

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

PRILEMPER
FRA
UNIVERSITETET.

TEMPERATURBEGREBETS UDVIKLING GENNEM TIDERNE

SAMT

DETS SAMMENHÆNG MED VEXLENDE
FORESTILLINGER OM VARMENS NATUR

AF

KIRSTINE MEYER

P. BJERRUM

536



T.B.
536

536 dley
1909

TEKNISK BIBLIOTEK

TEMPERATURBEGREBETS
UDVIKLING Gennem TIDERNE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
PRESS

TEMPERATURBEGREBETS UDVIKLING GENNEM TIDERNE

SAMT

DETS SAMMENHÆNG MED VEXLENDE
FORESTILLINGER OM VARMENS NATUR

AF

KIRSTINE MEYER

F. BJERRUM



KØBENHAVN
JUL. GJELLERUPS BOGHANDEL

1909

*Denne Afhandling er af det matematisk-naturvidenskabelige
Fakultet antagen til at forsvares for den filosofiske Doktorgrad.*

København den 13de Februar 1909.

*C. Christiansen,
Dekanus.*

I Anledning af Fuldendelsen af dette Arbejde bringer jeg herved min Tak til CARLSBERGFONDETS DIREKTION, fordi den ved sin Støtte har skaffet mig Tid til Arbejdet, og til Frk. cand. mag. THYRA EIBE, der har hjulpet mig med Læsning og Oversættelse af Ole Rømers Manuskript. Desuden mindes jeg med Tak den interesserede, samvittighedsfulde, elskværdige Bistand, som den unge, nu afdøde, Filolog AUGUST HERTEL i et Par Aar har ydet mig.

INDHOLD.

Indledning	1
Varmelære før Termometret	5
Temperaturbegreb paa Grundlag af Aristoteles; de første Termometre	20
Varmetheorier i det 17de Aarhundrede	38
„Temperatur“ i det 17de Aarhundrede	55
Forbedringer i Registrering af Temperatur	65
Theoretisk Temperaturbegreb; Anskuelser om Varmens Natur	96
Absolut Temperatur	150

Indledning.

Da jeg for nogle Aar siden beskæftigede mig med Theorien om overensstemmende Tilstande, tænkte jeg ofte paa det mærkelige i, at Temperaturen, der efter sin Definition er et rent Registreringstal, har vist sig at have en saadan Talsammenhæng med Legemernes andre Egenskaber, at den endogsaa kan være af overensstemmende Natur for helt forskellige Stoffer. Det Spørgsmaal rejste sig da for mig: Hvorledes er det gaaet til, at man har fundet en Registreringsmaade for Temperaturer, som har ført til Brug af en Substans og en Metode til Temperaturmaaling, der giver de ved denne fundne Tal theoretisk og universel Betydning, som den saakaldte absolute Skalas Tal aabenbart har? Jeg fik i den Anledning Lyst til at undersøge, hvorledes Temperaturbegrebet har udviklet sig, og hvilken Sammenhæng man i Tidernes Løb har tænkt sig eksisterende mellem dette Begreb og Varmens Natur; tillige forekom det mig mærkeligt, om et for Nutidens Naturvidenskab saa nødvendigt Begreb virkelig aldeles ikke har existeret, før de første Termometre dukkede frem i Begyndelsen af det 17de Aarhundrede. I det jeg nu søgte at skaffe mig Oplysning om disse Ting ved at gaa tilbage til det 17de Aarhundredes Literatur, traf jeg der paa Begreber angaaende Varmen og dens Virkninger, som var mig fuldstændig fremmede, og som paa den anden Side gav en For-

staaelse af, at man havde kunnet ræsonnere over Varmetilstande uden at kunne maale Temperatur. Jeg indsaa da, at for at faa den rette Baggrund for Forstaaelsen af Forholdene i det 17de Aarhundrede, maatte jeg gaa endnu længere tilbage, og derved er da de Undersøgelser, som indeholdes i den følgende Afhandling, komne til at angaa et stort Tidsinterval. Først gøres der nemlig Rede for den Baggrund, som man i det 17de Aarhundrede havde for sin Opfattelse af Varmens Natur, og som hovedsagelig stammer fra Oldtiden, og dernæst følger Udviklingen af Temperaturbegrebet og dets Forhold til Opfattelsen af Varmens Natur lige til den nyere Tid. Til Slutning tilføjes en Del nyt Materiale til Undersøgelse af Theorien om overensstemmende Tilstande, som klarer Opfattelsen af Temperaturkonstantens Betydning, og som forekommer mig yderligere at bestyrke den Tro paa „overensstemmende Tilstande“s Existens, som har ligget til Grund for, at dette Arbejde overhovedet er blevet paa-begyndt.

De fremmede Begreber paa Varmelærens Omraade, som jeg stødte paa i det 17de Aarhundredes Literatur var hovedsagelig 3: *Antiperistasisforestillingen*, Antagelsen af et „*primum frigidum*“, samt Forestillingen om, at *forskellige Legemer er i og for sig kolde eller varme*. Alkohol og Peber er saaledes „potentielt“ varme Legemer, Opium i og for sig koldt. Af disse Forestillinger hjælper Antiperistasis til at give Oplysning om *Bevægelsesretningen* af Varmen i mange Tilfælde, og Forestillingen om *primum frigidum* og potentiel Varme og Kulde vil paa Forhaand give Oplysning om et Legemes Varmevirkning, saa at disse Forestillinger, som ovenfor sagt, kan hindre Ideen til Temperaturmaaling i at opstaa. — Endvidere brødes Anskuelse stærkt, om man skulde opfatte Varmen som et Stof eller som en Bevægelse af Legemets Smaadele; tillige fandtes der

et Temperaturbegreb før Termometret og altsaa uafhængigt af dette.

Hvorledes Antiperistasisforestillingen har udviklet sig gennem Tiderne, har jeg tidligere gjort Rede for¹⁾. Den gaar ud fra, at Varme og Kulde gensidig kan frastøde og forstærke hinanden og stammer fra gamle Forestillinger om Kærlighed og Had som Drivfjedre til alt, hvad der hænder i Verden. Som Forklaringsgrund har den spillet en stor Rolle helt op til den nyeste Tid, og mange Fænomener baade fra Kemiens og Fysikens Omraader, baade dårligt og godt iagttagne, har fundet deres Forklaring derigennem; hvis Filologerne havde deres Opmærksomhed henvendt paa Sagen, vilde det sikkert kunne eftervises, at Forestillingen findes bagved mange Ræsonnementer over Naturfænomener fra en svunden Tid. Jeg er saaledes bleven gjort opmærksom paa²⁾ følgende karakteristiske Ytring³⁾: „Oinopides fra Chios siger, at i Sommertiden er Vandene paa Jorden kolde, om Vinteren derimod varme, og dette er tydeligt Tilfældet i dybe Kilder, thi midt paa Vinteren er Vandet i dem mindst koldt, men i den største Hede kommer det koldeste Vand op af dem. Derfor er Nilen, som rimeligt er, om Vinteren lille og trækker sig sammen, fordi Varmen i Jorden opbruger meget af det vaade Stof, og fordi det ikke regner i Ægypten, men om Sommeren naar den fuldstændige Opbrugen i Jorden ikke mere finder Sted paa de dybe Steder, fyldes Strømmen efter sin Natur uhindret“. Udsagnet er interessant, fordi det søger at give Forklaring paa en betydningsfuld Ting, og fordi Oinopides er ældre end Aristoteles, til hvem Antiperistasisforestillingens Formulering ellers føres direkte tilbage.

For at faa Klarhed paa, hvorledes Antiperistasisforestillingen var opstaaet og havde formet sig, havde det altsaa været nødvendigt at gaa tilbage til den græske Oldtid. Det var da naturligt at søge samme Steds hen for at faa klaret de andre ukendte Begreber. Først bliver der da Spørgsmaal om: har man paa et tidligt Tidspunkt dannet sig Forestillinger om den

¹⁾ Videnskabernes Selskabs Forhandlinger 1903, S. 573.

²⁾ Af Fru Ada Thomsen f. Adler.

³⁾ Diodor I, 141, 1 og 2.

Rolle, som Varmen spiller i Naturens Husholdning, og har disse Forestillinger givet sig Udtryk i Literaturen paa en saadan Maade, at man kan se, hvilken Rolle de har spillet for senere Tider, samt er der Vidnesbyrd om, at man har erkendt den store Betydning, som Varmeenergien har. Disse Spørgsmaal maa besvares bejaende, som nu det følgende skal vise.

Varmelære før Termometret.

Af Fremstillinger af Fysikens Historie faar man ofte det Indtryk, at der ikke har existeret nogen Varmelære før Termometrets Opfindelse; hvis man heraf vilde slutte, at Varmefænomener ingen Rolle spiller i Oldtidens Literatur, vilde man tage meget Fejl. Af de mange Energiformer, som Nutiden kender og benytter, er der egentlig kun to, som Oldtiden kender og ræsonnerer med, nemlig Bevægelse og Varme, men disse to tillægger man da en desto større Betydning. For Varmens Vedkommende ses det af, at den spiller en Hovedrolle paa to Omraader, hvor Grækernes Arbejde har været bestemmende for Udviklingen helt ned til den nyeste Tid, nemlig i Læren om Legemernes Bygning og i Lægevidenskaben. Endvidere er det værd at lægge Mærke til, at findes der end ikke nogen experimentel Varmelære, saa er dog de Love, som opstilles for Varmefænomeners Virken, underbyggede med mange lagttagelser og ikke saa rent aprioriske som paa andre Omraader. Antiperistasisprincippet er et typisk Exempel i saa Henseende. Det opbygges paa et Grundlag af lagttagelser, og det verificeres gennem mange andre; det er altsaa paa ingen Maade nogen helt apriorisk opstillet Lov. Men netop da Forholdene er saaledes, er de hævdvundne Læresætninger, som overleveres til Fremtiden, sejglivede; først Experimentet kan undlive dem, lagttagelser er ikke tilstrækkelige, idet de, som lettest frembyder sig, netop er tagne i Tjeneste til Lovenes Fremsættelse. |

1/ på forhånd antaget, givet, noget man ikke diskuteres.

Ytringer hos Plato og Aristoteles viser, at Modsætningen varmt—koldt allerede har spillet en stor Rolle i tidligere Filosfers Ræsonnementer. Dette hænger vistnok sammen med, at Kærlighed og Had opfattedes som Drivfjedere til alt, hvad der sker, og Kærligheden fandtes mellem det beslægtede og ensartede, Had mellem Modsætninger; heraf kommer da den store Interesse, det har at finde saadanne. De Modsætninger, der hyppigst opereres med, er netop varmt—koldt, tørt—fugtigt; hos Empedokles og senere hos Aristoteles knyttes de som Hovedegenskaber til de fire Elementer.

Læren om Elementerne er fremstillet og udformet af Aristoteles i „De generatione et corruptione“¹⁾ og i 4de Bog af Meteorologien²⁾, men stammer aabenbart ikke fra ham. Han refererer og kritiserer sine Forgængeres Anskuelser paa dette Punkt. Han siger i Anledning af de ældre Filosofer³⁾: „Grunden til, at disse Filosofer har lagt mindre Mærke end andre til de Fænomener, som alle er enige om, er Mangel paa Iagttagelse. Derimod vil de, som har lagt mere Vægt paa Undersøgelse af Naturen, være bedré i Stand til at opdage de Principper, som kan udstrækkes til et stort Antal Kendsgerninger. Men de, som fortaber sig i indviklede Theorier, iagttager ikke de virkelige Kendsgerninger og har kun Øjet fæstet paa et lille Antal Fænomener“. Man ser altsaa, at Aristoteles virkelig erkender Iagttagelsers Betydning. — Han ivrer stærkt mod Læren om, at alt skulde være opbygget af Atomer, men siger dog, at alle undtagen netop Demokrit har behandlet Emnet om Tingenes Tilblivelse og Undergang paa en overfladisk Maade. Demokrits Atomlære har faaet Betydning for senere Tider. For Ildens Vedkommende antog han, at den var opbygget af kugleformede Atomer i hurtig Bevægelse. Demokrits Anskuelser tages op og udformes i Enkeltheder i det 17de Aarhundrede af P. Gassendi, hvorom senere.

Aristoteles Lære om de 4 Elementer faar ogsaa ad for-

¹⁾ Her citeres efter en fransk Oversættelse af Barthélémy de St. Hilaire: De la production et de la destruction des choses.

²⁾ De følgende Citater er af sammes Oversættelse: Météorologie.

³⁾ De la prod. et destr. Bog I, cap. 2 § 8.

skellige Veje Betydning for det her omhandlede Omraade og maa derfor kortelig omtales. Han ræsonnerer sig til, at Følesansen viser fire helt forskellige Egenskaber hos Legemerne: ¹det varme, ²det kolde, ³det tørre og ⁴det fugtige. Disse Egenskaber medfører andre¹⁾: ¹Det varme samler det ensartede, men²det kolde samler baade det ensartede og det uensartede; om et Legeme er haardt eller blødt, seigt eller skørt afhænger af den tørre eller fugtige Egenskab, thi det fugtige er det, der er ubestemt i sin egen Form, men let antager Form fra andet; det tørre er tvertimod det, som, idet det har sin egen Form, bestemt ved dets egne Grænser, ikke let antager en anden Form. Nu er der af de nævnte fire Egenskaber kun fire mulige Kombinationer, da de af dem, der er modsatte, ikke kan forenes i samme Legeme, og der er da kun fire Elementer, der kan være Bærere af de 4 Hovedegenskaber; hvert af de 4 Elementer har to af de nævnte Egenskaber knyttede til sig, den ene som Hovedegenskab, den anden som sekundær Egenskab. I den følgende Tavle staar der ud for hvert Element dets Hovedegenskab eller „første Kvalitet“ under I, dens sekundære Egenskab eller „2den Kvalitet“ under II.

	I.		II.
Ilden	varm	og	tør
Luften	flydende	„	varm
Vandet	kold	„	flydende
Jorden	tør	„	kold.

Hvert af disse Elementer har nu desuden sin naturlige Plads, og fjernet fra den søger det igen tilbage til den. Jorden og Vandet har derfor deres naturlige Bevægelse nedad, Ild og Luft opad, alle i retlinet Retning. Ilden og Jorden er de mest udprægede Elementer, og deres naturlige Pladser er længst fjernede fra hinanden, idet Ildens naturlige Plads er udenom Luften „nærmest den cirkulære Omdrejning“; Aristoteles tilføjer dog, at det ikke er Ild i sædvanlig Forstand, men et varmt og tørt

¹⁾ De la prod. et destr. Bog II, Cap. 2, § 4.

Element¹⁾. Vand og Luft danner mere en Overgang mellem de to udprægede Elementer.

Alle Legemer dannes af Elementerne ved deres modsatte Egenskabers gensidige Indvirkning; af disse Egenskaber eller saakaldte Kvaliteter er to aktive, to passive. Varmen og Kulden er aktive, Tørhed og Fugtighed er passive. Der gives forskellige Arter af Blandinger, idet „en Blanding er en Forening med Forandring af de blandede Dele“. Hvorledes den bliver, retter sig efter²⁾ „hvorledes den frembringes, og hvorledes de Dele er, mellem hvilke den finder Sted. Der er nogle, der kan indvirke paa hinanden, som er let bestemmelige og let delelige; Stoffer af denne Art bliver ikke nødvendigvis tilintetgjorte i Blandingen, men de bliver dog ikke absolut de samme; deres Blanding bestaar ikke i en simpel Tilstedeværelse ved Siden af hinanden, de er ikke helt de samme i Blandingen som adskilte, og de to Legemer er ikke mere iagttagelige for Sanserne“. Et Exempel derpaa er en Blanding af Vand og Vin. Foruden disse Blandinger gives der ogsaa en anden Art, hvor Stofferne i den oprindelige Skikkelse gaar helt under og erstattes med nye. Hermed hænger det sammen, at efter Aristoteles kan Elementerne gensidig forandres til hinanden. Overgangen sker lettest mellem to, der har en Egenskab fælles. Saaledes kan Luft blive til Vand, ved at den varme Egenskab overvindes af Kulden, og ligeledes kan den blive til Ild, ved at en større Varme forandrer dens flydende Egenskab til tør.

Elementerne er imidlertid ikke det egentlig primære i Legemernes Bygning. Aristoteles indfører den Abstraktion at tænke sig enhver virkelig Ting sammensat af en passiv *Materie* og et aktivt Princip *Formen*; denne Deling overføres ved Analogi fra Livet, hvor de tænkende Væsner tildanner et givet Stof til et bestemt Formaal som f. Ex. en Marmorblok til en Statue, en Samling Bogstaver til et Ord, ved at give det en Form, der svarer til det tænkende Væsens Hensigt. Materien eller Stoffet i Tingene tænkes da kun at blive virkeligt for Sanserne gennem Formen; uden denne eksisterer Materien kun som Mulighed.

¹⁾ Met. I, 4, 3.

²⁾ De la prod. et destr. I, 10, 12.

Hvorledes dette skal forstaaes, og hvorledes Forbindelsen mellem Materien og Formen kommer i Stand saavel i Elementerne som i de af dem dannede Legemer er ganske uklart, og er blevet det end mere ved de Stridigheder, der senere er blevne førte om Forstaaelsen. En Opfattelse, der ofte forfægtes, er den, at Kvaliteterne betragtes som Elementernes Former og at jævnsides med, at selve Materien i Elementerne indgaar Forbindelse for at bruge et moderne Udtryk, saa indgaar deres Kvaliteter Forbindelser; de førstes Blanding giver Materien i det nye Stof, mens Kvaliteternes Blanding giver Formen; derigennem rejser sig da ny Diskussion om, om Formerne er substantielle eller ikke. Disse Diskussioner fortsættes helt op i det 18de Aarhundrede. I en Lærebog¹⁾ i Fysik af P. Horrebow, der udkom her i København 1748 mærker man dem endnu. Grundlaget for hele Horrebows Fremstilling er netop, at Legemerne er sammensatte af Materie og Form. Det 2det Kapitel, der nærmere gør Rede for disse Forhold, ender med nogle „Conclusiones“, der antyder Diskussionsemnerne, hvorfor et Par af dem anføres:

39. „Former“ er blot forskellige Existensmaader, afhængige af selve Materien.

40. Og da deres hele Forskellighed opstaar ved Bevægelsen, ser man let, at ingen er substantielle, d. e. ved sig selv bestaaende.

41. Herfra undtages alene den fornuftige Sjæl²⁾, da den ikke er afhængig af Bevægelsen.

¹⁾ Elementa philosophiæ naturalis, Hafnia 1748.

²⁾ Sjælen er Legemets Form. Endogsaa Spørgsmaalet om Sjælens Udødelighed drages ind under disse Diskussioner. Hos Galen i „Les mœurs de l'âme (Oversættelse ved G. Daremberg) findes der f. Ex. en udførlig Begrundelse af, at Sjælens Egenskaber beror paa Temperamentet i Legemet d. e. paa Blandingen af varmt og koldt, tørt og fugtigt, og han ender med en Hævdelse af, at Sjælen er materiel. Begrundelsen er i sin Udførlighed meget uklar, men Meningen synes at være: Alle Ting er sammensatte af Materie og Form; det legemlige Temperament er en Form, der fremkommer ved en Blanding af Elementernes Kvaliteter og er dødeligt med Legemet. Den tænkende Del af Sjælen er Hjernens Temperament, er en Blanding paa samme Maade og derfor dødelig.

42. Dog kan de kaldes essentielle, som nødvendigt hører til deres Subjekter.

43. Men accidentelle, de som ikke forandrer Subjektets Art.“ —

Hvad nu Varmen angaar, er følgende Udtalelser af Betydning:

I. Solvarmen.

„Hvad angaar den Varme¹⁾, som Solen frembringer, saa passer det bedre at tale om den specielt og i Enkeltheder i Afhandlingen om Følelsen; thi Varmen er kun en Paavirkning af Følesansen. Men vi bør her sige, ved hvilke Midler den er frembragt, skønt Stjernerne, som frembringer den, ikke selv er varme. Vi ser sikkert, at Bevægelse kan dele Luften i en saadan Grad, at Legemer, der føres frem ved en hurtig Bevægelse, ofte synes at smelte. Solens Bevægelse alene er da tilstrækkelig til, at Tørhed og Varme frembringes; thi det er nødvendigt, at denne Bevægelse er hurtig og ikke for fjærr. Stjernernes Bevægelse er hurtig, men den sker i stor Afstand, Maanens er lavere, men den er langsom. Solens forener begge Dele i et passende Forhold.“

Her angives altsaa Bevægelse at være Aarsag til Varmens Opstaaen.

II. Den saakaldte Ild, der er højt oppe over Jorden²⁾, er ikke Ild i sædvanlig Forstand, hvilken blot er Varmens højeste Potens, men er Luft, der er bleven varm og tør, og som altsaa har Ildens Egenskaber. Grunden til, at denne findes i de højeste Lag er dels den, at af Jordens dobbelte Udaanding er den varme og tørre den letteste, den fugtige den tungeste, og den første søger derfor, højest op, dels vil den cirkulære Omdrejning hjælpe til at gøre den varm.

Altsaa spiller atter her Bevægelsen en Rolle ved Varmens Frembringelse.

III. Varmen i Legemerne her paa Jorden behandles oftest direkte eller indirekte som knyttet til Ildens Materie. Direkte

¹⁾ Met. I, 3, 19.

²⁾ Met. I, 4, 2.

siges f. Ex.¹⁾: „Ilden har sin Varme i Materie, og hvis Varmen var noget, der kunde skilles fra, vilde den ikke kunne paa-virkes. Men det er uden Tvivl umuligt, at Varmen kan skilles fra Ilden, som opvarmer.“

Ligeledes i alle de Ræsonnementer, der anstilles over Legemer, som i og for sig er kolde eller varme, forudsættes denne Anskuelse. Tankegangen i disse Ræsonnementer danner Grundlaget for mange Spekulationer helt op i det 17de Aarhundrede, hvorfor Udtalelser om dem anføres helt²⁾.

„Efter hvad der nylig er sagt, bør vi fortsætte Undersøgelsen af Legemer og angive, hvilke der blandt faste Legemer og Vædske er varme eller kolde. De, som er af Vand, er i Almindelighed kolde, hvis de ikke har en fremmed Varme, som Lud, Urin eller Vin. De som er af Jord, er i Almindelighed varme, som en Følge af Virkningen af den Varme, som har dannet dem, som Kalken og Asken. Man maa antage, at Materien er en Slags Kulde, thi da det tørre og fugtige er Materie, da de er passive Elementer ligesom ogsaa Legemer af disse Elementer er hovedsagelig Jord og Vand, og da disse, Jorden og Vandet, er karakteriserede ved Kulden, følger heraf øjensynligt, at alle de Legemer, som er absolut af et eneste af disse to Elementer, er snarest kolde, hvis de ikke modtager en fremmed Varme, saaledes som det Vand faar, der koger, eller det, som opvarmes ved at filtreres i Aske, idet dette Vand uddrager sin Varme af den Aske, det gaar igennem, i Betragtning af, at der i alle de Legemer, som har været udsat for Ild, altid bliver Varme tilbage i større eller mindre Mængde. — — De Legemer, som paa én Gang er af Jord og Vand, har Varme, thi de er næsten alle dannede ved Varmen, som har kogt dem; — — — men imidlertid — — — de Legemer, hvis Materie hovedsagelig er Vand, er kolde, thi det er Vandet, som er mest modsat Ilden, men de, hvor Jorden og Luften dominerer, er mest varme.“

¹⁾ De la prod. et destruc. I, 7, 12.

²⁾ Met. 4, 11, 1.

IV. Varmens Betydning for det menneskelige Legeme er karakteriseret ved følgende Ytring ¹⁾: „Alle andre Ting dannes af Elementerne ved deres Modsætningers Indvirkning. — Det er saaledes, at i Begyndelsen forandrer Elementerne sig, og af dem kommer endelig Kødet, Benene og de analoge Stoffer, idet det varme bliver koldt og det kolde varmt, efterhaanden som de nærmer sig Middelgraden. Der er dør hverken den ene eller den anden af Modsætningerne“. De sidste Ytringer forstaas, naar man tænker paa, at Varmen bedømmes ved Følesansen; det menneskelige Legeme, der selv er det følende, er da hverken varmt eller koldt. Et Legemes Sundhed angives nu at bero paa, om den omtalte Ligevægt mellem Varmen og Kulden vedligeholdes eller ikke.

Varmens Indflydelse paa det menneskelige Legeme og dets Sundhedstilstand har spillet en stor Rolle i Literaturen allerede før Aristoteles. I Hippokrates' Skrift: „Luften, Vandene og Stederne“ omhandles Klimaets og Jordbundsforholdenes Indflydelse paa Menneskets Konstitution og derigennem paa deres Karakter, idet Ejendommeligheden hos forskellige Egnes Befolkning (Skyther, Lilleasiater, Græker) tilskrives de forskellige Naturforhold, hvorunder de lever, og af dem særlig Virkningen af Varmer og Kulde dels paa Mennesket direkte, dels paa dets Omgivelser. — Naar Menneskets Sundhedstilstand maatte antages at bero paa Ligevægt mellem Varmen og Kulden, laa det jo ikke fjærnt at anstille Ræsonnementer over, hvilken Betydning Afvigelser herfra havde for Sundhed og Sygdom, og at saadanne har været i Kurs kan bl. a. ses af, at der flere Steder i de hippokratiske Skrifter ivres mod at drage Slutninger af saadanne Ræsonnementer, men det anbefales hellere at lade Behandlingen lede af Iagttagelse af Patienten; enkelte Steder bekæmpes selve Anskuelsen om denne Indflydelse ²⁾: „Hvad mig angaar, saa tror jeg, at af alle Kvaliteter har Kulden og Varmen den mindste Indflydelse paa den menneskelige Økonomi af følgende Grunde: Saa længe disse to Kvaliteter er blandede med hinanden, sker der intet ondt, thi Kulden er tempereret og

¹⁾ De la prod. et destr. II, 7, 7 og 8.

²⁾ Littrés Oversættelse, S. 612 i De l'ancienne médecine.

mildnet ved Varmen og Varmen ved Kulden; det er, naar en af de to isolerer sig, at det onde begynder. Men i det Øjeblik, hvor Kulden kommer ovenpaa og foraarsager Lidelsen, saa kommer Varmen strax og er af den Grund opstaaet i Legemet, uden at den trænger til Hjælp eller Tilberedelse, og dette sker saavel hos den sunde som hos den syge.“ Som Exempler anføres:

- 1) Et koldt Bad efterfølges af Varme i Legemet
- 2) Et meget varmt Bad efterfølges af Kuldefornemmelser
- 3) Folk, der har vandret i Sne, faar Brænden i Lemmerne, naar de kommer ind. — Her ligger aabenbart Antiperistasis-tanken bagved — at en Kvalitet forstærkes ved sin Modsætning. Man vil indvende herimod, siger han, at ved de stærke Febre hersker Varmen, og Kulden kommer ikke, men dette skyldes ikke Varmen selv, men det bitre, sure eller salte, som Varmen er forbundet med; de er de virkelige Grunde til Sygdommen. Varmen er til Stede med sin Kraft og dirigerer og forstærker den Kvalitet, der er forbundet med den.

V. Bedømmelse af Varmegrader.

„Man¹⁾ bliver nødt til at se, hvorledes det varmere ytrer sig, eller hvis der gives flere Ytringsformer da paa hvor mange forskellige Maader. I et Tilfælde bliver det kaldt varmere, ved hvilket det, som bliver berørt, bliver mere opvarmet; i et andet Tilfælde det, som ved Berøring fremkalder en intensivere Fornemmelse, i Særdeleshed naar denne er forbundet med Smerte. Men mangan Gang synes dette at være urigtigt, thi undertiden er den individuelle Disposition Aarsag til Smerten hos dem, som lider Fornemmelsen. Endvidere er det varmere, som er i Stand til at tørre det, der kan tørres og bedre til at brænde det brændbare. Naar nu undertiden en større og en mindre Mængde er af samme Substans, saa er den større varmere end den mindre. Desuden kalder vi jo af to Ting den den varmere, som ikke afkøles hurtigt men langsomt, og

¹⁾ De partium animalibus 2, 2, 12.

vi siger, at det, som opvarmer sig hurtigere, er efter sin Natur varmere . . . Det kogende Vand opvarmer mere end en Flamme, men Flammen forbrænder det brændbare og tørrer det, der kan tørres, men Vandet gør ingen af Delene. Endvidere kan man sige, at det kogende Vand er varmere end en lille Ild, men det varme Vand afkøles hurtigt og mere end en svag Ild. Thi Ild bliver ikke kold, men Vand bliver det helt. Endvidere er kogende Vand vel for Følesansen varmere, men det bliver hurtigere koldt og fast end Olie. Endvidere er Blodet m. H. t. Følesansen varmere end Vand og Olie, men bliver hurtigere fast. Endvidere bliver Stene og Jern og saadanne Ting langsommere varme end Vand, men en Gang opvarmede, saa brænder de mere. Foruden dette har nogle af de saakaldte varme Ting fremmed Varme, men andre deres egen; men der er en stor Forskel paa, om noget er varmt paa denne eller hin Maade; thi den ene af dem er nærved kun ved et Tilfælde at have Varme og ikke af sig selv, som om man vilde sige, naar en Febersyg tilfældigvis var en Tonekunstner, at Tonekunstneren havde mere Varme end den, som besidder kun Sundhedens Varme. Thi naar en af sig selv er varm og en anden tilfældig, saa vil den af sig selv varme afkøles langsommere, men den, som tilfældig er varm, vil ofte vise sig varmere for Fornemmelsen, og paa den anden Side brænder den i sig selv varme mere f. Ex. en Flamme mere end kogende Vand, men det kogende Vand er varmere for Følelsen, skønt det er tilfældig varmt. Saaledes er det klart, at det ikke er let at afgøre, hvilken af to Ting der er den varmeste; thi set fra et Synspunkt er denne den varmeste og fra et andet en anden. Der er endog nogle Ting, om hvilke man ikke ved at sige paa nogen absolut Maade, om de er varme, eller de ikke er det. Saadanne Ting er ikke varme, naar de er alene og er som de er; forenede med en anden bliver de varme; . . . det er i den Forstand, at Blodet er varmt¹⁾). Man kan ogsaa se af disse Exempler, at Kulden er en Natur af særlig Art og ikke en

¹⁾ Det forklares senere, at Meningen er, at Blodet er varmt i Legemet, men bliver koldt, naar det skilles derfra.

simpel Berøvelse af Varme, da man ser Genstande, som kun kan blive varme ved at lide en Forandring. —

Men da man altsaa ved at tale om, at en Ting er varm, og at en anden Ting har en stærkere Varme, kan udtrykke disse Nuancer paa mange Maader, saa vil det slet ikke være paa samme Maade, at det viser sig i alle Genstande. Man maa da altid vel betegne, at en eller anden Ting er varm i sig selv, og at en anden ofte kun er det paa tilfældig Maade. Det, som man vel maa skelne imellem, er, om Varmen er til Stede som Mulighed — potentiel — eller aktiv; endvidere om en eller anden Genstand er varmere end en anden, fordi den opvarmer vort Berøringsorgan mere, medens en anden Ting er varmere paa en ganske anden Maade, fordi den frembringer Flamme eller brænder som Ilden.“

Det fremgaar af dette klart, at Aristoteles er fjernt fra at kunne definere Temperaturbegrebet, og man faar en Forestilling om, hvor vanskelig denne Opgave i og for sig er; den løses da heller ikke i en overskuelig Fremtid. Naar man i senere Skrifter træffer paa Ordet Temperatur, da er Begrebet afledet af, hvad Aristoteles siger om Dannelsen af Legemets Kød, Ben, o. s. v., at Varmen og Kulden i Elementerne i dem har ophævet hinanden; sker dette ikke, er Legemets Ligevægts-tilstand forrykket, Elementernes Blanding i Uorden, Varmen eller Kulden har Overvægten, „Temperaturen“ er ikke god. Dog herom mere senere.

Hovedindholdet af de anførte 5 Afsnit er følgende:

Efter Aristoteles er Varmen dels en Egenskab hos Legemerne, der bedømmes ved Følesansen, dels hvad vi i moderne Forstand nærmest vilde kalde en Kraft, en „aktiv Kvalitet“. Den hører hovedsagelig til Ilden og den røgagtige Uddunstning i de øvre Lag over Luften og fremkaldes ved Solen; den kan findes potentielt i visse Legemer og kan træde i Vexelvirkning med den anden „aktive Kvalitet“, Kulden, enten saaledes, at de blandes og modificerer hinanden, af hvilken Blanding Legemets Sundhed og Sygdom afhænger, eller at de optræder fjendtligt overfor hinanden, som under alle Antiperistasisprocesser. Under Omtalen af disse Ting behandles Varmen og Kulden snart som Substanser og snart ikke. Noget Maal for Varmen

angives ikke, og der gøres udtrykkeligt opmærksom paa Vanskeligheden ved at fastslaa et saadant; det eneste Grundlag for et saadant Maal ligger i en Antydning af, at et Legeme siges hverken at være varmt eller koldt, naar det ikke giver Varmefornemmelser til Huden.

