

Cato Maximilian Guldberg

AV
NJÅL HOLE

(Tale på Høytidsdagen 26de februar 1964)

CATO MAXIMILIAN GULDBERG er født i Oslo (dengang Christiania) 11. august 1836. Hans foreldre var Carl August Guldberg og Hanna Sophie Theresia Guldberg, f. Bull. Hans mors søster Anne Marie Bull som senere ble hans svigermor, var gift med Hans Riddervold, en kjent geistlig og politiker. Han var bl. a. biskop her i byen og medlem av vårt selskap, og rakk så vidt å bli valgt til selskapets preses før han 1848 ble kirkestatsråd. Denne stilling beholdt han et kvart sekel — fra 1848 til 1872.

En av ekteparet Riddervolds døtre, Bodil Mathea, ble gift med sin fetter Cato Guldberg. En annen ble gift med dennes venn og kollega Peter Waage. Waage mistet tidlig sin første hustru og giftet seg senere med Guldbergs søster Mathilde Sofie.

Cato Guldbergs far var også en mann som gjorde en innsats utenom det vanlige og satte spor etter seg på ymse vis. Han var teologisk kandidat fra 1833, men var de første årene som fulgte virksom som redaktør, forlegger og skribent. Han startet sammen med en polsk flyktning en bokhandel og et boktrykkeri i Oslo og utgav en rekke periodiske og andre publikasjoner. Han var bl.a. redaktør av det kjente «Skillingsmagasinet» fra starten 1835 til utgangen av 1856.

Etterhvert ble ønsket om å komme over i geistlig virksomhet sterkere, og han søkte i 1847 stillingen som residerende kapellan i Nannestad, en stilling som han fikk. Familien flyttet dermed til Nannestad da Cato Maximilian var 11 år, og ble boende på prestegården i annekset Holter. Her fikk hans lyst til friluftsliv utfolde seg noen få år, mens boklige sysler — etter hva det fortelles — ble dyrket med mindre iver.

I 1850 ble han så sendt til Fredrikstad for videregående skolegang. Her hadde i sin tid også hans far gått på skole og hatt Hans Riddervold som lærer. Nå kom hans evner i matematisk retning for første gang klart til syne, og han fikk undervisning i dette fag også utover skolens pensum. Skolen i Fredrikstad hadde imidler-

tid ikke rett til å dimittere til universitetet. Han reiste derfor 1853 til hovedstaden, hvor han tilbrakte det siste skoleår før han ble student 1854.

Deretter tok han fatt på det såkalte reallærerstudium som dengang var ganske nytt. Han studerte matematikk, fysikk og kjemi og tok reallærereksamen 1859.

Etter avsluttet universitetseksamen ble han først lærer i matematikk ved Nissens skole og senere lærer i matematikk ved Krigsskolen og i maskinlære og mekanikk ved den Militære Høiskole. En del av denne undervisning beholdt han også etterat han ble knyttet til universitetet. Før det skjedde, hadde han 1861–62 oppholdt seg i utlandet med stipendium.

Han ble universitetsstipendiat 1867. Slår man etter i forelesningskatalogen for universitetet, finner man for vårsemesteret 1869 angitt at han skal forelese over rasjonell mekanikk og bestemte integraler. De andre semestrene er ikke undervisningen nærmere spesifisert.

Noen utsikter til snarlig opprykk forelå ikke. Professorater som eventuelt kunne komme på tale, måtte være å finne innenfor området matematikk–fysikk. I matematikk i videste forstand hadde man to professorater — ett i ren matematikk med Ole Jacob Broch og ett i anvendt matematikk med C. A. Bjerknes. Professoratet i anvendt matematikk omfattet den gang mekanikk og maskinlære.

Så hendte i 1869 at professor Broch, som allerede noen år hadde vært stortingsmann, gikk inn i Stangs ministerium som marineminister. Han tok da avskjed fra sitt professorat. For den ledige lærestol i ren matematikk anså man at Ludvig Sylow — som på det tidspunkt var overlærer i Halden (Fredrikshald) — var selvskreven. Imidlertid utviklet saken seg derhen at C. A. Bjerknes gikk over i professoratet i ren matematikk, slik at professoratet i anvendt matematikk ble ledig. Dermed var Sylow ute av bildet, og Guldberg fikk stillingen uten konkurranse. Han ble i denne stilling resten av sitt liv.

