i størst grad legger vekt på dette – litt over én tredjedel av kapittelet om brennematerialer og belysningsmidler brukes på denne diskusjonen fram til 1921. Etter revideringen i den tiende utgaven fra 1924 brukes litt mindre, men dette utgjør fortsatt en vesentlig

²¹⁵Lindstad og Lindemann, (1926), side 69

diskusjon. Det eneste læreverket der flammen som oppstår ved forbrenning ikke er diskutert i særlig stor detalj er Førland sin lærebok fra og med 2. utgave.

Så hvorfor diskuteres dette? Mitt inntrykk er at flammen som oppstår ved forbrenning er diskutert for at elevene skal kunne være i stand til å identifisere hvilke stoffer som brenner bare ved å se på flammen. Hovedvekten av denne diskusjonen dreier seg om flammen av et stearinlys og hvordan vi kan avgjøre hvilke gasser som dannes og forbrennes når stearinlyset forbrennes. I noen av lærebøkene er også reaksjonslikninger brukt. Det forklares også for alle brennstoffer som blir nevnt om de brenner med flamme og eventuelt hva slags flamme de brenner med.

Diskusjonen i de ulike lærebøkene med unntak av Førland fra og med 2. utgave er også i stor grad sammenfallende – flammen har fire ulike soner der det foregår ulike reaksjoner avhengig av hvilke forbrenningsreaksjoner som skjer, og dette kan overføres til å analysere forbrenningsreaksjoner i andre forbrenningsreaksjoner. Jeg regner det derfor som sannsynlig at flammen er diskutert med utgangspunkt i at det skal kunne analyseres hvilket brennstoff som forbrennes bare ved å se på flammen som oppstår ved forbrenning.

Et mindre aktuelt tema mot slutten av perioden

Som vi har vært inne på når det gjelder Førland forkortes det som omhandler kjemiske belysningsmidler og brennematerialer ganske mye fra første til andre utgave. Andre utgave gjennomgår også andre og mer gjennomgripende endringer som vi skal diskutere senere.

Førland har i sin 1. utgave som nevnt en ganske lik innfallsvinkel til kjemiske belysningsmidler og brennematerialer som de andre lærebøkene, der ett og ett brennemateriale taes for seg med opprinnelse, bruk og litt om flammen. I 2. utgave (1948) blir denne delen kortet ned noe og kommer ikke lenger inn på diskusjon av flammen hos stearinlys. I 3. utgave (1960) er denne delen kortet ytterligere noe ned, og lysgass fra stenkullgass nevnes bare såvidt. Dette blir begrunnet med at elektrisitet dominerer som belysningsmiddel, men også med at naturgass brukes til oppvarming på samme måte som lysgass og av industri. Fra og med 3. utgave blir begrepet eksoterm brukt om reaksjoner som gir fra seg varme.

Fra og med 3. utgave finnes det også et lite avsnitt i liten skrift på slutten av denne delen med

balanserte reaksjonslikninger for forbrenning av propan til kulldioksyd og vann. Dette henger sammen med at det i Førland sine bøker – som vi skal komme inn på senere – har en mer teoretisk og systematisk tilnærming til organisk kjemi enn noen av de andre lærebøkene.

For temaet kjemiske belysningsmidler og brennematerialer gjennomgår Bruuns lærebok i den samme perioden også en revidering, men disse endringene dreier seg i større grad om en reorganisering av innholdet. Endringene fra Førlands første til andre utgave er vesentlig større enn fra Bruun sin 1956-utgave til 1958-utgaven. Dette er ikke begrenset til kjemiske belysningsmidler og brennematerialer, men gjelder for hele temaet organisk kjemi.

Innledningsvis i denne diskusjonen var vi inne på at dette er et tema vi ikke finner i moderne lærebøker. Det er lenge siden elektrisitet erstattet alle former for kjemiske belysningsmidler – dette er for en del av oss kanskje noe vi helst forbinder med hytteliv eller hygge, da i form av parafin og stearin. Brennematerialer har også endret seg, og koks, torv og kull brukes i mye mindre grad enn før. Olje er likevel et tema det er naturlig å inkludere i moderne lærebøker i forbindelse med hydrokarboner – noe også Lindstad og Lindemann gjorde i 1926. Spørsmålet som kanskje da er naturlig å stille seg er om hvor lenge det vil ta før vi ikke lenger har lærebøker i kjemi der olje eller andre petrolumsprodukter beskrives som brennstoffer? Det er lite som tyder på at petroleumsbaserte brennstoffer er på vei ut som energikilde helt enda, men mange vil vel kanskje mene at dette er en ressurs som kunne vært bedre utnyttet og med fordel kunne vært erstattet av andre energikilder.

Kullhydrater

Vi har tidligere vi tatt for oss det som i undervisningsplanen av 1911 omtales som kullstoffkjemi. I den forbindelse har vi sett at undervisningsplanen spesifikt nevner både forbindelser vi regner som uorganiske og organiske. I denne delen skal jeg ta for meg et tema som har en vesentlig rolle i forbindelse med det lærebøkene skriver om organisk kjemi – nemlig kullhydrater. Vi skal kort repetere det undervisningsplanen sier om kullhydrater og de andre stoffene som i lærebøkene blir gjennomgått i forbindelse med organisk kjemi i lærebøkene:

...Endvidere behandles i korthet: kulhydrater (stivelse, dekstrin, rørsukker, melkesukker, druesukker), alkoholer (gjæring og fermentvirkning, vin, øl, spiritus, brød), eddiksyre, melkesyre, fete syrer og fettstoffer (lys- og sæpefabrikasjon); egghvitestoffer, litt om amider og amidosyrer...²¹⁶

Som vi kan se nevner undervisningsplanen fem kullhydrater spesifikt. Vi kan også legge merke til at de andre stoffene som undervisningsplanen nevner i all hovedsak er næringsstoffer eller kan knyttes opp mot næringsstoffer. Næringsstoffer har derfor en betydelig rolle i denne undervisningsplanen, og er tydeligvis noe som i stor grad assosieres med organisk kjemi. Som jeg har vært inne på tidligere blir hele emnet kullstoffkjemi i disse læreverkene diskutert på annen måte enn karbonforbindelser blir diskutert i dagens lærebøker. Mens funksjonelle grupper, struktur og reaksjoner er mest vektlagt i dagens lærebøker, er faktaopplysninger om fremstilling, bruk og fysiske egenskaper mye mer vektlagt i første generasjons allmenndannende lærebøker.

Kullhydrater kalles idag karbohydrater, og mange vil nok først og fremst assosiere karbohydrater med kosthold og ernæring og i mindre grad med kjemi eller organisk kjemi. I dagens videregående skole er karbohydrater et tema i programfaget Kjemi 2 på 3. årstrinn (vg3). Et av kompetansemålene i læreplanen for Kunnskapsløftet er å gjøre rede for strukturen og egenskapene til karbohydrater. I læreboka "Kjemien stemmer" er karbohydrater også omtalt som et næringsstoff.

Tilnærmingen som vi finner til kullhydrater i undervisningsplanen og lærebøkene må sees i sammenheng med tidsperioden. Tredimensjonale strukturer hos karbohydrater var ikke kjent før i 1950- og 1960-årene, da nye analysemetoder revolusjonerte arbeidet med å finne struktur hos organiske forbindelser – røntgendiffraksjon spilte en vesentlig rolle for å finne strukturer hos karbohydrater. Sammensetningen og todimensjonale strukturer var likevel kjent før dette. På slutten

²¹⁶Gymnasiet, (1911), side 114

av 1800-tallet var det klart at monosakkaridene var aldo- eller ketoheksoser. Strukturen til disakkaridene sukrose og maltose struktur ble kjent i 1920-årene. I 1931 ble polysakkaridene sett på som polymere av D-(+)-glukose, men bindingene, den tredimensjonale strukturen og den nøyaktige sammensetningen ikke ble kjent før etter de nye analysemetodene ble tatt i bruk. Den teoretiske kunnskapen om karbohydrater var dermed ganske begrenset da undervisningsplanen ble skrevet. Det er derfor ikke så overraskende at vi finner lite konkret teoretisk kunnskap om kullhydrater i lærebøkene.²¹⁷

Her nevnes eksempler på kullhydrater som skal gjennomgås, men undervisningsplanen sier ingen ting om hva som gjør disse stoffene viktige nok til at de er tatt med i undervisningsplanen. For alkoholer ser vi noe lignende. Her er også fem spesifikke eksempler på prosesser eller produkter nevnt – gjæring og fermentvirkning, vin, øl, spiritus, brød. Likevel, alle disse eksemplene tar for seg den samme alkoholen (etanol) i ulike sammenhenger. I forbindelse med det som omtales som "fete syrer og fettstoffer" blir også "lys- og sæpefabrikasjon" nevnt. Det viktigste i denne undervisningsplanen er dermed tilsynelatende prosesser som er viktige for husholdningen og kjent fra dagliglivet til elevene, noe som må sees i sammenheng med at følgende blir skrevet i undervisningsplanen:

I det hele tatt bør man under gjennomgaaelsen av de enkelte grundstoffer, og ellers naar dertil er anledning, spesielt fæste elevenes opmerksomhet ved de kemiske processer som spiller en rolle i menneskets og naturens husholdning.