Paa Grundlag af dette rejser der sig en Række Tvivlsspørgsmaal, der i de følgende Aarhundreder afføder bindstærke Værker med Diskussioner frem og tilbage. Et vigtigt Spørgsmaal er: Hvad er Kuldens Aarsag? Er Kulde blot en Berøvelse af Varme, eller skyldes den et eller andet positivt? Varmen maa i Hovedsagen siges at stamme fra Ilden. Aristoteles siger om denne, at den er Varmen i højeste Potens, og at Legemer, der er tilberedte ved Ild, beholder nogle af dennes Dele i sig og derved har en dem iboende Varme; Varme kan endvidere opstaa ved de øvrige Elementers Forvandling til Ild. Det laa da ikke fjærnt at mene, at Kulden ogsaa har en saadan Materie, hvortil den er ligesaa stærkt knyttet, som Varmen til Ilden. Aristoteles selv behandler oftest Kulden som en lige saa positiv og materiel Størrelse som Ilden; i sine mange Antiperistasistræsonnementer opererer han med Kulde og Varme som en Art materielle Dele, der bekæmper hinanden og flygter for hinanden, og i sine Betragtninger over, hvad det vil sige, at et Legeme er varmt, siger han udtrykkeligt, at Kulden ikke blot er en Berøvelse af Varme. Et enkelt andet Sted siger han derimod netop dette¹⁾. „Varmen er en bestemt Kategori og en reel Art; derimod er Kulden kun en Berøvelse, og det er netop ved disse Forskelligheder, at Jorden og Ilden adskiller sig fra hinanden“. — Naar der hos Aristoteles kommer saadanne Modsætninger frem, da er det naturligt, at der i det følgende Tidsrum, hvor alt opbygges paa hans Anskuelser, opstaar Uklarhed og Strid.

Anskuelserne om Kuldens Natur kan man lære at kende af en Afhandling af Plutarch; gennem Gassendis Varmetheori og gennem en polemisk Afhandling af Boyle i „The history of cold“ (1663) ser man, at det netop er de Meninger, som Plutarch refererer, der endnu er i Kurs i det 17de Aarhundrede.

¹⁾ De la prod. et destr. I, 3, 12.

Spørgsmaalet var altsaa: Fremkommer Kulde alene ved, at Varmen berøves et Legeme, eller kan der paavises et Stof, der er Kuldens Aarsag, og hvilket er da dette. Det betegnes som *Primum frigidum*.

I „De primo frigido“ anfører Plutarch¹⁾, hvad der kan siges for og imod de forskellige Anskuelser, og da de samme Tanker gaar igen i Aarhundreder og hører til dem, der maa ryddes bort, før en ny Varmelære kan bygges op, anføres de her i Overensstemmelse med hans Fremstilling. „Har mon Kulden en første Kraft og Substans, saaledes som Varmen har Ilden, ved hvis Nærværelse og Meddelelse alle andre Legemer afkøles, eller er Kulden snarere kun en Mangel paa Varme, ligesom man kan kalde Mørket og Hvilen en Mangel paa Lys og Bevægelse.“ Kulden synes virkelig at høre sammen med Hvilen, og Varmen med Bevægelsen, og Afkølingen af varme Legemer sker ikke ved Nærværelsen af nogensomhelst Kraft men ved Bortgang af Varme, thi saasnart denne gaar bort i store Mængder, bliver ogsaa det tilbageblevne koldt, og de Dunster, som stiger op fra kogende Vand, falder strax ned, naar Varmen forsvinder. Deraf kommer det, at Størrelsen af Legemerne bliver formindsket ved Afkøling, fordi Varmen er gaaet bort, uden at der er kommet noget andet i Stedet. Hermed er da anført, hvad der taler for, at Kulden fremkommer ved en blot Berøvelse af Varme. Imod denne Anskuelse taler mange Ting. Enhver Berøvelse er uvirksom, saasom Blindhed, Døvhed, Tavs-
hed, Død, men Kulden frembringer i de Legemer, hvortil den fæster sig, ikke ringere Virkninger og Forandringer end Varmen. Mange bliver fortættede ved den, hærdede og sammen-
trukne. Dens Ro og Ubevægelighed er paa ingen Maade træg og uvirksom, men forraader en tilstrækkelig Styrke til at fast-
holde og sammentrykke Legemer; mange Legemer plejer endog at fortættes og sammentrækkes mere ved Kulden, jo varmere de er, som glødende Jærn, der dyppes i kogende Vand. Stoi-
kerne paastaar, at Livsaanderne hos nyfødte Børn hærdes ved Luftens Kulde, og, idet de derved forandrer deres Natur, bliver

¹⁾ Referat efter Kaltwassers Oversættelse: „Ueber die Natur und Ursache der Kälte“.

til Sjæle. „Derimod lader der sig maaske meget indvende, men urimeligt er det dog at antage, at Kulden, som frembringer saa mange andre synlige Virkninger, er en blot Berøvelse“.

Den anden Ting, der taler imod, at Kulden blot er en Berøvelse af Varme, er, at der er højere og ringere Grader af Kulde, mens der ved en Berøvelse ikke er Tale om noget mer eller mindre; mellem dem, som ikke mere lever, er den ene ikke mere død end den anden, men Kulden er Genstand for Forstærkelse og Svækkelse ligesaavel som Varmen. Endvidere er Virkningerne af en Berøvelse kun én, men Kuldens Virkninger er forskelligartede. Til alt dette kommer, at Kulden kan fornemmes, men kun Substanter kan frembringe Fornemmelse; Tomheden fornemmes ikke ved Følesansen, men hvor intet Legeme er at føle, der opstaar Begrebet Tomhed. Da nu Kulden kan fornemmes og er iagttagelig, ved at den frembringer Fortætning og Sammentrækning, ligesom Varmen giver sig til Kende ved Lunkenhed og Udvidelse, saa er det rimeligst at antage, at Kulden har sit eget Princip saavel som Varmen.

Da Varmen og Kulden, Tørheden og Fugtigheden er de 4 Elementers Hovedegenskaber, og man for Varmen antager en Substans, maa man ogsaa gøre det for de andre, altsaa ogsaa for Kulden, ellers maa man som den gamle Anaximenes antage, at ingen af dem skyldes en Substans, men at Varmen opstaar ved Fortynding og Udvidelse af Materien, Kulden ved Sammentrækning og Fortætning af den, ligesom Mennesket kan blæse baade varmt og koldt ud af Munden, eftersom Munden er vidt aabnet, eller Aanden sammenpresses eller fortættes med Læberne.

Efter at det saaledes er fastslaaet, at Kulden skyldes en Substans, hvilket af de 3 Elementer maa det da være?

Stoikerne har hævdet, at Kuldens første Princip er Luft, og Grundene hertil anføres. De er dels af literær Natur, dels af mere reel Art. Odysseen og Iliaden betragtes som en Art Bibel, og Argumenter for de forskellige Anskuelser hentes ofte fra dem; i Almindelighed er Forbindelsen mellem Tingen og Beviset vanskelig at se for ikke trænede Hjærner. De vigtigste af de reelle Grunde, der anføres, er: Store Floder fryser kun

paa Overfladen, hvor de rører ved Luften; Vand, der tages op af en Brønd, fryser langt hurtigere end Vandet i selve Brønden og endelig viser den Damp, der kommer fra vort Legeme, naar det efter et varmt Bad overhældes med koldt Vand, at den Varme, der forsvinder, forvandler sig til Luft, som derfor regnes at være Ilden modsat.

Disse Grunde er lette at modbevise for dem, der hævder, at Vandet er Kuldens Princip; Floderne fryser ikke til Bunden paa Grund af Antiperistasis, og at Luften ikke kan være Kuldens Princip ses allerbedst af, at den aldrig selv fryser, men kun Fugtigheden i den; meget andet tyder paa, at Kulden følger med Vandet; f. Ex. ses det, at de Egne paa Jorden, hvor der er meget Vand, er kolde, de med lidet Vand er varme; desuden kan det fugtige ikke brænde.

Allerrimeligst er det dog at mene, at Jorden er primum frigidum, thi Jorden er det mørkeste, tungeste, uforanderligste, fasteste og tætteste af alle Legemer, og alle disse Egenskaber er beslægtede med Kulden. Herefter skulde man da vente, at Jorden er kold i det indre, og at saa virkelig er Tilfældet kan ses af, at faste Klippeblokke rager frem fra dette. Kilder, der kommer fra Bjergene, er de koldeste. Endvidere véd enhver, at man om Vinteren i sit Hus lever højt oppe i Luften, som er varm, men om Sommeren søger ned i Jorden, fordi den er kold, og om Vinteren flytter man til Søkysten for at faa det varmt og søger om Sommeren op i Landet for at faa det koldt — man ser, hvorledes lokale Erfaringer faar Almengyldighed.

Paa denne Maade diskuteres der frem og tilbage om denne Materie i Hundreder af Aar, og de samme Grunde og Modgrunde føres i Marken uden at bringe nogen Klarhed. Nogle nye Kendsgjerninger kommer til at spille en Rolle med ved Diskussionerne, saaledes lagttagelser over Kuldeblandinger, men befrugtende for Diskussionen var de ikke; denne blev snarere mere og mere gold og uklar. I det 17de Aarhundrede sker der imidlertid ikke blot Fremskridt, hvad Evnen og Lysten til at raadspørge Naturen angaar, men ogsaa paa Theoriens Omraade.

Temperaturbegreb paa Grundlag af Aristoteles; de første Termometre.

Det blev tidligere antydet, at der i middelalderlige medicinske Skrifter existerede et Temperaturbegreb før Termometret; det er afledet af de gamle Læresætninger om Legemernes Sammensætning af Materie og Form og om Varmens og Kuldens Betydning for Legemets Tilblivelse og dets Sundheds Bevarelse. Den store Rolle, det spiller i Lægevidenskabens Theori, ser man af den Mands Skrifter, der var den første, der forsøgte at maale det menneskelige Legemes Afvigelse fra „Middelgraden“ af Temperatur, nemlig af *Sanctorius*. Da han var en Mand, om hvis Lærestol studerende fra hele Evropa flokkedes, og da hans voluminøse Bøger tryktes i mange Oplag, har man vel Lov til at slutte, at hvad der spiller en stor Rolle i hans Bøger, i hvert Fald har været anset for at være af Betydning for lægevidenskabelig Dannelse. *Sanctorius* har udgivet Kommentarer til *Avicenna*, *Hippokrates* og *Galen*, og i dem alle indeholder Afsnittene om Temperatur i Hovedsagen de samme Ting. I Kommentaren til *Avicenna* angiver han tillige Instrumenter til at maale den kolde og varme Temperatur, og jeg har derfor valgt at referere efter den ¹⁾. I Afsnittet ²⁾ „De temperamentis“ anføres som sædvanlig først *Avicennas* Udsagn, og derefter følger *Sanctorius'* Kommentarer. „Temperatur er en Egenskab, som

¹⁾ Den Udgave, jeg har haft, er trykt i Venedig 1626.

²⁾ I. c. pag. 163.

opstaar ved gensidig Handlen og Liden af de modsatte Egenskaber, som findes i Elementerne, hvis Dele er bragte til en saadan Lidenhed, at mest af enhver af disse Dele berører mest af den anden.“ I Kommentaren hertil oplyser Sanctorius, at temperamentum og temperatura og nogle flere Udtryk bruges i samme Betydning om Egenskabers ikke om Legemers Blanding, og han fremhæver den store Vægt, der maa tillægges Begrebet, idet han siger: „alt, hvad der behandles i denne første Del, nemlig Vædske, Evner, Aandedræt og Lemmernes Virksomheder, har Temperamenterne til Grundvold. Som Følge heraf er der varme, kolde, fugtige og tørre Vædske, alt eftersom Temperaturen er varm, kold, fugtig eller tør, thi en varm og tør Temperatur af Leveren frembringer Galde, en varm og fugtig frembringer Blod, en kold og fugtig Slim, en kold og tør Melankoli.“

Om Definitionen af Temperatur synes der nogenlunde Enighed blandt de forskellige ældre Forfattere, hvis Udsagn anføres, f. Ex. Galen og Fernelius, men hermed hører ogsaa Enigheden op; den Uklarhed, der hersker angaaende Begreberne Form og Kvaliteter, giver nu Anledning til en Masse „Tvivl“, som diskuteres frem og tilbage; Vanskeligheden stammer fra, at nogle opfatter Former og Kvaliteter som en Art Substanser og gaar ud fra, at de blander sig efter de Love, der gælder for Substansers Blandinger, mens andre nægter dette og behandler Varmen og Kulden som en Art Kræfter, idet de henholder sig til Aristoteles' Ytringer om Varmen og Kulden som aktive Kvaliteter. Under Diskussionen faar man ofte Oplysning om Tidens Viden paa andre Omraader. Der opkastes saaledes det Spørgsmaal, „om Temperaturen er en femte Egenskab helt forskellig fra de fire primære Egenskaber eller et Aggregat af disse fire første.“ Avicenna holder paa, at der ved de fire Kvaliteters Blanding er opstaaet en helt ny femte Egenskab, og som Forsvar for denne Anskuelse henvises der til, at forskellige sammensatte Lægemidler virker helt anderledes end de enkelte Dele, hvoraf de er sammensatte, Krudt ligeledes; at Sne og Salt sammen bevirker Frysning, skønt Salt er „varmt“; at en Blanding af Kobber og Tin bliver haardere end de enkelte Metaller — kort sagt der henvises til Substansers Forhold. I det Hele behandles Varmen og Kulden oftest som Stoffer, og man henholder

sig til Aristoteles Betragtninger i hans Lære om fuldstændig Produktion og Destruktion.

Mange forskellige Spørgsmaal diskuteres, f. Ex. om der gives en fuldstændig ligelig Temperatur, hvor ingen af de fire Kvaliteter har Overvægt; om Temperaturen er medfødt eller erhvervet. Sanctorius holder paa, at den er en Blanding af det medfødte og det accidentelle og undersøger forskellige Tings Indflydelse paa Temperaturen. Klimaet har Indflydelse¹⁾: en varm Tysker er koldere end en kold Ætiopier.

Den Temperatur, som her er defineret, er Temperatur for hver enkelt lille ensartet Del af Legemet, men for dette som Helhed taler man om 4 forskellige Temperaturer, af hvilke den ene bestemmes ved Hjertets og Hjernens Virksomheder. Det hele er et typisk Exempel paa, hvor taagede Spekulationer der var i Kurs.

Paa ét Punkt udtrykker Sanctorius sig klart. Det er ved Besvarelsen af Spørgsmaalet: Hvad er varmt og hvad er koldt?²⁾ „... naar vi siger, at et Lægemedel er varmt eller koldt, forstaar vi ikke derved, at det efter sin Natur er overvejende varmt eller koldt, eller at det er koldere eller varmere end det menneskelige Legeme, . . . men at der i vort Legeme opstaar mere Varme eller Kulde, end der før var“ (Avicenna).

Hvad Legemet angaar, da regnes Huden som en Norm for Temperaturen, saa at de Dele af Legemet, der er varmere end Huden, kaldes varme, de, der er koldere, kaldes kolde, og af Huden er det den paa Spidsen af Pegefingeren, der er mest tempereret, og som man derfor skal dømme efter³⁾. Han bemærker, at Filosoferne kan se Sagen anderledes, men Lægen, der er en „sensatus“ Filosof, maa dømme paa denne Maade.

Sanctorius gør nu, som tidligere bemærket, det betydningsfulde Skridt at forsøge paa ved Hjælp af visse Maaleapparater at faa et andet Maal for Variationer i Legemets Varmetilstand

¹⁾ S. 211 ff.

²⁾ S. 245 B ff.

³⁾ S. 236 B f.

end Følesansen. Han siger derom¹⁾: „Vi har længe tænkt paa, hvorledes man paa en eller anden Maade kan erkende denne Mængde Sygdomme. Vi har udtænkt 4 Instrumenter. Det første er vort Pulsilogium, hvorved vi med matematisk Sikkerhed og ikke ved Gisning kan maale de yderste Grader af Pulsens Slag i Retning af Hyp-pighed og Sjældenhed²⁾. . . . Den anden Figur er et Glaskar, hvorved vi meget let Time for Time kan maale den kolde eller varme Temperatur og sikkert hver enkelt Time kan vide, hvor meget Temperaturen afviger fra den naturlige tidligere maalte Tilstand. Dette fremføres af Heron til andet Brug. Men vi har tillempet det baade til at erkende den varme og kolde Temperatur af Luften og alle Legemets Dele og til at erkende de febersyges Varmegrad, hvilket sker paa to Maader. Den ene er, naar de syge med Haanden griber den øvre Del af Glasset (D), den anden, naar de syge holder den samme Del af Glasset hen foran Munden, idet de aander ud, og det sker i et kort Tidsrum, f. Ex. 10 Slag af Pulsilogiet, saa at vi den følgende Dag kan prøve, om Vandet i samme Tidsrum, naar man gør det samme, synker ligesaa meget. Deraf kan vi slutte, om den syge er i Bedring eller Nedgang, medens disse Forskelligheder, hvis de er smaa, ingenlunde kan erkendes af Lægerne uden Instrument, og derved ser de fejl i Erkendelse, Forudsigelse og Kur.“

„Vi erkender Hjertets varme eller kolde Temperatur ved 7 Instrumenter; ved det første og andet maales Hjertets Varme saaledes: Man stikker ind i Munden den øverste Del af et

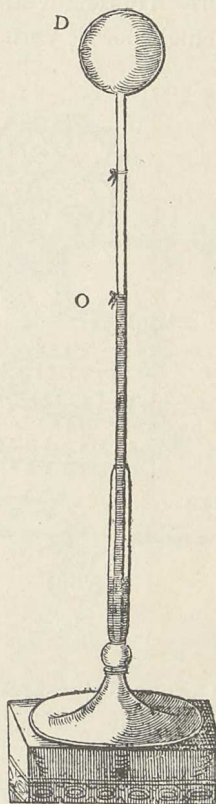


Fig. 1.

¹⁾ S. 21 C.

²⁾ Herefter følger Beskrivelsen af et Pendul, hvis Svingninger kan forudsættes ligetidige.

Instrument, hvilken Del er rund som en Kugle, og den holdes i Munden i et Tidsrum af 8 eller 10 Slag af det tredje eller det fjerde af de 7 Instrumenter, Pulsilogier, med hvilke Pulsen maales. . . . Derefter vil det i det første og andet af Glas forfærdigede Instrument indeholdte Vand synke desto mere, jo større Hjertets Varme er, og det vil angive de yderste Forskelligheder i Varmegrader, og saaledes vil vi ved daglig at



Fig. 2.

prøve erkende, om Hjertets Varme voxer eller aftager, og det er til største Nytte især ved febersyge.“ Derefter følger Beskrivelsen af endnu 3 „Glasinstrumenter“ til Temperaturmaaling, det er alle primitive Lufttermometre. Sanctorius bruger dem ogsaa til andre Maalinger; ét opstiller han „til Husets Pryd“ til Maaling af Lufttemperatur; han refererer¹⁾ udførligt, hvorledes han har prøvet at undersøge Varmevirkning af Maanestraaler ved Hjælp af et saadant Apparat.

Spørger man nu om det Tidspunkt, da Sanctorius begyndte

at bruge de beskrevne Termoskoper, da maa man nævne c. 1612. I et Brev fra Sagredo til Galilæi fra 30te Juni 1612 omtaler han, at „Signor Mula den 13de Juni i Padua hos Sanctorius havde set et Apparat, hvor man kunde maale Varme og Kulde med en Passer“. Det angives at staa beskrevet i hans Kommentar til Galen, der udkom 1612²⁾.

Sanctorius henviser altsaa ved Beskrivelsen af sit Apparat til Heron. Dennes Værker blev bekendte blandt Araberne og

¹⁾ S. 76 B ff.

²⁾ I den Udgave af Kommentaren, der findes her paa det kgl. Bibl. (Venedig 1630), kan jeg ikke finde det, og Burchardt bemærker, at det heller ikke findes i en Udgave i Basel; derimod citeres det fra et Exemplar i Washington trykt 1612, men „Licensen“ er dateret 9. Juni 1611.

var meget udbredte og benyttede i Begyndelsen af den nyere Tid. Hos Heron findes der Beskrivelse af mange mærkelige Apparater, hvis Virkning beror paa Lufts Udvidelse ved Varmen, idet en indespærret Luftmasse ved sit forøgede Tryk bringes til at fylde Hæverter med Vædske, som strømmer ud, lukker Alterdøre op, naar Offerilden tændes, og andet lignende forundringsvækkende. Herons Levetid føres der Strid om; den menes nu almindeligst at være ca. 100 e. Chr. Luftens Udvidelse ved Varmen har dog været kendt længe før; den findes omtalt hos Philon fra Byzans, der levede i det 3die Aarhundrede f. Chr. omtrent samtidig med Arkimedes. Philon har skrevet et stort Værk, som kaldes „Mekaniske Sammenstillinger“, og hvoraf der er nogle Brudstykker tilovers; til disse hører en Afhandling om Pneumatiken, der var i et latinsk Fragment af hans Arbejder, som offentliggjordes 1878, og som var en Oversættelse af en tabt arabisk Text. Senere er der i Konstantinopel fundet nogle arabiske Haandskrifter og i Oxford ligeledes, og ved at sammenholde disse har man faaet større Klarhed over

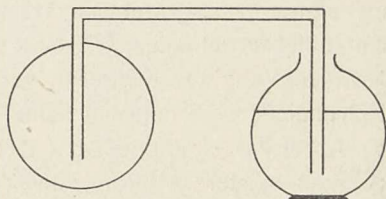


Fig. 3.

Philons Arbejder. Hvad det her behandlede Emne angaar, har de forskellige Haandskrifter næsten ordret det samme, nemlig en Beskrivelse af et Forsøg, der viser, at Luft, der frit kan udvide sig, tager større Plads i varm Tilstand end i kold. Forsøget bruges til at vise, at der er Luft i en tom Ting, og Beskrivelsen lyder saaledes¹⁾: „Man bruger en Blykugle af Middelstørrelse, som indvendig er tom og hul. Den maa hverken være for tynd, for ikke strax at klemmes sammen, og ikke for svær, men ganske tør. Man borer den igennem foroven og sætter et bøjet Rør ind, som naar næsten til Bunden.“ (I den franske Oversættelse: som gaar gennem den indre Væg, for at

¹⁾ Der citeres efter en Oversættelse af W. Schmidt af den latinske Text i Schlömilch Zeitschrift für Mathematik und Physik, Supplementbd. zu 42ste Jahrg. 1898, S. 169 (den er sammenholdt ned en Oversættelse af Carra de Vaux af Konstantinopelhaandskriftet).

Vandet kan løbe ud.) „Den anden Ende af dette Rør sætter man i et med Vand fyldt Kar. Denne Ende naar ligesom i Kuglen næsten til Bunden for at lette Vandets Udstømning. . . . Jeg hævder da, at naar man stiller Kuglen i Solen, saa vil efter Opvarmning af Kuglen en Del af den Luft, der er i Røret, gaa ud. Dette kan man se af, at den Luft, som strømmer ud af Røret i Vandet, sætter dette i Bevægelse og fremkalder da den ene Luftblære efter den anden. Men sættes Kuglen i Skyggen eller paa et Sted, til hvilket der ingen Solstraale trænger, saa stiger Vandet op gennem Røret og flyder ind i Kuglen. Stiller man derefter igen Kuglen i Solen, saa vil Vandet løbe tilbage i hint Kar. Saa ofte man end gentager denne Proces, viser det samme Fænomen sig. Den samme Virkning faar man, naar man opvarmer Kuglen ved Ild eller hælder varmt Vand paa den. Bliver den derimod afkølet, saa stiger Vandet op igen¹⁾.“ Dette Afsnit slutter i det arabiske Haandskrift med en Bemærkning, som indleder det følgende Afsnit i det latinske Fragment. Efter Carra de Vaux' Oversættelse lyder den: „Denne Mening er en af Grundpillerne i det man kalder Pneumatiken, fordi den hviler paa Apparater af denne Art: Det gaar kun saaledes, fordi der ikke kan existere et Rum, der er tomt for Luft, men saasart Luften gaar bort derfra, vil andre Legemer forbundne med Luften tage dens Plads; og disse bliver kun drevne paa en naturlig Maade. Det er den Mening, der er antagen af de fleste Naturkyndige, og det er ogsaa vor²⁾.“

¹⁾ I de Bemærkninger, Schmidt knytter hertil, siger han: „Ob nicht das Alterthum noch die sehr nahe liegende Graduirung vorgenommen hat steht dahin! Ueberliefert ist davon nichts.“ Historien viser, at Skridtet til Gradering just ikke ligger nær!

²⁾ I Carra de Vaux' Oversættelse følger her et interessant Afsnit ledsaget af hosstaaende Tegning.

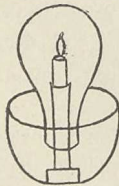


Fig. 4.

„L'on prouve qu'il ne peut pas exister le lieu vide d'air ou de tout autre corps. Versez de l'eau dans un vase au milieu de ce vase dresser quelque chose de semblable à un chandelier et placer-y un flambeau. Renversez sur ce flambeau une amphore dont l'orifice vienne près de l'eau; que le flambeau se tienne au milieu de l'amphore. Laissez celle-ci un peu de temps ainsi; vous verrez l'eau qui est dans le vase monter vers l'amphore. Cela ne

Heron har kendt Philon og har ogsaa i Begyndelsen af „Pneumatiken“ Betragtninger over Muligheden eller Umuligheden af et Vakuum; han har ikke det samme Apparat som Philon, men et lignende, som dog efter det vedføjede Billede at dømme er meningsløst; desuden har han som ovenfor nævnt en Art praktisk Anvendelse af Luftudvidelse ved Varmen, bestemt til at vække Forundring. I Begyndelsen af det 17de Aarhundrede faar han Efterfølgere, dels saadanne, som staar paa det gamles Grund, baade hvad Betragtninger og Anvendelser angaar, og dels saadanne, som gennem det gamle faar Impuls til noget ganske nyt.

Det har af senere Historiekrivere været stærkt diskuteret, hvem der maatte regnes for at være Termometrets Opfinder; der nævnes Galilæi, Sanctorius, Drebbel, Robert Fludd og enkelte andre. Sagen er imidlertid ganske simpelt den, at de alle fra Oldtidsforfattere har et Kendskab til Luftudvidelse ved Varmen og til en Del Apparater, der grunder sig paa dens Virkning, og disse Apparater eller lignende bruger nogle ganske som de gamle Forfattere til Støtte for theoretiske Spekulationer eller for at vække Forundring, mens andre — Galilæi og de Mænd, der er paavirkede af ham — ser, at de kan bruges til Maalinger og derved skaber det nye — Experimentet. Af de ovennævnte er Drebbel og Fludd Mænd, der i Tænkemaade staar paa det gamles Grund.

Fra Hollænderen Drebbels egen Haand foreligger der et lille Skrift: „Ein kurzer Tractat von der Natur der Elementen“, som i to Udgaver fra 1608 og 1619 findes her paa det kgl. Bibliothek. I dem begge findes ordret den samme Beskrivelse¹⁾ af et Apparat, der bygger paa det samme Princip som Sanctorius' ovenomtalte Termoskop. Der omtales ikke med et Ord,

peut arriver que pour la cause que nous avons dite, à savoir que l'air emprisonné dans l'amphore s'évanouit, s'use et s'en va, à cause de la présence de la flamme, et qu'il ne peut pas subsister avec elle, et quand l'air a été dissous par le mouvement du feu, l'eau monte dans la proportion de l'air qui s'est en allé. Cela est pareil à ce que nous avons vu arriver dans le siphons; l'air s'en va, dissous par le feu, et c'est pourquoi l'eau monte et vient remplir le lieu qui est devenu vide. Voici la figure.

¹⁾ I Udgaven fra 1608 er der et Billede af Apparatet, som ikke findes i den nyere Udgave (se næste Side Anm.).

at det kan bruges til Maaling af Varmetilstand; det benyttes for at støtte en Theori om Vindenes Opstaaen¹⁾. Ogsaa den anden Side af Herons Anvendelse af Luftudvidelsen findes hos Drebbel og er netop den, der har tjent til at gøre hans Navn berømt. Det har længe været bekendt, dels fra Drebbel selv, dels fra Ytringer i Datidens Skrifter²⁾, at Drebbel har givet Kong Jakob d. 1ste af England et „Perpetuum Mobile“, der kunde vise Bevægelser som af Ebbe og Flod, og det har været formodet, at Luftudvidelsen spillede en Rolle derved. Denne Formodning

¹⁾ 4de Kap.: . . . dan gleich vvie die Wärme / Lüfft vnnd Wasser / subtil / dün vnnd grob machet / also vergrobet / verkleinert / vnd trukt zu samen die kälte / als ein contrarium der vvärme / vnd zeucht also



Fig. 5.

vvieder in alle Winde / die durch die Wärme auß gegangen vvahren / gleich vvie wir klarlich sehen / vvan wir hangen eine ledige glaserne Retortam / mit dem mundt in ein Fas mit Wasser / vnnd vnter dem Bauch ein Warm Feuer legen / vvie diese Figur auß weiset vnnd mit bringt. So Werdē Wir sehen / so baldt der Luft im glas anfangt warm zu werden / das winde steigen auß dem Mund der Retorten / vnd das das wasser voller blasē wirt / vnd die wirdt wehrē / so lange die Lüfft

je lenger je warmer wirt / aber wan du die retort vom Feuer nimbst / vnnd der Lüfft anhebt zu erkalten / so wirt der Lüfft wieder in der Retort in einander gehen / grob vnd dicke werden / also das das glas wirt mit Wasser erfullet werden / weil der Lüft / der zu vor heiß entschlossen vnnd Ratificirt war durch das Feuer / dan sofern du das glaß sonder brechen gar heiß machen kanst / so wirt die Retorta / wan sie kalt wirt / mit Wasser erfullet sein / darumb ist eine steinerne Retorta viel bequemer / aber die verfullung zu sehen ist eine glaserne viel besser . . .

²⁾ I en Disputats „De Thermoscopio“ af J. Finckius, Hafniae 1655, staar der (Theses IV): „Denne Opfindelse tilskrives med næsten alles Samtykke Cornelius Drebbel fra Alkmaar, en meget kyndig Mekaniker og Kemiker, som i et Brev til Britaniens højvise Monark Jakob, som der staar i Overskriften, erklærer, at han forstaar Grundene til Bevægelsen op og ned og indser, hvad det er, der bærer Jorden og Vandet midt i Luften.“

har man nu faaet bekræftet gennem en Række Breve til Galilæi, som er blevne offentliggjorte i 11te Bind af Nationaludgaven af Galilæis Værker, 2det Bind af hans Brevvexling. Dr. E. Wohlwill, Hamborg, har tidligere¹⁾ gjort udførlig Rede for Oprindelsen til Rygtet om Drebbel som Termometrets Opfinder. Efter en ny Afhandling²⁾ af ham om dette Emne: „Neue Beiträge zur Vorgeschichte des Termometers“ citerer jeg Brevene til Galilæi; de er skrevne af Daniello Antonini fra Bryssel og er daterede 4de og 12te Februar 1612:

⁴/₂. „For længere Tid siden havde jeg hørt, at Kongen af England havde et Perpetuum mobile, ved hvilket en eller anden Slags Vand bevægede sig i et Glasrør, idet det snart steg, snart faldt ligesom Ebben og Floden i Havet. Idet jeg overvejede det, er jeg kommen paa den Tanke, at der herved ikke er Tale om Ebbe og Flod, men at man kun taler derom for at

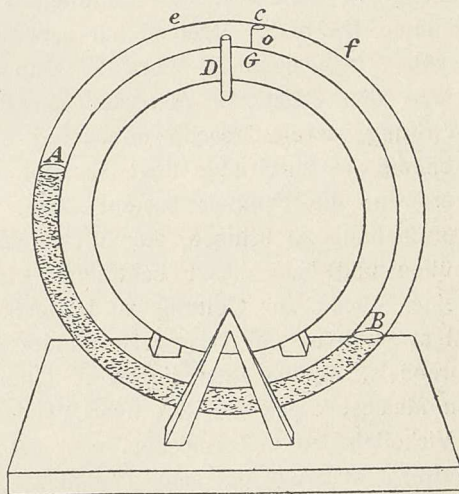


Fig. 6.

skjule den virkelige Aarsag, og at denne Bevægelse i Virkeligheden foraarsages ved Forandring af Luft ved Varme og Kulde.“

¹²/₂ sendes en Tegning som hosstaaende: „Den indre Kreds forestiller en hul Kugle af Metal, som staar i Forbindelse med Glasrøret e AB gennem Røret D. I e AB er der den Vædske, som man snart ser stige paa den ene, snart paa den anden Side i langsom Bevægelse. Delen ef af Røret er dækket med Metallolie, men jeg tænker mig, at den er saaledes beskaffen,

¹⁾ Annalen d. Physik 124 Bd. S. 163.