*

I yngre år så det ut til at matematikken skulle bli hans hovedinteresse. Omkring den tiden han avsluttet sin reallærereksamen, var han blitt tildelt Kongens gullmedalje for besvarelsen av en matematisk prisoppgave. Denne avhandling som ble trykt som såkalt Universitetsprogram 1861, hadde tittelen «Om Cirklers Berøring». Den er imidlertid ikke noe originalarbeide.

Guldberg mottok i samme tidsrom også andre faglige impulser, og disse ledet ham bort fra den rene matematikk og inn på det område hvor han kom til å utføre sine mest kjente arbeider, nemlig grenseområdet mellom fysikk og kjemi. Av betydning for den vei han senere slo inn på, var utvilsomt medlemskapet i en eksklusiv kameratkrets, som hette Den Fysisk-Kemiske Forening. Denne forening kom bare til å bestå et par år, og dens høyeste medlemstall var seks. Medlemmene kom sammen hos hverandre lørdagskveldene «for å drøfte materier

av fysisk og kjemisk natur», og vertens plikt var å sørge for det faglige program samt to flasker bayersk øl. Guldbergs to første egentlige vitenskapelige arbeider har sitt utspring i forhandlingene i denne forening og utkom i 1860. Sommeren 1860 — etter å ha vært lærer et år ved Nissens skole — reiser Guldberg til København og deltar i det nordiske naturforskersmøte, hvor han legger fram det ene av disse arbeider, som handler om legeringers spesifikke vekt. Det andre handler om smeltepunktene for legeringer, blandinger av fete syrer og blandinger av salter.

*

De mest kjente av Guldbergs vitenskapelige arbeider er de han sammen med Peter Waage utførte i forbindelse med det vi idag kaller massevirkningsloven. Disse ble påbegynt høsten 1862 etterat Guldberg kom tilbake fra sitt stipendieopphold i utlandet. I løpet av 1864 ble gitt tre meddelelser i Christiania Videnskabselskab og trykt i dettes Forhandlinger. Samtidig ble resultatene også publisert i det franske tidsskrift *Les Mondes*. Titlene på de norske avhandlinger var:

Studier af Affiniteten.

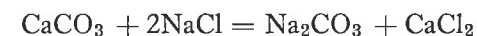
Forsøg til Bestemmelse af Lovene for Affiniteten.

Lovene for Affiniteten, spesielt Tidens Indflydelse på de kemiske Processer.

Før vi går nærmere inn på disse arbeider, skal vi ta et kort og skjematisk tilbakeblikk. Kjemikerne hadde tidlig lagt merke til at forskjellige stoffer har forskjellig tilbøyelighet til å reagere med hverandre. Man fant også at om to stoffer A og B har forbundet seg med hverandre kjemisk, så kan et tredje stoff C drive f. eks. B ut av denne forbindelse og ta dets plass. Man ga uttrykk for dette ved å si at stoffene har forskjellig affinitet til hverandre.

Den svenske kjemiker Bergman brakte i slutten av søttenhundredetallet (1783) system i disse betraktninger og observasjoner. Etter hans teori ville de kjemiske reaksjoner alltid gå fullstendig til den ene side. Det vil si: hvis C har evnen til å drive B ut av forbindelsen AB og danne AC, så vil dette skje inntil alt tilstedeværende C har forbundet seg med A.

Synspunkter i annen retning kom også fram nokså tidlig, nemlig fra den franske kjemiker Berthollet. Berthollet fulgte med Napoleon på dennes tog til Egypten i 1798. Under oppholdet i Egypten utarbeidet han en affinitetsteori, hvor også mengden av reagerende stoffer spilte en rolle. Det har vært antydning at hans ideer delvis var inspirert av iakttagelser som han gjorde der nede, og som er omtalt i hans arbeider. På breddene av visse egyptiske sjøer fantes utskilt soda — natriumkarbonat. Vannet inneholdt koksalt — natriumklorid, mens bunnen består av kalksten — kalsiumkarbonat. Der må ha foregått en reaksjon:

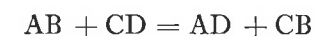


Dette var nettopp det omvendte av en reaksjon Berthollet kjente fra før. Det så altså ut som om kullsyren iblant hadde større affinitet til kalsium og iblant til natrium. Berthollet trakk den slutning at andre faktorer enn affiniteten måtte spille en rolle, blant andre mengdene av de reagerende stoffer.