Husholdningsprosesser generelt og kullhydrater spesielt har dermed en spesiell stilling i det som omtales som kullstoffkjemi undervisningsplanen av 1911. For Bruun skal vi se at kullhydrater er et spesielt fremtredende tema i kapittel om organisk kjemi.

²¹⁷Russell, (2010), side 292

Tabell 9: Innhold i kapittel "organisk kjemi". "Lærebok i kjemi for gymnasiet" - Sverre Bruun (1920)

Innhold «organisk kjemi» 1920				
Underkapittel	Forbindelser, stoffer og funksjonelle grupper som er nevnt eller diskutert	Kjemiske prosesser, reaksjoner og fenomener nevnt eller diskutert	Kjemiske uttrykk brukt	Omtrentlig prosentandel av kapittelet
Innledning	-	-	-	6%
Kullhydrater	druesukker ($C_6H_{12}O_6$), fruktsukker, alkohol (C_2H_5OH), melkesukker ($C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$), rørsukker ($C_{12}H_{22}O_{11}$), stivelse ($C_6H_{10}O_5$) _x , eddiksyre (CH_3COOH), acetat, estere, cellulose ($C_6H_{10}O_5$) _y , nitrocellulose, glykogen, dekstrin	osmose, hydrolytisk spaltning, alkoholgjæring,	reduksjon, oksidasjon, spaltning, ferment, katalysator, osmotisk trykk, katalytisk	50%
Fettarter	glyserin, nitroglyserin, fettsyrer; palmitinsyre ($C_{15}H_{31}COOH$), stearinsyre ($C_{17}H_{33}COOH$), oljesyre ($C_{17}H_{33}COOH$), natronlut, kalilut	forsåpning	emulsjon, ferment	11%
Eggehvitestoffer	fibrinogen, fibrin, hæmoglobin, oksyhæmoglobin, kasein, karbamid, peptoner, amidosyrer, amidogruppe, asparaginsyre, glykololl	forråttelse, koagulere	ferment, spaltning	8%
Stenkulltjære	bensol (C_6H_6), toluol, karbolsyre, pikrinsyre, salisylsyre, anilin, naftalin	forbindelser; cycliske, alifatiske	destillere, destillat,	8%
Energiomsetninger	kulldioksyd, formaldehyd	kullsyreassimilasjon	-	17%

Som vi ser av tabellen utgjør temaet kullhydrater i Bruun sine lærebøker en vesentlig større del enn noen av de andre emnene i kapittelet om organisk kjemi. Når vi i tillegg ser at dette er det emnet som blir gjennomgått først i kapittelet om organisk kjemi gir det grunn til å tro at kullhydrater stod i særstilling i organisk kjemi – for ikke å si var det mest grunnleggende. Noe av bakgrunnen for dette ser vi i tabellen. Her kan vi se at kullhydrater er et tema som inkluderer både alkohol, eddiksyre og estere, i tillegg til at osmose også er en del av dette kapittelet fram til og med 1938.

Kullhydrater hos Bruun er dermed et vidt tema som utgjør halvparten av kapittelet om organisk kjemi. Innledningen på dette underkapittelet gir en forklaring på hvorfor disse forbindelsene kalles kullhydrater:

...en hel rekke stoffer (...) kan uttrykkes ved den felles formelen $C_n(H_2O)_p$ (...) inneholder (...) vannstoff og surstoff hvori disse elementer danner vann, og kalles derfor kullhydrater.²¹⁸

Dette er en forklaring vi ikke bruker idag, og karbohydrater blir i stedet definert som mono-, di-, eller polysakkarider. Forklaringen og navngivningen av kullhydratene har som nevnt i sitatet

²¹⁸Bruun, (1924), side 87-88

sammenheng med den empiriske sammensetningen – den den tredimensjonale strukturen ble ikke kjent før lenge etter. Lindstad og Lindemann har en lignende definisjon av kullhydrater som Bruun, men oppgir ikke en felles formel for kullhydrater. Her forklares følgende:

I de fleste stoffer som regnes til gruppen kullhydrater, er det dobbelt så mange vannstoff-atomer som surstoff-atomer, akkurat som i vann, og det er derfor stoffene kalles kullhydrater (hydor = vann).²¹⁹

Verdt å merke seg her i forbindelse med disse definisjonene er at Bruun bruker begrepet "elementer" i sin definisjon av kullhydrater, mens Lindstad og Lindemann i stedet bruker "atomer". Lindstad og Lindemann definerer dermed kullhydrater på mikronivå, mens Bruun definerer på makronivå.

Hos Johannesen og Nicolaysen er forholdet mellom vannstoff-atomer og surstoff-atomer kommentert i den første utgaven fra 1897:

Kullhydraterne (d. e. forbindelser af kulstof, vandstof og surstof, hvor molekylet indeholder dobbelt saa mange atomer vandstof som surstof) forekommer ogsaa meget udbredt i planteriget; de vigtigste er: *druesukker*, *rørsukker*, *stivelse* og *cellulose*.

I den 10. og reviderte utgaven fra 1924 er definisjonen ganske lik den vi finner i første utgave av læreboka:

Kullhydrater forekommer meget utbredt både i planter og dyr. De inneholder vannstoff og surstoff foruten kullstoff; de to første i samme innbyrdes forhold som i vann, derav navnet.

Johannesen og Nicolaysen sier generelt veldig lite om ovennevnte kullhydrater annet enn det som nevnes av rent praktiske eller hverdagslige opplysninger. Delen om kullhydrater er så godt som uendret i hele perioden de ble utgitt – 1897-1936. Her er kun enkelte korte opplysninger om bruk av stoffene tilføyd. En slik tilnærming finner vi også i Bruuns og i Lindstad og Lindemann sine lærebøker, men her er dette viet mer oppmerksomhet og forklart i større grad enn hos Johannesen og Nicolaysen.

Hos Bruun og Lindstad og Lindemann er også andre, teoretiske tema som isomeri og hydrolytisk spaltning tatt med og forklart. For Johannesen og Nicolaysen begrenser det jeg vil omtale som teoretisk tilnærming – om vi ser bort fra beskrivelsen av atom-forholdet i 1897-utgaven – seg til løselighet i vann og hva lags krystaller druesukker og rørsukker danner, i tillegg til at

²¹⁹Lindstad og Lindemann, (1926), side 74

molekylformler er gitt. Molekylformler er dog ikke kommentert, men er gitt både for druesukker, rørsukker, stivelse og cellulose. Stivelse og cellulose har også samme molekylformel – $C_6H_{10}O_5$ – noe som heller ikke er forklart nærmere.

I de første utgavene av Johannesen og Nicolaysen sine lærebøker er det også litt vanskelig å si hva lærebokforfatterne mener hører inn under organisk kjemi på grunn av oppbygningen av kapittelet – definisjonen finnes under et nummerert stykke på lik linje med "kullvannstoffer", "fettartene", "kullhydratene", "eggehvitestoffene" og "gjæring". "Brennstoffer og belyningsstoffer" er plassert under en egen overskrift, men i likhet med under definisjonen av hvilke kullstoffforbindelser som tilhører organisk kjemi forklares det at de inneholder kullstoff og vannstoff. Dette er også en del av kapittelet om kullstoff, og her er også noen av kullvannstoffene diskutert, i tillegg til at cellulose er nevnt. Om en regner med denne delen til organisk kjemi utgjør kullhydratene så lite som mindre enn én tidel. I motsatt tilfelle utgjør kullhydratene litt mindre enn én sjettedel. Dette er fortsatt mindre enn både hos Bruun og Lindstad og Lindemann. Beskrivelsen av kullhydratene er også vesentlig kortere enn hos disse.