²⁾ Mittheilungen zur Geschichte der Medicin und der Naturwissenschaften 1902, S. 5.

som jeg har tegnet det, hvorved jeg gennem cG antyder en Væg og ved o et Hul, gennem hvilket Luften kan trænge ind, naar Vædsken synker i B, og træde ud, naar den stiger.“ Antonini nævner ikke Drebbels Navn, men det vides som sagt ad anden Vej, at Drebbel har givet Kong Jakob af England et „Perpetuum mobile“. Man har et Brev¹⁾ fra Drebbel til Kongen om dette Apparat, og heraf fremgaar det, at Drebbel mener at have opdaget, at Varmen kan være og maa være den drivende Kraft i de vigtigste Bevægelser i Naturen, saa at det er til-ladeligt at mene, at det af Antonini beskrevne Apparat maa stamme fra ham. Drebbel har aabenbart Anskuelser, som ud-trykkes i et populært Værk fra Datiden paa følgende Maade: „Was den Geist der Menschen entzückt ist eine wunderbare Wirkung, deren Ursache unbekannt bleibt; giebt man zu er-kennen was zu Grunde liegt, so geht das Vergnügen zur Hälfte verloren; die Feinheit besteht darin, das, was geschieht, zur Anschauung zu bringen, die zu Grunde liegende Kunst zu ver-hüllen und bald dieser bald jener List sich zu bedienen, um seine Stücke zur Geltung zu bringen.“ — Antonini faar Lyst til at se, hvor stor Bevægelse Vandet kan faa i et Apparat som Drebbels, og indretter sig da et lignende, hvor han anbringer en Maalestok paa det Rør, hvori Vandet flytter sig; han har da i Virkeligheden et Termoskop, men det ses ikke, at det er hans Formaal at bruge det som saadant. — Imidlertid er der Vidnes-byrd om, at Galilæi tidligt efter Læsning af Herons Værker har indrettet sig et Apparat til at vise Luftudvidelsen ved Varmen. Et Par af hans Elever fortæller, at han allerede omkring Aar 1600 viste dem et Apparat til dette Brug, der efter Beskrivelsen var indrettet som Sanctorius'. F. Burchardt²⁾, der grundigt har undersøgt dette Spørgsmaal, tilskriver Galilæi den Ide at bruge Luftudvidelsen til Termometermaalinger, og hans væsentligste Grunde er at finde i Breve til Galilæi fra dennes Elev Sagredo. Denne skriver d. 30te Juni 1612 til Galilæi, at der d. 13de Juni i Padua er set et Apparat hos Sanctorius, med hvilket

¹⁾ Epistola ad Britannia Monarcham Jacobum: De perpetui mobile inventione. Udgiven 1621.

²⁾ Die Erfindung des Thermometers 1867.

man kunde maale Varme og Kulde med en Passer, og at han havde faaet lavet flere for at gøre Forsøg med dem; han sender et Exemplar og haaber at høre, at det har vakt stor Beundring. D. 9de Maj 1613 omtaler Sagredo igjen Sagen og skriver: „Det Instrument til Maaling af Varme, som er opfundet af Eder, har jeg nu bragt i en bekvemmere og mere udsøgt Form.“ D. 15de Maj 1615 skriver Sagredo udtrykkeligt, at Galilæi har skrevet til ham, at han er den første Forfærdiger og Opfinder af Termometret. Galilæi maa vel efter dette antages at have gjort Sagredo opmærksom paa, at han tidligere har konstrueret et Apparat til samme Brug som Sanctorius'. — Sagredo selv bruger strax Instrumentet til forskellige Maalinger, og man kan paa Grundlag af, hvad der her er beskrevet om de i Datiden gængse, fra Oldtiden overlevereede Anskuelser, forstaa den store Interesse, de har for ham. Han fortæller, at han har iagttaget, at om Vinteren er Luften koldere end Is og Sne, „at Vandet i Brøndene er koldere om Vinteren end om Sommeren, og jeg for min Del tror, at dette ogsaa finder Sted ved Kilder og underjordiske Rum, skjønt vor Følesans dømmer anderledes“, at Blanding af Sne og Salt er koldere end Sne. Der er desuden Diskussion mellem ham og Galilæi om Grunden til, at Vandet — eller efter de senere Breve Vinen — stiger og falder i Termometret, og der gives en Forklaring, der forbindes med Theorien om Umuligheden af et Vakuum, saa man ser, at for Galilæis Elever er de gamle Theorier lyslevende. — Det er da efter dette Sanctorius og Galilæi og hans Elever, der har indrettet det gamle Luftudvidelsesapparat til Maaling af Varmetilstande.

Af Breve til Galilæi fremgaar det endvidere, at Drebbel i 1610 har givet Kejser Rudolph i Prag et Perpetuum mobile baseret paa det samme Princip som Kong Jakobs, men af en anden Form. Wohlwill gør opmærksom paa, at Beskrivelsen passer meget godt med omstaaende Tegning (Fig. 7), der forestiller to Kugler, den ene aaben, den anden lukket, forbundne med et halvmaaneformet Rør med Vædske; men Termometre af dette Udseende var netop i Brug i det 17de Aarhundrede. Wohlwill mener nu, at af de to Former af Termometre, der var i Brug i Begyndelsen af det 17de Aarhundrede — den udelte Form med to Kugler i Lighed med omstaaende og den Sanctorius-Galilæiske

Form — stammer den første fra Drebbels Perpetuum mobile. Da Lufttrykkets Virkning blev bekendt, omdannedes det udelte til en Slags Differentialtermometer, ved at man lukkede den

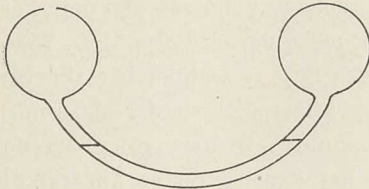


Fig. 7.

ene Kugle og indesluttede den i en Kasse for at beskytte den mod Variationer i Varmegrad; Wohlwill angiver, at dette ændrede Termometer brugtes i Nederlandene; at det i hvert Fald maa have voldet Vanskelighed at faa det indført, kan man se af, at den bekendte

Læge van Helmont¹⁾, hvor han af theoretiske Grunde beskriver et Termometer som Fig. 8, hvor A og D er Kugler med Luft og B C en Vædskedraabe, udtrykkeligt hævder, at Hullet i D ikke maa lukkes. Derimod findes et Termometer med et Forsøg paa Lukning beskrevet hos vor Landsmand Jakob Fincke i den ovennævnte Disputats „De Thermoscopio“ fra 1655:

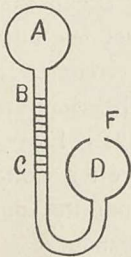


Fig. 8.

„XIV. Skjønt Drebelius ikke udtrykkelig har beskrevet Maaden til at lave Instrumentet, vil det dog ikke være vanskeligt at efterligne hin Kunst for den, der betragter selve Sagen.

XV. Man tager nemlig, som Billedet (Fig. 9) viser, et Glas, der er lukket i den øvre Ende ved en hul Kugle, med lang og smal Hals, noget lignende som det Kemikerne kalder en „Fiol“. I dette Rør helder man lidt efter lidt — hvilket er nødvendigt, da det er saa snævert — en eller anden Vædske ligeegyldig af

hvad Art (Spiritus vini er bedst paa Grund af Vinterkulden, og den skal være farvet, for at man kan skælne Graderne) til Midten eller lidt mere. Naar man saa har gjort det, stikker man Spidsen af det nedadvendte Rør ned i et Glas eller en Krukke med smal Hals, der indeholder saa meget af ovennævnte Vædske, at det rager tilstrækkeligt højt op over Fiolens Munding, til at der ikke kan trænge noget af den ydre Luft

¹⁾ Ortus medicinæ 1648 (S. 64).

ind udover det, den indeholder, og ødelægge hele Værkets Harmoni.

XVI. Derefter lukkes Basisens Munding med Voks eller et andet Stof, saaledes at det omgiver og styrker det lodret rejste Glas og ikke tillader noget af den paahældte Vædske at fordampe, for at ikke Halsens yderste Ende skal blottes og saaledes noget fremmed Luft trænge ind.

XVII. Ligesom nu Forarbejdelsen af selve Redskabet er ringe og let, saaledes er det aabenbart, at ethvert Barn kan fremkalde den op- og nedadgaende Bevægelse af den indesluttede Vædske og vække og sætte Liv i den indesluttede Aand (Spiritus). Men at give Grunden hertil og Virkningerne heraf, det er Arbejdet, det er det, der koster Anstrengelse.

XVIII. Fremgangsmaaden for, hvad man skal gøre, er følgende. Hvis man vil frembringe en pludselig Bevægelse i Instrumentet, kan man, hvis man ikke ellers har Ild, blot lægge sin varme hule Haand paa selve Glas-kuglen, og hurtigere end det kan siges, vil Vædsken begynde at flytte sig og gaa nedad; naar man saa igen tager Haanden bort, vil lidt efter lidt den indesluttede Vædske atter stige og indtage sin tidligere Plads efter Luftens Temperatur.“

I sine Betragtninger over Termoskopet viser Jakob Fincke sig at staa ganske paa samme Standpunkt som Oldtidens. Han „benytter“ Termoskopet til mange Ting, men udelukkende til theoretiske Spekulationer. Som Exempler kan anføres: De 4 Elementer er repræsenterede i Termoskopet. Glasset — det faste — repræsenterer „Jorden“ og „Ilden“ har været brugt til at blæse Glasset og destillere Vædsken! — Da en Haands Varme, Solstraaler og varm Luft virker ens, slutter han, at de er af samme Natur, hvilket har været et „celebrem quæstionem in Physiis“ o. s. v.

En anden Repræsentant for dem, der benytter Termoskopet til Udgangspunkt for Spekulationer i Stedet for til Maalinger er

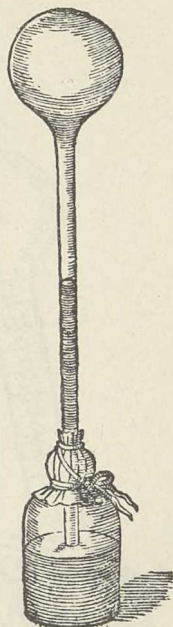


Fig. 9.

Englænderen Robert Fludd, som har spillet en Rolle i Termometrets Historie paa Grund af Indledningen til hans „Mosaicall Philosophy“¹). Han angiver, at Bogen skrives for at bruges som et Vaaben i den frygtelige Strid, „som skal udkæmpes

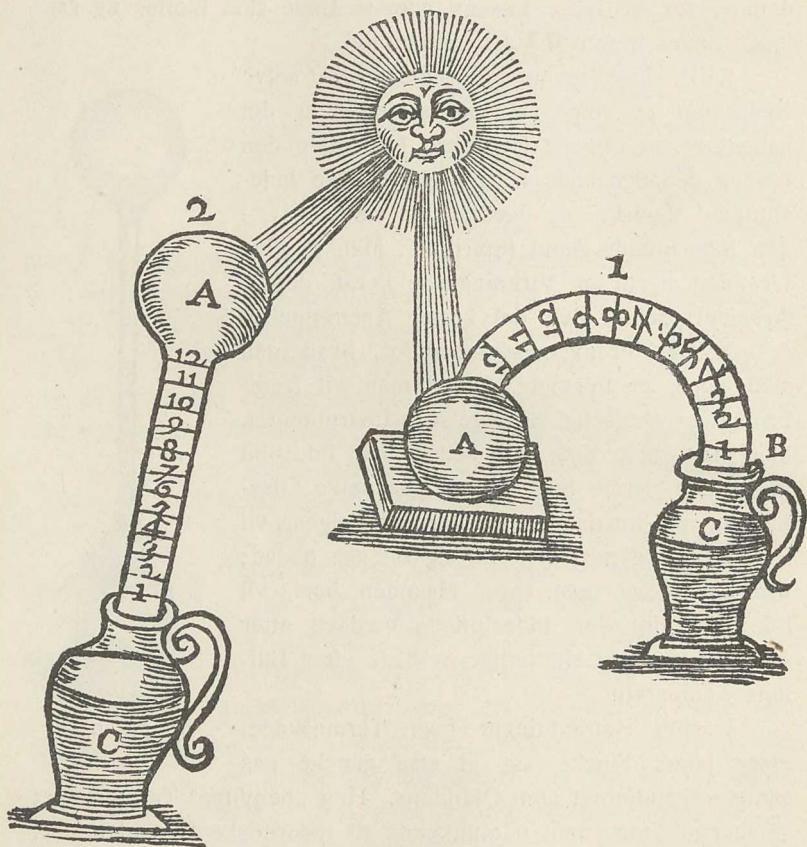


Fig. 10.

mellem de to dødelige Fjender Sandhed og Falskhed, Guds og Verdens Visdom.“ Som Vaaben i denne Kamp vil han bruge

¹ Her citeres efter „Mosaicall Philosophy“, London 1659. Bogen er oprindelig udkommen 1638.

det Apparat, som i Almindelighed kaldes Vejrglasset — hvilket var Betegnelsen for Termometret i England. Han fortæller dernæst om Termometret, at han har fundet det beskrevet i et gammelt Manuskript, 500 Aar gammelt i det mindste. Dernæst

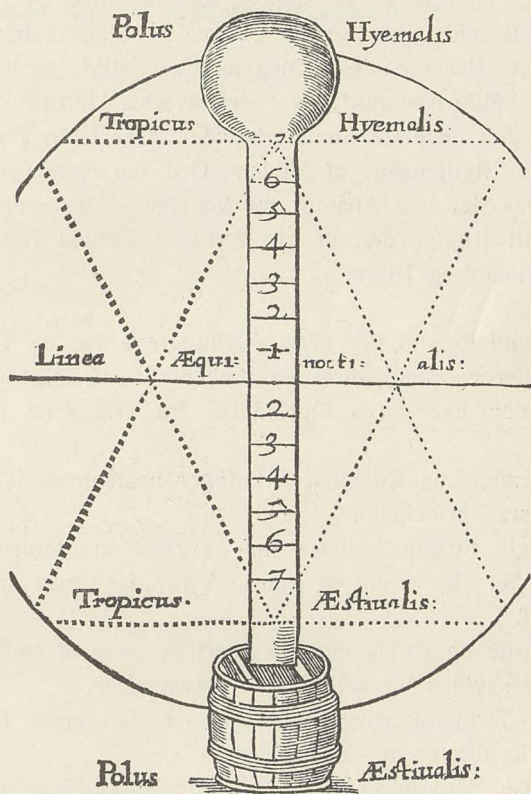


Fig. 11.

vedføjer han en Tegning, der skal vise den „Form og Stilling“, i hvilken han fandt det. Figuren er ovenstaaende (Fig. 10). Det fremgaar af den vedføjede meget løse Beskrivelse og den hele senere Fremstilling, at den venstre Del af Figuren forestiller den nymodens, den højre Del, hvor Termometerrøret er bøjet, den gamle Form. Røret og Kuglen angives at være af

Bly. Man mindes uvilkaarlig Philons Apparat; Inddelingen, som er anbragt paa Blyrøret, er jo meningsløs. Det berettes, at Vædsken gaar ud i Krukken eller ind i Røret, eftersom Solen er nær ved os eller langt fra os, eller efter Kulden og Varmen af den Vind, der blæser. Derefter beskrives det nyere Termometer (Fig. 11), som er af Glas og forsynet med en Inddeling, der har Nul midt paa Røret. Det er et Slags „absolut Nulpunkt“. Dets Plads kaldes „linea æquinocialis“, og hele Apparatet er en „Mikrokosmos“, hvor den øverste Halvdel er Vinterhalvdel og den nederste Sommerhalvdel. Det Hele gaar nu ud paa at vise Rigtigheden af Biblens Ord om Naturfænomener; f. Ex. sluttet der ved Analogi fra Vædskens Bevægelse i Termometret til Rigtigheden af en Ytring i Davids Psalmer om Vandet i Floder og Kilder¹⁾.

I Begyndelsen af det 17de Aarhundrede var da Tilstanden for Varmelærens Vedkommende behersket af følgende Forestillinger, der har deres Oprindelse fra Oldtidens filosofiske Systemer.

1) Varmens og Kuldens Virkninger bestemmes i høj Grad af Antiperistasisprincippet.

2) Nogle Legemer anses for at være af Naturen kolde, andre i og for sig varme og har de Virkninger paa andre, som følger deraf.

3) Varme og Kulde antages snart at være af stofflig Natur og snart at skyldes forskelligartede Bevægelser.

4) Et Temperaturbegreb afledet af de gamle Begreber: Materiens Kvaliteter og Former og

5) Visse Benyttelser af Lufts Udvidelse ved Varmen, stammende fra Heron og Philon.

Denne Tilstand forandres nu i Løbet af Aarhundredet. Termometret bliver virkelig, som Fludd siger, „et mægtigt Vaaben i den herkuliske Kamp mellem Sandhed og Falskhed“, men ganske vist først et virksomt Vaaben efter Midten af Aarhundredet, da den galilæiske Form opgives, og det forbedres

¹⁾ Mos. Phil. Cap. VIII og XI, Bog V, Section I, S. 106 o. fl.

saaledes, at det bliver uafhængigt af Lufttrykket. Allerede i den første Halvdel af Aarhundredet gøres der derimod 3 Forsøg paa at forklare Varmens og Kuldens Natur og de Love for deres Virkninger, som kendtes, paa anden Maade, end Aristoteles gjorde det, og disse Theorier blev af Betydning for Anskuelserne om Varmens Natur i det følgende Hundredeaar.

Varmetheorier i det 17de Aarhundrede.

I det 17de Aarhundrede gøres der 3 Forsøg paa at bygge en Varmetheori op, der skulde kunne give en samlet Forklaring paa de Kendsgerninger af herhenhørende Art, som var Datidens Ejendom. Det første er Bacons i „Novum Organum“. Han stiller sig nemlig som Maal at undersøge Varmens „Form“; han vil herigennem give et Exempel paa Anvendelsen af sin induktive Slutningsmetode. Han skriver herom¹⁾: „The investigation of forms proceeds thus; a nature being given, we must first present to the understanding all the know instances *which agree in the same nature*“ . . . „We²⁾ must next represent to the understanding instances which *do not admit of the given nature*“ . . . „In³⁾ the third place we must exhibit to the understanding the instances in which that nature . . . is present in *a greater or less degree*“ . . . I Overensstemmelse hermed opfører han i forskellige Tabeller, hvad der er ham bekendt om Varmen og dens Virkninger.

Adm. f. d. Samm. m. d. 17de Aarh.

Tabel I: *Instances agreeing in the form of heat.*

Der findes i Tabellen 28 „Exempler“; blandt disse findes saadanne Kendsgjerninger, som er bekendte fra Læren om Antiperistasis og om potentielt varme Legemer; det er naturligvis

¹⁾ The physical and metaphysical works of Lord Bacon ed. by Joseph Devey, London 1901, S. 457.

²⁾ l. c. S. 458.

³⁾ l. c. S. 466.

umuligt at lave en Tavle, der indeholder „all known instances which agree in the same nature“ og karakteristisk nok hedder da ogsaa § 28 blot: „other instances“.

Tabel II: *Proximate instances wanting the nature of heat.* At fremstille en saadan Tabel er naturligvis endnu mere uoverkommeligt end at lave den første. Den indledes da ogsaa med den Bemærkning¹⁾, at „the want of the given nature must be inquired into more particularly in objects which have a very close connection with those others in which it is present and manifest“. Denne Tabel fremtræder da som en Række Bemærkninger og Betragtninger knyttet til den første; under disse viser den gamle Opfattelse sig atter, men dog paa en Del Punkter ledsaget af Opfordring til ved Forsøg at faa Tingene nærmere undersøgt, saaledes f. Ex. ved Omtale af Kældertemperatur paa forskellige Aarstider.

Tabel III: *Table of the degrees or comparative instances of heat.* Denne viser atter de gamle Anskuelser lyslevende. Undersøgelsen eller Bemærkningerne deles i to Dele, dem, der angaar „potentielt“ varme Legemer og dem, der angaar de „actuelle“ varme. Det viser sig her som hos Aristoteles, hvor vanskeligt det er at blive paa det rene med, hvilke Ting der skal kaldes varme og hvilke kolde, altsaa at faa Begrebet Varmegrader fastslaaet.

Af disse Tabeller uddrages en 4de²⁾:

IV. *An example of the exclusive table or of the rejection of natures from the form of heat.*

Dernæst følger den positive Slutning, der uddrages af de foregaaende Tabeller³⁾:

„From the instances taken collectively as well as singly the nature whose limit is heat appears to be motion.“

Det forklares i Tilknytning hertil, at Meningen ikke er, at Bevægelse kan frembringe Varme og Varme Bevægelse — skønt det kan være rigtigt nok — men „that⁴⁾ the very essence

¹⁾ l. c. S. 458.

²⁾ l. c. S. 475.

³⁾ l. c. S. 477.

⁴⁾ l. c. S. 478.

of heat is motion.“ — Hvilken Art af Bevægelse begrundes nærmere¹⁾:

1) Heat is an expansive motion by which the body strives to dilate it self, and to occupy a greater space than before.

2) Heat is an expansive motion tending towards the interior, but at the same time bearing the body upwards.

3) Heat is not a uniform expansive motion of the whole but of the smaller particles of the body; and this motion being at the same time restrained, repulsed and reflected, becomes alternating, perpetually striving, struggling, and irritated by the repercussion, which is the source of the violence of flame and heat.“

Hermed hævdes altsaa den Tanke, at Varme i et Legeme bestaar i Bevægelse af dets egne Smaadele.

Den næste samlende Theori er Pierre Gassendis; den findes i 4de Bind af hans samlede Værker Physico Sectio I²⁾. Den er nu forladt, men har betydelig historisk Interesse, fordi den er klart fremsat, konsekvent gennemført og paa Højde med Datidens Erkendelse af Fænomenerne og derfor er i Kurs i den nærmest følgende Tid og gør den Gavn, en Theori skal, ved at kalde til Virksomhed for at finde Modsigelse mod den eller Bekræftelse af den; (den har for en Nutidslæser den Interesse, at have en vis Analogi med Elektrontheorien). Hovedpaastanden i den er, at Varmen og Kulden skyldes særlige Stoffer. Gassendi er en Tilhænger af Demokrit og udformer i Enkeltheder de Antydninger af hans Lære, som foreligger. Gassendi anerkender ikke Læren om de fire Elementer, men mener, at alle Ting er opbyggede af Atomer; da imidlertid Elementerne almindeligt anerkendes, og de giver sig til Kende gennem deres Kvaliteter, maa disse forklares ud fra Atomtheorien. Kun saadanne Egenskaber kan erkendes hos Legemerne, som paavirker Sanserne, og af disse er Følesansen særligt betydningsfuld. Gassendis Atomtheori siger, at al Virkning skyldes materielle Atomer; for at forstaa Kvaliteterne maa man da sætte dem i

¹⁾ l. c. S. 478—480.

²⁾ Gassendi: Opera. Tome I, S. 346.

Forbindelse med visse Atomer, hvis Størrelse, Form og Bevægelse maa kendes.

Varmen kan da ikke være noget abstrakt, en nøgen og solitær Egenskab, men maa skyldes noget substantielt. Gassendi fastslaar da som sin Anskuelse, at Varmen skyldes en Sværm af kugleformede Atomer i hurtig Bevægelse. Disse Atomer er ikke i sig selv varme, men kan dog kaldes varmegivende, forsaavidt som de frembringer de Virkninger, som er karakteristiske for det, der kaldes Varme; Gassendi har imidlertid begyndt sin Fremstilling med at fastslaa, at disse er Indtrængen, Adskillelse eller Udvidelse og Opløsning. Ilden har Varmeetomer i den højeste Grad; men der er desuden andre Stoffer, som har disse Varmeetomer i sig, dels saadanne, som Folk kalder varme, saasom Vin og Peber, men ogsaa saadanne som Vox og Brænde, som naar de antændes, sender Varme til andre Ting. Disse Stoffer har Varmen „potestate“, d. v. s. som Mulighed, saa at de kan give Varme til andre Ting, hvilket betyder, at de, naar deres Varmeetomer frigøres, kan paavirke andre Ting ved disses Hjælp.

Hvorledes kan da disse Varme- eller Ildatomer frigøres? Dette kan ske paa to Maader: Ved at de ydre Hindringer ryddes til Side, „Fængselsmurene borttages“, og ved at de ophobede Varmeetomer ved Stød sættes i Bevægelse. Det første sker f. Eks. naar Brændeålet antændes, Flammen aabner for Varmeetomerne, og de strømmer ud i store Mængder. Det andet kan indtræffe, naar nogle Varmeetomer er sat i Frihed og saa møder en Modstand fra noget, der er stillet omkring, hvorved de drives tilbage og støder til de andre; saadant finder Sted, naar Hvede, Gødning eller den Slags holdes indelukkede; af denne Grund optræder da det, som Folk kalder Antiperistase. Paa denne Maade opstaar ogsaa den Varme, der viser sig ved Gæring, Fordøjelse, Forraadnelse, ligeledes den store Varme, der opstaar ved Læskning af Kalk; denne indeholder nemlig i sig „potestate“ en stor Mængde Varmeetomer, af hvilke nogle er frigjorte; de øvrige Varmeetomer frigøres ved, at de første støder paa Vandet udenom, kastes tilbage og støder til de andre, og disse kommer da i saa hurtig Bevægelse, at de kan bryde ud. Hvis Kældere virkelig er varmere om Vinteren

end om Sommeren, maa det forklares paa samme Maade, men Gassendi betvivler det, fordi han har set Olie blive uklar i en Kælder om Vinteren, men ikke om Sommeren.

Herigennem er altsaa Begreberne Potentiel Varme og Antiperistasis bragte i Overensstemmelse med hans Varmetheori.

Ogsaa de almindeligst sete Virkninger af Opvarmning finder deres Forklaring igennem Theorien.

De Stoffer, der bedst kan bevare Varmeetomer i sig, fængsle dem, saa at de vanskeligt bevæger sig, er de fede og klæbrige; disse kan derfor fænge Ild. Andre Vædske som f. Ex. Vand har kun Varme udefra, men gemmer vanskeligt Varmeetomer i sig; tænder man Ild under Vand trænger Varmeetomerne ind i det, men de gaar efterhaanden bort igen, og Vandet svinder i Vægt, fordi Varmeetomerne river Vanddele med som Damp — altsaa forstaas Fordampning ud fra Theorien.

Udvidelse ved Varmen forstaas ligeledes, thi ved Varmeetomernes Indtrængen spredes Stoffet. Saaledes vil Vand, der fylder en Kedel halvt, under Kogningen boble op og fylde den helt.

En Masse almindeligt kendte Ting forstaas ud fra denne Anskuelse om Varmens Natur: Tørt Brænde er bedre end vaadt, og ren Sprit mere brændbar end den, der er blandet med Vand, thi Vandet skal ud, inden Ildatomerne i Brændselet kan frigøres (Meningen er vistnok, at Varmeetomerne trænger ind i Vand og gaar bort med Smaadele af dette under Fordampningen, saa at de ikke arbejder paa at lukke op for Brændselets Ilddele).

Sten brænder ikke, da den er for kompakt til at rumme Ilddele, dog gælder dette ikke om Flintesten; den har Ildatomer i sig, hvilket ses, naar man slaar den og derved ryster dens Dele; da frigøres nogle Ildatomer og springer frem. Kalksten kan ogsaa gemme Varmeetomer.

Kalken er varmere end en Flamme, og Grunden til, at dette siges, er, at der er saa mange Varmeetomer skjult i Kalken, og naar disse frigøres i store Mængder, brænder de en Haand stærkere end en Flamme, som Haanden føres igennem, fordi de i denne frigøres mere suksessivt.

Hvorfor mon kogende Vand brænder stærkt og smeltede Metaller endnu stærkere? Vandet brænder, fordi de Ildatomer, der er gaaet ind i det, igen søger ud til Omgivelserne; Metallerne brænder stærkere, fordi de indeholder flere, da de har mere Fedt i sig (er tættere). Guldet brænder mest; glødende Jærn kan antænde Hør, ikke som Jærn, men ved de Ildatomer, det har.

Der skal Tid til, at Varmen skal virke. Grunden er, at de første Varreatomer, der prøver paa at trænge ind i et Legeme, delvis kastes tilbage og maa standses af de næste for at kunne faa Kraft til at trænge ind. For Exempel vil en Haand ikke brændes, naar den føres hurtigt gennem en Flamme, men vel, naar den holdes roligt deri.

Forskellige Grader af Varme f. Eks. i Vand, forklares ved det forskellige Antal Ildatomer, der er trængt ind deri. Han nævner, at Lægerne plejer at regne med 4 Grader, men Fysikerne med 8, men der er uendelig mange.

Aristoteles siger, at Varmen samler det ensartede og udskiller det uensartede. Gassendi hævder, at det vel er rigtigt, at Varmen udskiller det uensartede, f. Eks. dannes der Slagger ved Smeltning af Metal, ved Smeltning af Is udskilles Smaasten og Grus, men dette ligger i, at Varmens Virkning i det hele er at adskille, og ved fortsat Virkning vil Varreatomerne ogsaa adskille det homogene, mens for Aristoteles var dens samlende Virkning det primære.

Kulden. At Kulde blot er en Berøvelse af Varme afvises til Dels med de samme Grunde, som allerede Plutarch anvendte. Først fastslaas, hvori Kuldens særlige Virkninger bestaar; de maa være de modsatte af Varmens og maa derfor være at samle og at sammenfæste. Kuldens Virkninger maa antages at skyldes særlige Atomer, og disse maa da have en saadan Form, at de kan fremkalde de nævnte Virkninger. Gassendi antager, at de har Form af Tetraedre, og er deri i Overensstemmelse med Epikur, mens nogle har tillagt Demokrit den Mening, at de var kubiske. Gassendi har flere Grunde til at antage denne Form. Den er Varreatomernes mest modsat, idet den er det regulære Legeme, der begrænses af det færreste Antal Flader, mens Kugleformen kan betragtes som sammensat

af uendelig mange; endvidere er Tetraederformen paa Grund af sine Spidser mindre skikket til at bevæge sig i Legemerne end Kuglen og vil derfor lettere sætte sig fast og derved sammenfæste de forskellige Dele.

Platon har antaget, at Varmeetomerne er spidse, for at forklare, at Varmen stikker og brænder, men Kuglerne kan ligesaa godt stikke, da de er saa overordentlig smaa; Kuldens Atomer stikker netop, og de Fornemmelser, der fremkaldes af de to Arter, kan ligne hinanden, saa at man undertiden siger, at Kulden brænder.

Ligesom Varmen kan Kulden dels være virksomt, dels potentielt til Stede; virksomt f. Ex. i Nordenvinden, potentielt f. Ex. i Salpeter.

Dernæst bliver Spørgsmaalet „Primum frigidum“ at undersøge, og det lyder her saaledes. Hører Kuldeatomerne til et særligt af Elementerne, ligesom Varmeetomerne hører til Ilden, saa at dette kunde kaldes Primum frigidum? Baade Stoikernes Anskuelse, at Luft er pr. fr., og Empedocles og Strabos — støttet af Aristoteles — at Vand er det, afvises. Begge kan modtage baade Varme- og Kuldeatomer fra andre Ting, men er ikke særligt Hjemsted for dem.

Mest Mening er der i at tale om Luften som pr. fr., da Kuldeatomerne lettest bevæger sig i denne og derved lettest kan afgives til andre Legemer, i hvis Porer ogsaa Luften kan trænge ind. Jorden kan heller ikke betragtes som pr. fr., der kommer ud fra den baade varme og kolde Vinde, baade varme og kolde Kilder, der findes baade varme og kolde Egne; den er hverken varm eller kold af sin egen Natur; derimod er der en Mulighed for, at et saadant Stof som Salpeter og de dermed beslægtede væsentlig bestaar af Kuldeatomer, da det ikke kan opløses i Vand, uden at det bringer det til at fryse, og afkøler alt, hvad der bliver berørt af det, og ved at gaa over til Damp laver kold Vind.

Altsaa: det maa antages, at der er en særlig Art af smaa Legemer — hvad enten Salpeter eller ikke — der skaber Kulde, d. e., gør Legemerne ved deres Udløsning virksomt kolde fra at have været det potentielt.

Varme- og Kuldeatomer frastøder hinanden. Dette

ses af et Eksperiment. Naar en Flaske med Vin anbringes i meget kold Luft, dannes der i den en Skorpe af Is; slaas denne itu, er der indenfor Isen en meget brændbar Vædske, hvilket betyder, at Varmeatomerne er drevne indad af Kulden.