Noen brukbar massevirkningslov ble imidlertid ikke utviklet, og betraktninger av denne art ble skjøvet i bakgrunnen for et halvt århundre. Dette henger vel delvis sammen med at kjemikerne i dette tidsrom interesserte seg mer for resultatet av kjemiske reaksjoner — de stoffer man ble istand til å fremstille og deres sammensetning — enn for forløpet av reaksjonene og deres eventuelle finere mekanismer.

Guldberg—Waages første avhandling begynner med ordene «De Theorier, som hidindtil i Kemien ere gjorte gjældende angaaende de kemiske Kræfters Virkemaade, ere af alle Kemikere erkjendt at være utilfredsstillende». Dermed har vi straks fått presentert begrepet «kjemisk kraft» som det gjøres stadig bruk av, og som er grunnlag for drøftelsene. Ordet kraft brukes imidlertid i en nokså diffus betydning, omtrent som vi gjør i daglig tale. På grunnlag av egne og andres målinger søker man så å utvikle en teori for kjemiske reaksjoner.

Guldberg og Waage knytter først og fremst sine betraktninger til en type reaksjoner som kalles substitusjonsprosesser. Vi velger følgende enkle type for å belyse tankegangen:



De sier at det ved en slik prosess gjør seg gjeldende to krefter som de kaller komponerende og dekomponerende eller agerende og reagerende, med et felles navn substitusjonskrefter. Den ene kraft søker å lede reaksjonen fra venstre mot høyre, og den andre søker å frembringe reaksjon den motsatte vei.

Følgende to lover ble oppstilt:

1. Loven om massenes virkning som lyder:
«Substitutionskraften er under forøvrigt samme Forholde direkte proportional med Produktet af Masserne, efterat hver er ophøiet i en bestemt Exponent».
2. Loven om volumets virkning:
«Når de samme Masser af de indvirkende Stoffer befinde sig under forskjellige Volumina, da ere disse Massers Virkning omvendt proportional med Volumet».

Vi er vant til en uttrykksmåte hvor de to utsagn slås sammen til ett.

Har vi AB og CD i konsentrasjoner p og q , virker ifølge Guldberg og Waage en substitusjonskraft

$$k_1 p^a q^b$$

hvor a og b ikke behøver å være lik 1 som vi er vant til å regne med for en reaksjon av denne type, men hvor k_1 og a og b er konstanter som på beste måte tilpasses observasjonene.

Har vi av AD og CB konsentrasjonene r og s , virker en substitusjonskraft den andre veien

$$k_2 r^c s^d$$

Blander vi sammen vilkårlige mengder av de fire stoffer, vil reaksjonen forløpe den ene eller andre vei inntil man får likevekt. Likevektsbetingelsen er at de to substitusjonskrefter er like store,

$$k_1 p^a q^b = k_2 r^c s^d$$

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{p^a q^b}{r^c s^d}$$

De bruker teorien på (for å ta ett av de mange eksempler)



og finner

p	q	r	s
-----	-----	-----	-----

$$\frac{k_2}{k_1} = 0,502, \quad a = 1, \quad b = 0,789, \quad c = 0,846, \quad d = 0,807$$

Den ene eksponent er vilkårlig valgbar og settes lik 1.

Meddelelse nr. 2 inneholder anvendelse av formlene på nye forsøk.

I den tredje meddelelsen brukes så teorien på reaksjoners tidsforløp. Det antas at hastigheten som en omvandling foregår med (omvandlet mengde pr.

tidsenhet: $\frac{dx}{dt}$), er proporsjonal med den kraft som frembringer omvandlingen.

Det må da ved vår substitusjonsreaksjon tas hensyn til de to krefter som virker

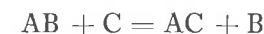
mot hverandre. Dette leder til at $\frac{dx}{dt}$ er proporsjonal med

$$k_1 p^a q^b - k_2 r^c s^d$$

Med utgangspunkt i denne likning diskuteres en del forsøksrekker.