Johannesen og Nicolaysen har dermed lagt mye mindre vekt på kullhydrater enn hos både Bruun og Lindstad Lindemann – både når det er snakk om teoretisk bakgrunn og forklaring og hverdagslige faktaopplysninger. Forskjellen er så stor at resten av denne delen av analysen av kullhydrater i stor grad vil dreie seg om Bruun og Lindstad og Lindemann sine bøker.

Kullhydrater – et vidt tema

Inndelingen i kapittelet om organisk kjemi i Bruuns lærebok er sett fra et moderne ståsted lite intuitivt. Som sagt innledes kapittel om organisk kjemi – etter en generell introduksjon til organisk kjemi – med kullhydrater. Men kullhydrater som det presenteres her tar også for seg en mengde forbindelser som vi umiddelbart ikke vil knytte opp det vi idag forbinder med karbohydrater. I tillegg til det som omtales i undervisningsplanen av 1911 som kullhydrater – stivelse, dekstrin, rørsukker, melkesukker, druesukker – inkluderer også kullhydrater i Bruuns lærebok alkohol (etanol – deriblant vin, druesprit og øl). Som en følge av at alkohol er diskutert i forbindelse med kullhydrater gjennomgås også gjæring her. For eddiksyre forklares det at man kan få eddiksyre ved "å la eddiksyrebakterier virke på alkohol", og at eddiksyre har en karboksylgruppe – med andre ord kommer dette temaet som en følge av temaet alkohol.

Litt mer overraskende er det at estere også blir gjennomgått under dette temaet. Likevel, det er også en sammenheng her som en kan legge merke til når vi ser på fremstillingsprosessen av esteren, som er en eddiketyl ester – den fremstilles med etanol, eddiksyre og med svovelsyre som vanntiltrekkende middel. Men at brødbaking er en påfølgende del for dette emnet er mer overraskende. Her forklares det også at dekstrin dannes i skorpa og dannes når stivelse blir utsatt for høy temperatur.

Oppbygningen i Bruuns lærebok sett fra et moderne ståsted kan derfor virker litt tilfeldig og for en moderne leser kan det virke som det hoppes fra det ene temaet til det andre uten noen klar sammenheng. Osmose er for eksempel et fysisk fenomen som vi ikke vil knytte til organisk kjemi idag. Dette er noe vi i dag i stedet finner i lærebøker om biologi. Fenomenet har også en beskrivelse som ligner veldig på den beskrivelsen vi gir fenomenet idag. Vi skal diskutere osmose nærmere etter hvert.

Kullhydrater i Bruuns lærebøker er derfor et veldig vidt tema. Det inneholder en rekke hverdagslige opplysninger som for eksempel at prim og mysost inneholder store mengder melkesukker, at øl tilsettes humle for smakens skyld og at alkohol som brukes som drikke er sterkt beskattet, men også at alkoholer inneholder en hydroksylgruppe, H^+ -ioner kan fungere som katalysator ved det som omtales som forsåpning og at en spaltning som foregår under opptakelse av vann kalles en hydrolytisk spaltning og isomeri er et fenomen vi ofte finner i organisk kjemi.

Fra og med 1958-utgaven av Bruun sin lærebok blir kullhydratene – nærmest uendret – flyttet til slutten av kapitlet, og kullhydrider (hydrokarboner) blir i stedet presentert først. Men dette skal vi se nærmere på senere når lærebøker i siste del av perioden blir diskutert. Det er også interessant at det for perioden 1914-1956 kun er foretatt små endringer for dette temaet i Bruun sine lærebøker.

Kullhydrater er et tema som i følge undervisningsplanen av 1911 skal behandles i korthet. Som vi har sett i tabellen som beskriver organisk kjemi i Bruuns lærebok (1920) kan dette ikke sies å være tilfelle. Bruun er det læreverket som går mest grundig inn på temaet kullhydrater – kapitlet om organisk kjemi innledes også med kullhydrater. Lindstand og Lindemann går også ganske grundig til verks i dette temaet i alle utgaver, mens som vi har sett tar Johannesen og Nicolaysen for seg

dette temaet i korthet og presenterer stoffet for det meste med rene faktaopplysninger om utseende, fremstilling, bruk og smak.

I Johannesen og Nicoaysens og Bruuns lærebøker er det ganske små endringer når det gjelder kullhydrater. For Lindstad og Lindemann er endringene i delkapittelet om kullhydrater større, se tabell på neste side. Fra 1. utgave til 2. utgave av boka legges det til en del forklaringer om stoffene som er av det jeg har valgt å kalle hverdagslig art – det vil si hvor de finnes, hvilken smak de har og hva de kan brukes til. En del av disse detaljene er i 2. utgave satt i parentes – noe som i følge forordet for 2. utgave betyr at dette ligger utenfor gymnasiets pensum. Fra og 1941-utgaven er mange av de hverdagslige detaljene fjernet. De kjemiske reaksjonene og forklaringene er beholdt.

Tabell 10: Innhold og endringer Lindstad og Lindemann sine lærebøker²²⁰

Utgave	Druesukker	Rørsukker	Gjæring av druesukker og fruktsukker	Melkesukker	Stivelse	Cellulose	Nitrocellulose
1926	Glykose, alkoholgjæring, enzymer som katalysator, separering med Fehlings væske	Druesukker+fruktsukker = invertsukker, isomere stoffer, hydrolytisk spaltning	-	isomeri, melkesyre, melkesyrebakterier	hydrolytisk spaltning, $(C_6H_{10}O_5)_x$, formel for stivelse, x er ukjent, men over 100	$(C_6H_{10}O_5)_y$ formel for cellulose, y er ukjent og stor	Cellulose behandlet med salpetersyre; opptar HNO_3
1934	alkoholgjæring og enzymer flyttet til «gjæring av druesukker og fruktsukker»	omtrent uendret, men H^+ -ioners rolle forklart	alkoholgjæring, enzymer som katalysator	omtrent uendret, molekylformel for melkesyre tilføyd	ikke lenger nevnt at x er over 100		OH-grupper i cellulose blir erstattet med NO_3 -grupper fra salpetersyre
1941		isomeri ikke lenger nevnt, men likevel forklart		isomeri ikke lenger nevnt, men likevel forklart			Satt i parentes; ikke lenger regnet som del av pensum

Hos Lindstad Lindemann utgjør kullhydrater en vesentlig mindre del av kapittelet enn hos Bruun – omtrent én fjerdedel. Det som står om kullhydrater er i stor grad likt det som Bruun skriver, og de har en lignende tilnærming – hvor vi kan finne de ulike kullhydratene og litt om egenskaper og bruk. Noen kjemiske fenomener er også diskutert og forklart.

Noe som skiller Bruun fra Lindstad og Lindemann er at Bruun har inkludert noen beskrivelser av eksperimenter i sin lærebok. Hos Bruun finner vi i hvert av avsnittene om druesukker/fruktsukker, melkesukker, rørsukker og stivelse to til tre praktiske eksempler for hvert avsnitt som det først og

²²⁰ tomme felter betyr ingen endringer

fremst er opp til læreren å demonstrere eller forklare.²²¹ Hos Lindstad og Lindemann finnes i første utgave ingen slike beskrivelser i denne delen av boka, noe som også begrunnes i forordet:

...I boken beskrives forholdsvis få forsøk; disse bør suppleres ved lærerens egne eksperimenter, eventuelt ved elevøvelser...

I 2. utgave (1936) endres dette noe:

...Forat man ikke skal føle sig for meget bundet av læreboken, er det ikke beskrevet flere forsøk

I 5. utgave (1941) finner vi to små elevøvelser i forbindelse med stivelse og cellulose. Disse er små og lite detaljerte i forhold til det vi finner hos Bruun.