Kuldeatomerne antages større og tungere end Varmeatomerne. Herved kan det forstaaes, at en Luftstrøm, der blæses ud af Munden, føles kold, naar man blæser med sammenknebne Læber, varm, naar man blæser med aaben Mund. Den Luftstrøm, der gaar ud, bestaar i alle Tilfælde for en stor Del af Varmeatomer, men tillige er der nogle Kuldeatomer med; da de er større og tungere end Varmeatomerne, vil de, naar de først er sat i Gang, gaa længere og kraftigere frem, mens Varmeatomerne lettere spreder sig i Luften. Blæser man med aaben Mund, er den udgaaende Luftstrøm større, og Varmeatomerne spreder sig ikke saa hurtigt, da der er mange af dem; er Munden sammenklemt, er Strømmen smal; den føles varm tæt ved Munden, men da den indeholder færre Varmeatomer, spredes de hurtigere, og kun Kuldeatomerne bliver ved i den rette Linie, hvorfor Strømmen føles kold.

Hermed er da i Hovedtræk gjort Rede for Gassendis stofflige Varmetheori; at Varmen skyldes en særlig Substans vedblev at være Hovedanskuelsen lige til „den mekaniske Varmetheori“s Dage i Midten af det 19de Aarhundrede; derimod hørte man tidligere op med at tænke sig et særligt Kuldestof. Det 17de Aarhundrede har imidlertid ogsaa sin „mekaniske Varmetheori“, nemlig Descartes'. Den er ikke saa udformet i Enkeltheder som Gassendis og staar i Forbindelse med hele Descartes' Kosmogoni; det følgende er en kort Redegørelse for hans Anskuelser om Varmens Natur, idet saa meget af Kosmogonien medtages, som er nødvendigt for Forstaaelsen¹⁾.

3dje Del af „Principia“ indeholder en Kosmogoni. Materien er karakteriseret ved, at den har Udstrækning. Materien

¹⁾ „Principia Philosophiæ“ 1644. Der refereres efter en fransk Oversættelse: „Les principes de la Philosophie“ 1647. Oversættelsen er foretagen af en Ven af Descartes og er gennemset af denne, og en Del af Tilføjelserne til Udg. fra 1644 menes foretaget af selve Descartes. Et gammelt Manuskript til Oversættelsen havde Anmærkninger med Descartes' Haandskrift.

forekommer i 3 Former¹⁾: I. Første Element — Ildelementet — i Sol og Fixstjerner, II. Andet — gennemsigtigt — i „Himlene“, d. v. s., det fylder Rummet mellem Kloderne, III. Tredje — det uigennemstraaelige og mørke — findes i Jorden, Planeter og Kometer. Planeternes Bevægelse antages at fremkomme paa følgende Maade: Solen er som en Flamme; hvad der findes op til den, river den med sig og til sig, og da nu Rummet er fuldt af 2det Element, vil først de Dele, der er nærmest Solen, komme i Bevægelse, og dernæst vil hele „Himlen“s Stof komme i hvirvlende Bevægelse, og Planeterne slæbes med af denne som et Skib uden Mast og Ror af Strømninger i Havet; det samme bevirker Fixstjernerne og Planeterne har samme Virkning paa deres Maaner.

Under Ræsonnementerne over Hvirvelbevægelsens Art og de forskellige Hvirvlers Indvirkning paa hverandre, bruger han Inertiens Lov og begrunder, at en Kraft er nødvendig for at vedligeholde en krumlinet Bevægelse.

Jorden er bygget saaledes: 1) Det inderste af Jorden indeholder 1ste Element. 2) Der udenom ligger et mørkt og tæt Lag, for tæt til, at 2det Element — det luftformige — kan trænge igennem Porerne, og Lyset kan heller ikke trænge igennem. 3) Det yderste Lag er en Blanding af 2det Element og smaa Dele af 3dje.

4 Virkninger er Skyld i Legemers Dannelse:

- a) Bevægelse af smaa Dele af Himlens Materie.
- b) Tyngden.
- c) Lyset.
- d) Varmen.

Anskuelserne om Lysets Natur udvikles i 3dje Del; i § 55 staar der: „Jeg vil nu forsøge paa at forklare saa nøjagtigt, som jeg kan, den Bestræbelse, som faar ikke blot de smaa Kugler, som danner det 2det Element, men ogsaa det første Element til at fjerne sig fra de Centre, omkring hvilke de drejer sig, thi jeg vil senere vise, at det er i denne Bestræ-

¹⁾ I. c. S. 129 § 52.

belse alene, at Lysets Natur bestaar, og Kendskabet til denne Sandhed vil kunne tjene til at lade os forstaa mange andre Ting“. Meningen er efter det følgende, at Smaadele af det 1ste Element slynges ud under Rotationen paa Grund af manglende Kraft til at vedligeholde Bevægelsen, og herigennem fremkaldes der Tryk paa det tilgrænsende Stof i det helt fyldte Rum; det forklares, hvorledes dette Tryk — denne Bestræbelse — forplanter sig i rette Linier ud fra ethvert Punkt af de lysende Legemer.

Idet dette Tryk¹⁾ trænger ned til Jorden og træffer de smaa Dele af det 3dje Element, der ligger omgivne af 2det Element, fremkalder det svingende Bevægelser af disse Smaadele. Herved naar vi til „Forklaring af den 4de Aktion, som er Varmen; hvorfor den forbliver efter Lyset, som har frembragt den.“ Lyset har altsaa frembragt en Bevægelse af Smaadelene i det Legeme, der rammes: „det er netop en saadan Bevægelse af de smaa Dele i de jordiske Legemer, som man i dem kalder Varme (hvad enten den er fremkaldt af Solens Lys eller af hvilken som helst anden Grund) hovedsagelig, naar den er større end sædvanlig, saa at den kan bevæge Nerverne i vore Hænder tilstrækkeligt, saa at den kan føles . . . Og man kan her bemærke Grunden til, at Varmen, der har været frembragt ved Lyset, dvæler i de jordiske Legemer, efterat Lyset er borte, indtil en eller anden Grund tager den bort, thi den bestaar kun af Bevægelser af smaa Dele af disse Legemer, og naar denne Bevægelse en Gang er fremkaldt i dem, maa den blive der, følgende „Naturens Love, indtil den kan overføres til andre Legemer“.

„Hvorledes trænger den ind i Legemer, som ikke er genemsigtige?“

„Man bør ogsaa lægge Mærke til, at de jordiske Dele, som saaledes bevæges ved Solens Lys, derved bevæger nogle, som er under dem, og at disse derved atter bevæger andre, som er lavere, og saaledes videre; saa at, skønt Solens Straaler ikke gaar længere end til den første Overflade af de jordiske

¹⁾ 1. c. 4de Afsnit: Om Jorden. § 28 o. flg.

Legemer, som er uigennemsigtig og mørk, saa . . . naar Varmen dog til de lavere Regioner af det 3dje Element, som danner den anden og midterste Region“ (af Jorden).

Det kan nu forstaaes, „hvorfor den (Varmen) plejer at udvide Legemer, hvori den er, men hvorfor den ogsaa fortætter nogle“. „Endelig bør man bemærke, at denne Bevægelse af de smaa Dele i de jordiske Legemer er i Almindelighed Grunden til, at de indtager større Rum, end naar de er i Hvile, eller naar de er mindre bevægede. Grunden hertil er, at naar de har uregelmæssig Form, kan de bedre afpasse sig efter hinanden, naar de stadig beholder samme Stilling, end naar deres Bevægelse faar denne til at forandre sig, og deraf kommer det, at Varmen fortynder næsten alle jordiske Legemer, nogle mer end andre, efter Forskelligheden af Formerne og Ordningen af deres Dele. Saaledes at der ogsaa er nogle, som den fortætter, fordi dens Dele ordner sig bedre og nærmer sig mere til hinanden, naar de bevæges, end naar de er stille, saaledes som det er sagt om Isen og Sneen i „Meteorerne“. Dette er altsaa en positiv Forklaring af, at Vand har større Vægtfylde end Is, et Faktum, som volder Theorierne Besvær.

Ildens Natur forklares ogsaa: „Alle de smaa Dele af de jordiske Legemer, af hvilken Størrelse og Form de end er, antager Ildens Form, naar de er skilte fra hinanden og tillige omgivne af det første Elements Materie, saa at de maa følge dets Bevægelse. Saaledes tager de ogsaa Form af Luft, naar de er omgivne af det andet Elements Materie og følger dets Løb; men den første og vigtigste Forskel mellem Luften og Ilden bestaar i, at Ildens Dele bevæges langt hurtigere end Luftens, da Bevægelsen af det første Element er langt hurtigere end af det andet.“

Ild opstaar og næres væsentlig paa to Maader. Enten ved at de Dele af det andet Element, der findes i alle Legemers Porer, fordrives og giver Plads for og erstattes af Dele af det første Element, af hvilket gerne en mindre Del findes klempt sammen i Krogene, eller ved at det 3dje Elements Dele sættes i meget hurtig Bevægelse. Som oftest virker begge Dele sammen. En Opvarmning ved en anden Ild vil f. Ex. baade sende mere af 1ste Element ind i Legemet og tillige bevæge de tunge

Dele. En Antænding med Brændglas sender 1ste Element ind, et Slag f. Ex. af Staal mod Flintesten fremkalder hurtig Bevægelse og derved Ild. — Tilsyneladende er da Descartes Varmetheori en Blanding af en stofflig og en Bevægelsestheori, men i Virkeligheden er den af ren mekanisk Natur, da Forskellen mellem Elementerne binder i Bevægelsesforskelle.

Disse Theorier var vel et Forsøg paa at erstatte det fra Oldtiden overleverede med noget bedre, men var dog i en vis Forstand ikke væsensforskellige fra disse; de skyldes aabenbart en Tilbøjelighed til at theoretisere paa et løst Iagttagelsesgrundlag og til at fremsætte Theorier, som vel staar i Overensstemmelse med dette, men som er af den Art, at de ikke har Konsekvenser, der kan udtrykkes i Tal. Netop i denne Mangel paa Præcision ligger det, at de har saa langt et Liv; det er baade vanskeligt at faa dem bekræftede og omstyrtede¹⁾.

Det nye, som det 17de Aarhundrede giver, ligger paa dette Omraade i, at Sansen vaagner for gennem Experimentet at skaffe et solidere Fond af Kendsgerninger, der kan føre til

¹⁾ Som et Exempel paa hvad der kunde fremsættes af Theori i Dattiden anfører jeg i den følgende Anmærkning én, der skyldes Professor J. Finckius; den fremsættes i en Disputats: „De frigoris natura“. Hafnia 1652.

„I nærværende Disputats har vi søgt at finde det sande og primære, ja universelle Subjekt for den universelle Kulde (Thesis 1).“

„Thi ved alle rettænkende Filosofers Meningstilkendegivelse er det almindeligt antaget og bevist, at Vandet, foruden de andre Egenskaber, som de tilskriver det, efter sin Natur er koldt, ja det allerkoldeste, og det er noget, som er saaledes skabt, at det er mere skikket end nogen anden Ting i Verden til at bære denne Egenskab og udbrede den til alle Ting. (Thesis 2).“

„Og derfor har vi ved mange Beviser godtgjort og fastslaaet, at det er det primære Grundlag, hvorpaa man bedst kan opbygge hele Læren om Kuldens Natur og Egenskaber.“ (Thesis 3).

„Men fordi vi ikke kan være tilstrækkelig sikre paa Vandets Karakter og Oprindelse uden Kendskab til alle Tings første Oprindelse, saa

sikrere begrundede Love for Varmens Virkninger. Dette ny er tydeligst og bedst repræsenteret i Beretningen fra Accademia del cimento fra 1667. Den indeholder slet ikke theoretiske Betragtninger, men kun Beskrivelse af nye Instrumenter og de Forsøg, der er gjorte med disse. Til de benyttede nye Instrumenter hører netop de senere saa berømte florentinske Termometre, og der gøres ved deres Hjælp en Mængde interessante Forsøg; nogle af disse viser klart, at Antiperistasisprincippet er

har vi lært af Skabelseshistorien, at Vandene i Begyndelsen er blevne delte ved den paa den anden Dag skabte Himmelhvælving, saaledes at nogle Vande var over Himmelhvælvingen, andre under den, som det i sin Tid udførligere er bleven paavist" (Thesis 4).

Efter en længere Bevisførelse slutter han dernæst:

„Det er altsaa ganske sikkert, at de himmelske Vande er anbragte over Stjernerne . . . at en Del gik over til Værkstedet for det Lys, som har Herredømmet over Natten, og at en Del, der blev løftet højere, endog blev hævet over Himlenes Himle, som Skriften siger" (Thesis 20).

„Da det altsaa ud fra i Sandhed første og umiddelbare og derfor usvigelige Principer hidtil, som jeg haaber, tilstrækkelig er sagt og lært, at en Del af de ved Verdens Begyndelse skabte Vande blev anbragt oven, og hvis vi tror den hellige Skrift, som vi er forpligtede til at tro den, endog blev hævet over Himlene, saa vil vi ogsaa anvende denne Ting paa Mælkevejen" (Thesis 25).

„Og ligesom Solen er og anses for den universelle Kilde til Varme i Verden, saaledes er det nødvendigt, at ogsaa Kulden har et Subjekt".

„Hertil bestemmer vi blandt andet dette allerede ret udførligt beskrevne Himmellegeme" — nemlig Mælkevejen.

Herefter følger saa „Beviser" for Mælkevejens Kuldevirkninger, hvor stadig Samtidighed forvexles med Aarsag.

Thomas Bartholin omtaler denne Theori med en vis Anerkendelse i „De nivis usu medico", hvor han skriver (Cap. III. p. 16): „Det er sikkert, at Is optager et større Rum end Vandet, saa at det er nødvendigt, at der er kommet noget til, hvad enten det er Luft eller kolde Atomer, eller noget, der er kommet ned fra Mælkevejen, som min højtærede Onkel Jacob Finchius siger i sin anden Disputats om Kulden.

Jakob Fincke skriver i Theses 19 i denne ovenomtalte Disputats om Kulden . . . „i vort Aarhundrede, hvor Kunst og Videnskab er bragte næsten til den højeste Fuldendelse, har man begyndt at filosofere ganske anderledes over den Ting." Selv synes han ganske vist ikke paavirket af det ny i sin Tid.

uholdbart¹⁾; et andet har jeg Lyst til at omtale lidt nærmere, da det — saavidt jeg kan se — viser, at Vandet har et Minimumsrumfang, en Kendsgerning, som man ellers mener først er iagttaget paa den franske Revolutions Tid. Beretningen indeholder nemlig Beskrivelse af en Række Forsøg til iagttagelse af forskellige Vædske's Rumfangsforandring ved Afkøling i en Kuldeblanding. Der er saaledes Tabeller over Iagttagelser over Vandets Rumfangsforandringer; den ene af disse ser saaledes ud²⁾:

I. Aqua fontana.

	Gradus vasis	Differentia	Gradus Thermometris
Status naturalis	142		139
Saltus immersionis	143 ^{1/2}	1 ^{1/2}	133
Descensus	120	23 ^{1/2}	69
Quies	120	—	49
Adscensus	130	10	33
Saltus congelationis	166	36	33

Vandet var anbragt i et stort Termometerrør; ved Siden af dette var der i Kuldeblandingen anbragt et Termometer. Tabellen viser først en kortvarig pludselig Stigning af Vandet i Termometerrøret, som forklares ved, at Beholderen trækker sig sammen ved den pludselige Afkøling; dernæst sker der en Rumfangsformindskelse til en vis Grænse; ved denne staar Vandet stille i nogen Tid, begynder derpaa at stige og faar en pludselig og stor Udvidelse, naar Frysningen indtræder nogen Tid derefter. Vandet maa have været underafkølet, thi efter Beretningen indtræder Frysningen meget pludseligt. I Tabellen er der efter Rumfanget 130 anført Udvidelsen ved Frysningen. Det berettes nu i Texten, at Experimentatorerne ved at gentage Forsøget tilsidst blev saa sikre paa, ved hvilket Rumfang Frys-

¹⁾ Kirstine Meyer: „Om Antiperistasis“, Vidensk. Selsk. Forh. 1903, S. 600.

²⁾ Saggi di naturali sperienze fatte nel' Accademia del Cimento, Firenze 1667, oversat af P. Musschenbroek, S. 146.

ningen vilde ske, at de kunde tage Beholderen op af Kuldeblandingen, naar Vandet stod $\frac{1}{2}$ Delemærke over dette, og da faa at se, at Frysningen fuldbyrdedes. Ved Siden af de forskellige Rumfang er der i Tabellen angivet, hvad Termometret i Kuldeblandingen viste; denne Visning angiver aldeles ikke Vandets Temperatur, men kun Temperaturen paa det Sted i Blandingen, hvor Termometret er. Naar dette angives at staa stille under Frysningen, betyder det blot, at Termometret nu har naaet Temperaturligevægt med Kuldeblandingen. Experimentatorerne har forresten selv en Bemærkning om, at man ikke kan vide, om Vandet og Termometret har samme Temperatur, fordi Kuldeblandingen ikke har ens Temperatur allevegne. Forsøget viser blot, at Vandet har et Minimumsrumfang, men ikke ved hvilken Temperatur dette ligger.

Forsøgsresultaterne meddeles i Almindelighed uden Kommentarer, og uden at der uddrages theoretiske Slutninger af dem. Der byggedes da ogsaa i det 18de Aarhundrede Varmetheorier op paa det Grundlag, at alle Legemer udvider sig ved Opvarmning, og at Vandet er en Undtagelse i den Henseende blev som sagt først konstateret igen i Slutningen af det 19de Aarhundrede.

Englænderen Robert Boyle er en Mand, der staar som Repræsentant baade for den eksperimenterende og den theoretiserende Retning i Tiden. I hans tidligere Arbejder, f. Ex. „The history of cold“ (1663), viser han sig som en udmærket Experimentator, og som en Mand, der forstaar at skatte kvantitative Maalingers Værd og at udføre dem; han kan gøre sig klart, hvilke Mangler hans Maaleapparater har og kan delvis afhjælpe dem; han kan ogsaa gøre sig selv og andre Rede for, at det første man maa være enige om, naar Maalinger med almengyldigt Resultat skal udføres, er en vel defineret Enhed. Hans Felttog med Experimentets Vaaben mod Antiperistasis lykkes ham vel¹⁾. Han tager ogsaa Forestillingen om „Primum frigidum“ op til Behandling²⁾ og viser, dels ved Hjælp af lagt-

¹⁾ „Om Antiperist.“, S. 593.

²⁾ I „Considerations and experiments touching the primum frigidum“ (i „The history of cold“, S. 412).

tagelser fra alle Jordens Egne, fra Havets Bund og Overflade, dels fra egne Experimenter, Uholdbarheden af de Grunde, der har udnævnt Jord, Luft eller Vand til denne betydningsfulde Ting. Hans sunde Sans kan der ofte virke velgørende, som f. Ex. i følgende Ytring: „Det er værd at lægge Mærke til for dem, som slutter, at Luft er *primum frigidum* af den Kendsgerning, at Vand fryser paa Overfladen, hvor det berører Luften, at det er ogsaa der, at Isen tør.“

Forskellen mellem Boyle og Gassendi træder tydeligt frem, hvor han undersøger Berettigelsen af at antage Salpeter for at være *primum frigidum*. Gassendi nøjes med nogle spredte løse og ofte misforstaaede Iagttagelser som Grundlag for sin Mening. Gassendi siger jo¹⁾, at Salpeter ikke kan opløses i Vand uden at bringe det til at fryse, og at det afkøler alt, hvad det rører ved. Boyle bemærker, at han ikke vil benægte, at Salpeter er et af de Legemer, der er udstyrede med Evne til Afkøling, men at han aldrig har set, at det kan fryse Vand. Tvertimod har han en Række Forsøg, der viser det modsatte. Han lægger Salpeter hist og her paa en stor Isflade; den smelter, hvor Salpetret ligger; han opløser Salpeter i Vand og hænger Karret med Opløsningen ud i Frostluften. Vandet fryser da i Overfladen, men ikke paa Bunden, hvor der dog findes Salpeterkrystaller. Det er heller ikke rimeligt at antage, bemærker han, at de er tilbøjelige til at forandre Vand til Is, da vi saa, at de sikkert forandrer Is til Vand. Han siger, at han tror, at Kulde ofte opstaar ved Blandinger endogsaa af „actually hot bodies“.

I theoretisk Henseende er Boyles Standpunkt noget vaklende. I ovennævnte Afhandling om *primum frigidum* vender han sig gentagne Gange mod Gassendis materielle Theori, og det ses, at Oppositionen mod dennes Anskuelser har fremkaldt en hel Del af de Forsøg, han anstiller; han er mest tilbøjelig til en mekanisk Opfattelse af Varmens Natur, til at betragte den som foraarsaget ved en Bevægelse af Legemernes Smaadele, men undertiden tager han sin Tilflugt til Gassendis Forestillinger, naar han trænger til Assistance for at forklare et

¹⁾ Se S. 44.

mislykket Forsøg eller en lagttagelse, der er ham gaadefuld, som f. Ex., at Opium, der ikke er koldt, maalt med Termometret, dog „stivner Blodet“.

I hans senere Produktion viser „Of the mechanical origin of Heat and Cold“ (1676), at hans Standpunkt er mere gennemført for den mekaniske Theori, og han underbygger sit Standpunkt med Forsøg. Disse gaar næsten alle ud paa at vise Temperaturændringer, som fremkommer ved kemiske Processer; han maaler med sit Termometer Varmegraden af Stofferne før og efter deres Blanding og finder jo i mange Tilfælde en Forskel og vil heraf slutte, at Varmen eller Kulden er frembragt ved en forandret Bevægelse af Stoffernes Dele. Han kan naturligvis ikke herigennem modbevise Gassendi; denne har jo tænkt sig, at hans Varme- og Kuldeatomer kan være potentielt til Stede, saa at de først mærkes, naar der „lukkes op“ for dem, hvilket netop kan ske ved Paavirkning fra et andet Legeme, som de bringes sammen med; dog er det jo f. Ex. noget vanskeligt for Gassendis Theori at forklare, at Krudt, der maa antages at indeholde mange Varmeatomer, ved Opløsning i Vand giver Kulde. Boyle tager flere Gange Spørgsmaalet „potentiel Varme og Kulde“ op til Behandling og viser det urimelige i Antagelserne, men tør dog ikke, forsigtig som han er, helt forkaste Begrebet.

Efterhaanden som Temperaturmaalingerne bliver sikrere, dør baade Forestillingen om Antiperistasis og potentiel Varme og Kulde samt primum frigidum bort; Boyle er den sidste, som direkte bekriger dem, men mange Gange træffer man Spor af disse Begreber bagved Ræsonnementer hos langt senere Forfattere.

„Temperatur“ i det 17de Aarhundrede.

De første Termometre var mangelfulde; deres værste Fejl var, at Vædskens Stilling i Termometerrøret ikke blot var afhængig af Varmegraden af Termometerkuglen, men ogsaa af Lufttrykket; tillige var Formen noget upraktisk til forskelligartet Benyttelse. Da man var uden Kendskab til Lufttrykkets Virkninger, var det væsentlig i sidste Henseende, at man søgte at forbedre Termometret, og man finder Gengivelser af mange forskellige Former; allerede Sanctorius angav jo 7 forskellige til forskellig Anvendelse. Der er stadig to Hovedtyper, der gaar igen: Drebbels bøjede Rør, der ender med to Kugler, og Galilæis Form. Man ændrer da Kuglernes Stilling eller Dimensioner eller ombytter Kuglerne med Beholdere af anden Form; man nøjes undertiden med een Kugle og lader blot Luftmassen være afspærret fra den ydre Luft ved en Vædske draabe, eller man indretter et som hosstaaende til Maaling af Vædskers Varmegrad. Alt tyder kort sagt paa, at man gerne vil anvende Termometret, og man gør mange Maalinger med det; men disse Maalinger kan hverken sammenlignes til forskellige Tider fra samme Termometer, heller ikke mellem forskellige Termometre paa forskellige Steder, da Lufttrykket spiller en Rolle ved Termometrets Visning; tilmed er Skalaerne ganske vilkaarlige. At Sanctorius' forskellige Termometre til medicinsk Brug

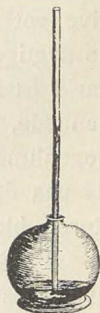


Fig. 12.

er forsynede med Skalaer ses paa Tegningerne, og Maaling af Varmegrader omtales, hvor han beretter om Maanestraalers Varmeevne¹⁾; han fortæller, at Maanestraalerne under 10 Slag af hans Pulsilogium, naar de samles med et Hulspejl og Straalernes Foreningspunkt rammer Termometerkuglen, faar Vandet til at synke 2°, mens Solens Varme, samlet paa samme Maade, i Løbet af to Pulsslæg faar Vandet til i største Fart at synke 110°. Han bemærker udtrykkeligt, at de Tal, man faar for Varmegrader, afhænger af Instrumentet.

I Aarhundredets Midte begynder man at bruge Vædske-termometre, d. e. Termometre, hvor Angivelsen af Varmegrader sker efter en Vædskes Udvidelse i et tillukket Rør. De mest bekendte af denne Art er de florentinske Termometre, først fyldte med Vand, senere med Vinaand, som allerede fra 1641 har været brugte i Florens, og som menes at være opfundne af Storhertug Ferdinand II af Toscana. De beskrives udførligt i „Saggi“ og bruges ved Accad. del Cimentos Forsøg. En Del af Temperaturmaalingerne med disse Termometre er det, der tjener til at vise Uholdbarheden af Antiperistasisprincippet. Skalaen var vilkaarlig; naar dog en Del af Florentinertermometrene kunde give ret overensstemmende Maalinger, laa det aabenbart i, at de dygtige Instrumentmagere²⁾, som Forsøgslederne raadede over, var i Stand til at lave Termometre af samme Størrelsesart ligedannede, saa at Beholder og Rørvidde og -længde havde et nogenlunde konstant indbyrdes Forhold til hinanden; naar der da paa dem alle anbragtes samme Tal foroven og forneden paa Røret, blev Angivelserne nogenlunde overensstemmende.

I „Saggis“ Fremstilling faar man kun akkurat Besked om, hvorledes det brugte Termometer er fremstillet, og om de Forsøg, der er anstillede dermed, men intet om, hvorledes Brugerne selv betragter det, hvilke Fortrin og Mangler de finder ved det. Derimod gør Robert Boyle i „The history of cold“ paa sin omstændelige Maade Rede for sine Anskuelser om de forskellige Termometres Fortrin, Mangler og Virkemaade, beklager Savnet af en almengyldig Skala, gør opmærksom paa den Mangel

¹⁾ Commentar til Avicenna, S. 76 B.

²⁾ Saggi, S. 1 og flg.

paa Overensstemmelse, som findes mellem Termometrets og Følesansens Udsagn om Varmetilstande, kort sagt, giver en omstændelig Redegørelse for, hvorledes en kyndig Mand i Datiden betragter det nye Maaleapparat og dets Angivelser.

For en Nutidslæser er det interessant mellem Fremstillingens Linier at læse, at det, der volder Boyle Vanskeligheder, netop er Fastsættelsen af de første, fundamentale Vedtægter for al Temperaturmaaling, nemlig: 1) Hvad vil det sige, at to Legemer har samme Varmegrad? 2) Hvad vil det sige, at et Legeme har højere Varmegrad end et andet? samt at skaffe Maaleapparater, der giver overensstemmende Udsagn i disse Retninger.

Den Del af „The History of Cold“, som indeholder disse Betragtninger, indleder Bogen og hedder: New thermometrical Experiments and Thoughts. Det første Afsnit har til Overskrift: „The I Discourse Proposing the I Paradox Viz: That not only our Senses, but common Weatherglasses may mis-inform us about Cold“. „Vejrglas“ er Boyles Navn for et Termometer. Ved de Maalinger, som Boyle anstiller i dette Afsnit, bruger han mest et følsomt Lufttermometer, bestaaende af et Glasrør med en Beholder, hvori der er afspærret noget Luft ved Hjælp af en Vanddraabe; han bruger det til Sammenligning af samtidig Varmetilstand af to Legemer og gaar da ud fra, at disse har samme Varmegrad, hvis de giver den indespærrede Luft samme Rumfang, naar de berører Beholderen, og at det ene er varmere eller koldere end det andet, hvis det giver Luften større eller mindre Rumfang.

Der gøres nu opmærksom paa forskellige Ting, som gør, at vore Sansers Bedømmelse af Kulde er en anden end Termometrets. For det første er det Indtryk, som faas ved Følesansen, i høj Grad afhængigt af de forudgaaende Paavirkninger; som Ex. nævnes det Indtryk, man faar af Luftens Varmegrad i et Rum, om man kommer der efter et varmt Bad eller fra et andet koldere Rum. For det andet vil Luft i Bevægelse synes Sanseorganerne koldere end rolig Luft, mens han ved at blæse Luft med en Blæsebælg hen paa et Termometer ikke ser dette vise nogen Forandring i Varmegrad fra den, det viser, naar Luften er rolig. Boyle antager, at dette Sanseindtryk har sin

Aarsag i, at „skønt Organet i Almindelighed ikke synes at forandres, vil dog Vinden paa Grund af sin Bevægelse være i Stand til ikke blot at drive de Dele af Luften bort, som støder op til Haanden eller Ansigtet, og de varme Dampe fra Legemet, som dæmpede dens Kulde, men at trænge dybere end rolig Luft plejer at gøre ind i Porerne af Huden, hvor den ved Sammenligning med de mere indvendige og hedere Dele af Sanserne maa synes mindre bevæget og følgelig koldere. — Endelig vil, for det 3dje, Legemer ofte synes koldere for os end for et Vejrglas, fordi vore Sanseorganer er mere paavirkede af Tæthed og Gennemtrængelighed af Delene.“ Af en Række Forsøg, han anfører, skal nævnes¹⁾: den 26de Juni mellem Kl. 2 og 4 finder han ved Maaling med Termoskopet, at Vand i et Værelse er varmere end Luften, skønt Følesansen sagde det modsatte. „Jeg skal tilføje ved denne Lejlighed, at ikke blot Vandet selv, men fugtige Dampe, der opfylder Luften, kan faa os til at dømme den koldere, end Termometret siger den at være.“ Endelig vil visse Vædske, f. Ex. Opium, fremkalde Kulde i det menneskelige Legeme, skønt Termometret viser, at de ikke er kolde; denne Virkning tilskrives visse Dampe, som kommer fra dem, og som findes i Luften; han henfører hertil Kulde ved Febere og den Kulde, som opstaar i hysteriske Kvinders Lemmer.

Efter alt dette er det klart, at hvis man oprindelig havde ment, at man ved Termometrets Hjælp kunde faa en Angivelse, der gaar parallelt med de Fornemmelser, som Forandring i Varmetilstand maatte give Anledning til, da maa denne Forestilling opgives.

Dernæst rejser et Spørgsmaal sig for ham — uden dog at formuleres — om det benyttede Maaleapparat er saaledes indrettet, at det er rimeligt at fastholde de ovenfor nævnte Vedtægter om, hvilke Legemer der er lige varme og hvilke ikke. Hertil bliver saa Svaret nej; man kan i Virkeligheden ikke sammenholde Termometrets Angivelser til forskellig Tid uden at blive „misinformed“, da Vædskens Stilling afhænger af den ydre Lufts Tryk. Boyle søger derfor et bedre Termometer og bruger da for Fremtiden lukkede Termometre med Vædske, der ud-

¹⁾ The Hist. of Cold, S. 8.

vider sig og trækker sig sammen ved Varmens Indvirkning. Han fortæller¹⁾, at han fra Begyndelsen, da han vilde have et saadant Termometer lavet, havde Vanskelighed ved at bringe Folk til at tro, at der vilde ske Fortynding og Fortætning af en Vædske i et helt lukket Rum paa Grund af Forestillingen om Umuligheden af et Vakuum; at det kunde lade sig gøre, fik han vist ved Forsøg; da saa han et florentinsk Termometer og fik fabrikeret nogle med dette som Mønster. Han bruger farvet Sprit som Termometervædske og siger, at „det er morsomt at se, hvormange Tommer en mild Grad af Varme kan faa Vædsken til at stige i den meget smalle Hals af et af disse nyttige Instrumenter.“ Hans Tillid til disse Instrumenter rokkes noget ved en Iagttagelse, han gjorde med et af dem; det viste sig, at det efter en Opvarmning beholdt samme Stand, selv om det udsattes for en bevislig stærk Afkøling. Dette Forsøg har aabenbart haft en Del Betydning for Boyle; dels fordi han føler sig usikker i sin Tiltro til Termometrenes Angivelser, dels fordi han for at finde en Aarsag til det mærkelige Fænomen drives til at søge en Forklaring, hvor han tænker sig Kuldepartikler vandre ind og ud gennem Glasset, virkende forskelligt paa forskellige Legemer²⁾ — en Bøjning henimod Gassendi, som han ellers ikke er tilbøjelig til at gøre.