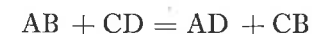
Noen år senere (1867) tas så problemet opp igjen i publikasjonen *Études sur les Affinités Chémiques*, som ble trykt som universitetsprogram. Dette er en avhandling med delvis nye synspunkter, men fremdeles med utgangspunkt i de «kjemiske krefter». Forskjellen er at det nå regnes med flere krefter.

Betrakter man den enkleste substitusjonsprosess



så er dannelsen av AC først og fremst frembrakt av attraksjonen mellom A og C; men hvis andre stoffer er tilstede (uten egentlig å delta i reaksjonen), vil krefter som skyldes disse også spille en rolle. En atomgruppe E vil f. eks. virke med en kraft som er proporsjonal med den «aktive masse» av E. Nå opphøyres ikke de aktive masser i tilpassbare eksponenter som i de første avhandlinger. Eksponenten er alltid 1. Til gjengjeld regnes det altså med flere krefter.

Selv om der ikke er fremmede stoffer tilstede, vil krefter av denne type komme inn i bildet. Betrakter igjen reaksjonen



For reaksjonen fra venstre mot høyre virker først og fremst kraften

$$k_1 p q$$

Men dessuten vil her AD og BC som allerede er tilstede, virke som fremmede stoffer som virker med krefter

$$h_1 p r, \quad h_2 p s, \quad h_3 q r, \quad h_4 q s$$

Disse siste krefter er svakere enn de første og kan eventuelt settes ut av betraktning i første tilnærming.

Ut fra disse noe modifiserte forutsetninger diskuteres så en rekke eksempler.

Ved den tredje etappe i Guldberg-Waages utvikling av massevirkningsloven, — publikasjonen «Om den chemiske Affinitet» fra 1879, — kommer det imidlertid noe vesentlig nytt inn. Her innføres en betraktningssmåte som vi idag er vant til å anlegge ved utledningen av massevirkningsloven, og vi kan derfor referere svært kort. Guldberg og Waage sier nå at den hastighet som nye stoffer dannes med, bestemmes av hyppigheten av sammenstøt mellom reagerende molekyler. Er f. eks. i vårt tidligere brukte reaksjonsskjema p og q antallet av AB's og CD's molekyler pr. volumenhet, blir hyppigheten av sammenstøt proporsjonal med

pq . Resonnemanget utvides til å gjelde reaksjoner som krever sammenstøt mellom flere molekylar.

Ut fra disse betraktninger følger de heltallige eksponenter som vi opphøyer konsentrasjonene i, av seg selv.

*

Ser vi på Guldbergs vitenskapelige produksjon forøvrig, så er der visse problemer som han alltid synes å ha vært opptatt av, og som har å gjøre med stoffenes fysiske egenskaper. I årene 1867–1871 kom fem arbeider med den felles tittel «Bidrag til Legemernes Molekylartheori», som behandler problemer i denne gate.

Det som står i forgrunnen i disse avhandlinger, er oppstilling av hva Guldberg kaller legemernes to fundamentallikninger, dvs. den vanlige tilstandslikning som gir en sammenheng mellom trykk, volum og temperatur, samt den indre energi som funksjon av andre tilstandsvariable. Studium av faseoverganger vies også stor oppmerksomhet.

Guldberg baserer imidlertid ikke sine undersøkelser på molekylarkinetiske betraktninger, som titlene kunne antyde, han gjør derimot stadig bruk av termodynamiske likninger.

Studiet av spesifikke varmer inntar en sentral plass i undersøkelsene. Den berømte Dulong-Petits lov som kom i 1819, gjelder metallenes spesifikke varmer. Vi kan uttale loven slik at varmekapasiteten av et gramatom er den samme for

forskjellige metaller (den er ca $6 \frac{\text{cal}}{\text{grad mol}}$). Loven var opprinnelig en rent

empirisk regel.

I årene som fulgte, var man opptatt av forsøk på å generalisere regelen. Guldberg har også tidlig interessert seg for disse problemer og var inne på forslag som peker i retning av den statistiske mekanikks resultater. Vi kan imidlertid idag se at problemet å finne en generell lovmessighet for stoffenes spesifikke varmer på empirisk grunnlag, var så godt som uløselig.