Isomeri

Isomeri er som vi har vært inne på et fenomen som ble oppdaget allerede i 1828 som en følge av at Friedrich Wöhler klarte å syntetisere ammonium cyanat. I avsnittet om druesukker blir det hos Bruun forklart at druesukker og fruktsukker har omtrent den samme kjemiske sammensetningen og omtrent de samme egenskapene, og at de dermed er isomere forbindelser. Det gies følgende definisjon på isomeri:

...Den eiendommelighet at fruktsukkeret ikke helt ut deler druesukkerets egenskaper, skjønt den kjemiske sammensetning er ens hos begge, tilskriver man en forskjellig ordning av atomene i de to molekyler (isomeri)...²²²

En lignende forklaring finnes også hos Lindstad og Lindemann. I 1926-utgaven er isomeri forklart i forbindelse med hydrolytisk spalting av rørsukker til druesukker og fruktsukker:

...et molekyl druesukker og et molekyl fruktsukker har de samme atomer og i samme antall (...) to forskjellige stoffer (...) atomene er ordnet på forskjellig vis (...) Det finnes mange eksempler på at stoffer som er forskjellige, allikevel har den samme prosentiske sammensetning og samme molekylvekt. Slike stoffer kalles isomere stoffer.²²³

Lindstad og Lindemann nevner også at denne blandingen kalles invert-sukker. I 2. utgave er "prosentiske" tatt bort og erstattet med følgende:

...finnes mange eksempler på at samme almindelige formel svarer til flere stoffer...

Fra og med 5. utgave er ikke begrepet isomeri nevnt i det hele tatt. Fenomenet blir likevel forklart i

²²¹Bruun, (1924), side 3

²²²Bruun, (1924), side 88

²²³Lindstad & Lindemann, (1926), side 76

et eksempel der det nevnes at melkesukker og rørsukker har den samme formelen, men at bare det ene blir redusert av Fehlings væske:

Årsaken er at atomene er ordnet forskjellig i de to stoffene.

Det er vanskelig å finne noe i forordet om dette annet enn følgende:

En del stoff fra forrige utgave er sløffet for å få sidetallet i boka noe mindre enn før.

I Bruun sine lærebøker presenteres også melkesukker og rørsukker med samme molekylformel, men her er ikke dette kommentert som isomeri.

Osmose?

I delkapittelet om kullhydrater finner vi som sagt hos Bruun også temaene alkohol, osmose og estere. Hos Lindstad og Lindemann er både alkohol og estere plassert etter delkapittelet om kullhydrater, og osmose blir ikke nevnt i det hele tatt. Alkoholgjæring blir derimot nevnt i begge lærebøkene i sammenheng med druesukker (og senere også fruktsukker hos Lindstad og Lindemann). Osmose og estere er ikke nevnt i undervisningsplanen, og jeg skal prøve å undersøke i hvilken grad dette er tilknyttet organisk kjemi og hvorfor disse emnene er presentert under kullhydrater.

Alkohol kan knyttes opp mot kullhydrater ved at det forklares at alkohol fremstilles fra potet- og kornstivelse, som ved bruk av diastase fra spiret bygg omdannes til maltose, som igjen omdannes til druesukker og til alkohol ved bruk av gjær og opptagelse av vann. Forøvrig legges det vekt på å forklare hvilke bruksområder alkohol har, noe som tidligere nevnt utgjør en vesentlig del av delkapittelet. Det understrekes at alkohol som det snakkes om her er kun en enkelt representant for mange forbindelser som "..består alle av kullstoff og vandstoff", uten at det blir nevnt eksempler på dette. Under alkohol er også eddiksyre – som er nevnt i undervisningsplanen – tatt for seg. For Bruun ser deretter estere ut til å være et logisk tema å ta for seg etter alkohol – det blir presentert et eksempel der eddiketylester fremstilles ved å blande "..alkohol, iseddik og konc. svovelsyre..". Videre følger en enkel forklaring på denne reaksjonen og at den "..svarer ganske mye til saltbildelsen ved nøytralisasjon av base med syre..". Til slutt i dette avsnittet kommer to korte avsnitt om øl og brødbaking – det er vanskelig å se noen klar logisk oppbygning her. Det nevnes at øl fremstilles av stivelse på en lignende måte "..som ved fremstilling av alkohol.." og at brødbaking krever gjær, noe som kanskje heller skulle tilsi at dette skulle vært plassert under overskrift om

alkohol og ikke under ester.

Så hvorfor er osmose tatt med hos Bruun? Dette er et tema som er vanskelig å relatere direkte til organisk kjemi, og det gies heller ingen forklaring på hvorfor dette temaet er tatt med her. Bruun sine lærebøker er også den eneste av de undersøkte lærebok-seriene der osmose er tatt med som tema. Fra og med 1941 er det også fjernet. Her forklares lite som kan relateres ellers til kapittelet, det eneste er vel at det forklares at det brukes en rørsukkerløsning. Det nevnes at plante- og dyrecellers vegger er halvgjennomtrengelige, og at stoffvandring i celler i stor grad foregår ved osmose. Kanskje er dette avsnittet inkludert som en følge av at så mye av kapittelet om organisk kjemi er relatert til kullhydrater.

Til slutt skal jeg prøve å svare på hvorfor kullhydrater hos Bruun utgjør en mye større del av kapittelet enn hos Lindstad og Lindemann når innholdet er omtrent likt. Hos Bruun finner vi beskrivelser av eksperimenter her, noe som vi ikke finner hos Lindstad og Lindemann før 1941, og da i beskjeden grad og lite detaljert. Bruun har også beskrevet både alkohol, eddiksyre, estere og osmose under denne delen. Men om vi ser på de andre delene som er omtalt hos Lindstad og Lindemann, kan vi se at noe av disse er mer detaljerte enn hos Bruun, blant annet er delen som beskriver eggehvitestoffer (protein) en god del lengre hos Lindstad og Lindemann. En del av dette skyldes flere detaljer, men en del kan også tilskrives at Lindstad og Lindemann beskriver spaltning av eggehvitestoffer, noe som ikke finnes hos Bruun i det hele tatt.

Bruun, men også Lindstad og Lindemann gjennomgår dermed en hel del mer i kapittel om kullhydrater enn Johannesen og Nicolaysen. Bruun har også en spesiell tilnærming til temaet, da han knytter halvparten av kapittelet om organisk kjemi opp mot kullhydrater. Mitt inntrykk er at Bruun ønsker å forklare mest mulig at kapittelet om organisk kjemi med kullhydrater og husholdningsprosesser som kan knyttes opp mot dette, og at han kanskje dermed ser kullhydrater som en helt sentral del av organisk kjemi – i alle fall fram til 1958.

Nye tilnæringer til organisk kjemi

Med Førland sin 2. utgave av "Lærebok i kjemi for realskole og gymnas" fra 1948 og Sverre Bruun sin omarbeidede "Lærebok i kjemi for den høgre skole" fra 1958, ble innfallsvinkelen til organisk kjemi en del annerledes for elever på gymnaset enn i tidligere lærebøker. Disse lærebøkene gikk bort fra det som hadde vært den vanlige oppbygningen av kapittel om organisk kjemi der kullhydrater, alkoholgjæring og detaljerte faktaopplysninger av hverdagslig og/eller industriell art var det sentrale. Organisk kjemi slik det er presentert her fikk et noe mer teoretisk preg og forbindelsene ble i alle fall delvis presentert på en måte som vi kan kjenne igjen i moderne lærebøker i kjemi.

1. utgave av læreboka til Førland kom i 1941, men da som én lærebok for gymnas og én for realskole. Læreboka for gymnaset – "Lærebok i kjemi for gymnaset" – er en utvidet utgave av "Lærebok i kjemi for realskole" der temaene og oppbygningen er den samme, men "Lærebok i kjemi for gymnaset" går grundigere til verks på nesten alle områder: Det er flere reaksjonslikninger, flere elevforsøk og boka går noe dypere inn i teorien bak reaksjonene og oppbygningen av molekylene. Vi finner også strukturformler her, noe som er fraværende i "lærebok i kjemi for realskole". I alle avsnittene – bortsett fra et avsnitt om energiomsetninger – er "lærebok i kjemi for gymnaset" mer omfattende. Dette er også naturlig, da gymnaset var på et høyere nivå enn realskolen. Jeg vil kun ta for meg læreboka beregnet for gymnaset og legge den til grunn for diskusjonen.