I det hele er ellers de lukkede Termometre tilfredsstillende for ham at bruge, men én Ting savnes haardt — en almen-gyldig Skala. Boyle udtrykker meget klart, hvad Manglen er³⁾: „Og først mener jeg, at vi i høj Grad savner en Enhed eller et sikker Maal for Kulde, som vi har det for Vægt og Størrelse og Tid, saa at, naar en Mand omtaler en Tønde Land eller et Kvint eller en Time, saa ved de, der hører ham, hvad han mener, og kan let skaffe det samme Maal; men hvad Kuldegrader angaar (eller som vi tidligere har talt om — Varme-grader), da har vi ingen sikker eller praktisk anvendelig Maade til at bestemme dem; thi skønt det, hvis jeg bruger et langt Vejrglas, let kan mærkes, naar Vejret er koldere, og naar det

¹⁾ H. of C. S. 54.

²⁾ I. c. S. 58.

³⁾ I. c. Kap. II. S. 35.

er varmere, end det var paa den Tid, da Vejrglasset blev lavet, hvorved jeg paa en vis Maade kan tilfredsstille mig selv, kan jeg ikke saa godt give Oplysninger til andre, da jeg ikke har noget Middel til at beskrive for en, der ikke har været til Stede, hvilken Grad af Varme, der var i Luften, da jeg først fuldendte mit Termoskop heller ikke er Kuldens Frysningspunkt godt bestemt, siden den vil være forskellig ikke blot for forskellige Vædske men ogsaa for Vædske af samme Navn, og for forskellige Slags Vand er det saaledes, at nogle lettere bliver til Is end andre, og jeg ser ingen Grund til at tvivle om, at der kan være tilstrækkelig forskellige Kuldegrader, hvoraf den mildeste kan være tilstrækkelig til at fryse noget Vand.“ Boyle foreslaar dernæst, men ret en passant, at man kunde prøve paa at gradere Termometret ud fra eet fast Punkt, Anisoliens Frysepunkt, og efter Rumdele, der var bestemte Brøkdeler af Beholderrumfanget. I en Fodnote foreslaar han at bruge destilleret Vands Frysepunkt som Udgangspunkt. Begge disse Forslag om faste Punkter staar jo noget i Strid med de nylig citerede Ytringer om manglende Konstans af Frysepunkt for en Vædske.

Boyle angiver ikke, hvorledes han tænker sig Graderingen udført. Af en Samtidig, R. Hooke, har man derimod et lignende Forslag¹⁾, hvor Fremgangsmaaden er omhyggeligt beskrevet. Beskrivelsen indledes forresten med nogle Theser over Virkninger af Varme, hvor der staar kategorisk: „Varmen er en Egenskab ved et Legeme, der beror paa Bevægelse (motion) eller Rystelse (agitation) af dets Dele.“ Forøvrigt er Metoden følgende: Først anbringes Termometerkuglen i Vand, der er i Færd med at fryse, og der sættes et Mærke paa Røret ved Vædskeoverfladen (denne er Sprit, farvet med Cochenille og en Draabe Ammoniak). Til Hjælp ved Inddelingen laver han sig en cylindrisk Sølvbeholder, 2 Tommer høj (Fig. 13); midt i den fastkitter han et Glasrør, der har en Diameter = $\frac{1}{10}$ af Cylinderens. To Tommer over F, Begyndelsen af Røret, sætter han et Mærke H G, og Afstanden derop deles i 10 lige store Dele; hver Dels Rumfang er da $\frac{1}{1000}$ af Beholderens. Denne anbringes i Vand,

¹⁾ Micrographia, London 1665, S. 38 (Fig. Schem. III. 2).

hvor Frysningen er begyndt, saa at der danner sig lange Is-naale deri, og fyldes til F med den samme Vædske, som er i Termometret. Det Termometer, der skal indeles, og Cylinderen anbringes ved Siden af hinanden i det kolde Vand; dette opvarmes langsomt, og der sættes Mærke paa Termometerrøret, hver Gang Vædsken i Cylinderrøret staar ved en af Delestregerne. Denne Angivelse gaar tilsyneladende ret upaaagtet hen, men selve Princippet tages — som vi senere skal se — flere Gange op igen.

Inden jeg forlader Redegørelsen for Boyles Stilling til Termometerspørgsmaalet, er der endnu en Ting af Betydning at omtale. Det er, hvad han skriver om „Aarsagen til Fortætningen af Luften og Stigningen af Vandet i almindelige Vejrglas“¹⁾. Han medtager disse Betragtninger, fordi selv de simple Fænomener angaaende almindelige Termometre endnu ikke er blevne tilstrækkeligt undersøgte. Den første Mening om Aarsagen til ovennævnte Fænomen er den, som næres af „the schools and Peripateticks“ og Hovedmængden af lærde Mænd af forskellige Sekter, som lærer, at naar Kulden i den ydre Luft sammentrækker Luften, der er indeholdt i Vejrglasset, og derfor trækker den sammen til et mindre Rum, saa maa Vandet stige for at der ikke skal opstaa et Vakuum, som Naturen afskyr“. Boyle ivrer stærkt mod denne Anskuelse, og selve Iveren er dog et Tegn paa, at de gamle Anskuelser er ret livskraftige endnu. — Interessantere er hans Bemærkninger angaaende den Mening, „som udtales af nogle moderne Naturalister, som erkender, at Luften har Vægt, og som derved forklarer Stigningen af Vandet i Vejrglas. De lærer, at naar Kulden af den omgivende Luft faar den indelukkede Luft til at trække sig sammen til et langt mindre Rum end før, vil Vandet ved den omgivende Lufts større Tryk presses op i Røret i det Rum, som blev forladt af Luften, der har trukket sig sammen.“ Denne Forklaring, siger Boyle, er vel sand, men ikke til-

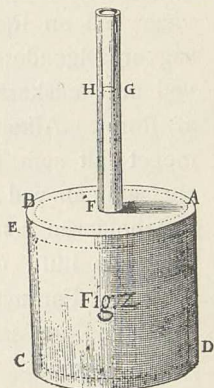


Fig. 13.

¹⁾ Hist. of C. S. 74.

strækkelig, og han vil derfor tilføje, hvad der mangler. Den anførte Hypothese giver vel en rationel Grund for, hvorfor Vandet drives op paa den Plads, der er forladt af Luften, men den antager da, at Luften bringes til at trække sig sammen ved Kulden alene, mens efter Boyles Mening den rette Forklaring er, at den indespærrede Lufts Tryk (spring) formindskes ved Kulden, og at derfor den ydre Lufts Tryk (pressure), der stadig er det samme, vil drive Vandet op. Boyle viser ved en Række Forsøg, at han har Ret. Et af hans Forsøg er følgende: et Termometerrør med Luft i Kuglen, afspærret ved en Vædskesøjle, tilmeltes, da Søjlen stod tæt ved Enden af Røret. Afkøledes nu Kuglen stærkt, flyttede Vædskens sig meget lidt som Tegn paa, at Luften kun i ringe Grad trækker sig sammen ved Afkøling; brødes Spidsen af, foer Vædskens hen i Beholderen som et Tegn paa, at det er Trykket af den indespærrede Luft, der er forandret. Boyle har altsaa her peget paa den Forandring i en Luftmasses Egenskaber, som først Amontons og senere den allernyeste Tid har brugt til Temperaturmaaling.

I de første Aartier efter, at Boyle har skrevet det, der nu omtaltes, sker der ikke nogen gennemgribende Forandring i Termometrenes Indretning eller i Temperaturskalaen; der er Forslag fra Dalencé¹⁾ om at bruge en Termometerskala med to faste Punkter og Inddeling af Afstanden mellem disse i et vist Antal lige store Dele, men de „faste“ Punkter er delvis upraktisk valgte (Smørs Smeltepunkt — Lufttemperatur ved Frysningens Begyndelse eller Temperaturen i en dyb Kælder — Temperatur af en bestemt Kuldeblanding). Et Arbejde, der udtrykkelig tager Sigte paa en Forbedring af Termometrenes Indretning og som har haft Betydning, er offentliggjort af Halley²⁾. Afhandlingen hedder: „An account on several Experiments made to examine the Nature of the Expansion and Contraction of Fluids by Heat and Cold in order to ascertain the Divisions of the Thermometer and to make that Instrument in all places, without adjusting by a Standard.“ Det viser sig, at hans Forsøg gaar ud

¹⁾ Lamberts Pyrometri, S. 50.

²⁾ Phil. Trans. 1693, S. 650.

paa at finde, for det første, hvilken Vædske, der egner sig bedst til Termometre, for det andet: faste Inddelingspunkter. Han undersøger de tre Vædsker: Vand, Kviksølv og Sprit og iagttaget, hvor meget de stiger i et Slags Dilatometre, naar de opvarmes ved, at Dilatometrene anbringes i Vand, der efterhaanden opvarmes til Kogning; han angiver intet bestemt om Vædskernes Begyndelsestemperatur. Det Dilatometer, han bruger til Vand, er større end dem, der bruges til de andre Vædsker. Vandet i Dilatometret stiger først meget langsomt; først naar Vandet udenom har kogt i nogen Tid, naar dets Stand et Maximum; det trækker sig ved Afkøling sammen igen. Han slutter af disse Iagttagelser, at Vand egner sig daarligt til Termometer-vædske, da det udvider sig for lidt ved Opvarmning til almindelig Sommervarme, og det fryser i Vinterkulden. I Modsætning til Vandet begyndte Kviksølvet strax at stige, da det blev sat ned i varmere Vand, og naaede sin højeste Grad, næsten før Vandet kogte udenom det; det udvidede sig omtrent $\frac{1}{74}$ Del af sit første Rumfang: „And after it boiled, though I let it stand very long over the fire, I could not discern, that the most vehement boiling had any effect on it above what appeared, when it first began to boil. — This fluid being so sensible of a gentle Warmth and withall not subject to evaporate without a good degree of fire, might most properly be applied to the Construction of Thermometers were its Expansion more considerable.“ Halley gør ikke opmærksom paa, at det af Forsøget fremgaar, at Vandet har konstant Varmegrad under Kogningen, hvilken Iagttagelse ofte føres tilbage til ham. Mon han ikke snarere er gaaet ud fra dette som en given Ting? Han bemærker jo som en naturlig Ting, at Vandet i Dilatometerrøret naar et Maximum. Naar han udtrykkelig fremhæver, at Kviksølvet beholdt sin Stand længe, mens Vandet kogte udenom, har han maaske blot villet gøre opmærksom paa, at det ikke fordamper ved denne Varmegrad, da han omtaler denne Egenskab i den ovenfor citerede Udtalelse.

Ved sin Undersøgelse af Sprittens Udvidelse ser han, at den koger ved en lavere Varmegrad end Vandet, og han bliver forundret over at se, hvor nøjagtig denne Varmegrad var bestemt ved Sprittens Udvidelse; thi i det Øjeblik, Vædsken naaede

et bestemt Mærke paa Halsen, begyndte den at udsende Bobler¹⁾. „This degree of Heat which made Spirit of Wine begin to boil, being determined so nicely as I have said, made me conclude, that this might very properly be taken for the Limit of the Scale of Heat in the Thermometer.“ . . . Han bemærker, at Sprittens Styrke vistnok har Indflydelse paa denne Varmegrad. Forsøgene er gjorte 1688. — Han siger, at han havde tænkt at give Anvisning paa en Metode til at konstruere og regulere Termometre, men han vil gøre nogle Forsøg først. Blot vil han bemærke, da nogle af de i Brug værende Sprittermometre begynder deres Gradering fra Anisoliens, andre fra Vandets Frysepunkt, at han ikke mener, at disse Punkter kan bestemmes uden med betydelig Usikkerhed. Han mener tillige, at netop Begyndelsen af Skalaen for Varme og Kulde skulde ikke være saadant et Punkt, hvor en eller anden Ting fryser, men hellere saadanne Temperaturer paa Steder dybt under Jorden, hvor Sommervarmen og Vinterkulden har vist sig uden Virkning. Halley gør altsaa ikke selv noget Skridt til Forbedring af Termometerskalaen, men hans Antydning af, at Kviksølvet kan bruges til Termometervædske, tages til Følge af Fahrenheit nogle Aar senere, og det bliver ligeledes af Betydning, at man af hans Forsøg kan se, at Vands Temperatur ikke forandres under Kogningen.

¹⁾ Phil. Trans. 1693, S. 654.

Forbedringer i Registrering af Temperaturer.

I 1702¹⁾ sker der derimod noget virkelig nyt. Amontons konstruerer et Lufttermometer, der baseres paa et nyt Princip, og som har en rationel, theoretisk begrundet Skala. Det har to praktiske Mangler: Med de Hjælpemidler, som er til Raadighed i Datiden, er det noget omstændeligt at lave, og det er stort og uhandeligt. Amontons foreslaar selv at bibeholde de sædvanligt brugte Sprittermometre til praktisk Brug, men at gradere dem efter hans²⁾, et Forslag, som ikke har vundet Datidens Bifald; det er i hvert Fald ikke fulgt, og det er egentlig først $\frac{3}{4}$ Aarhundrede senere, at Amontons' Termometer finder paaskønnende Omtale, og først i det 19de Aarhundrede, at Termometre grundede paa samme Princip kommer til Anvendelse, særlig i fuldkomnere Form til Standard-Termometre.

Amontons' Termometer bestod af en ret stor Beholder *D* fyldt med Luft, der afspærres ved Hjælp af Kviksølv, der gaar op i et med *D* sammensmeltet, bøjet Rør *BA*, der er aabent til Luften. Beholderen *D* indeholder saa megen Luft, at dens Tryk, naar *D* holdes i kogende Vand, er ca. 73 Tommer Kviksølv. Kviksølvet staar nemlig i

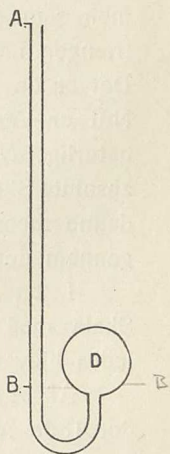


Fig. 13.

¹⁾ Mem. de l'Acad. des sciences 1702, S. 155.

²⁾ Hist. de l'Acad. des sc. April 1703.

saa Fald i Højde med B og lidt under A , og AB er ca. 46"; idet Barometerstanden er ca. 28, bliver Trykket som anført. Afkøles nu D , vil Luftens Tryk formindskes, og Temperaturen foreslaas da maalt ved det Tryk, Luften i D udøver, og naar D er stor i Forhold til Rørets Vidde, vil forskellige Termometre være overensstemmende.

Beskrivelsen af Termometret er ledsaget af en Redegørelse, hvis Resultater fastslaas i følgende Udtalelse¹⁾: „Erfaringen har ladet mig erkende, at ulige store Luftmasser under samme ydre Tryk forøger i samme Forhold deres Spændkraft (force de leur ressort) ved lige store Varmegrader (Forøg. i Varmeg.), og at de Spændkræfter, som de modtager, er saa meget mere betydelige, som de Vægte, hvormed de presses sammen, er store.“ Dette er ubehjælpsomt udtrykt det, som Nutiden udtrykker ved Ligningen $\frac{dp}{p_0} = kdt$, hvor Rumfanget er konstant. Det fremgaar endvidere af Afhandlingen, at Amontons forestiller sig Varmen som en Sværm af Smaalegemer i hurtig Bevægelse, som trænger ind i Luftmassen og holder dens Dele fra hinanden. Det er da Varmen, der er Aarsag til Trykket, og ved Trykket Nul er Varmen Nul. Herved faar den Amontonske Skala et naturligt Nulpunkt — det samme som i Nutidens saakaldte absolute Skala. Lambert gør i sin „Pyrometri“ opmærksom paa denne theoretiske Side af Amontons' Temperaturbegreb, at man gennem dette faar angivet „Varmens Kraft“.

I en senere Afhandling²⁾ sammenligner Amontons sin Skala med en, som Newton anonymt foreslog, og som ligeledes blev uden praktisk Betydning. —

Af et Par spredte Ytringer, som jeg tilfældigvis traf paa i det 18de Aarhundredes videnskabelige Literatur, kunde jeg se, at Ole Rømer rimeligvis havde givet sig af med Konstruktion af Termometre, og at der havde existeret en vis Forbindelse mellem ham og Fahrenheit. Jeg skal senere komme tilbage til disse Udtalelser; de havde den Virkning, at jeg paa Bibliotheker og Arkiver her i København søgte, om det var muligt at finde

¹⁾ Mem. de l'Acad. 1702 S. 156.

²⁾ Mem. de l'Acad. Roy. 1703 S. 200.

Spor af Rømers Arbejder. Sidst søgte jeg paa Universitetsbibliotheket, idet jeg troede, at de Rømerske Papirer, som dette havde besiddet, var brændte 1728. Imidlertid var det dér, at jeg fandt, hvad jeg søgte. Der findes nemlig Rømers „Adversaria“, en Bog i Folio indbundet i brunt Omslag¹⁾. En Bemærkning paa sidste Side viser, hvorledes den er kommen i Bibliothekets Eje og har undgaaet Branden 1728 ved, at Rømers Enke, der blev gift med Th. Bartholin, har haft Bogen, men 1739 har skænket den til Bibliotheket. Der staar: „Saasom min første Salig Mand Olaus Römer hafver ladet disse cahiers indhefte udi pergament, skulde jeg formode, at hand self hafver holdet dem for at være af nogen importance, hvorfor ieg dette volumen vilde hafve husset paa Biblioteca Academica iblandt andre manuskripter om nogen formodentlig derudi kunde finde noget nyttigt.

E. M. Bartholin.

©. Th. Bartholins.

in octobre 1739.“

Bogen indeholder et helt Afsnit om Termometret og desuden et Par spredte Meddelelser om Temperaturmaalingen, hvorom senere. Rømers Indretning af Termometret forekommer mig at have betydelig Interesse; han er aabenbart den første, der har konstrueret Termometre med de to faste Punkter: Tøsnes Temperatur — „Nix sine gelu et calore“ — og Kogepunktet for Vand og med Inndeling af Røret i ligestore Rumdele. Det Tidspunkt, hvor dette er sket, kan ogsaa fastsættes, dels efter hans egne Bemærkninger, dels efter Horrebows til omtrent 1702. I „Adversaria“ S. 131 b staar der en Henvi-
 ning til en Artikel af Amontons i Mem. de l'Acad. Royale des sciences 1703, pag. 200, som jeg ovenfor omtalte; den indeholder en Sammenligning mellem Amontons og Newtons Angivelser af de samme Temperaturer, og Römer gør et kort Uddrag af Sammenligningstabellen. Derefter tilføjer han: „Iagttagelse af begyndende Frost og Vandets Kogning synes mig i højest Grad skikket til (at bruge ved) Konstruktion og Inndeling af et universelt Termometer, da det første Punkt er tilstrækkelig bestemt, og

¹⁾ Sproget i „Adversaria“ er hovedsagelig Latin.

det sidste imod min tidligere Mening fortjener Tiltro efter overensstemmende lagttagelser og paalidelige Forsikringer af de franske, at kogende Vand ikke kan forøge sin Varme, efter at Kogningen er begyndt.“ Rømer synes altsaa 1703 at være sikker paa Princippet. Af Horrebows Bemærkninger i „Adversaria“ fremgaar det, at Rømers Termometre er lavede ca. 1702. Horrebow skriver¹⁾:

„1741 d. 10de April spurgte jeg Rømers Enke, naar han havde lavet de 5 Termometre²⁾. Hun svarede, at de var blevne lavede i hendes Nærværelse, men at hun nu ikke huskede nogen samtidig Begivenhed, hvorved Tiden kunde fastslaas; men Rømer havde ikke kunnet gaa ud paa den Tid paa Grund af et Benbrud. Derfor hændte det før 1703, i hvilket Aar jeg i Juni kom ind paa Rømers Observatorier; thi Rumohr, John og andre Tjenere³⁾ (Husfæller?) fortalte, at han havde ligget farlig syg som Følge af en Saarfeber efter et Benbrud.

D. 17de April kom Rømers Enke til mig og sagde, at nu var hun vis paa, at disse Termometre var lavede 1702.“

Det Afsnit i „Adversaria“, der handler om Termometre, og hvad dertil hører, strækker sig fra S. 113 b til 118 b — idet jeg betegner første Side af et Blad med *a*, anden med *b* — ialt 11 Sider. Det første Afsnit hedder: „Om Maaling af Glasrør til Termometre.“ De første $1\frac{1}{2}$ Side giver en Løsning af den Opgave at inddele Termometre med forskellige Dimensioner af Kugle og Rør saaledes, at disse Inddelinger er overensstemmende, d. v. s., at f. Ex. Volumen af 10 Inddelinger overalt staar i samme Forhold til Beholderens Volumen. Rørdiametrene finder han ved en Kviksølvdraabes Hjælp; han anbringer den i Røret og maaler dens Længde, dernæst vejer han den og beregner dens Rumfang, idet han gaar ud fra, at en Kubikfod Kviksølv vejer 837 ℔; dette sidste viser, at han regner Kviksølvet Vægtfylde til $13\frac{1}{2}$, thi i det Maalesystem, Rømer den Gang bruger, er Pundet bestemt saaledes, at en Kubikfod Vand vejer 62 ℔.

¹⁾ Adv. S. 118 b.

²⁾ Tidligere er omtalt, at hun har bragt Horrebow disse.

³⁾ Der bruges Ordet Domesticus. Erasmus Bartholin, i hvis Hus Rømer var i 9 Aar som ung, kalder ham min „domesticus Monsieur Rømer“ — mon da ikke domesticus = Assistent.

Naar Draabens Længde og Rumfang saaledes er bestemte, beregner han Diametren af den og dermed af Røret paa den Strækning, hvor Draaben ligger. At Rømer i denne Sammenhæng beskæftiger sig med dette Problem hænger vel sammen med, at mange foreslog — som tidligere omtalt — at lave overensstemmende Termometre efter Princippet: eet fast Punkt og Røret inddelt i lige store Rumdele, der paa alle Termometre stod i samme Forhold til Beholderens Rumfang. Han antager, at han i et Termometer, hvor Rørets Diameter er a og Beholderens b , har en Længde c af 10 Inddelinger og søger da Længden C af 10 Inddelinger paa et andet Termometer, hvor Rørets Diameter er A og Beholderens B , og hvor Rumfanget af 10 Inddelinger har samme Forhold til Beholderrumfanget som i det første. Meningen med de vidtløftige Opskrivninger, der fører ham til Resultatet, er da:

$$\frac{\frac{\pi}{4} a^2 c}{\frac{4}{8.3} \pi b^3} = \frac{\frac{\pi}{4} A^2 C}{\frac{4}{8.3} \pi B^3}; \quad \frac{c}{C} = \frac{A^2 b^3}{B^3 a^2}.$$

Af denne Ligning kan da C findes, naar de andre Størrelser er maalte; han regner dernæst et Tal eksempel. Desuden gør han opmærksom paa og gennemregner et Exempel paa, at man kan finde A eller B , naar C og henholdsvis B eller A er givne.

Efter de ovennævnte Beregninger bemærker han¹⁾: „Dette er det rigtige, om det end er besværligt og ikke meget vedkommer mit Forehavende, som gik ud paa at undersøge Uregelmæssigheden i Rørenes Hulhed, der som oftest er konisk eller af uregelmæssigere Form.

Jeg undersøger deres Form ved en Draabe Kviksølv, førend Kuglen udblæses. I det ovenfor omtalte Rør har jeg fundet en tilstrækkelig regelmæssig Hulhed, saa at en Draabe Kviksølv i Midten var af en Længde $7\frac{1}{2}$ (ligegyldige Enheder) i den bredere Ende 8, i den tynde 7. Mellem disse Punkter var der 10 Tommer. Man kan altsaa sikkert tage denne Hulhed for en afstumpet Kegle²⁾. Paa den maa der da foretages

¹⁾ Side 114 a.

²⁾ Fremhævet af K. M.

ulige store Termometerinddelinger, nemlig større mod den tyndere Ende og mindre mod den større Grundflade.“

De følgende Sider handler nu om Inddeling af koniske Rør i lige store Rumdele.

Han har givet et Glasrør Ae , hvor en Kviksølvdraabe har Længden 7 i den ene Ende ved AB og Længden 8 i den anden Ende ved ef ; Rørets Længde er 10 Tommer, og han søger da Diametren x af Tværsnittet af Røret paa et Sted c midt imellem

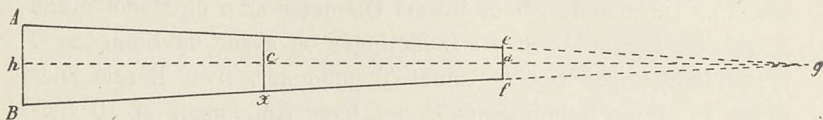


Fig. 14.

de to Ender af Røret. Opgaven løses paa meget omstændelig Maade; det anvendte Ræsonnement er i Hovedsagen følgende: Tværsnitsarealerne ved Rørets Ender forholder sig omvendt som de givne Længder af Kviksølvdraaberne, altsaa som $7/8$, Diametrene paa de samme Steder som Kvadratrødderne af disse Tal. De tre Tværsnitsarealer, som vi betragter, er Grundflader i 3 ligedannede Kegler, af hvilke den enes Volumen er den halve Sum af de to andre; Volumenerne forholder sig som 3dje Potens af enslyggende Linier, altsaa har man:

$$x^3 = \frac{\sqrt{7^3} + \sqrt{8^3}}{2}; \quad x = \sqrt[3]{\frac{7\sqrt{7} + 8\sqrt{8}}{2}};$$

Rømer udtrykker dette meget vidtløftigere og slutter derfor med at sige, efter at Resultatet er naaet: „Dette har jeg meget klarere i Tanken, end jeg kan affatte det med Pennen.“ Ligesom for at vise sig selv, at han godt kan udtrykke det samme kort og koncist, skriver han dernæst „aliter“ og gengiver paa 4 Linier et lignende Ræsonnement som det, der paa en Side har ført ham til Resultatet.

„Kegler forholder sig som Kuber, Højderne som Kubikrødder. Den store og den lille Kube eller Kegle har kendte Højder; den midterste Kegle har en bekendt Størrelse midt imellem de to andre. Altsaa er dens Kubikrod = Kubikroden af den halve Sum af de andre.“

Dette anvendes dernæst¹⁾ til at finde cg for den midterste Kegel, idet Forholdet mellem dg og hg er som $\sqrt{7} : \sqrt{8}$ og $dh = 10$. Disse Tal opgives paa følgende Maade: „I mit ny Termometer²⁾ er de yderste Arealer, hvis indbyrdes Afstand er 10 Tommer, fundne at være, det største 8, det mindste 7.“ Han opstiller en Type for Beregningen, der sker ved almindelig Logarithmeregning (6 zifrede), og han finder da: $\frac{cd}{ch} = \frac{16}{15}$. Dernæst findes paa samme Side en Tabel over, hvad de samme Beregninger har givet under Forudsætning af andre Værdier for Forholdet mellem Arealerne ved Rørets Ender. Resultater for dc og hc (hvis Sum er $= 10$) er angivet for 10 Værdier af ovennævnte Forhold, nemlig:

$$\frac{75}{100}, \frac{77\frac{1}{2}}{100}, \frac{80}{100} \dots \dots \dots \text{med Mellemrum } \frac{2\frac{1}{2}}{100};$$

Den næste Side³⁾ begynder med følgende: „I det færdige Termometer, hvorom det er erfaret, at det til 60 Inddelinger kræver en Længde af 8 Tommer, skønnedes (det passende) Forhold(et) mellem de yderste Arealer at være forskelligt som $\frac{10}{9}$.“

Han gentager da Beregninger som de ovenfor omtalte for dette Rør og finder Forholdet mellem de Længder paa Røret, der svarer til 4 ligestore Rumdele; Længderne af disse angives at være:

14,417; 14,824; 15,194; 15,563, der altsaa er Længderne af de enkelte 4de Dele af Delingen i 60. Det længste Stykke ligger nærmest ved Beholderen, saaledes, at „den første Kvadrant fra 0 til 15 er $\frac{15,563}{60}$ “ o. s. v. Dernæst tilføjes: „og ved dette bør

man blive staaende for det originale Termometer, overhovedet paa en hvilkensomhelst Tid og Sted, vil man burde indrette det efter den almindelige Regel, medmindre Experimentet skulde kræve det anderledes!

Kogning 60, Sne uden Kulde og Varme $7\frac{1}{2}$.“

Derefter tilføjes en Bemærkning om, at de angivne Bereg-

¹⁾ S. 115 a.

²⁾ Fremhævet af K. M.

³⁾ S. 115 b.

ninger til Inddeling af Keglestubben er rigtige nok, men ikke tilstrækkelig klare og kortfattede, og næste Side¹⁾ begynder med en Optakt, der skal opmuntre ham til at blive ved. „Ved at arbejde os gennem Tallenes Morads (der har først staaet Labyrinth) er vi endelig komne paa farbar Vej.“

Glasrøret ac deles ved Planen b i to ligestore Rumdele; Stedet b er fundet ved at fylde Rørets halve Rumfang Kviksølv i — en Løsning, som han tidligere har antydnet. Derved er

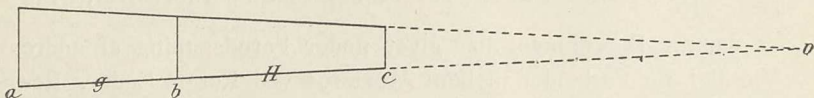


Fig. 15.

fundet, at Længden $bc = m$ er større end ab , der kaldes $m - d$. Han søger dernæst Højden $x = cv$ af den Kegel, der er Fortsættelse af Stubbene, og han angiver et tilnærmet Udtryk for den, nemlig: $x = \frac{2m^2 - 3md + \frac{1}{2}d^2}{d}$. De Mellemregninger, der

fører til Udtrykket, er ikke opskrevne, men man kommer til det, hvis man benytter hans forud angivne Metode; i Følge denne er:

$$2(x + m)^3 = x^3 + (x + 2m - d)^3;$$

Finder man nu af denne Ligning x , idet man bortkaster Potenser af d , højere end 2den, faar man det tilsvarende Udtryk. Han anvender det strax paa et Tal eksempel, hvor $bc = 11$, $ab = 9$ og finder $x = 89$.

Paa næste Side²⁾ fastslaas en bekvem Form, hvori ovenstaaende Resultat kan udsiges, og efter hvilken Regningen kan udføres; der indføres nu nye Betegnelser: $m = a$, $m - d = b$; indsættes disse Værdier faas: $x = \frac{2ab - \frac{1}{2}(a^2 - b^2)}{a - b}$. Den halve

Differens mellem a^2 og b^2 trækkes fra det dobbelte Produkt af a og b ; det udkomne er $x(a - b)$.

Efter dette Skema beregnes x for en Række sammenhørende Værdier af a og b alle med Differensen 1. Dernæst beregnes Volumina af Keglerne med Højderne x , $x + a$ og $x + a + b$;

¹⁾ S. 116 a.

²⁾ S. 116 b.

deraf findes igen Keglestubbenes Volumina. Disse Beregningers Resultater er opstillede i Skemaform; for at give et Begreb om denne praktiske Ordning anføres et Eksempel:

$$\begin{array}{r}
 a = 2 \square 4 \\
 b = 1 \square 1 \\
 \hline
 \text{diff. } 3 \\
 \text{Halvd. } 1\frac{1}{2} \\
 \text{Dobbelte Pr. } 4 \\
 \hline
 x = 2\frac{1}{2}. \quad (\text{Dette } 2,5 \text{ burde være } 2,49705.)
 \end{array}$$

Højder eller Kubikrødder	Kubiktal	Keglestubbe ligestore
2,5	15,625	
2		75,500(302)
4,5	91,125	250
1		75,250(301)
5,5	166,375	

Det vil ses, at de rigtige Resultater er anførte ved Siden af disse tilnærmede. Det samme er gjort ved de andre Eksempler, hvor a og b har højere Værdier, hvor altsaa Forskellen staar i et med Praxis mere stemmende Forhold til Værdierne. Saaledes vises, at for $a = 4$, $b = 3$ bliver $x = 20,5$, mens den nøjagtige Værdi er $20,4966$, hvorefter der tilføjes, at denne Forskel er uden Betydning i Praxis, saa at Reglen giver tilstrækkelig god Tilnærmelse. For Tilfældet $a = 11$, $b = 9$, der gav $x = 89$, er den nøjagtige Værdi ogsaa funden og angives at være $x = 88,9967\frac{1}{2}$.

S. 117 a findes de Regninger anførte, som fører til den nøjagtige Værdi for x i det Tilfælde, at $a = 11$, $b = 9$. Endelig findes som Supplement paa S. 118 b et tilnærmet Udtryk for Højden i den mellemste af de tre ovenomtalte Kegler; Tilnærmelsen faas paa samme Maade som ovenfor beskrevet.

Hermed har Rømer aabenbart ment at have angivet en tilstrækkelig bekvem Metode til Inddeling af et konisk Rør i ligestore Rumdele, og han gaar nu over til Hovedsagen, til det, for hvis Skyld denne Opgave er løst.

S. 117 b har til Overskrift:

„At konstruere et originalt Termometer“.