Han søker videre å oppstille vanlige tilstandslikninger for stoffer i alle aggregattilstander, og da særskilt likning for hver aggregattilstand. Som eksempel kan gjengis følgende for den faste tilstand (med andre betegnelser enn Guldbergs)

$$pV = AT - B \ln \frac{V}{V_0}$$

For metallene finner han i den forbindelse fram til en enkel sammenheng mellom tetthet, smeltevarme og elastisitetsmodul. For væsker er det særlig vanskelig å finne en tilstandslikning som er alment anvendelig. Her gjorde man derfor

bruk av såkalte korresponderende temperaturer, et begrep som Guldberg også tar opp til diskusjon.

For reelle gasser prøver han med likninger på formen

$$pV = RT + X$$

hvor X er en funksjon av to av de tre variable p , V , T . Forskjellige former for X diskuteres og anvendes på spesielle gasser. I forbindelse med studier av faseoverganger kommer han bl.a. fram til en sammenheng mellom kokepunktene for homologe kjemiske forbindelser.

• Dette var før van der Waals i 1873 hadde lansert sin berømte tilstandslikning. Etter denne tid fortsetter Guldberg sine studier på dette område med utgangspunkt i van der Waals' likning og i likninger av Clausius.

Disse problemer opptar ham hele hans liv; og det kommer også i nittiårene noen publikasjoner. Ett resultat av hans arbeide, som man fremdeles iblant støter på under betegnelsen Guldbergs regel, er følgende: Forholdet mellom et stoffs kritiske temperatur og dets kokepunkt (atmosfæretrykk) ligger i de fleste tilfelle mellom 1,5 og 1,7.

*

I en større avhandling fra 1870 «Bidrag til Theorien for de ubestemte chemiske Forbindelser» tar han opp til behandling forskjellige egenskaper hos blandinger. Arbeidet kan for så vidt betraktes som en fortsettelse av hans to første undersøkelser fra 1860. Men mens det i disse i det vesentlige ble oppstilt empiriske formler for en del fysikalske størrelser, med hovedvekt på legeringers egenskaper, gjøres det i det nye arbeide bruk av termodynamikk samtidig som saltoppløsninger får hovedinteressen.

Han tar utgangspunkt i sammenhengen mellom trykk, temperatur og sammen-setning av en saltoppløsning og framstiller denne ved en flate i et tredimensjonalt koordinatsystem. Ved bruk av Carnotske kretsprosesser utleder han så termodynamiske formler for forskjellige deler av denne flate. Han er ikke bare den første i vårt land som gjennomfører den slags anvendelser av termodynamikken, men må også internasjonalt regnes med blant pionerene på dette område. Han henviser selv i denne forbindelse til Kirchhoff som en foregangsmann.

*

Fra Guldbergs hånd har vi også en gruppe publikasjoner som tar opp problemer i forbindelse med væskers og gassers mekanikk. Disse arbeider ligger sentralt til i hans undervisningsområde, og de første ble publisert 1863. Han skrev da en liten notis om trykkets variasjon med høyden i atmosfæren, et problem

som han senere tok opp til grundigere behandling. Men han innskrenket seg ikke til luftens statikk. Fra 1876 og utover publiserte han sammen med H. Mohn en del avhandlinger om atmosfærens bevegelser. Disse arbeider har spilt en rolle i meteorologiens utvikling. Blant de mange problemer som tas opp til behandling kan nevnes: luftens horisontale og vertikale bevegelser, — sykkloner og anti-sykloner, — innflytelse på luftens bevegelse av friksjon mot jordoverflaten, — forhold i forbindelse med adiabatisk ekspansjon av fuktig luft.

I 1863 publiserer han også et par arbeider om vannets bevegelse i elver og kanaler. Han kommer senere inn på problemer av denne art i forbindelse med praktiske anlegg. Bl. a. skrev han en redegjørelse om vannets bevegelse i fjorder i forbindelse med det såkalte Jetté-anlegget i Drøbaksundet.

Atmosfærens og havets fysikk ble senere norske spesialiteter, og Guldberg må regnes blant våre pionerer også her.