"Lærebok i kjemi for gymnaset" fra 1941 følger i likhet med de andre lærebøkene fram til denne perioden det som omtales under "kulstoffets kemi" i undervisningsplanen ganske direkte. Disse bøkene har også flere fellestrekk, som for eksempel lignende oppbygning og en systematisering ut ifra grunnstoffer. Dette er en oppbygning som gåes bort fra i Førland sin 2. utgave fra 1948 og Sverre Bruun sin utgave fra 1958. Vi skal se på hva dette innebærer.

Organisk kjemi finnes i et eget kapittel i Førland sin 1941-utgave, mens de uorganiske kullstoffforbindelsene, kullvannstoffene, brennematerialene og belysningsmidlene – i likhet med hos Bruun fram til 1956 – er tatt for seg i kapittelet om kullstoff. I kapittelet om organisk kjemi starter læreboka med å gå gjennom kullhydrater, gjæring og de ulike kullhydratene som står beskrevet i

undervisningsplanen. Fettsyrer og estere, fett, fettherding, eggehvitestoffer og energiomsetninger (kullsyreassimilasjon og ånding) gjennomgås deretter. Dette er en oppbygning som minner veldig om det vi ser i de andre første generasjons lærebøkene i kjemi, men også i undervisningsplanen.

2. utgave av læreboka fra 1948 marker derfor et skille, da kapittelet om organisk kjemi endres en hel del. Forskjellen på 1. utgave av læreboka og 2. utgave er størst når det kommer til oppbygningen av kapittelet om organisk kjemi, men også når det kommer til klassifisering og systematisering av de organiske forbindelsene og hva som blir lagt vekt på av selve innholdet. Fra og med 3. utgave fra 1960 skal vi også se at at det blir en overordnet klassifisering av de funksjonelle gruppene.

I Bruun sine lærebøker fra og med 1958 endres også oppbygningen av kapittelet om organisk kjemi i forhold til det vi så i lærebøkene fram til 1953. For begge disse bokseriene (Bruun fra og med 1958, Førland fra og med 1948) blir også kullvannstoffer/kullhydrider (hydrokarboner), brennematerialer og belysningsmidler, petroleum og steinkulltjære inkludert i kapittelet om organisk kjemi. Det er også andre og mindre endringer og tilføyinger i lærebøkene, mest interessant er kanskje at det i Bruun sin lærebok fra 1958 brukes en elektronskallmodell for å demonstrere oppbygningen av metanmolekylet. Elektroner ble oppdaget så langt tilbake som i 1897, og elektronparbindinger ble oppdaget på begynnelsen av 1920-tallet. At det tok lang tid før nyvinninger innen kjemi ble innført i lærebøkene er også noe som Lykknes nevner i sin artikkel.²²⁴

I begge lærebøkene ser vi også en antydning til at funksjonelle grupper i større grad danner grunnlag for klassifisering. Etter min oppfatning har det foregått en dreining mot en mer teoretisk vinkling til pensumet i kullstoffkjemi. Det praktiske og hverdagslige blir i mindre grad enn før vektlagt – det er kanskje også dermed en dreining bort fra kjente fenomener, materialer og prosesser som elevene kan assosiere seg med. Det siste skal vi ikke gå nærmere inn på, vi skal i stedet se på selve endringen i oppbygningen av kapittelet og hvordan organisk kjemi blir klassifisert.

Tormod Førland - arbeidsskolemetode

I Førland sin "Lærebok i kjemi for realskole og gymnas" fra 1948 er som sagt tilnærmingen til det som i læreplanen omtales som kullstoffkjemi endret en hel del. Dette gjelder også til dels andre tema i boka, men forandringen er størst når det kommer til organisk kjemi. Første utgave av

²²⁴ Lykknes

læreboka kom som sagt i 1941, men da som to bøker – en for realskole og en for gymnas. 2. utgave fra 1948 kom som en samlet og revidert utgave. Det er kanskje verdt å merke seg at til tross for at lærebøkene ble slått sammen til en utgave finnes det ingen veiledning for hvilke deler av læreboka som er beregnet for realskole og hvilke som er beregnet for gymnas.

Mye av mønsteret med oppdeling med bakgrunn i grunnstoffer er beholdt også i læreboka fra 1948, men kapittelet om organisk kjemi skiller seg ganske mye ut i forhold til disse. Boka skiller seg også vesentlig fra tidligere lærebøker på et annet punkt – elevøvelser. I forordet til denne boka finner vi følgende setning: "kjemiundervisningen må bli en *arbeidsskole*-undervisning". Det understrekes videre at læreboka er utarbeidet med tanke på dette, og at midtpunktet for kjemiundervisningen bør være øvelser elevene selv skal utføre, som også er inkludert i boka. Hvert tema i boka er supplert med et eller flere forsøk. I første utgave av boka finner vi hele 117 forsøk, 2. utgaven fra 1948-utgaven inneholder 57 forsøk, mens det i 3. utgave fra 1960 finnes 75 forsøk.

Som tidligere nevnt er den største forskjellen mellom denne læreboka og de andre lærebøkene som kom fram til 1956 at denne læreboka har en endret oppbygning og i mye større grad klassifiserer organisk kjemi ut ifra funksjonelle grupper – her diskuteres hovedsaklig én og én funksjonell gruppe. Tabellen på neste side viser at enkle forbindelser blir diskutert først, før mer komplekse forbindelser blir tatt for seg – læreboka starter med kullhydrider (hydrokarboner) og fortsetter deretter med alkoholer. I de siste underkapitlene finner vi etter hvert likevel en tilnærming som kan minne mer om tidligere lærebøker, med mange faktaopplysninger og vektlegging av mer hverdagslige og praktiske anvendelser. Her diskuteres forbindelser som er nyttige i folks hverdag og i industri, det er et avsnitt om energiomsetninger som i alle hovedsak dreier seg om kullsyreassimilasjon (fotosyntese), og helt til slutt finnes det et avsnitt om kretsløpene til surstoff, kullsyre og kvelstoff.

Tabell 11: Innhold Førland (1948)

Underkapittel	Begrep som blir diskutert
Kullvannstoffer	Mettet og umettet, metanrekke, etylenrekke, acetylenrekke, alifatisk, aromatisk, derivater
Alkoholer	Hydroksylgrupper
Aldehyder og ketoner	Oksydasjon
Karbonsyrer	Karboksygruppe
Estere	Hydrolytisk spalting
Fett	Enzymer, næringsstoff
Fettherding	Mettede fettarter, umettede fettarter
Eggehvitestoffer	Aminosyre, peptoner, aminogruppe, karboksygruppe
Kullhydrater	Monosakkarider, disakkarider, polysakkarider, kullsyreassimilasjon
Gjæring	Destillasjon
Brennstoffer	Brennverdi, effektiv brennverdi
Jordolje	Fraksjonert
Sprengstoffer	
Fyrstikker	
Energiomsetninger	Termokjemisk likning, energimengde, solenergi, forbrenning, næringsstoffer
Surstoffets, kullsyrens og kvelstoffets kretsløp	

Oppbygningen går som vi ser i all hovedsak fra enkle kullvannstoffer over til mer komplekse forbindelser. Som vi kan se av tabellen er temaene som diskuteres for det meste de samme som i de andre lærebøkene, forskjellen er at oppbygningen er annerledes.