I. „Ved en Draabe Kviksølv undersøges om Røret er af regelmæssig Hulhed, cylindrisk eller konisk, førend Kuglen udblæses. — Uregelmæssige Former kasseres; den cylindriske anvendes uden yderligere Undersøgelse. Angaaende de koniske maa man forholde sig saaledes:

II. Fra Midten af Røret mod Yderpunkterne tager man Længderne af Kviksølvdraaben.

III. Naar paa Grundlag af dette Experiment Inddelingernes Deling i to ligestore Dele er givet, deles hver af disse igen i to ligestore Dele ved forholdsvis Forøgelse eller Formindskelse, og hele Røret vil saaledes være delt i fire ligestore Dele.

IV. Naar Termometret er fuldført, fyldt og lukket, fastsætter man ved Sne eller stødt Is Delingspunktet $7\frac{1}{2}$, ved Kogning Punkt 60.“

Efter disse Anvisninger er der Bemærkninger, skrevne med Horrebows Haand og med hans Underskrift, som supplerer disse og tillige giver Oplysning om, at Horrebow har ønsket at bruge en anden Inddelingsmaade. „Afstanden fra Sneens Grænse til Kogningen (Tøpunkt til Kogepunkt) delte Rømer i 7 ligestore Dele, af hvilke han tog een nedenfor Snegrænsen til Brug for større Kuldegrader, og da han derefter lagde Mærke til, at Termometret sank under 0, begyndte han at tælle ned efter fra 0 med Tegnet $\div$ foran. Det synes mig mere praktisk saaledes: Mellem Kogepunktet og Sneen tages 4 ligestore Dele, af hvilke en tages nedefter. Del disse enkelte 5te Dele i 20 Dele, og Du har 100 Dele, et rundt Tal. Under dem er det aldrig iagttaget, at Termometret synker i København. Men Opfindelsen bør dog tildeles Rømer, som den virkelig tilhører.

1739 sendte Rømers Enke mig 5 Glas til Termometre, hvilke Rømer selv efter sin ovenfor skrevne Regel havde fyldt og delt med to Punkter. Vinaanden i dem er temmelig bleg, skønt Rømer paa sædvanlig Maade har farvet den med Safran; dog har jeg, fordi det er Opfinderens egne Præparater, tilføjet, hvad der manglede i Arbejdets Fuldførelse, nemlig Maalestokke, delte paa min Maade, som jeg nylig har beskrevet. Efter at

dette var skrevet, spurgte jeg Rømers Enke, om hun vidste, om Rømer, efter at jeg havde forladt hans Observatorier, havde gjort nogen Forandring paa sit Termometer. Hun sagde, at det vidste hun ikke, men hun gav mig Rømers „vade mecum“, i hvilket jeg fandt et løst Blad, der er fastklæbet her efter næste Blad. Paa det ser jeg, at Rømer for Sne har fastsat Delingspunktet 8, og saaledes synker, saavidt vi véd, Vinaanden aldrig i København under 0, og det bemærkes, at Vinaanden d. 7de

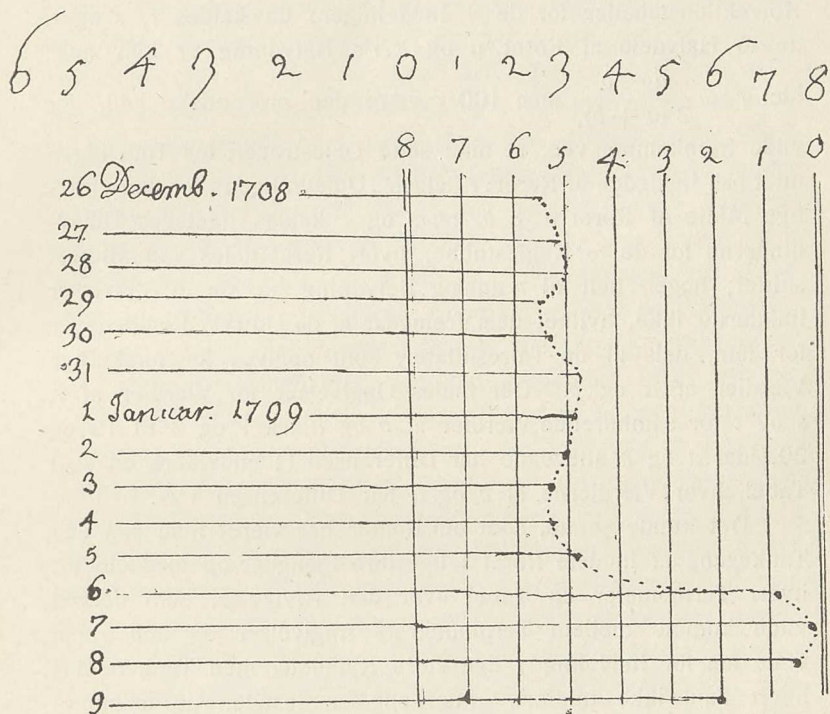


Fig. 16.

Januar 1709 blot sank til $7\frac{9}{10}$, d. e. efter vor Inddelingsmaade 12,15, thi $52 : 7,9 = 80 : 12\frac{2}{13}$. Dog er det bedre at inndeles paa vor Maade, saa at der nedenfor lades Plads til større Kulde, maaske paa Island og Grønland.“ Nederst paa Siden har Horrebow skrevet: „Se Blad 115: „Hvis ikke Experimentet kræver det anderledes.““

Det løse Blad, som Horrebow omtaler, indeholder en Temperaturtabel, der angiver Temperaturen for hver Dag fra 26de

December 1708 til 1ste April 1709. Som en Prøve paa Tabellens Ordning anføres den første Del af den (Fig. 16), der tillige har Interesse for det følgende. Rømer har forbundet de afsatte Punkter med en punkteret Linie, saa at Tabellen fremviser en Temperaturkurve.

Ovenover Tabellen staar der skrevet med Horrebows Haand: „Mutaverat ergo Roemerus primum suum propositum.“

De to følgende Sider, 118 a og 118 b, indeholder en Slags Korrektionstabeller for de 4 Inddelinger; de kaldes r , s og t , de to Halvdele af Røret a og b . r 's Betydning er klar nok;

idet $r = \frac{a - b}{2(a + b)}$, maa 100 r være den procentiske Fejl, der

vilde fremkomme ved, at man satte Delestregen for Todelingen midt paa Længden af Røret. r kaldes „Udjevningen“ for den virkelige Midte af Røret $a + b$, og s og t kaldes ligeledes Udjevningerne for de to Keglestubbe, hvori Røret deles ved Midternittet; nogen helt til r analog Betydning har de to Størrelser imidlertid ikke, hvilket dels fremgaar af de Udtryk, Rømer giver for dem, dels af de Talresultater, som opgives for forskellige Værdier af a og b . Der findes Opgivelser for Værdier af r , s og t for samhørende Værdier af b og a fra 1 og 2 til 19 og 20, idet a og b allevegne har Differensen 1; endvidere en kort Tabel, hvor Værdierne af b og a har Differensen $1\frac{1}{2}$.

Det kunde se ud, som om Rømer har været inde paa den Tankegang at inddele Røret i ligestore Længder og meddele for hvert Termometer en Tabel over den Afvigelse, som derved vilde komme mellem Termometrets Angivelser og den, man vilde faa for Inddeling i lige store Rumdele, men Tanken er i hvert Fald ikke fuldført, Mærkelig er desuden de usymmetriske Værdier for Nævnerne i s og t , der gør deres Betydning gaadefuld: $s = \frac{a - b}{10a - 2b}$; $t = \frac{a \div b}{10b - 2a}$ ($a > b$).

Efter denne Oversigt over Indholdet af de omtalte 11 Foliosider, som Rømer har helliget sit „ny“ Termometers Konstruktion, er det betimeligt kort at paapege, hvorledes hans Fremgangsmaade er, og hvori det nye ved hans Metode bestaar.

Hovedpunktet i Metoden er altsaa: at basere Termometerinddelingen paa to faste Punkter, Smeltepunktet for Tøsne og Tempe-

raturen for kogende Vand, og dele Termometerørret derimellem i lige store Rumdele, idet der tages Hensyn til, om Røret er cylindrisk eller ikke. Efter Horrebows Mening har Rømer ligefrem delt Afstanden mellem de to Punkter i 7 ligestore Dele og afsat én nedenfor Tøpunktet; men saa simpelt stiller Sagen sig maa-ske alligevel ikke. Hvad der taler derimod er den Omstændighed, at Rømer kun angiver Metoder til at todele et Rør — heraf følger naturligvis, at denne To-Deling kan fortsættes efter samme Fremgangsmaade paa de Stykker, der fremkommer ved den første Deling — men alt i alt tjener den angivne Metode kun til at dele et Rør i et Antal Dele, der er en Potens af 2. Jeg anser det for rimeligst — særlig i Henhold til S. 115 b — at Fremgangsmaaden har været følgende: Rømer finder Kogepunkt og Frysepunkt paa sit Termometer og vedtager, at der skal staa 60 og $7\frac{1}{2}$ ved disse; han kender Rørets Diameter paa en Strækning tæt ved Beholderen¹⁾ og paa Strækningen omkring 60; han ser, at Afstanden fra Frysepunkt til Kogepunkt er omtrent $\frac{7}{8}$ af Rørets Længde, og han vil altsaa ved at sætte $7\frac{1}{2}$ ved Frysepunktet opnaa, at Nulpunktet bliver omtrent nede ved Beholderen paa den Strækning, hvor han kan regne med Diametren 0,9. Han regner da ud paa Forhaand, hvor lang en Strækning paa Røret, der gaar paa de første 15 i Rumfang ligestore Grader, deraf igen Udstrækningen af de første $7\frac{1}{2}$; denne Afstand afsættes nedad fra Frysepunktet, og dermed er Nulpunktets nøjagtige Beliggenhed bestemt. Hvis man paa denne Maade skal lave overensstemmende Termometre, maa man sørge for et saadant Forhold mellem Rørdiameter og Kugle-Diameter, at Vædsken tilsyneladende Udvidelse fra Frysepunktet til Kogepunktet er ca. $\frac{7}{8}$ af Rørlængden. Rømer giver jo imidlertid i Indledningen Anvisning til at finde Kuglediameteren svarende til en vis Rørdiameter, naar dette Forhold har en opgiven Værdi.

Naturligvis er det ogsaa muligt, at Rømer ved sine „Bi-

¹⁾ Det er rimeligt at udtrykke sig saaledes, da han beregner Rørets Diameter ved Hjælp af en Kviksølvdraabe, om hvilken han forudsætter, at den er cylindrisk (jvfr. S. 113 b, hvor Draabens Længde er 58 Linier paa det smalleste Sted af et Rør, der er 18").

sectioner“ har delt Afstanden mellem Frysepunkt og Kogepunkt i et lige Antal ligestore Dele, men det forekommer mig mærkeligt, hvorfor han da har gjort det besværlige Valg af $7\frac{1}{2}$ for Frysepunktet. At han netop sætter 60° ved Kogepunktet hænger vel sammen med hans megen Beskæftigelse med Vinkelmaaling.

Altsaa min Anskuelse er: Rømer har paa sine lukkede Sprittermometre fastsat Frysepunkt og Kogepunkt, og, hvis Røret er cylindrisk, delt dette i ligestore Dele — $52\frac{1}{2}$ — med $7\frac{1}{2}$ ved Frysepunkt og 60 ved Kogepunktet. Ved koniske Rør finder han først paa ovenangivne Maade Nulpunktet og derefter de øvrige Inddelinger. Hvis han paa denne Maade vil lave ensartede Termometre, maa han vælge Dimensionerne saaledes, at Spritten ved Frysepunktet staar et Stykke op i Røret, der mindst er $\frac{1}{8}$ af Afstanden fra Frysepunkt til Kogepunkt. Det er værd at lægge Mærke til, at Rømers Nulpunkt ligger i en Afstand fra Frysepunktet, der er $\frac{1}{7}$ af Afstand fra Frysepunkt til Kogepunkt; sammenlignet med Fahrenheits Termometer ligger Rømers Nulpunkt $25\frac{5}{7}$ Fahrenheits Grader under Frysepunkt eller svarer til $6\frac{2}{7}^\circ$ Fahrenheit.

Rømers Termometre har i hvert Fald eksisteret til 1748¹⁾, da Horrebow i sin „Elementa philosophia naturalis“, S. 144, siger, at han af Rømers Enke har faaet 5 Termometre, lavede 1702, som han endnu har. I „Adversaria“¹⁾ fortæller Horrebow yderligere, at han har undersøgt dem:

„I Begyndelsen af April 1741 løste jeg fra Maalestokkene 5 rømerske Termometre og prøvede dem dernæst i Sne og kogende Vand, og finder efter saa mange Aars Forløb nøjagtig

¹⁾ I „Nordisk Universitets Tidsskrift“ 1859 III staar der en Artikel af E. Philipsen om Ole Rømer. S. 52 i denne staar der i en Anmærkning: „Af hans forskellige Instrumenter eller Maskiner findes foruden Levningerne af et Barometer og et Thermometer af hans eget Arbejde, som henhører til den i det forrige Kunstmusæum bevarede Samling“ . . . Jeg har undersøgt et Katalog for dette fra 1848 og ikke fundet de omtalte Genstande. Heller ikke paa Rosenborg eller Nationalmuseet, hvor Kunstmusæets Genstande kom hen, har de været at spore.

²⁾ S. 118 b.

de samme Tegn, som Rømer selv havde gjort med en Flintesten.“

Tre Spørgsmaal rejser sig ganske naturligt, naar man ser, at Rømer har anvendt forholdsvis meget af sin knap tilmaalte Tid paa Konstruktionen af et „originalt“ Termometer. 1) Har denne Interesse nogen Forbindelse med Rømers andre videnskabelige eller praktiske Arbejder? 2) Har han benyttet de saaledes konstruerede Termometre til systematiske Maalinger og 3) har hans nye Ideer i denne Retning haft nogen Indflydelse til forbedret Konstruktion af Termometre i det hele taget. Jeg skal forsøge en Besvarelse af disse Spørgsmaal i den angivne Orden.

I „Adversaria“ er der utvivlsomme Tegn paa, at det første Spørgsmaal maa besvares bejaende. Rømer har ønsket at bestemme Metallers Udvidelse ved Varmen af to Grunde, dels for at bestemme Forandringen ved Temperaturvariation af Gradbuens Størrelse paa et Instrument paa hans „Observatorium domesticum“, dels for at bestemme Forandringen i Svingningstid for et Pendul under Forandring i dets Temperatur. At dette sidste interesserer ham kan dels være af Hensyn til hans astronomiske Iagttagelser, dels af Hensyn til hans Arbejde med Enhedssystemets Fastsættelse. Det er nemlig utvivlsomt, at han — sammen med Picard — tænkte paa Indførelsen af en „pes universalis“, hvorved de Maalenheder for Længde, som brugtes i forskellige Lande, kunde udtrykkes, og som saadan at benytte Sekundpendulets Længde, som Rømer og Picard mente var ens overalt paa Jorden, da Maalinger af Picard i Paris og med Rømers Assistance paa Uranienborg, og af Rømer i London, havde givet samme Værdi for denne Størrelse.

S. 67 i „Adversaria“ handler om¹⁾:

„Metallers Længdisforandring af Kuld og Varme gjort dend 12te Decbr: 1692 trey heller fier gangr.“

Hans Maalinger — hvis Udførelse han ikke beskriver — havde til Resultat, at Stænger af Længde 3 Fod, som tænkes delt i 6800 ligestore Dele, vilde forøge deres Længde forskel-

¹⁾ Det er som sagt sjældent, at Rømer bruger det danske Sprog i „Adversaria“; i det følgende er der enkelte danske Sætninger.

ligt ved samme Opvarmning. Viste hans Termometer $6\frac{1}{2}^{\circ}$ i Kulden og $30\frac{1}{2}^{\circ}$ i Varmen, altsaa en Stigning paa 24, da voxede de 6800 Dele:

Hos Guld og rødt Kobber	5 Dele,
„ Sølv og Tin	$6\frac{1}{2}$ „
„ Bly	$9\frac{1}{2}$ „
„ Jærn (i det højeste)	$3\frac{1}{2}$ „
„ Glas i et rundt Glasrør $\frac{1}{2}$ Tomme i Diameter	$3\frac{1}{2}$ „

„saa en fafn bly kortis $\frac{1}{10}$ pollicis, guld og kobber nesten $\frac{1}{20}$ poll, tin og sølv $\frac{1}{15}$ pollicis, jern og glas $\frac{1}{30}$ poll: 2000 varierer 1“. Derefter tilføjes (ved Siden af Tallene er angivet, hvorledes de brugte Metaller er behandlede).

„Nu kan mit „instrumentum domesticum“ let holdes mellem Kulden 6 og Varmen 16, altsaa en Differens paa i det højeste 10° paa Termometret, eller rettere mellem 8 Inddelinger, hvilket er $\frac{1}{3}$ af det, som observeredes.“

„(Senere har jeg føjet følgende til): En større Varme kan man holde borte her men neppe Kulde, hvilken jeg nu først har iagttaget til Delingen 4 i Vinduet, hvor Instrumentet er. Man kan da saaledes vente en Forskel i Kulde og Varme paa 11 à 12° d. v. s. det halve af det, jeg iagttog ved Stængerne.“

6800 Dele af Jern gav en Sammentrækning 3,5 i Experimentet, Halvdelen deraf er 1,75, mulig i mit Instrument d. e. 4000 Dele sammentrækkes en. Men min Maskines Bue er 65 Grader eller 3900' altsaa ved Forandring af Varmen paa 12 Grader forandres den omtrent 1' eller $58\frac{1}{2}''$.

12 forandres med 60"

10 — „ 50

8 — „ 40

4 — „ 20

2 — „ 10

Saameget var det.“

Af Texten fremgaar det tydeligt nok, at Maalingerne særligt interesserer ham af Hensyn til et i et Vindue opstillet

astronomisk Maaleapparat i „Observatorium domesticum“¹⁾. Det er sikkert hans berømte Meridianinstrument, som findes afbildet i Horrebows „Basis astronomiæ“, der er Tale om. Paa disse Billeder ses et Ur ved Siden af Kikkerten, som har været brugt til Observationer sammen med denne, og det er da rimeligt at tænke sig, at den næste Side²⁾ i „Adversaria“ er helliget dette, idet den indeholder en Beregning af, hvilken Indflydelse Temperaturforandringer har paa Svingningstiden af et Jærpendul paa ca. 38 danske Tømmers eller 456 Liniers Længde. Han gaar ud fra, at Svingningstiden er proportional med Kvadrat-roden af Længden, og viser først, at Svingningstallet i en Time forøges lige saa meget ved Længdens Formindskelse med en Linie, som det formindskes ved, at Længden bliver en Linie større. Derefter beregnes en Tabel, der giver Forandringen i Svingningstal pr. Dag og pr. Time for Forandringer i Længde fra en Linie ned til $\frac{1}{100}$ Linie. Resultatet fastslaas tilsidst: „Jærpendulet forandrer sig — som vist paa forrige Side — $\frac{1}{100}$ Linie for hver Grad paa Termometret, men en Forandring i Længde paa $\frac{1}{100}$ Linie forøger eller formindsker Gangen med 1" i 24 hora.“

Endvidere findes der skitseret et Apparat³⁾ til sammenlignende Maalinger af Lufts og Vædskers Udvidelse ved Varmen.

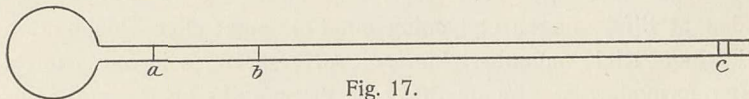


Fig. 17.

Det bestaar af en Glaskugle $1\frac{1}{2}$ Tomme i Diameter med en tynd Hals, i hvilken Længden $16\frac{1}{3}$ Tomme indeholder $\frac{1}{22}$ af Kuglens Volumen. Fyldtes Røret ved 8° paa Termometret

¹⁾ Observatorium Domesticum er indrettet 1689—90. Det beskrives i Horrebows „Operum Mathematico-physicorum“ Tomus Tertius S. 47. Beskrivelsen støttes af Billeder. Paa det første ses Opstillingen af en Meridiankikkert; ved Siden af den hænger der et Ur med svingende Pendul, anbragt saaledes, at det kan ses af den, der observerer med Kikkerten. Kikkerten er forsynet med en Gradbue af Jærn paa 75° og med stor Radius ($2\frac{1}{2}$ Fod).

²⁾ S. 68.

³⁾ S. 5.

med Vand til *a*, udvidede dette sig ved 10° Opvarmning til *b*, der ligger $1\frac{3}{4}$ Tomme fra *a*, og Udvidelsen var $\frac{1}{200}$ af det oprindelige Rumfang; fyldtes Kuglen med Luft, der afspærredes ved en Draabe ved *a*, udvidede Luften sig ved 3° Opvarmning til *c* i Afstanden 12" fra *a* og vilde da, hvis Røret var langt nok, have udvidet sig 40 Tommer paa Røret eller $\frac{1}{9}$ af sit oprindelige Rumfang. Luftens Rumfangsforøgelse for de 10° Opvarmning er da 22 Gange Vandets.

„For nogle Aar siden kom jeg til Tallet 24, men de sidste Forsøg er bedre.“ For at bedømme det vundne Resultat maatte man vide, paa hvilket Sted af den sædvanlig brugte Temperaturskala de 8—18° ligger. Da der ingen Tidsangivelse er for Forsøgets Udførelse, kan det jo aldeles ikke vides, om det er den paa Rømers nysbeskrevne „Original Thermometer“ benyttede Inddeling, der er lagt til Grund; 10° paa denne svarer meget nær til 19° Celsius. Antager man, at Opvarmningen er sket fra ca. 0° Celsius — Frysepunktet — bliver Tallene 22 og 24 alt for smaa; det rigtige Forhold er ca. 53; antager man derimod, at Opvarmningen er begyndt efter 4°, bliver Vandets Udvidelse i Forhold til Luftens større, f. Ex. ved Opvarmning 6°—24° vil Forholdet blive ca. 27, altsaa betydeligt nærmere Rømers. Om Rømer har haft noget praktisk Formaal med disse Maalinger kan ikke ses. Horrebow omtaler¹⁾ disse Maalinger uden at tilføje nogen Oplysning om Formaalet eller Tidspunktet, idet hans Kilde aabenbart kun er „Adversaria“, som han citerer. Han formoder, at $6\frac{1}{2}$ og $30\frac{1}{2}$ er Frysepunkt og højeste Sommervarme i København; men det er aabenbart kun en ren Formodning fra hans Side.

Der foreligger imidlertid en Række Temperaturmaalinger med det nye Termometer af Lufttemperaturer her i København i Vinteren 1709. Som tidligere omtalt her²⁾ findes et Blad med disse Maalinger fastklæbet i „Adversaria“, idet Horrebow har taget det fra Rømers Lommebog. Disse Maalinger har en særlig Interesse og findes omtalte et Par Steder i Udlandets Litteratur. Vinteren 1709 var meget streng. I en Artikel i

¹⁾ Elem. Phil. S. 144.

²⁾ S. 75.

Phil. Trans., Nr. 324, 1709, skriver W. Derham i „The History of the great Frost in the last Winter¹⁾“ om Forholdene i Danmark. „Dr. Woodward fortæller mig, at Hr. Otto Sperling i et Brev til ham fra København har omtalt Vinteren som overordentlig streng (Hyems atrocissima)“. Og jeg finder noteret i de „mindre Meddelelser“ til Royal Society for 4de Maj 1709: At Dr. Judichar sagde, at Isen var 27 Tommer tyk i Københavns Havn, og at Folk d. 9de April N. S. gik over mellem Skaane og Danmark paa Isen. Hvilken Beretning giver mig en bedre Mening om nogle Papirer, som jeg er i Besiddelse af, som blev viste til Roy. Soc., og som handler om Frosten i København, og som sagdes at være tagne fra Hr. Rømers Observationer. Jeg skulde ikke nære den mindste Mistro hverken til denne fremragende Mands Instrumenter eller Observationer, hvis jeg blot var sikker paa, at de var hans, men der er nogle Steder og Bemærkninger i disse Papirer, som forringede andres saavel som min Mening om dem. I disse Papirer siges det, at saadan en Frost har ikke været kendt i disse Egne saa langt, Folk kan huske tilbage, og at²⁾ Frosten d. 23de Februar 170^{8/9} kom meget nær til Temperaturen for den kunstige Frysning.“ — Jeg har forgæves forsøgt at faa opsporet disse Papirer i England og ved derfor ikke mere om dem end ovenfor citeret. Mr. Derham er aabenbart ganske fremmed for en mere rationel Metode til Termometerinddeling; i en Afhandling³⁾, som han skriver i 1708 i Anledning af nogle meteorologiske Data fra Schweiz, og hvori han beklager Umuligheden af at sammenligne Temperaturmaalingen med forskellige Termometre, da der ingen simpel Sammenhæng er mellem Skalaerne, beskriver han sine egne Termometre og deres Inddelinger; han har brugt to, ét, der er gaaet i Stykker, og det, han nu bruger; han sætter altid Nul ved Beholderen udtrykkelig, fordi det er⁴⁾ „en bestemt Plads, som er ens for alle Termo-

¹⁾ Findes ligeledes forkortet i Phil. Trans. 1700—1720, udgivet af Henry Jones.

²⁾ Fremhævet af K. M.

³⁾ Phil. Trans. Nr. 321, S. 343, Maj—Juni 1708.

⁴⁾ I. c. S. 460.

metre, og som enhver kender. Han gør saa Graderne en Tomme lange og faar derved paa det ene Frysepunktet ved 82° , paa det 2det ved 100° ; — Derham er altsaa meget fjernt fra den Tanke, at inddele Termometret ved Hjælp af to faste Punkter, og maaske af den Grund kan Beretningen have forekommet ham mærkelig, sikkert kan dette jo desværre ikke vides.

Ser vi nu paa selve den Tabel over Rømers Temperatur-observationer fra 1708—09, som findes i „Adversaria“, ses det, at den begynder 26de Decbr. 1708 og fortsættes til 9de April 1709, dog at der efter 1ste April ikke er tilføjet Observationer hver Dag sikkert af den Grund, at Tabellen kun er indrettet til at vise Temperaturer under 8° . Bemærkningerne langs Randen er skrevne med Horrebows Haand. Øverst staar: „Rømer¹⁾ havde altsaa forandret sit første Forslag.“ Meningen hermed er, som det fremgaar af Horrebows Bemærkninger i „Adversaria“, at han mener, at Rømer har sat 8 ved Tøpunktet i Steden for som tidligere $7\frac{1}{2}$. Det er ikke paa Tabellen bemærket af Rømer selv; dens Indretning er ganske vist saaledes, at Temperaturer under 8 kan markeres; men deraf kan man jo ikke sikkert slutte, at 8 er „Frostens Begyndelse“ for at tale de Tiders Sprog, men blot, at Rømer har ønsket at markere Temperaturer fra Frysepunktet og nedad, og da dette nu ved hans Valg falder ved $7\frac{1}{2}$, har han paa Tabellen medtaget den nærmest højere hele Grad; ganske vist kan det tale til Fordel for Horrebows Mening, at der oven over Gradeangivelsen 8 7 6 . . . 0 er skrevet — saa vidt jeg kan se med Rømers Haand — Tallene 0 1 2 . . . 8, hvilket maaske giver et Vink om, at dette Nul er en Grænse mellem Varme og Kuldegrader, en Betragtning af Frysepunktet, som faldt Datiden naturlig. Endelig er det jo muligt, at Horrebow i Lommebogen, hvorfra Bladet er taget, har haft bestemte Oplysninger om dette Punkt; paa den anden Side vilde det passe Horrebow godt, om han kunde se, at Rømer selv havde forandret sin første Inddelingsmaade, da han gerne vil indføre en anden paa Rømers Termometre, men af Veneration for Rømer afholdes noget derfra; hans Bemærkninger herom er refererede S. 74.

¹⁾ Se S. 76.

Tabellen viser nu, at netop d. 23de Februar, som Derham særlig nævner, gik Termometret ned omtrent til Rømers Nulpunkt. Det er værd at lægge Mærke til det Udtryk, med hvilket denne Kendsgerning refereres hos Derham: „at Frosten den 23de Febr. 170 $\frac{8}{9}$ kom nær til Temperaturen for den kunstige Frysning.“ Her er altsaa øjensynligt gaaet ud fra, at Rømers Nulpunkt netop var en Kuldeblandingstemperatur, en Angivelse, som Derham maa have haft fra selve den fra Danmark tilsendte Beretning, da han jo ikke kendte Rømers Skala. Denne Bemærkning har netop Interesse for Behandlingen af det Spørgsmaal om og i bekræftende Fald ad hvilke Veje har Rømers Termometer haft Betydning for videre Kredse. Svaret bliver: gennem Rømers Paavirkning paa Fahrenheit. Jeg skal i det følgende paavise, at en saadan Paavirkning har fundet Sted.

Dels findes der nogle direkte Udsagn om denne Sag. Det betydningsfuldeste findes hos Boerhaave, der skriver¹⁾ (idet der er Tale om den Varmegrad, over hvilken Vand existerer i flydende Form): „ . . . derfor i Følge det, der ovenfor er vist i Varme efter 32° efter Fahrenheits Termometer. Men nu siges det, at den udmærkede Matematiker Rømer i Aaret 9 af dette Aarhundrede har observeret i Danzig en Vinterkulde indtil den første Grad af dette samme Thermoskop, hvis første Opfinder han selv havde været. Saa forøgede han det da med 32° nedenfor Frysningsgraden.“

Her siges altsaa ganske bestemt, at Rømer var den første Opfinder af Fahrenheits Termometer, og Boerhaaves Udsagn kan man paa dette Punkt tillægge Betydning, da han havde staaet i nær Forbindelse med Fahrenheit, der havde lavet hans Termometre, og hvis Dygtighed som Instrumentmager og Experimentator han ofte omtaler rosende. At Rømer skulde have foretaget Maalinger i Danzig 1709 er sikkert en Misforstaaelse, der let har kunnet passere, da der, som vi senere skal se, er foretaget Maalinger i Danzig samme Vinter med et lignende Termometer. Det har i hvert Fald ikke været mig muligt at opspore, at Rømer har været i Udlandet paa den angivne Tid, og hans mange Embedsforretninger, hans skrøbelige Helbred og

¹⁾ Elementa chemiæ S. 270 (Udg. 1732).

selve Temperaturlisten for København, som er sendt til Royal Society, gør det ogsaa usandsynligt, at han har været bortrejst.

Man finder ogsaa andre Steder Bemærkninger om, at Rømer er den egentlige Opfinder af Fahrenheits Termometer, men flere af disse Kilder kan henføres til Boerhaave; saaledes skriver¹⁾ den engelske Læge Martine, at Kviksølvtermometrene blev først opfundne af Rømer, men da han samtidig henviser til det ovenfor citerede Sted hos Boerhaave, kan det ses, hvorledes han er kommen til denne forkerte Anskuelse. Det har i Øjeblikket staaet for ham, som om Fahrenheits Hovedfortjeneste bestod i at bruge Kviksølv som Termometersubstans i Steden for Spirit, og han har da efter Boerhaaves Ord tillagt Rømer denne Fortjeneste, som vi jo nu véd, at han ikke har.

I Danzig har der aabenbart gaaet et Rygte om Sagen. Hanow skriver i Danzig den 25de Febr. 1736²⁾: „... efter de rigtigste Vejrglas, som Hr. Rømer i Danzig har angivet, og som Hr. Fahrenheit bedst har forfærdiget ... koger Vandet ved 212° og fryser ved 32°. I en senere forøget Udgave af samme Bog af Titius fra 1753, Leipzig, henvises der direkte til Boerhaave, hvad Hanow ikke gør. Hanows Mening har aabenbart været vaklende. I en Afhandling fra 1745 af v. Bergen³⁾ siges det om Fahrenheit: „hvem Rømer den ivrige Ven af de fysiske og astronomiske Videnskaber har indgivet Frysningens og Kogningens Grænser ved Forfærdigelsen af Termometre, hvis man kan tro Hanow i Memorabilie Gedanensia.“ Dette Udsagn har medført, at E. Gerland⁴⁾ i den nyeste Tid beretter efter Hanow, at det er Rømer, der har lært Fahrenheit at bruge Frysepunkt og Kogepunkt til Temperaturinddeling, men tillige søger G. paa forskellig Maade at reducere det fortjenstfulde heri; han be-

¹⁾ Essays medical and philosophical, Aug. 1738, S. 177 i en Afhandling om Termometre.

²⁾ Erläuterte Merkwürdigkeiten der Natur, S. 62 (et Slags Ugeskrift udg. af Hanow).

³⁾ De Thermometris mensurae constantis Commentatio Francofurtii ad viadrum 1745: cui (Fahrenheit) Roemerus physicis ac astronomicis acutissime amicus congelationis ac ebullitionis terminos in conficiendo thermometris suggererat si Fides est Cl. Hanovio in Memorabilis Gedanensibus.