*

Det er ikke mulig i en kortfattet framstilling som denne å omtale alle de faglige problemer som ble tatt opp av Guldberg. Men det må nevnes at hans forfatterskap ikke omfattet bare vitenskapelige avhandlinger. Han skrev også et utall av lærebøker på forskjellige områder og nivåer: Lærebok i praktisk regning, en rekke lærebøker i matematikk på gymnasienivå, lærebøker i mekanikk og varmelære og maskinlære for studerende ved universitetet, oppgavesamlinger av forskjellig art.

*

Hans arbeidsdag var imidlertid ikke opptatt bare med undervisning og forskning. Samfunnet la beslag på hans innsikt også for andre formål, og han påtok seg i årenes løp en rekke praktiske oppgaver. Således spilte han i mange år en rolle i jernbaneadministrasjonen. I 1854 ble vår første jernbane — den såkalte Hovedbanen Christiania-Eidsvoll — åpnet. Dette var et norsk-britisk foretagende. Senere kom andre baneprojekter som ble bygget som norske statsbaner. Det administrative apparat var til å begynne med oppstykket og komplisert. Guldberg innehadde flere verv her. I den sammenheng ble han innblandet i den voldsomme strid som pågikk helt fram til århundreskiftet om sporvidden. Hovedbanen var bredsporet; men i forbindelse med senere anlegg ble, først og fremst av jernbanedirektør Pihl, lansert en mindre sporvidde. Guldberg sluttet opp om smalsporet bl. a. i en rekke avisartikler. Striden ble etterhvert meget kvass, og det kom til injuriersak som gikk helt til Høyesterett, som fant at injurier ikke forelå.

Det kan også nevnes at Guldberg en kortere tid var medlem av direksjonen for Norges geografiske oppmåling, samt av den kongelige kommisjon av 1872 angående innførelsen av metrisk mål og vekt. Dessuten en rekke verv av liknende art.

En betydelig innsats gjorde han som medlem av redaksjonen for Polyteknisk Tidsskrift som senere gikk over til å hete Teknisk Ukeblad. Guldberg var hovedredaktør av Polyteknisk Tidsskrift fra 1863 til 1873. Når Teknisk Ukeblad nå har en spalte «For 100 år siden», så er det altså stoff fra Guldbergs redaktørtid som trykkes.

Han mottok en rekke hedersbevisninger av forskjellig art innenlands og utenlands. I 1870 ble han innvalgt som medlem av vårt selskap.

Han ble ingen gammel mann, idet han døde 14. januar 1902 i en alder av 65 år.

Som menneske skildres han som enkel og likefram, og han var alltid villig til å bruke sin sakkunnskap der den trengtes. Et framtreddende trekk var hans glede ved naturen. Han var en ivrig friluftsmann, jeger og fisker.

I det foregående er kastet streiflys over hans mangslungne virke, og man vil uvilkårlig sitte igjen med inntrykket av en innsats som ruver. Han har gjort vårt samfunn tjenester på mange måter og hører med til dem som i en tid med beskjedne ressurser gjorde også utlandet oppmerksom på norsk vitenskap.

NOTER:

- [1] *Biografiske opplysninger*. Det henvises i sin alminnelighet til Norsk biografisk leksikon og Halvorsens forfatterleksikon. For C. A. Guldbergs vedkommende dessuten *Skillingmagazin* 51, s. 2 og 289 (1885).
- [2] *Det ledige professorat i 1869*. Se V. Bjerknæs' bok om C. A. Bjerknæs samt Bergh Kragemos artikkel om Ludvig Sylow i *Norsk Mat. Tidsskr.* 15, 75 (1933).
- [3] *Den Fysisk-Kemiske Forening*. Se Th. Hiortdahl, *Tidsskr. Kemi, Farmaci og Terapi* 14, 240 (1917).
- [4] *Prisavhandlingen*. Det problem avhandlingen behandler — å konstruere en sirkel som berører tre gitte sirkler — er gammelt og kan føres tilbake til en av oldtidens store geometere Apolonius. Det var i tidens løp behandlet av en rekke berømte matematikere, og de metoder som kunne komme på tale, måtte antas å være funnet. Merkelig nok skulle det lykkes den franske matematiker Laguerre å gi et vesentlig nytt bidrag til problemets løsning ca 20 år etter at Guldberg skrev sin avhandling. Det henvises på dette punkt til O. P. Arvesens artikkel om Laguerres retningsgeometri i *Norsk Mat. Tidsskr.* 18, 112 (1936).