I 3. utgave (1960) blir innholdet noe endret, men oppbygningen av kapittelet er for det meste det samme. I avsnitt om estere blir organiske salter inkludert og betegnes som acetater. Estere er også definert noe ulikt i forhold til 1948-utgaven. I 1948-utgaven er estere definert som "forbindelsen mellom en fettsyrerest og en alkoholrest", mens i 1961-utgaven blir definisjonen endret til "...stoffer som er bygd opp av en syrerest og et kullhydridradikal, kaller vi estere". Interessant å merke seg her er at vi fortsatt finner betegnelsen "kullhydridradikal" om det som vi idag betegner som etylgrupper. Radikaler (i betydningen som vi ser her) er som vi har vært inne på tidligere en gammel betegnelse som kommer fra den tida man mente at organisk kjemi kunne forklares ved hjelp av det som ble betegnet som elektro-dualisme – man trodde organiske molekyler i all hovedsak bestod av en positivt ladd del (for eksempel en etylgruppe) og en negativt ladd del (for eksempel en karboksygruppe). Denne klassifiseringen viste seg allerede i 1830-årene å ikke være egnet i alle

tilfeller, for eksempel for klorsubstituerte etylgrupper. Likevel var dette en klassifisering som på den tida hadde sin funksjon, da denne inndelingen i en negativ og en positiv del kunne brukes til å klassifisere mange forbindelser og identifisere reaksjoner de kunne inngå i. Brit Skaugrud og Bjørn Pedersen har dessuten vist at også at gamle navn på forbindelser og grupper ikke endrer seg så lett.

225

Fra og med 2. utgave hos Førland finnes også en annen inndeling av kullhydratene enn vi kan finne i noen andre lærebøker for hele den undersøkte perioden, heller ikke hos Bruun fra og med 1958. Her blir kullhydratene delt inn i enkle (monosakkarider), dobbelte (disakkarider) og flerdobbelte (polysakkarider). Alle kullhydratene som er nevnt i undervisningsplanen og noen flere blir klassifisert her. Det er ellers delvis en tilnærming til temaet som minner om den fra forrige generasjons lærebøker i kjemi, med vekt på opprinnelse, utseende, smak og bruk. Isomeri beskrives med at "de små ulikhetene som finnes mellom druesukker og fruktsukker, må skyldes en forskjellig oppbygning av molekylet". Begrepet nevnes likevel ikke.

I 3. utgave av Førland sine lærebok (1960) er innholdet mye av det samme som i 2. utgave fra (1948). Her finner vi dog som tidligere nevnt en overordnet klassifisering av grupper av forbindelser og de funksjonelle gruppene.

Tabell 12: Overordnet klassifisering. Førland (1960).

Kullhydrider	Metanserien, etenserien, acetylserien
Derivater av kullhydridene	Alkoholer, aldehyder, ketoner, karboksylsyrer, organiske salter og estere
Fett	Estere, organiske syrer
Kullhydrater	Monosakkarider, disakkarider, polysakkarider
Eggehvitestoffer	Aminosyrer
Brennstoffer	Jordolje, hydrokarboner, bensin, lyspetroleum, smøreoljer, vaselin, parafinvoks, asfalt, naturgass, lysgass

Den overordnede klassifiseringen er tydeligst for kullhydridene og derivatene av disse. Interessant å merke seg her er at under "brennstoffer" brukes begrepet "hydrokarboner" når destillasjon av jordolje forklares. En innføring av hydrogen, karbon og oksygen om navn på det som tidligere

²²⁵Pedersen & Skaugrud, (2011)

hadde blitt omtalt som vannstoff, kullstoff og surstoff ble i følge Skaugrud og Pedersen anbefalt innført av Norsk Språknemnd i 1955.²²⁶ Under overskriften "derivater av kullhydridene" forklares det at av kullhydridene kan det avledes en rekke andre sambindinger ved at et eller flere hydrogenatomer er erstattet med andre atomer eller atomgrupper:

De viktigste atomgrupper som kan erstatte hydrogenatomer, er *hydroksylgruppen*, *aldehydgruppen*, *ketongruppen* og *karboksylgruppen*, og de tilsvarende kullhydrid-derivater er *alkoholer*, *aldehyder*, *ketoner* og *karboksylsyrer*

Kapittelet innledes med å gjennomgå kullhydrider med enkelt-, dobbelt- og trippelbindinger og videre danner funksjonelle grupper grunnlaget for inndelingen – en systematisering av stoffer som vi kan kjenne igjen fra læreboka "Kjemien stemmer" som dekker kompetansemål i Kjemi 1. I likhet med dette læreverket diskuterer Førland komplekse og allmenntilgjengelige molekyler senere i kapittelet, og ikke som en innledning, slik vi ser i første generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi.

Sverre Bruun - atommodell og reorganisering av kapittelet

For Bruun sine lærebøker for den høgre skolen fra og med 1958 står følgende i forordet:

I femtende utgave er det brukt atommodeller i større utstrekning enn før, og det er foretatt noen omplassering av stoffet, først og fremst i den organiske kjemien...

Som vi ser av sitatet er det flere endringer som skjer i 15. utgave, blant annet blir det Bruun omtaler som kullhydrider (hydrokarboner) ikke lenger diskutert i forbindelse med kapittelet om kullstoff. Dette temaet – i likhet med kjemiske belyningsmidler – blir flyttet nærmest uendret til kapittel om organisk kjemi fra og med denne utgaven. Kullstoff som grunnstoff finner vi også her rett før kapittel om organisk kjemi. Som nevnt ovenfor er denne delen mye kortere, og inneholder i tillegg diamant, grafitt og kull også kulloksyd og kulldioksyd. Karbonater er også diskutert her.

Interessant å merke seg er at både Bruun og Førland inkluderer atommodeller i sine lærebøker, men bare Bruun bruker denne i forbindelse med organisk kjemi. Bruun bruker en skallmodell av metan, og forklarer at "kullstoff-atomet får *neon*-struktur og hydrogenatomet får *helium*-struktur" ved en slik oppbygning. Forklaringen på hva dette vil finnes nesten helt framme i boka:

²²⁶ Pedersen & Skaugrud, (2011)

Helium har en kjerne som består av 2 protoner og 2 nøytroner, og omkring kjernen kretser 2 elektroner. *Neon* har en kjerne med 10 protoner og 10 nøytroner, og omkring kjernen kretser 10 elektroner: 2 i et indre "elektron skall" og 8 i et ytre skall.²²⁷

Det er dermed en forutsetning at leseren forstår dette for å få utbytte av modellen som presenteres her.

I likhet med hos Førland ser vi i Bruuns 15. utgave en ganske annen oppbygning av kapittelet om organisk kjemi og en endret systematisering av stoffet i forhold til fram utgavene av læreboka til 1956. Bruun starter med å presentere kullhydridene, og presenterer i denne delen også jordolje og et eksempel på et kullhydrid med dobbeltbinding og et eksempel på et kullhydrid med en trippelbinding. At jordolje blir en del av dette kapittelet blir indirekte begrunnet med at det forklares at "vi har regnet for sannsynlig at jordoljen er dannet av organisk materiale" i teksten.

Mitt inntrykk er at oppbygningen av kapittelet hos Bruun likevel er en del mindre systematisk enn hos Førland. Hos Førland finner vi blant en systematisk presentasjon av de alifatiske hydrokarbon-homologene, forklart som metan-serien, eten-serien og acetylen-serien. Dette nevnes ikke i Bruun sine lærebøker, og det nevnes heller ikke at det er forskjell på alifatiske og aromatiske kullhydrider – det er heller ikke gitt noen eksempler på aromatiske kullhydrider. Det nevnes så vidt i avsnittet med alkoholer at vi får en alkohol om vi erstatter et hydrogenatom i kullhydridene med et hydroksyl. Aldehyder og ketoner er ikke tatt med her. Det forklares for karbonsyrer at eddiksyre kan fåes ved å oksydere etanol. For estere er fremstilling av eddiketylester nevnt som eksempel og hydrogenjoner er beskrevet som katalysator. I motsetning til hos Førland blir ikke derivater som begrep brukt.

Kullhydrater er her flyttet lenger ute i kapittelet, og utgjør en vesentlig mindre del av boka enn tidligere. Bruun regner dermed ikke kullhydrater for et så sentralt tema som for organisk kjemi tidligere. Organiske syrer og estere er heller ikke lenger en del av denne delen, men er i stedet flyttet til etter alkoholer. Mange opplysninger om de ulike kullhydratene som er nevnt i undervisningsplanen er også blitt sløffet. Hydrolytisk spaltning er fortsatt beskrevet, det samme er enzymer og hydrogenjoner som katalysatorer. Her finnes det heller ikke lenger noen henvisning til

²²⁷Bruun, (1958), side 75

isomeri, men dette fenomenet omtales fortsatt uten at begrepet er nevnt spesifikt.