⁴⁾ Geschichte der Experimentierkunst der neueren Zeit, 1899, S. 249.

mærker bl. a.¹⁾, at Fahrenheits Opdagelse af Underafkølingen lærte ham, at det er Isens Smeltepunkt og ikke, „som Rømer havde tilraadet ham, Vandets Frysepunkt“, der skal bruges. Som det fremgaar af Rømers egne Papirer, har denne netop selv brugt Smeltepunktet for Sne, saa det er vel ikke sandsynligt, at han har raadet Fahrenheit til andet.

Senere har Hanow imidlertid frafaldet sin ovenfor citerede Anskuelse om Rømers Indvirkning paa Fahrenheit, thi i 2den Udgave af v. Bergens Bog fra 1757 siger denne: „I den første Udgave af denne Afhandling siger jeg, at Fahrenheit skylder den skarpsindige Rømer den udmærkede Opfindelse med disse faste Punkter (Frysep. og Kogep.), men nu at hævde det forbyder det Brev mig, som den berømte Hanow har givet mig, ved hvilket han siger, at Rømers Indretning er afledet af de allerede den Gang brugelige Inddelinger paa Termometret i Acad. des Sciences i Paris indført af de la Hire, om jeg husker ret. Jeg tilstaar villig, at jeg er ganske uvidende om, ved hvilket Tilfælde denne udmærkede Opfindelse har været forbeholdt Fahrenheit, en ganske ulærd Mand, da de la Hires Termometer ikke er forsynet med disse faste Punkter.“

Vi ved jo nu, at Hanows Fortælling om Rømers Skala er forkert, men selve den Kendsgerning, at han udtaler den, viser ogsaa, at han har vidst om Existensen af et Termometer fra Rømer, men intet kendt til det. Hermed falder da tillige, hvad Gerland fremsætter som en Formodning, at Hanow skulde have sine Oplysninger fra Fahrenheit, om hvem han siger, at han i 1710 kom til Danzig fra Kjøbenhavn, hvor han i 1709 havde besøgt Rømer.

Herigennem kommer vi ind paa Spørgsmaalene: kan en Paavirkning fra Rømer paa Fahrenheit have fundet Sted, og i hvilken Retning gaar den? I en Levnedsbetegnelse af Fahrenheit²⁾ gør Professor Momber Rede for, hvad der med Sikkerhed vides om Fahrenheits Opholdssted til forskellig Tid, men han mener ikke, at det kan direkte godtgøres, paa hvilket Tidspunkt Fahrenheit har besøgt Rømer; at han har været hos ham,

¹⁾ l. c. S. 251.

²⁾ Schriften der naturforschenden Gesellschaft in Danzig. Neue Folge Bd. 7. 1888—91.

anser han for afgjort, og det bliver ogsaa sandsynligt efter Hovedkilden til Kendskab til Fahrenheits Ungdomsliv, et Manuscript, der findes i det kgl. Bibliothek i Berlin; dette fortæller, at Fahrenheit efter 1706 gjorde mange besværlige Rejser til Vands og til Lands og konfererede med de berømteste Matematikere i Danmark og Sverrig . . .¹⁾.

Professor Momber skriver herom²⁾: „Besonders zuverlässig erscheinen mir diese Nachrichten, weil einmal alle Angaben derselben die durch Urkunden belegt werden können sich als richtig erweisen, und weil ferner die ganze Art der Nachrichten, die vier Jahre nach Fahrenheits Tode niedergeschrieben sind auf einen Verfasser schliessen lässt, der ihm selbst oder seine Familie recht nahe gestanden hat.“ Professor Momber har været saa venlig at meddele mig, at han heller ikke i de forløbne

¹⁾ Dette er refereret efter Altpreuss. Monatsschrift II, 1874, hvor E. Strehlke har offentliggjort et Brudstykke af Wuttstrack, Collectaneen zu seinem ungedruckt gebliebenen Werk: „Historisch topographisch-statistische Nachrichten von Danzig Bialystok 1804“. Det findes i Sammelband der Kgl. Bibliothek zu Berlin Ms. Borussia fol. 280 Nr. 35. Kapitlet er skrevet 1740 (Fahrenheit dør 1736, f. 1686). Der staar om hans Barndom, samt at han efter Forældrenes Død blev sat i Lære i Amsterdam 1702 hos Herman von Beunigen; hans Læretid var 4 Aar; der staar da: allein anstatt die Negotie fortzusetzen, spornete ihn sein so lange eingeschränkt gewesener Trieb zu den Studies aufs neue an seinem vorgesetzten Ziele zu folgen. Zu dem Ende that er viele beschwerliche Reisen zu Wasser und zu Lande, conferirte mit denen berühmtesten Mathematicis i Denemarck und Schweden, verschückte seine Instrumente nach Ysland, Lapland und andere Oerter, von wannen ihme die von curieusen Leuten gemachte Observations nach Amsterdam überschücket würden wie den notorisch das er bereits Ao 1709 i den harten Winter sehr merkwürdige Remarques vermittelst seiner Wettergläser gemacht hat, wovon bey Gelegenheit der in diesen 1740ten Jahre eingefallenen starcken Kälte in verschidenen Nachrichten Erwähnung geschicked. Ao 1710 nach geendigter Pest besuchte er seine Blutsfreunde in Dantzig, 1711 ging er nach Kurland und Liffland, von wannen er 1712 retournierte, und mit dem damals lebenden Professor Math. Poul Pater intime Freundschaft pflegte. Ao 1714 reisete er nach Berlin und Dresden um in den dortigen Glas Hütten die Anfertigung der Röhren zu seinen Instrumenten selbst zu besorgen, von dannen wandte er sich abermahlen nach Amsterdam, woselbst er auch nachgehends beständig gelebet . . .“

²⁾ I. c. S. 108.

Aar har fundet noget, der bestemt giver Oplysning om den personlige Forbindelse mellem Fahrenheit og Rømer.

Det fremgaar heraf tilstrækkelig tydeligt, at Fahrenheit mellem 1702 og 1710 har været i Danmark og haft Berøring med Rømer, altsaa netop i den Tid, da Rømer vides at have brugt sine nye Termometre. I Titius: „Seltenheiten der Natur“ o. s. v. staar der flere Gange omtalt, at der i 1709 er sket Temperaturmaalinger „med det i Danzig for sin Rigtighed berømte Fahrenheitske Vejrglas, som allerede brugtes i Aaret 1709¹⁾. Endvidere siges om dette Vejrglas i Anledning af Sammenligning mellem Temperaturmaalinger fra 1709, 1729 og 1740: „Das Wilkische Wetterglas, welche im Jahre 1709 Krikart besessen und aufgeschrieben, stimmt auch mit überein. Weil dieser Krikart solches Glas schon zwanzig Jahre vor 1709 soll gehabt haben, aber vor 1708 nicht aufgeschrieben ist, scheint es zu Anfange des Frostes im Jahre 1708 von Fahrenheiten damals mit frischem Weingeiste gefüllet und nach seiner Art eingerichtet zu sein.“

Det er altsaa tilstrækkeligt sandsynligt, at Fahrenheit har truffet Rømer; hvis Boerhaaves Udsagn er rigtigt, maa Rømers Paavirkning kunne spores ved Betragtning af de ældste Fahrenheits Termometre.

Det, Fahrenheit kunde lære af Rømer, var: Princippet med to faste Punkter som Basis for Skalaen, og dennes Inddeling i lige store Rumdele. Fahrenheit har kun beskrevet sin Fremgangsmaade ved Konstruktion af Termometre ganske kort i Aaret 1724 i Phil. Trans²⁾. Han siger der: The Thermometers constructed by me are chiefly of two kinds, one is filled with alkohol and the other with mercury. Their lenght varies with the use to which they are put, but all instruments have this in common: the degrees of their scales agree with one another, and their variations are between fixed limits³⁾. The scales of thermometers used for meteorological observations begin below with 0° and go to 96°. The division of the scale depends upon three fixed points, which are ob-

¹⁾ I. c. 2. Bind, S. 666.

²⁾ Phil. Trans. London. Vol. 33, 1724, S. 78—84.

³⁾ Fremhævet af mig (K. M.).

tained in the following manner. The first point below of the beginning of the scale was found by a mixture of ice, water and sal-ammoniac or also sea salt; when a thermometer is put in such a mixture, the liquid falls, until it reaches a point designated as zero. This experiment succeeds better in winter than in summer. The second point is obtained, when water and ice are mixed without the salts named; when a thermometer is put in this mixture, the liquid stands at 32° The third point is at 96° ; the alcohol expands to this height, when the thermometer is placed in the mouth or in the armpit of a healthy man and held there, until it acquires the temperature of the body“

Her fortæller altsaa Fahrenheit selv, at hans Termometer-inddelings Godhed beror paa Brugen af faste Punkter, mellem hvilke Inddelingen foretages. Af de her omtalte 3 faste Punkter svarer tilsyneladende kun det ene — Frysepunktet — til dem, Rømer benyttede. Det fremgik imidlertid af Derhams ovenfor citerede Ytring, at 1709 blev Rømers Nulpunkt identificeret med en Kuldeblandingstemperatur, og den Kendsgerning, at Kviksølvet nærmede sig denne Grænse i den strengeste Vinter, man i Mands Minde havde haft, har sikkert givet den en særlig Betydning, saa det er ikke urimeligt, at Fahrenheit — og maaske Rømer — har valgt den til fast Punkt paa et Termometer, der ikke skal vise saa høje Varmegrader som til Vandets Kogepunkt. Som vi nu skal se paa de forskellige Skalaer, der fra Aarene 1708—14 bærer Fahrenheits Navn, har dette faste Punkt ikke været helt paalideligt; man kan ogsaa i de ovenfor citerede Ord: „Eksperimentet lykkes bedre om Vinteren end om Sommeren“, se, at Fahrenheit ikke stoler paa at faa ganske den samme Temperatur hver Gang; det er da rimeligvis som en Art Kontrol, at det 3dje faste Punkt er indført. I de første Aar, da Fahrenheit lavede sine Termometre, holdt han sin Konstruktionsmaade hemmelig og forbavsede sin Samtid højlig ved sine Termometres Overensstemmelse.

Fahrenheits ældste Termometre findes omtalt forskellige Steder. Særlig Grischow¹⁾ har en udførlig Sammenstilling af de forskellige Skalaer, som de har været inddelte efter. De

¹⁾ Miscell. Berolienses Tomus VI (trykt 1740).

senere Betragtninger over disse, af hvilke især van Swindens „Dissertation sur les Thermomètres“, Amsterdam 1778, er meget indgaaende, bygger i Hovedsagen paa Grischow. Fahrenheit skal efter Grischow¹⁾ og andre²⁾ have betroet sin Manuduktør i Matematik, Barnsdorf (fra Rostock), Hemmeligheden ved sin Inddelingsmaade af Termometret, som han paastod var saaledes, at enhver, der kendte den, kunde lave Termometre, der var overensstemmende. Grischow skriver, at dette er sket „circiter 1712 & 1713 nisi jam ante“. Kort efter rejste Fahrenheit til Halle og Leipzig, og Barnsdorf i Forening med en Kollega, Lange, forsøgte da at lave Termometre efter Anvisningen. Skalaen paa disse var lidt anderledes end paa de senere almindeligt kendte Fahrenheitske, og der staar om Barnsdorf, at han vistnok har beholdt „den ældre eller ældste Fahrenheits Inddeling.“ Af Tabellen fremgaar nu, at Barnsdorfs Termometre har $7\frac{1}{2}$ ved Frysepunktet og $22\frac{1}{2}$ ved Legemsvarmen, og disse større Grader er igen delte i mindre, nemlig hver Grad i 8. Dette at sætte $7\frac{1}{2}$ ved Frysepunktet tyder dog sammen med alt det andet paa en Paavirkning fra Rømer, da det er vanskeligt at tænke sig, at to Mennesker finder paa at sætte et saa urimeligt Tal som $7\frac{1}{2}$ ved Frysepunktet. Barnsdorfs Nulpunkt er noget højere end de senere Fahrenheitske Termometres.

Der er andre Vidnesbyrd om, at Fahrenheit har benyttet $7\frac{1}{2}$ ved Frysepunktet og haft sit oprindelige Nulpunkt lidt højere end det senere.

Professor Dn. Kirch fra Berlin beskriver 1737³⁾ sit Termometer i Anledning af nogle Observationer af Temperaturer i Pensylvanien, som en Ven af ham har anstillet med et Termometer, der er Mage til hans eget; dette Termometer blev givet Vennen 1728, og der omtales i Afhandlingen Observationer af Kirch 1732. Efter dette Aar er den altsaa skrevet; det Bind, den staar i, er trykt 1737, men derfor kan jo Afhandlingen godt være skreven før.

1) „Mit Termometer, som jeg har brugt i flere Aar, er

¹⁾ l. c. S. 271.

²⁾ Cotte: Traité de meteorologie 1774, S. 129.

³⁾ Misc. Berol. Tomus V 1737, S. 129.

lavet af den nøjagtige Fahrenheit allerede for mer end 20 Aar siden. Varmegraderne paa det tælles 24. 0 betegner største Kulde og 24 højeste Varme. Under 0 er desuden føjet to Grader til, saa at hvis Termometrets Vædske ved en eller anden extraordinær Kulde skulde trække sig saaledes sammen, at det trak sig tilbage under Grænsen 0, at man da alligevel kunde tælle dets Kuldegrader.

2) Dette Termometer er af Middelarten, hvis Skala gaar fra 0 til 24 og er 5 Rhinlandske Tommer. De enkelte Grader er delte i 4 Kvadranter, saaledes at der fra 0° til den højeste Delestreg tælles 96 Kvadranter.

3) I de nyere Fahrenheitske Termometre er Skalaen ikke mere delt i 24 store Grader og deres Kvadranter, men i 96 mindre Grader, som svarer til 96 Kvadranter af de 24 Grader, i hvilke de første Termometre er delte.

4) Begge Maader at tælle Grader paa kan let sammenlignes indbyrdes, fordi de større Graders Kvadranter akkurat er = de mindre Grader.

5) Jeg havde lagt Mærke til i nogle Aar, at mit Termometer ikke nøjagtigt faldt sammen med de andre Fahrenheitske, hvorfor jeg fik sendt fra selve Cl. Dn. Fahrenheit et nyt og nøjagtigt Termometer, for at jeg kunde undersøge mit og de andre Termometre nøjagtigt ved dette. Jeg fandt, at hint ny Termometer stemmede godt med det andet Fahrenheitske, men afveg betydeligt fra mit.

6 og 7) Kirch gør her Rede for Afvigelsernes Størrelse; de er ikke helt ens ved højest og lavest Temperatur; ved højest $6\frac{1}{2}$ smaa Grader, ved lavest 5, idet hans Nulpunkt ligger højere.

8) Grænsen mellem Frost og Tø er i mit Termometer $7\frac{1}{2}$ Grad, i det nye Fahrenheitske 36.

Endnu et Termometer — maaske det allerældste — synes baseret paa en Inddeling med faste Punkter og en Skala som Barnsdorfs, skønt Inddelingen tilsyneladende er ganske anderledes. Grischow skriver 1740¹⁾, at et stort Termometer, som Fahrenheit har konstrueret 30 Aar før dette Tidspunkt for det

¹⁾ Heri er sammenfattet Grischows Beretning med Bemærkn. af von Schwinden: Dissertation § 37.

kgf. Selskab i Berlin og som Følge deraf med al mulig Omhu endnu var i fuldstændig Overensstemmelse med det lille Termometer, som Fahrenheit havde sendt kort Tid før fra Amsterdam til Berlin. Disse smaa Termometre var graderede ved Hjælp af to eller tre faste Punkter og er helt igennem som vi bruger dem nu. Det første Termometer er da ogsaa konstrueret efter faste Principper: thi en saadan Overensstemmelse vilde ikke kunne finde Sted ved et simpelt Tilfælde¹⁾; et lignende Termometer, der havde tjent til Observationer i 1709, og som sikkert er et af de første, Fahrenheit har konstrueret, fandtes i Danzig 1740.

Dette Termometer var tilsyneladende delt som de florentinske. 90 ved Legemsvarmen, 0 omtrent ved Sommervarmen, 90 ved den laveste Varmegrad, der altsaa svarede til Nulpunktet paa et Fahrenheits Termometer og 30 ved Frysepunktet. Fra laveste til højeste afsat Varmegrad er der da $180^{\circ} = 8.22\frac{1}{2}$, fra lavest Varmegrad til Frysepunktet $60^{\circ} = 8.7\frac{1}{2}$, altsaa som Barnsdorfs.

1714 laver Fahrenheit to overensstemmende Termometre til Friherre Chr. von Wolf, Kansler ved Universitetet i Halle, som denne var meget begejstret for, og som han har givet en Beskrivelse af²⁾. Skalaen havde 26 Grader; den 2den Grad paa Skalaen var mærket „størst Kulde“, og derfra op til den øverste Ende var der 24; ved den 8de stod der „koldt“. Det minder ganske om en Skala, som Grischow anfører for de ældre Fahrenheits Termometre, der har de faste Punkter 0—8—24, som senere blev til 0—32—96. Her har Fahrenheit altsaa — maaske som Rømer efter Horrebows Mening — vaklet og taget 8 i Steden for $7\frac{1}{2}$. Men alt i alt er der dog stærke Tegn paa, at det er Ole Rømers mærkelige Tal for Frysepunktet, der er Oprindelsen til de nu brugelige 32° Fahrenheit for dette Punkt.

Nu vil man maaske indvende, at hvis Rømers Skala skulde genfindes i Fahrenheits, maatte man finde $4.60 = 240$ ved Kogepunktet og ikke 212. Dette kan dog finde sin Forklaring. Efter de Beskrivelser af de ældste Termometre, som oven for er fremsat, ses det, at Nulpunktet i de senere Termometre er lagt

¹⁾ Se Henvisningen forrige Side.

²⁾ Acta Eruditorum 1714, S. 381.

lavere end i de første; har disse nu haft Nulpunkt fælles med Rømers, maa Graderne paa dem have været kortere end paa de senere, da der er samme Antal paa en kortere Strækning. I de senere Termometre er Tallet for Kogepunktet fundet ved at dele Afstanden Nulpunkt (hovedsagelig fastsat ved Kuldeblanding) — Frysepunkt i 32 ligestore Dele og afsætte disse over Frysepunktet; da disse Grader er længere end de ældre, maa der paa samme Strækning komme færre — derfor 212 og ikke 240 ved det faste Punkt, Kogepunktet.

Fahrenheits Termometre, særlig Kviksløvtermometrene, betegner et overordentligt Fremskridt; man har ved dem nærmet sig betydeligt til det Maal at faa overensstemmende Angivelser af samme Varmetilstand. I de første tre Fjerdedele af det 18de Aarhundrede vedbliver man dog at bruge mange forskelligt konstruerede Termometre med Skalaer, som er besværlige at sammenligne. Man finder da ogsaa i Arbejder fra denne Tid om Termometre vidtløftige Tabeller til Sammenligning af nu længst forglemte Skalaer; saaledes har Martine, v. Swinden og Lambert saadanne. Kun 3 Skalaer er naaede til vor Tid. Réaumurs stammer fra 1730¹⁾ og betegnede et Tilbageskridt i Forhold til Fahrenheit's; den var oprindelig ikke baseret paa Anvendelsen af to faste Punkter. Réaumur brugte til Inddelingen et fast Punkt og inddelte Røret i Brøkdeler af Beholderrumfanget. Denne Inddeling foretoges ad experimentel Vej ved Hjælp af smaa Stikhæverter og Tragte, saa at Termometerørret ikke kunde være et Haarrør; som Følge heraf maatte Beholderen være stor, 2 à 3 Tommer i Diameter, og som Følge heraf bliver for det første Termometret meget lidt følsomt, for det andet bliver Bestemmelsen af det faste Punkt, Frysepunktet, ofte unøjagtig, da der ikke anvendes tilstrækkelig Tid til, at den store Beholder virkelig faar den ønskede Varmegrad. Tallet 80 for Kogepunktet nævner Réaumur kun en passant; hans Plan er at faa forskellige Termometre til at være overensstemmende ved at inndeles deres Rør paa oven beskrevne Maade og lade dem indeholde samme Slags Vædske; han foreslaar at bruge Vinaand af en saadan Styrke, at 1000 Rumdele af den udvider sig til 1080 ved Op-

¹⁾ Hist. & Mem. de l'Academie de Paris, année 1730.

varmning fra Vandets Frysepunkt til dets Kogepunkt; hans Metode til at undersøge denne Udvidelse er dog ganske illusorisk. Senere ændres Réaumurs Termometer til det nu bekendte.

Celsius Termometer¹⁾ (1742) har strax den rationelle Inddeling, hvor der er taget Hensyn til Vandets variable Kogepunkt.

Et Hundrede Aar efter Boyle har man da naaet, hvad han savnede: at kunne angive, om to Legemer har samme Varmegrad og at kunne registrere forskellige Varmegrader. Snart rejser sig da Spørgsmaalet: Hvad er egentlig disse Tal et Udtryk for? Med andre Ord, da de praktiske Vanskeligheder ved Temperaturmaalingen nogenlunde er overvundne, rejser det theoretiske Problem igen Hovedet efter at have ligget glemt og upaaagtet i ca. et Hundredaar. For at forstaa, hvorledes Problemet atter rejser sig og Forsøgene paa at besvare det, maa vi se, hvorledes det er gaaet med Anskuelserne om Varmens Natur.

¹⁾ Vetensk. Akadem. Handl. Aar 1742.

Theoretisk Temperaturbegreb; Anskuelser om Varmens Natur.

Hvad man mener om Varmens Natur er for det første bestemmende for, hvorledes man stiller sig til det Spørgsmaal, om der gives noget naturligt — eller som det senere kaldes absolut — Nulpunkt, hvorfra Temperaturtallene — der jo i hvert Fald skal give Oplysning om Varmetilstande — rimeligt regnes. Vi har f. Ex. set, at Gassendi opfatter et Legemes forskellige Varmegrader som et Maal for det Antal Ildatomer, der er trængt ind i det; altsaa naar ingen Ildatomer findes, er Temperaturen Nul. Dette Nulpunkt maa da for ham blive en Grænse mellem Varme- og Kuldegrader, da hans Kuldestof vel maa maales paa samme Maade som Varmestoffet. Amontons har sit naturlige Nulpunkt, svarende til, naar Varmens Kraft er Nul, d. e., naar de Smaadele, ved hvis hurtige Bevægelse Varmen fremkommer, ikke formaar at holde en Luftarts Dele fra hinanden. Endelig — hvis man efter Bacon antager, „that the very essence of heat is motion and nothing else“ — maa Temperaturtallene faa et naturligt Nulpunkt, naar Termometer-substansens Dele ingen Varmebevægelse har. I de sidste to Tilfælde bortfalder Begrebet Kuldegrader.

Altsaa vil blot dette ene Punkt angaaende Temperaturbegrebets nærmere Fastsættelse kræve, at man fæstner sine Anskuelser om Varmen som et Stof eller en Bevægelse, om Existensen af et „primum frigidum“, om det maa antages, at et eventuelt Varme- eller Kuldestof har Bevægelse eller ikke; men skal man ud over dette og danne sig Forestilling om andre Temperaturtals Betydning, maa man langt mere i Enkeltheder.

Blandt andet er der det gamle Spørgsmaal om potentiel Varme og Kulde, der paany og i anden Form dukker op: kan et Legeme besidde en Varmemængde, der er skjult for Termometret, thi i saa Fald kan man ikke som Gassendi sætte Temperaturtallene proportionale med Mængden af Ildatomer, hvis man hylder den stofflige Theori eller paa en simpel Maade afhængig af Hastigheden, hvis man hylder Bevægelsestheorien. Vil man i Temperaturen søge et Maal for Varmens Kraft til at søge til andre Ting, maa Antiperistasisprincippet være ihjelslaaet; det sidste var i Hovedsagen sket ved Boyles og andres Hjælp, som tidligere paavist. —

Ved Slutningen af det 18de Aarhundrede var det den herskende Anskuelse, at Varmen skyldtes et Stof, der af Lavoisier kaldes *calorique*, og som i „*Traité élémentaire de chimie*“ opføres blandt Elementerne; ganske vist finder man, som det senere skal vises, ogsaa mere reservede Udtalelser fra Lavoisier om dette Punkt, men i Virkeligheden hersker den stofflige Anskuelse om Varmens Natur næsten uindskrænket. Det ser altsaa ud, som om den gamle aristoteliske Anskuelse, at Ilden er et Element, og Varmen dens første Kvalitet, var kommen til Ære og Værdighed igen. Ganske vist er den befriet fra subtile Distinktioner mellem Materie og Form og har mistet den karakteristiske Antagelse, at Elementet kan forvandles til et andet, og Anskuelsen hviler ikke alene paa en Serie Spekulationer, men ogsaa paa en Serie Experimenter.

I Begyndelsen af det 18de Aarhundrede var Anskuelserne mere vekslede. Bacons og Boyles mekaniske Forestillinger om Varmens Natur beherskede endnu til en vis Grad deres Landsmænds Meninger, og den cartesianske Lære med dens tilsyneladende Blanding af stofflig Theori og Bevægelsestheori havde stor Indflydelse. Newtons Forestillinger om Lyset som noget materielt har maaske nok støttet Forestillingen om Varmens stofflige Natur, uden at man dog kan sige, at han selv har udtalt sig bestemt for denne¹⁾. Lys og Varme er desuden ikke for Datiden saa nær beslægtede Fænomener som for Nutiden. De gamle aristo-

¹⁾ Newtons *Opticks*. London 1733. S. 314, Query 5: „Do not Bodies and Light act mutually upon one another; that is to say Bodies upon Light in emitting, reflecting and inflecting it, and Light upon Bodies for

teliske Elementer, hvis Rolle langt fra er udspillet, drager Tanken hen paa Varmens materielle Natur, og Kemikernes store Arbejde paa at løse Forbrændingsproblemet har sikkert bidraget til at drage dem i samme Retning. Afhandlinger af Homberg i Mem. de l'Acad. des sciences fra 1702 og 05 viser tydelige Spor af begge disse Paavirkninger¹⁾.

Indflydelse fra Cartesius viser sig paa mange Maader; et Tegn paa dens Betydning er, at den spiller en stor Rolle i Lærebøger for Ungdommen og i halvt populære Skrifter. I en Lærebog for Ungdommen fra 1713²⁾ angives det, at Grunden til, at et Legeme bliver varmt ved at stilles ved Ovnens eller i Solen eller udsættes for Damp eller Aande, er: „weil nemlich alle diese Cörper einige ganz kleine Theilgen / welche höchst geschwind aller Orten hin bewogen werden / nicht nur in sich fassen / sondern auch durch die Krafft dieser Bewegung und Antrieb / die meisten derselben wieder ausser und von sich weg / und in die Löchlein derer anderer entweder ganz anliegenden oder noch nahen Cörper hinein treiben / in welchen sie eben solche aufs wenigst mit einiger Freiheit zu machen fortfahren.“

Endvidere omtales det, at der ved Blanding af forskellige Vædske ofte kan opstaa Varme. Det forklares cartesiansk ved at antage, at Delene af den ene Vædske trænger ind i Hullerne i den anden og fortrænger det der værende 1ste Element, der ved at sættes i Frihed ved sin heftige Bevægelse fremkalder

heating them and putting their parts into a vibrating motion where in heat consists.

S. 345, Qu. 29: Are not the Rays of Light very small Bodies emitted from shining substances?

S. 345, Qu. 30: Are not gross Bodies and Light convertible into one another, and may not Bodies receive much of their Activity from the Particles of Light which enter their composition. For all fixed Bodies being heated emit Light so long as they continue sufficiently hot, and Light mutually stops in Bodies so often as its Rays strike upon their parts.

¹⁾ Essai de Chimie 1702 Mem. de l'Acad. S. 35 og 1705 S. 88. Observations faites par le moyen du verre ardent 1702 S. 145.

²⁾ Joh. Christoph Sturmii: Kurtzer Begriff der Physic oder Natur-Lehre. Nach den vernünftigsten Meinungen der Heutigen Gelehrten; Allen curiosen Liebhabern und Untersuchern der Natur wie auch der Studirenden Jugend zum besten. Hamburg 1713.

Varme. Varme ved Gnidning antages at opstaa ved, at 1ste Element frigøres af sit Fængsel ved, at Overfladen sønderrives. Tæpper og lignende varmer, fordi 1ste Elements Dele ikke kan spredes bort fra Legemet o. s. v. Kulde skyldes blot Mangel paa Varme; Bevis: et koldt Legeme mærkes ikke saaledes i Afstand som en Ild. I Horrebows „Elementa philosophia“, der udkom her i København 1748, henføres alle Varmens Virkninger paa lignende Maade til en bevægende Materie af cartesiansk Natur.

Et populært Værk, der aabenbart har staaet i stor Yndest, er „L'origine Ancienne de la Physique Nouvelle“ par le P. Regnault de la Compagnie de Jesus — Amsterdam 1735. Bogen udkom i Paris 1729, blev oversat til Engelsk 1731, Udgave i Amsterdam 1732, ny Udgave i Paris 1732. Den indeholder en Diskussion om Fysiken i gammel og ny Tid. Forsvareren af den sidste beundrer i høj Grad Gassendi og Descartes; han er stærkt begejstret for den ny Tids Fysik, og man kan se, at Fænomener fra Varmelærens Omraade har spillet samme Rolle for Datiden som de radioaktive Fænomener for Publikum i vor Tid. Som Prøve skal blot anføres: „Altsaa, Aristes, ustraffet at vaske Hænderne i smeltet Bly, roligt at se en Flamme spille paa dem uden at saare dem, at lave Is midt om Sommeren, at indrette det saaledes, at Kulden sprænger en Kanonkugle ligesom en stor Ladning antændt Krudt, at kalde en frossen næsten død Mand til Live ved Virkning af Kulde, saa at sige at lade Øjet se de forskellige Grader af Varme og Kulde, som man føler; det er Problemer om Varme og Kulde mindst ligesaa mærkelige som Aristoteles'; Problemer, som Aristoteles ikke har forklaret, og hvis Løsning vil være en Leg for os.“ „Legen“ bestaar i Forklaring paa Grundlag af Bevægelser, der dels udføres af, dels fremkaldes ved „umærkelige“ Smaadele.

Paa denne kort skitserede Baggrund er det da, at Forestillingen om Varmens materielle Natur mere og mere udvikler sig. Det bliver væsentlig en Række Læger og Kemikere, der former de nye Forestillinger. Af Boerhaave er der opstillet en hel ret fuldstændig Varmetheori i Afsnittet „De igne“ i hans „Elementa chemiæ“ 1732 (Lugdani Batavorum). Theorien vakte stor Opmærksomhed hos Samtiden og er ogsaa historisk inter-

essant. P. van Muschenbroeck siger¹⁾, at Fysiken er lidet frem-skreden paa Grund af manglende Experimenter, kun Newton har bragt Klarhed over Lysets Forhold, Boerhaave over Ildens. — 1741 udkommer allerede 2den Udgave af en engelsk Oversættelse ved Peter Shaw, hvorefter Fremstillingen her er tagen.

For at opbygge en Theori vil Forfatteren ikke gøre nogen Forudsætning om Ildens Natur, men vil efterhaanden, støttet paa en Række simple Experimenter, bygge den op. Naturligvis — kan man næsten sige — holder han ikke dette, men allerede i Begyndelsen af Afsnittet taler han om Ildens Element²⁾, der findes alle Vegne — ligelig fordelt og i samme Mængde i alle Legemer og Rum. Han behandler hele Tiden Ilden som et Stof, men anfører for Resten senere en Begrundelse heraf. Han samler nu en Række Kendsgerninger, paa hvilke han bygger sine Slutninger³⁾:

Ild er noget, der udvider alle Legemer; (han omtaler, at Vand udvider sig ved Frysning, men ser Grunden hertil i, at der dannes Luftblærer); Kulde er blot Mangel paa Ild. „Den blotte Mangel paa Ild frembringer en vidunderlig Bevægelse i alle faste Legemer: Jeg mener en Bevægelse i alle Dele, baade indre og ydre, ved Hjælp af hvilken alle Legemets Atomer stræber mod dets Centrum og paa denne Maade kommer nærmere sammen, mens Ilden er et ydre virksomt fremmed Middel, der gaar ind i Legemerne og driver deres Dele fra hinanden, saa at Kuldens højeste Grad vilde svare til absolut Hvile af et Legemes Dele og Minimum af Rumfang, mens Ildens højeste Grad er en evig Bevægelse af opløste Dele. Højeste Grad af Kulden og Ilden synes ikke at kunne findes.“ . . . „Den laveste Temperatur, der er iagttaget i Naturen, er 0° Fahrenheit⁴⁾, men ved Kuldeblandinger er Fahrenheit kommen langt under, saa der er ikke nogen Grænse at se for de lave Temperaturer.“

Der er Ild i alle Legemer, thi der udvikles Varme ved

¹⁾ Essai de physique (fransk Oversættelse 1739, Leyden).

²⁾ Boerhaave: Elementa Chemiæ (engelsk Oversættelse) S. 207.

³⁾ Elem. Chem. S. 217 o. fl.