Her skal gjengis Professor Brochs forord til Guldbergs avhandling:

«De Opgaver til Concurrence for de af H. M. Kongen allerede som Kronprinds udsatte Guldmedailler, som Universitetet aarlig opstiller for sine Studerende, ere bestemte til at opmuntre disses første selvstændige Stræben. Medens ved dem derfor ikke Videnskaben søges bragt fremad i sine Hovedretninger eller større Vanskeligheder ved dens Fremadskriden søges overvundne, gaa Opgaverne derimod fornemmelig ud paa at søge enkelte mere specielle Retninger udførligere udviklede og belyste. Det er herved fornemmelig paa en selvstændig

Udvikling der lægges Vægt, medens Resultaternes absolute Nyhed bliver af underordnet eller ingen Betydning.

En af de i Aaret 1859 fremsatte Prisopgaver var: «at udvikle Constructionen af en Cirkel, der berører tre andre Cirkler. En ordnet og fuldstændig Udvikling af de hertil nødvendige Hjælpesætninger, forsaavidt disse ikke findes i de sædvanlige elementære Geometrier, udvikles».

Den følgende Afhandling herom af Cand. real. C. M. Guldberg sees paa en særdeles fuldstændig og tillige i Udviklingen elegant Maade at have løst den fremsatte Opgave, og blev derfor belønnet med den udsatte Guldmedaille. Forfatteren gjør i Indledningen selv Rede for det historiske ved denne Opgave.»

- [5] *Massevirkningsloven*. Her skal gjengis andre og tredje avsnitt av Guldberg-Waages første avhandling om massevirkningsloven. Ved å lese disse får man et godt inntrykk av utgangspunktet for undersøkelsene.

«Vi have derfor søgt at finde en mere direkte Methode til Bestemmelse af disse Kræfters Virkemaade og vi tro i en kvantitativ Undersøgelse af de forskjellige Stoffers gjensidige Indvirkning at have slaæet ind paa en Vej, der sikkest og naturligst vil føre til Maalet. Vi skyldte at fremhæve, at DHr. Berthelot og S. Giles i Sommeren 1862 offentliggjorte Arbejder over Ætherifikationen for en væsentlig Del have foranlediget os til at vælge netop denne Methode.

Vort Arbejde, der paabegyndtes i Høsten 1862 og omfatter omtrent 300 kvantitative Undersøgelser, har ledet os til en bestemt Opfatning af de kemiske Processer og til at opstille en ny Theori og bestemte Love, hvilke vi her i Korthed skulle fremsætte og derpaa konstatere dels ved vore egne og dels ved andre Kemikeres Forsøg.»

- [6] *Dulong-Petits lov*. I årene etter 1819 var man opptatt av forsøk på å generalisere loven. Det mest nærliggende var å utvide til alle elementer i fast form. Videre prøvde man for kjemiske forbindelser i fast form med den hypotese at molvarmen setter seg additivt sammen av atomvarmene for de inngående atomer (Neumann-Kopps regel). Den hypotese Guldberg tilslutt kommer fram til, gjør bruk av et begrep, den «sanne varmekapasitet» som man iblant støter på i den tids litteratur og som Guldberg definerer slik: «...den sande Varmekapasitet, det er den Varmemængde, der virkelig medgaar til Temperaturens Forøgelse . . .». En annen varmemængde går eventuelt til ytre arbeid og «en tredie Del medgaar endelig til det indre Molekylarbeide eller forsvinder, som man tidligere pleiede at sige, under Form af latent Varmer». Guldbergs hypotese går ut på at den sanne molvarme i alle aggregattilstander er en konstant multiplisert med antall atomer i molekylet.

- [7] *Jernbanesaker*. Se E. Østvedt, De norske jernbaners historie. Bd. 1, 2 og 3, Oslo 1954.

- [8] *Publikasjoner*. Halvorsens forfatterleksikon inneholder en temmelig fullstendig fortegnelse over Guldbergs skrifter fram til 1888. Poggendorff, Biographisch-literarisches Handwörterbuch har også med publikasjoner etter 1888.

I begge disse kilder mangler noen få publikasjoner i franske tidsskrifter. I disse artikler tas imidlertid ikke opp nye temaer.