Med unntak av at det som omtales som kullhydrider og kjemiske belysningmidler og brennematerialer er tatt inn i kapitlet fremstår innholdet i dette kapitlet ganske likt som før reorganiseringen av stoffet. Den systematiserte framstilling som minner om den vi finner i moderne lærebøker som "Kjemien stemmer" finner vi i mindre grad enn hos Førland. Det er færre eksempler på organiske forbindelser, og sammenhengen mellom for eksempel kullhydridenes korresponderende alkoholer går etter min oppfatning mindre klart fram. Med unntak av at Bruun anvender en skallmodell fremstår dette kapitlet mindre teoretisk og systematisk enn Førland sitt kapittel om organisk kjemi.

Avslutning og analyseresultater

Med Lov om høiere almen skole i 1896 ble Gymnasiet gjort til en allmennskole. Kjemi var en obligatorisk del av denne allmennskolen. Kjemi må dermed regnes som en del av en allmenndannelse. Forsøk på å gjøre dette er etter min oppfatning svært tydelig reflektert i lærebøkene når det dreier seg om organisk kjemi, da tilnærmingen i all hovedsak er det jeg tidligere har definert som hverdagslig. Organisk kjemi fremstår som et tilfeldig tema uten et system der det meste dreier seg om å ha mest mulig faktakunnskap om stoffer og om kjemiske prosesser knyttet til hverdagslivet. Kullhydrater fremstår også som det viktigste innen organisk kjemi i første generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi, kanskje med unntak av i Lindstad og Lindemann sine bøker.

Det er et syn som støttes av Ringes:

Jeg våger den påstanden at kjemien slik den ble presentert i de rådende læreverkene helt opp til 1965 har gitt flere generasjoner med nordmenn forestillingen om kjemi som et uforståelig fag som må pugges.²²⁸

Som jeg har vært inne på i denne analysen virker presentasjonen av stoffene og relasjonen i forhold til hvilken rekkefølge de presenteres i også ganske tilfeldig. Det er ingenting som tilsier at akkurat kullhydrater er det viktigste i organisk kjemi i denne perioden, men det er mye som tyder på at dette kanskje ble regnet som et tema det var mulig å knytte en hel del fenomener som ble regnet allmennyttige opp mot.

Vi har sett at det i lærebøkene i kjemi i perioden 1914-1960 hovedsaklig var det jeg har definert som en hverdagslig tilnærming til organisk kjemi, men at det også var et skille for Førlands lærebøker fra 1948 og Bruuns lærebøker fra 1958 som gikk litt bort fra denne tilnærmingen. Innfallsvinkelen ble mer teoretisk og kapittelet om organisk kjemi ga innledningsvis et mer systematisk bilde av organisk kjemi.

Bruun og andre første generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi fram til 1958 gir etter min mening et bilde av organisk kjemi som et fagområde sterkt knyttet opp mot tema som alkoholgjæring og andre vanlige og kjente kjemiske prosesser. Faget framstår nærmest som et slags husholdningsfag som formidlet kunnskap som tok sikte på å gi mest mulig allmennyttige

²²⁸ Ringes, 2003, sitat side 44

kunnskaper om organisk kjemi. Bruuns store dominans som læreverk i hele denne tidsperioden må ha bidratt til å danne et bilde av organisk kjemi som et fag der det viktigste var å pugge en hel mengde med faktaopplysninger om bruk og fremstilling av stoffene. Dette gjør at man sitter igjen med et inntrykk av at organisk kjemi var del av en allmenndannelse.

Dette kan også sees i forbindelse med det Ringnes sier om at det på 1900-tallet og helt fram til 60-årene eksisterte en læreboktradisjon i Norge der det ble lagt vekt på en detaljert stoffkjemi med en presentasjon av navn, formler, egenskaper og anvendelser, i noen tilfeller også forekomst og fremstilling. Egenskapene og reaksjonene ble derimot ikke forklart i særlig stor grad. Den manglende systematisering ble kritisert så tidlig som i 1914 uten at dette ble tatt til følge før over 50 år var gått. Ringnes nevner også at det generelt blant de norske lærebokforfatterne i kjemi kan virke som de holdt seg lite oppdatert på utviklingen innen kjemi.²²⁹

Lykknes gir også et lignende bilde for innføringen av periodesystemet i disse lærebøkene. Periodesystemet fremstod i sin moderne form allerede i 1869 og var et viktig verktøy for å forutsi egenskaper til grunnstoffer, men innføringen av dette systemet i kjemifaget i norsk skole tok svært lang tid.²³⁰

I og med at dette kjemifaget var obligatorisk for alle, må dette ha bidratt til at rammene for faget ble begrenset. Dette er etter min oppfatning noe som gjenspeiles i den hverdagslige tilnærmingen, der det viktigste tydeligvis var at elevene skulle lære mest mulig allmenntilgjengelige faktaopplysninger. Den teoretiske tilnærmingen var nedprioritert fram til andre generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi, men som sagt, også i andre generasjons allmenndannende lærebøker i kjemi var det også til dels en hverdagslig tilnærming. Jeg vil derfor hevde at organisk kjemi i disse lærebøkene fremstod som et fag som skulle være allmenndannende.

I denne analysen har vi fått et bilde av hvordan organisk kjemi ble presentert i lærebøker i kjemi i perioden 1914-1960. Det norske skoleverket var i perioden 1960-1974 del av en omfattende reform som gjorde grunnskolen 9-årig og la grunnlag for det 3-årige gymnaset. Med Lov om videregående opplæring i 1974 ble heller ikke kjemi lenger et obligatorisk fag på første trinn. I et videre studie med tanke på organisk kjemi i kjemifaget kan det kanskje derfor være aktuelt å ta for seg utviklingen i reformperioden 1955-1974 og undersøke hvordan organisk kjemi blir presentert i den

²²⁹Ringes, (2003), side 43

²³⁰Lykknes

nye fagplanen for kjemi som kom i 1976.

Litteraturliste

Sverre Bruun og Olaf Devik: et lærebokjubileum, 1964, Oslo

Bensaude-Vincent, B, "Languages in chemistry" artikkel i The Modern physical and mathematical sciences. red. av Nye, M.J., The Cambridge history of science. Vol. 5. 2003, Cambridge: Cambridge University Press.

Bensaude-Vincent, B. and I. Stengers, A history of chemistry, 1996, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Beretta, M., "The Historiography of chemistry in the eighteenth century: A preliminary Survey and bibliography", Ambix, 1992

Bowler, P.J. and Morus, I.R., Making modern science: a historical survey, 2005, Chicago: University of Chicago Press.

Brock, W.H., The Fontana history of chemistry, 1992, London: Fontana Press.

Goodman, D. and C.A. Russell, The Rise of scientific Europe 1500-1800, 1991, Sevenoaks: Hodder Stoughton.

Gregory, F., Natural science in Western history, 2008, Boston, Mass.: Houghton Mifflin Co

Science Photo Library Ltd, 2013, London, UK:
<http://www.sciencephoto.com/media/364599/enlarge>

Cambridge University Library, 2009-2012, Cambridge:
<http://www.lib.cam.ac.uk/deptserv/rarebooks/encmeth.html>

Ihde, A.J., The development of modern chemistry, 1984, New York: Dover

Kragh, H., Naturerkendelse og videnskabsteori : de uorganiske videnskabers filosofi og historie, 2004, Århus: Aarhus Universitetsforlag.

Levere, T.H., Transforming matter: A History of Chemistry from Alchemy to the Buckyball, 2001: The Johns Hopkins University Press

Mierzecki, R., The historical development of chemical concepts, 1991, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Bowler, P.J. and I.R. Morus, Making modern science: a historical survey, 2005, Chicago: University of Chicago Press

Friebolin, H., Basic one- and two-dimensional NMR spectroscopy, 2011, Weinheim

Ihde, A.J., The development of modern chemistry, 1984, New York: Dover

Klein, U., T. Lenoir, and H.U. Gumbrecht, Experiments, models, paper tools: cultures of

organic chemistry in the nineteenth century, 2003, Stanford, Calif.: Stanford University Press

Lewis, D.E., The beginnings of synthetic organic chemistry: Zinc alkyls and the Kazan' school, Bulletin of the History of Chemistry

Chemistry, 2002, volum 27, nummer 1

Lykknes, A. and L. Kvittingen, Den internasjonale kjemikongressen i Karlsruhe 1860. Kjemi, 2002. 02/2002

Lykknes, A., "Ignored, Disregarded, Discarded? On the introduction og the periodic system in Norwegian periodicals and textbooks c. 1870-1930, red. av M. Kaj, H. Kragh, G. Pallo, Early Responses to the Periodic System, Oxford University Press

Melhado, E.M., Jacob Berzelius, the emergence of his chemical system / Evan M. Melhado. Lychnos-bibliotek: studier och källskrifter. Vol. 34. 1981

Morris, P.J.T., From classical to modern chemistry: the instrumental revolution, 2002, Cambridge: Royal Society of Chemistry in association with Science Museum, London and Chemical Heritage Foundation

Nye, M.J., The Modern physical and mathematical sciences. The Cambridge history of science. Vol. 5. 2003, Cambridge: Cambridge University Press

Partington, J.R., A History of Chemistry. A history of Chemistry. Vol. 4. 1964, London: Macmillan and company limited

Rocke, A.J., The quiet revolution: Hermann Kolbe and the science of organic chemistry, 1993, Berkeley: University of California Press

Russell, C.A., Edward Frankland: chemistry, controversy and conspiracy in Victorian England, 1996, Cambridge: Cambridge University Press

Russell, C.A., From atoms to molecules: studies in the history of chemistry from the 19th century, 2010, Farnham: Ashgate.

Usselman, M.C., Liebig's Alkaloid Analyses: The Uncertain Route from Elemental Content to Molecular Formulae. Ambix, 2003. 50

Grankvist, R. and M. Aase, Utsyn over norsk skole: norsk utdanning gjennom 1000 år ; [billedredaktør: Monica Aase], 2000, Trondheim: Tapir akademisk forlag

Sirevåg, T., Utsyn over norsk høgere skole: frå lærde skolar til lov om vidaregåande opplæring, 1988, Oslo: Universitetsforlaget

Tønnessen, L.K.B., Norsk utdanningshistorie: en innføring, 1995, Oslo:

Universitetsforlaget

Myhre, R., Den norske skoles utvikling: idé og virkelighet, 1982, Oslo, Gyldenda

Sæther, J., Norsk pedagogisk faghistorie : utdrag frå formidling, forskning og debatt, 2011, Bergen: Fagbokforlaget

Telhaug, A.O., Utdanningsreformene: oversikt og analyse, 1997, Oslo: Didakta norsk forlag

Norge Kirke- og, u., Undervisningsplan for Middelskolerne og Gymnasierne: vedtaget den 1ste Marts 1885 af Kirke- og Undervisningsdepartementet, til hvilket i Henhold til Skolelovens § 52 Overbestyrelsen af de høiere Almenskoler er henlagt ved kongelig Resolution af 6te November 1869, 1885, Christiania

Hiorthdal, Th., Kortfattet lærebog i anorganisk kemi, 5. utgave, 1893

Hiorthdal, Th., Kortfattet lærebog i organisk kemi, 4. utgave, 1889

Gymnasiet: lov om høiere almenskoler ; reglement for de høiere almenskoler ; undervisningsplan ; eksamensreglement, 1911, Kristiania, A.W. Brøggers Boktrykkeri

Grønneberg, T. (2008). Kjemien stemmer: kjemi 2 [i.e. 2] grunnbok. [Oslo], Cappelen

Bjørn Pedersen og Brit Skaugrud, 2011, Skolelaboratoriet kjemi, Universitetet i Oslo: <http://www.naturfagsenteret.no/binfil/download.php?did=7114>

Bruun, S. (1914). Lærebok i kemi for gymnasiet. Kristiania, Norli.

Bruun, S. (1917). Lærebok i kemi for gymnasiet. Kristiania, Norlis

Bruun, S. (1920). Lærebok i kjemi for gymnasiet. Kristiania, Norlis forl.

Bruun, S. (1924). Lærebok i kjemi for gymnaset. Oslo, Norlis

Bruun, S. (1936). Lærebok i kjemi for gymnasiet. Oslo, Olaf Norlis forlag.

Bruun, S. (1938). Lærebok i kjemi for gymnaset: av Sverre Bruun. Oslo, Olaf Norlis forlag.

Bruun, S. (1941). Lærebok i kjemi for gymnaset. Oslo, Norli.

Bruun, S. (1943). Lærebok i kjemi for gymnaset. Oslo, Norli.

Bruun, S. (1945). Lærebok i kjemi for gymnaset. Oslo, Olaf Norlis forlag.

Bruun, S. (1948). Lærebok i kjemi for den høgre skolen. Oslo, Norli.

Bruun, S. (1950). Lærebok i kjemi for den høgre skolen. Oslo, Norli.

Bruun, S. (1952). Lærebok i kjemi for den høgre skolen. Oslo.

- Bruun, S. (1956). Lærebok i kjemi for den høgre skolen. Oslo.
- Bruun, S. (1958). Lærebok i kjemi for den høgre skolen. Oslo.
- Bruun, S. (1958). Lærebok i kjemi for den høgre skolen. Oslo.
- Bruun, S. (1960). Lærebok i kjemi for den høgre skolen. Oslo.
- Førland, T. (1941). Lærebok i kjemi for gymnaset. Oslo, Aschehoug.
- Førland, T. (1948). Lærebok i kjemi for realskole og gymnas. Oslo, Aschehoug.
- Førland, T. (1960). Lærebok i kjemi for realskole og gymnas. Oslo, Aschehoug.
- Lindstad, O. and J. Lindeman (1926). Lærebok i kjemi. Oslo, Gyldendal.
- Lindstad, O. and J. Lindeman (1934). Lærebok i kjemi. Oslo, Gyldendal.
- Lindstad, O. and J. Lindeman (1940). Lærebok i kjemi. Oslo, Gyldendal.
- Lindstad, O. and J. Lindeman (1941). Lærebok i kjemi. Oslo, Gyldendal.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1906). Lærebog i kemi for gymnasiet. Kristiania, Aschehoug.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1910). Lærebog i kemi for gymnasiet. Kristiania, Aschehoug.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1912). Lærebok i kemi for gymnasiet. Kristiania, Aschehoug.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1916). Lærebok i kemi for gymnasiet. Kristiania, Aschehoug.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1919). Lærebok i kemi for gymnasiet. Kristiania, Aschehoug.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1921). Lærebok i kjemi for gymnasiet. Kristiania, Aschehoug.
- Johannesen, O., C. Nicolaysen, et al. (1924). Lærebok i kjemi for gymnasiet. Kristiania, Aschehoug.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1931). Lærebok i kjemi for gymnasiet. Oslo, Aschehoug.
- Johannesen, O. and C. Nicolaysen (1936). Lærebok i kjemi for gymnasiet. Oslo, Aschehoug.

Sammendrag

I denne oppgaven undersøkes det hvordan organisk kjemi ble presentert i lærebøkene med bakgrunn i innføringen av kjemi som et obligatorisk fag med Lov om høiere almen skole av 1896. Med tanke på dette er lærebøker i perioden 1914 til 1960 analysert, i tillegg til at enkelte lærebøker før denne perioden er beskrevet for å få et bilde av hva kjemifaget i skolen var før denne tidsperioden. Her gies også et bilde av organisk kjemi som fagområde da den denne loven trådte i kraft og den historiske bakgrunnen for at organisk kjemi kunne bli et eget fagområde.

I oppgaven blir det gjort funn som tyder på at dette kjemifaget var et fag som tok for seg organisk kjemi på en allmenntilgjengelig og lite teoretisk måte med vekt på husholdning og praktiske eksempler (beskrevet som en *hverdagslig* tilnærming til faget i oppgaven), men at det var et skille da reviderte lærebøker kom i 1948 og 1958 som førte til at organisk kjemi ble diskutert mer systematisk. Læreverk som er analysert her er lærebøker i kjemi av Sverre Bruun, Ole Johannesen og Carl Nicolaysen, O. Lindstad og Johannes Lindemann, Thomas Førland og Thorstein Hiorthdal.