⁴⁾ Se S. 83 om Rømers Nulpunkt.

Gnidning mellem alle Legemer; særlig ved Gnidning mellem haarde og kolde og hastigt bevægede, stærkt sammentrykte Legemer er Varmeudviklingen mærkbar, men den viser sig ogsaa ved Gnidning mellem Kviksølv og Glas i Vakuum. Der viser sig ogsaa Ild ved Slag.

Ilden er ligeligt udbredt over Rummet; han mener i Virkeligheden dermed, at der overalt er samme Temperatur. Han siger nemlig, at naar nogen indvender, at om Vinteren er Jern koldere end Fjer, og at Sprit har mere Ild end Kviksølv; da beder han dem huske, at han her kun taler om Ilden, bedømt efter dens Evne til at udvide, og naar disse Legemer berører hinanden, forandres deres Rumfang ikke.

Det havde stor Interesse at maale Mængden af Ild. Ved Termometrets Hjælp kan for et Sted maales Forholdet i Tal mellem dets Ild og Ilden paa et andet kendt Sted. — Denne Anskuelse opretholdes ikke for Legemers Vedkommende. Der siges udtrykkeligt senere, hvor han taler om Mængden af Ild i tætte og mindre tætte Legemer¹⁾:

„Det var ønskeligt, at Forholdet mellem den Mængde Ild, der er indeholdt i et Legeme i Forhold til et andet, kunde bestemmes, men det er ikke saa let, som det ved første Øjekast kunde synes, fordi vi, skønt vi af de Virkninger af Ilden, vi kender, kan dømme om dens Kraft, ikke kan dømme om dens Mængde. Thi saa længe som Forholdet mellem den Kraft af Ilden, der beror paa dens Deles Nærhed, og den, der beror paa dens Mængde, er ukendt, vil vi være ude af Stand til at slutte fra Ildens Virkninger til dens Mængde.“ Ildens Kraft afhænger altsaa efter dette af Ildens Mængde i et Legeme og dens Deles indbyrdes Lejrning, men hvad er igen bestemmende for disse Ting? Rimeligvis Forholdet til Legemets Materie. Der maa være en eller anden Grund til, at Varmen bliver nogen Tid i et opvarmet Legeme og hindres i at flyve derfra, saa snart den er frembragt, thi i Brændpunktet af et stort Hulspejl eller en stor Linse, der opfanger Solstraaler, er der lige saa varmt eller varmere end i en rødglødende Jernkugle, og dog ophører denne Varme øjeblikkelig, saa snart Straalerne ophører, saa at det ses, at Ilden ikke kan bevares

¹⁾ Elem. Chem. S. 287 o. fl.

paa et Sted ved sin egen Hjælp, men maa have en eller anden Ting forskellig fra den selv at opholde sig i.

Endvidere synes det godtgjort ved Experiment, at naar Legemer af forskellig Tæthed opvarmes til samme Varmegrad, da vil de tætteste, tungeste, de, som har mest legemlig Substans, afkøles langsomst. For at undersøge Tæthedens Betydning for Varmemængden i et Legeme, har han faaet Fahrenheit til at gøre nogle Forsøg¹⁾ over Blandinger af Vædske af forskellig Temperatur. Blandede han lige store Vægtmængder af Vand og Kviksølv, viste det sig, at Blandingstemperaturen var over Middelterperaturen, hvis Vandet var det varmeste, og under denne, naar Vandet var det koldeste. Blandedes 3 Rumfang Kviksølv med 2 Rumfang Vand, var Resultatet omtrent det samme, som naar Vand blandes med sit lige Rumfang, nemlig Middelterperaturen. Boerhaave slutter heraf, at Varmen fordeles i Legemerne i Forhold til deres Størrelse og ikke i Forhold til deres Tæthed, da Kviksølv, der vejer omtrent 20 Gange saa meget som Vandet, har samme Varmemængde; han gaar i det følgende ud fra i direkte Modstrid med dette Forsøgsresultat, at Varmen er ligelig udbredt over Rummet.

Den 1ste Maade at gøre den overalt tilstedeværende Varme synlig var altsaa ved Gnidning eller Slag. Den 2den Maade er ved Solens Hjælp²⁾. Boerhaave hævder den Anskuelse, at det egentlig ikke er Solstraalerne selv, der bringer Ilden, men den dirigerer den overalt forhaandenværende Ild i parallelle Bevægelsesretninger, mens denne uden en saadan Paavirkning lige let bevæger sig i alle Retninger. Ved at bringes i parallelle Retninger forøges dens Virkning, og yderligere voxer denne ved Anvendelsen af Hulspejle og Linser; han omtaler Forsøgsrækker over meget stærke Varmevirkninger fremkaldte ved et meget stort Hulspejl, 43 Tommer i Tværmaal, (Villetes) og et stort Brændglas med 12 Fods Brændvidde (Tschirnhousen's). Grunden til, at Boerhaave ikke antager, at Solstraalerne fører Ildens Dele med fra Solen, er dels den, at deres Varmevirkning er øjeblikkelig, dels at deres Varmevirkning

¹⁾ Elem. Chem. S. 291, § 245.

²⁾ Elem. Chem. S. 257—291.

er større i den tættere Atmosfære nede ved Jorden end i den tyndere paa Bjergene.

Endelig omtales den 3die Maade, hvorpaa den overalt tilstedeværende Ild kan vise sig, nemlig som Ild fra Brændsel. Boerhaave beretter om en Mængde Forbrændingsforsøg, som han har anstillet; særlig har han benyttet Alkohol. Han lader Alkohol i en Skaal brænde under en Glasklokke og ser derved, at der kommer Vanddamp ved denne Forbrænding. Han har iagttaget Forbrænding af ren Alkohol og af Alkohol blandet med Vand; i første Tilfælde bliver der ingen Rest, i sidste bliver Vandet tilbage; der dannes ingen Sod og ingen Aske. Boerhaave fremsætter nu den Formodning, at Alkohol er en Blanding af elementær Ild og Vand; disse skilles ad ved Paavirkning fra en Flamme, men vel at mærke kun, hvis der er Plads til, at Ilden kan brede sig i Rummet over Alkoholen, det er, hvis Adskillelsen foregaar paa Grænsen til Luften. Stikker han f. Ex. en Flamme ned i Alkoholen, tændes denne ikke, og Flammen slukkes. Alkohol ligner desuden Ild paa flere Maader; begge koagulerer Blod og saa at sige fortørrer Kød, Nerver, Æggehvite, Brød. Andet Brændsel er bygget af Alkohol og andre Dele, der bestaar af Ild blandet med Jord; derved fremkommer Aske og Sod. Ved alle disse Forbrændinger skabes Ild ikke, den frigøres blot; dens Mængde i Verden maa antages konstant. Ilden fra Brændsel maa antages at være af samme Art som Ilden i Brændpunkter af Spejl og Linse og som Ilden, der fremkommer ved Gnidning og Slag. Ild kan fængsles i et Legeme som f. Ex. i ulæsket Kalk; den frigøres ved, at Vandet aabner Porerne.

Tilsidst rekapituleres¹⁾: Ilden er materiel, thi den opfylder Rummet og flytter sig saaledes, at naar den bevæger sig til et Sted, der støder op til dens nuværende Plads, svinder den bort fra denne, og Udbredelsen tager Tid. Som Exempel nævnes: Fra en ophedet Sølvkugle, der hænger ned i Vandet, gaar Varmen ud i dette og udvider det; Udbredelsen kan følges med et Termometer.

Ild har vistnok ingen Vægt. Ildens Dele er mindre end alt, hvad der ellers kendes, da den trænger ind

¹⁾ Elem. Chem. S. 357—66.

selv i de tætteste Legemer som Guld f. Ex. Selv disse maa antages at have Porer, og det er i dem, at Ilden gaar; naar Jern eller Guld smeltes, forsvinder Porerne, og det synes da ogsaa, at naar Jern først er smeltet, faar det ingen yderligere Udvidelse, hvilket tyder paa, at det ikke kan modtage mere Varme.

Ildens Dele er fuldkommen glatte, rimeligvis Kugler. Hvis Ild og Lys er det samme, da ser man direkte, hvor smaa Delene maa være, naar man ser Lys trænge ind i et mørkt Værelse gennem et lille Hul, og et Øje, der er vænnet til Mørket, ser gennem det lille Hul alle Genstandene udenfor, hvilket viser, at Masser af Straaler trænger ind, og hver af dem bestaar jo dog af flere; Newton har vist, at der er 7, der følges ad langs den hvide Straale, og maaske er der mange flere endda. Ilden er udbredt overalt; dens Mængde er konstant. Boerhaave udtaler selv, at hans Theori ikke kan forklare alt, f. Ex. den Varme, der opstaar ved Blanding af Vædske, staar han tvivlende over for; maaske opstaar den ved Sammenstød af Partiklerne.

I Anmærkningerne til den engelske Udgave af Boerhaaves Værker fremhæves det, at denne Anskuelse om Ildens Natur er anderledes end den, der er den mest gængse i England. Forskellen mellem dem karakteriseres. Den store og fundamentale Forskel med Hensyn til Ildens Natur er, om den „be originally such formed thus by the Creator himself at the beginnings of things; or whether it be mechanically producible from other bodies by inducing some alteration in the particles thereof.“ Det sidste blev jo, som vi har set, væsentlig hævdet af Bacon og Boyle; den stofflige Theori hyldes derimod af flere samtidige af Boerhaave, f. Ex. Homberg, Gravesande, den yngre Lémery. Musschenbroek er paa mange Maader enig med Boerhaave, men indtager paa et Punkt en ejendommelig Særstilling, idet han antager Existensen af et særligt Frysningstof og belægger denne Anskuelse med baade rimelige og slet funderede Grunde; han fremsætter den i et Afsnit om Vandets Frysning, som findes i hans Essai de physique. Det har jo fra gammel Tid voldet Vanskelighed at forene den Kendsgerning, at Vandet udvider sig ved Frysning med Antagelsen af et særligt Varmestof, ved hvis

Formindskelse eller Forøgelse et Legemes Temperatur stiger eller falder, eller dets Tilstandsform forandres. Hvis et Legemes Frysning sker ved, at et Stof forlader det, og tilmed et Stof, hvis fornemste Egenskab er en Bestræbelse efter at skubbe Legemet's Dele fra hinanden, skulde man jo ubetinget vente, at Legemet blev mindre ved denne Proces. Boerhaave og flere andre havde dog slaaet sig til Ro med, at det var Dannelsen af Luftblærer i Isen, der var Skyld i Rumfangsforøgelsen. Musschenbroek bemærker, at det ikke kan være Tilfældet, da Is uden Luftblærer, dannet af udkogt Vand, viser det samme. Han har udviklet denne Sag yderligere i sine Bemærkninger til Accad. del Cimentos Forsøg, men summerer nu sine Ytringer eller Anskuelser derhen: „qu'on doit regarder la Gelée et le Froid comme deux choses différentes; que le Froid n'est pas quelque chose de reel, mais une privation du Feu¹⁾; que la Gelée est quelque chose de reel, et qu'elle dépend de certains Corps mêlés avec l'Eau, qui la changent en Cristal²⁾. — Il est vraisemblable, que l'Eau se change en Glace, non parce qu'elle se trouve privée de Feu (quoique la Glace ne contienne jamais beaucoup de Feu) ni parce que les parties de l'Eau qui étaient auparavant en mouvement, tandi qu'elles étaient fluides demeurent alors en repos; mais parce qu'il se mêle avec l'Eau certains Corpuscules fort déliés, qui viennent de notre Atmosphère et qui produisent une espèce de fermentation avec elle, chase le Feu, qui s'y trouve, et font que ses parties deviennent adhérentes les unes aux autres, en s'insinuant dans leurs pores comme si l'on attachait deux Boules ensemble à l'aide d'un clou.“ Han anfører nu dels en Række Kendsgerninger, der har givet ham denne Tanke, dels søger han at tilbagevise Indvendinger imod den.

Han mener at have set, at der danner sig Is paa Vandene ved forskellig Temperatur af Luften, undertiden naar den er 32°, undertiden ogsaa ved 36°, endvidere at der kan være Isdannelse i en Egn og ikke i en tilstødende, hvor han dog ikke antager, at der kan være større Temperaturforskel³⁾; Vandet kan fryse i Spanien om Vinteren, mens det regner i Holland — altsammen

¹⁾ Han hævder ogsaa denne Sætning, hvor han taler om Ildens Natur.

²⁾ Essai de physique, S. 443, § 911.

³⁾ Essai de physique, S. 449. (Se Tabellen næste Side.)

Tegn paa, at det ikke er Temperaturen, der er det afgørende, men Tilstedeværelsen af de passende Partikler i Luften. Spørger man, hvorfor fryser det da om Vinteren og ikke om Sommeren, bliver Svaret, at om Sommeren tildeler Solens Varme Vandets Dele en Bevægelse, som hindrer Stoffet i at virke; det er paa Grund af Bevægelsen, at Floder med stridt Løb vanskeligere fryser end stillestaaende Vand, og af samme Grund hindrer man Vandet i en Flaske i at fryse ved at binde den til en Møllevinge og lade den snurre rundt med denne. — Et fugtigt Stykke Tøj, som man i koldt og tørt Vejr hænger i Luften, vil ofte ved Frysningen blive stift, naar Termometret kun viser en saadan Kulde, som under sædvanlige Omstændigheder er utilstrækkelig til Frysning — i dette Tilfælde maa Isen dannes af andre Grunde end ved Formindskelse af Varmen. — Det er jo øjensynligt, at Temperaturmaalingen i „de tilstødende Egne“ eller af det frosne Tøj vilde have vist Musschenbroek det fejlagtige i hans Slutninger; det er mærkeligt, at en Mand, der har beskæftiget sig indgaaende med Accad. del Cimentos Forsøg, er saa lidt paa-virket af Akademiets Iver efter at prøve alt, tilmed, da han jo havde Adgang til at bruge de forholdsvis gode Fahrenheit-Termometre.

En meget vægtig Grund for ham til Antagelsen af et Frysningstof er følgende lagttagelse, som han refererer:

Vand af 32° blandes med HNO_3 af 32° — Resultat: Blandings-temperatur 41°,

Is af 32° blandes med HNO_3 af 32° — Resultat: Blandings-temperatur ÷ 8°.

Som et Exempel paa det fejlagtige i den Anskuelse, at der ikke kan findes større Temperaturforskelle mellem tilstødende Egne anføres følgende Tabel taget fra: „Om Temperaturforholdene“ af la Cour (Teknisk Forenings Tidsskrift, 5. Februar 1908, S. 34):

	Tør Fyrreskov		Nærliggende noget lavere græsbevoxet Mark. Gammel afbrændt Skov		
Termometrenes Højde					
over Jorden	0	1,5	0	0,9	2,0
Temp. $^{28/7}$ Kl 1 Nat.	7°,3	7°,0	—2°,5	1°,5	4°,0
Temp $^{11/9}$ Kl. 11 ³⁰ Eftm. . .	6°,0	6°,1	—3°,3	0°,0	2°,0

Maalingen i Finland; klar rolig Nat; Celsiustermometer.

¹⁾ Essai de physique, S. 447, § 917.

der maa da i Isen have været et Stof, der er Skyld i denne Forskel. Forsøg med Kuldeblanding støtter ligeledes hans Anskuelse¹⁾. Salt og Sne blandes i en Gryde, og ned deri sætter man et Glas Vand og sætter Gryden paa Ilden. „Ilden frem-skynder denne Frysning, thi Vandet fryser hurtigere, jo hurtigere Sneen smelter. Dette maa sikkert stamme fra, at Ilden udjager af Sneen visse Smaadele, som den jager ind i Vandet, og som faar det til at fryse. Jeg tilstaar, at Vandet ikke havde undladt at fryse, selv om man ikke havde sat Gryden paa Ilden, men den var da ikke frosset saa hurtigt“. — Man ser her Antiperistasisprincippet lyslevende igen.

Indvender man, at Frysningstoffet maatte forøge Vægten af det, der fryser, svarer han naturligvis, at det vejer for lidt, til at Vægtskaalen kan vise det. Som Analogi anfører han, at hvis man paa den ene Skaal af en Vægt havde anbragt noget Ost i et lukket Rum og bragt Ligevægt til Veje, vilde f. Ex. 20 Mider, der slap ind i Osten, ikke forstyrre Ligevægten og dog foraarsage Forandring af Stoffet. — Han anfører paa „Kemikernes Autoritet“ Exempler paa Partikler, der fremkalder Frysning. Naar man har lavet Saltsyre (Sel marin et l'Huile de Vitriol), da bliver der et andet vidunderligt Salt tilbage i Kolben, som kan opløses i Vand og forandres til Krystal: „ce Sel réduit en poudre & mélé avec trois fois autant de Vinaigre, de Bière, de Vin ou d'Eau convertit ces Liqueurs en Glace.“ Dette berettes efter Boerhaave og passer jo godt med Mus-schenbroeks Forestillinger, naar den virkelige Grund til Fænomenet er ham ubekendt. — Spørger man ham om Arten af hans Frysningpartikler, maa han erkende, at det véd han ikke, bl. a. fordi Fysiken er saa lidt fremskreden paa Grund af manglende Experimenter. „Kun Newton har bragt Klarhed over Lysets Forhold, Boerhaave over Ildens, Reaumur over Jernets.“

Vi har set, at Boerhaave udtalte sig tvivlende om Muligheden af ved Hjælp af Termometret at maale Forholdet mellem Mængden af Ild i to Legemer. Dette Spørgsmaal tilligemed flere andre tages nu op til kritisk Behandling af den engelske

¹⁾ Ess. de phys. S. 447 § 918.

Læge Martine¹⁾. Hans Værk indeholder flere Afhandlinger om Temperaturmaalinger og deres Betydning; den første af dem hedder: *Some observations and Reflections concerning the Construction and Graduation of Thermometers*²⁾ og indeholder en skarpsindig Kritik af de da brugte Termometre; særlig paapeger han stærkt Manglerne ved Réaumurs og ved de Termometre, hvis Inddeling er baseret paa Princippet ét fast Punkt og Røret inddeelt i ligestore Brøkdele af Rumfanget indtil dette, og foreslaar som den bedste Inddelingsmaade at bruge to faste Punkter, Frysepunkt og Kogepunkt, og inddele Røret i ligestore Rumdele derimellem. Han bibeholder kun Tallene 32 og 212 ved disse, fordi de har faaet Hævd gennem Fahrenheits Termometer, som han anser for det bedste; han formoder, at Fahrenheit har fastsat Nulpunktet ved en Kuldeblanding og Frysepunktet ved Opvarmning til Vandets Frysepunkt, og at Grunden til, at han valgte at dele denne Afstand i 32 Dele, var, at han fandt, at Kviksølvets Udvidelse ved denne Opvarmning var 32 af de Rumdele (11124 efter Boerhaaves og Musschenbroeks Angivelse), som Beholderen rummede. Som ovenfor udførligt er paavist, forholder Sagen sig sikkert ikke saaledes; Martine bemærker da ogsaa, at Boerhaave ikke altid angiver Beholderens Størrelse med det ovenfor angivne Tal.

I det foregaaende er det omtalt, at der var mange, der nærede Mistillid til Frysepunktet som et fast Punkt, samt at desuden de Fahrenheitske Termometres Angivelse af Frysepunktet ikke altid var paalidelig. Martines Afhandling bekræfter disse Udsagn. Det har været en almindelig udbredt Antagelse, at Frysepunktet for Vand var afhængigt af Breddegraden. „Dr. Cyrilles Iagttagelser synes at bekræfte det. I Napoli fandt han, at Vand frøs, naar hans Termometer var 10 Grader over Frysepunktet, som det var blevet afsat i England efter Royal Society's Regel. Og Fader Martini taler om Frosten i Provinsen Pekin i Kina som større end dets Bredde af 42° vilde lade formode, idet Floderne ofte var frosne 4 Maaneder. Og han tilføjer, at det er overraskende, at Europæere skulde forblive uanfægtede

¹⁾ *Essays medical and philosophical* 1740.

²⁾ S. 177, dateret Aug. 1738.

af denne Kulde; han formoder, at den vilde være ude af Stand til at producere Is i deres Del af Verden. Af alt dette kunde man blive færdig til at slutte med Dr. Derham, Professor Muschenbroek og andre, at jo længere nord paa vi gaar, des større Kuldegrad maa der til at fryse Vand. Og hvad der kunde styrke en saadan Formodning er, at jeg fandt, at paa nogle hollandske Kviksølvtermometre, lavede i Amsterdam, paa hvilke Frysepunktet var mærket med 32° , var det en Grad eller to lavere her, naar de blev anbragte i Tøsne eller smaat hugget usmeltende Is.

Men jeg er overbevist om, at disse tilsyneladende Differenser stammer fra Mangel paa Omhu hos lagttagerne eller Fejl hos Instrumentmagerne. Eller hvad om Dr. Cyrilli havde sit Vejrglas indelukket og beskyttet i et Hus, mens det frøs ude. Saavidt jeg ved, gøres dette altfor almindeligt af dem, som gør Fordring paa at registrere Vejret.“ Martine anfører dernæst, at han har undersøgt Temperaturen af smeltende Sne eller Is under $56^{\circ} 20'$ og $51^{\circ} 32'$ Bredde og fundet nøjagtigt det samme.

Særlig Interesse har en anden Afhandling: *The various Degree of Heat in bodies*¹⁾. Det Hovedsynspunkt, Martine hævder heri er, at Forholdet mellem de maalte Temperaturer for to Legemer har ingen Betydning — kun Forskellen har nogen Interesse. Han skriver herom: „ . . . da vi mangler Kendskab til de yderste Grænser af Varme og Kulde, kan vi ikke bestemme det geometriske Forhold mellem de virkelige eller absolute Mængder af Varme i et Legeme til den, der er i et andet. Alt hvad vi kan stræbe efter, er at betegne deres arithmetiske Differenser, hvilket er et meget nyttigt Arbejde og kan gøres ved et stort Antal af nøjagtige lagttagelser af de forskellige Grader af Varme. Disse Udvidelser²⁾ svarer altid i noget Maal til den Mængde af Ild eller Varme, der er anvendt. Saa at vi i Almindelighed taler om disse Ting som proportionale med hinanden. Skønt jeg ønsker ikke, at man skulde forstaa det, som om jeg rent ud vilde bekræfte, at de begge gaar for sig nøjagtigt i det samme Forhold,

¹⁾ l. c. S. 288.

²⁾ fremhævet af K. M.

d. v. s., at Udvidelserne skulde altid ske nøjagtigt i et Forhold, der hverken er større eller mindre end det simple Forhold mellem Mængderne af anvendt Varme. Naar Folk¹⁾ fortæller os, at rødglødende Jern er 3 à 4 Gange varmere end kogende Vand, og at kogende Vand er omtrent 3 Gange varmere end vor Hud eller end Sommervarmen, da regner de i Almindelighed den laveste Grænse for Varme at være den, hvor Vand begynder at fryse, og har derfra fundet, at Vand eller Linolie (eller hvad anden Vædske, der kan bruges i Termometret) har staaet i disse Forhold, skønt den absolute eller virkelige Varme ikke afviger nær saa meget, som de ved denne fejlagtige Regning har faaet til Resultat. Saaledes faar ganske vist kogende Vand Kviksølvet i Termometret til at stige 212°, det er 180° over 32°, Varmen af det frysende Vand, medens Varmen af det menneskelige Legeme er kun omtrent 97° eller 98°, kun 65 eller 66° over Frysepunktet. Og derfor forholder Udvidelserne sig som $\frac{180}{66}$ eller som $\frac{2,73}{1}$; hvilket er noget mindre

end 3. Men den virkelige Varme af disse Ting afviger mindre fra hinanden. Lad os f. Ex. antage, at Fahrenheits Is og „spirit of nitre“ Blanding af $\div 40^\circ$ var bleven antagen for den laveste Grænse for Varme (skønt der er god Grund til at tro, at denne maa være endnu meget lavere), da vil vi finde, at Varmen af kogende Vand vilde forholde sig til vort Legemes Varme kun som $\frac{212 + 40}{98 + 40} = \frac{252}{138} = \frac{1,83}{1}$, d. e., ikke det dobbelte“ . . . Forholdet mellem Varmemængderne — fremhæver Martine atter — afhænger altsaa af, hvor Grænsen for Varmen ligger. Han er ikke tilbøjelig til at gaa saa vidt som Amontons: „Efter hans Skema vil Luften miste al sin Elasticitet, naar den bliver helt berøvet sin Varme (om hvilket jeg ikke tror, at vi kan være overbeviste), og hvis vi da i en saadan fuldstændig Mangel paa Varme, om det var muligt at frembringe den, vilde reducere hans Tal til vore, vilde Kviksølvet i Fahrenheits Termometer falde 431° under Vandets Frysepunkt eller til $\div 400^\circ$, en Temperatur, der er lige saa langt under

¹⁾ bl. a. Newton.

det menneskelige Legemes, som denne er under den brændende Hede af kogende Olie eller Kviksølv.“ Jeg har refereret disse Udtalelser saa udførligt, fordi der her diskuteres et Forhold, som spiller en meget stor Rolle i den sidste Del af det 18de og Begyndelsen af det 19de Aarhundrede — det er Spørgsmaalet, om Temperaturtallene kan sættes proportionale med Varmemængderne i de Legemer, der undersøges. Trods den Reservation, Martine udtaler, gaar han i sine Beregninger ud fra, at det er tilladeligt, naar blot man kendte, hvad Termometret viste, naar al Varmemængde berøvedes det — altsaa kendte det absolute Nulpunkt; snart begynder der da en ivrig Søgen efter dette.

Gennem sine Forsøg korrigerer han Boerhaave paa et andet Punkt, som ogsaa senere ses at have Forbindelse med det nylig omtalte. Martine tager lige store Glaskar af samme Form og fylder med forskellige Vædske og iagttager den Temperaturstigning, de faar i samme Tid, naar de anbringes i Nærheden af en Ild, og tillige det Temperaturfald, de lider ved dernæst at anbringes i koldere Omgivelser. Det viste sig da mod al Forventning, at Kviksølv opvarmedes og afkøledes hurtigst og Vand langsomst af alle. Ligeledes vistes, at et varmt Legeme, der anbringes i Luft og i forskellige Vædske, vel afkøledes hurtigere i disse end i Luft, men langt fra i Forhold til Tætheden, som man forud havde ment.

Et Bevis paa Martines gode Iagttagelsesevne er det, at han har fundet — ved Iagttagelse paa sig selv — at under Koldfeber var hans Temperatur 2 à 3° højere end normalt¹⁾; han siger, at Boerhaave og flere har altfor overdrevne Forestillinger om Heden under Feber, og at de frygter, at den skal kunne koagulere Blodet. Martine angiver, at han paa Huden under Feber har fundet 106° F., og da har nok Blodet 1° højere (41²/₃° C.).

I de første Aartier efter 1750 sker Fremskridtene paa Varmelærens Omraade mest i Skotland, og Indflydelsen derfra

¹⁾ Denne Opdagelse tilskrives ellers de Haen i Wien; han kom der 1754 som Professor. Se Jul. Petersen: Hovedmomenter i den medicinske Kliniks ældre Historie S. 112.

breder sig til vide Kredse. Hovedmanden for disse Fremskridt er Joseph Black, der fra 1757 begyndte Forelæsninger over Varmelære ved Universitetet. James Watt var Blacks Ven og Medarbejder, og foruden ham har Crawford og Irvine arbejdet i samme Retning. Blacks Forelæsninger er først udgivne efter hans Død af hans Tilhører Robinson. Black selv var efter Robinsons Skildring en stærkt beskæftiget og opofrende Læge, der ikke har fundet Tid til selv at besørge sine Forelæsninger i Trykken. Hans Optegnelser var dog ret fuldstændige, saa at Robinson kunde følge dem temmelig nøje. Robinsons Udgave er oversat til Tysk af Crell; det er denne Oversættelse, der her er benyttet; den udkom i Hamborg 1804. Mange Tilhørere blev paavirkede af Blacks Ideer, og hans Udgiver mener, at mange af de Arbejder paa Varmelærens Omraade, som kom frem i de følgende 30 Aar, skyldtes Paavirkning fra Black. Forelæsningerne er overordentlig tiltalende; Fremstillingen er klar, ædruelig, jævnt fremadskridende; den viser Billedet af en klog Iagttagere og en udmærket Experimentator. Blacks Hovedfortjeneste paa dette Omraade er sikkert nok Opdagelsen og Bestemmelsen af Isens Smeltevarme og Vandets Fordampningsvarme og dermed af „bunden Varme“ i det hele taget. Disse Varmemængder angives i „Grader“, hvilket betyder en Angivelse af, hvilken Temperaturstigning den bundne Varme vilde fremkalde i samme Vægtmængde Vand; altsaa i Virkeligheden samme Betydning som nuomstunder. Black havde, et Par Aar før han begyndte paa sine Forelæsninger over Varmelære, opdaget, at der udvikledes Kulsyre („fix Luft“) ved Brænding af Kalk og ved dens Behandling med Syrer, og denne Opdagelse er ikke uden Indflydelse paa hans Betragtninger af Varmens Natur.

Vi skal nu se, hvorledes Black stiller sig til de her behandlede Spørgsmaal: Betydningen af Temperaturtallet og Varmens Natur.

Han begynder først med at omtale Varmens almindelige Virkninger. Den første er, at Varmen udbreder sig lettest af alt; Black siger, at Forsøg af Franklin med et Termometer under Klokken paa en Luftpumpe har vist, at den endog gaar gennem det tomme Rum, men dog hurtigere gennem Luf-

ten¹⁾. Han omtaler kortelig de forskellige Anskuelser om Varmens Natur, Musschenbroeks — hvis Antagelse af et Frysningstof, Black aldeles ikke kan billige — Boerhaaves og Bacons. Selv er han noget tilbøjelig til at give en Dr. Cleghorns Theori sit Bifald. Denne gaar ud paa, at Varmen er et Stof, opbygget af Smaadele, der frastøder hinanden, mens de tiltrækkes af Legemernes Dele. Varmen udvider Legemerne, og denne Udvidelse er forskellig for forskellige Stoffer; hvoraf denne Forskellighed kommer, ved man ikke; kun Erfaringen kan oplyse, at den er der, men der er anstillet en Række Forsøg derover, som omtales. Black omtaler Rumfangsførøgelsen ved Frysning af Vand og ser med Mairan Aarsagen hertil i Krystallisationen. Forskellige har gjort Forsøg paa at vise, at Vægten af Vand forandres ved Frysning, men uden Resultat. Fordyce²⁾ vejede en Glaskugle med ca. 1700 Grain Vand af 32° i et Værelse, der hele Tiden holdtes paa 32°. Glaskuglen var tilsmeltet. Vandet blev frosset i en Kuldeblanding, bragt til 32°, og Kuglen vejedes igen. Fordyce fandt, at den var bleven $\frac{1}{16}$ Grain tungere, det er $\frac{1}{25600}$ af dens Vægt. Rumford gentog senere Forsøget uden at iagttage Forandring. Black véd og bemærker, at Metallernes Vægtførøgelse ved Opvarmning er foraarsaget af, at de optager Luft, og altsaa ikke er noget Bevis for, at Varmen har Vægt. Black erkender, at man ikke har kunnet paa-vise, at Varmen har Vægt, men siger dernæst til sine Tilhørere³⁾: „Dog til Trods for denne Vanskelighed forestiller jeg mig, at De, efterhaanden som vi gaar frem, stadig mere og mere vil føle Dem bestyrket i den Tro, at Varmen er Virkningen af en særlig Substans.“

Efter dernæst at have omtalt Termometres Indretning siger han⁴⁾: „det næste Spørgsmaal bliver nu, om Graderne paa deres Skala udtrykker eller angiver ligestore Forskelle i Varme? Det er klart, at den umiddelbare Hensigt for hvilken Skalaen er anbragt, ikke er at maale selve Varmen, men den ved Varmen

¹⁾ Forsøg med lignende Formaal er allerede anstillet 1668 (Mem. de l'Acad. des Sciences 1668 S. 40).

²⁾ Phil. Trans. 1785.

³⁾ Black: Vorlesungen, S. 65—66.

⁴⁾ Vorl. S. 75.

frembragte Udvidelse . . . ; der bliver endnu at overveje, om disse ligestore Forøgelser eller Formindskelser i Rumfang bliver frembragte ved ligestore Tilvækster eller Afdrag af Varmen? Vi kan tænke os, at Sagen forholdt sig anderledes, og at der paa nogle Dele af Skalaen fordredes en større Tilsætning af Varme for at bevirke en Grads Udvidelse end paa andre Dele.“ Han nævner som analogt Exempel, at en Streng, der belastes med Pundslodder ikke faar samme Forøgelse i Længde for hvert, og bemærker tillige, at flere Forfattere, f. Ex. Boerhaave og Martine, har ikke tænkt Spørgsmaalet igennem eller i hvert Fald ikke skænket det synderlig Opmærksomhed. Black selv anstillede Forsøg derover 1760. Tidligere er der gjort nogle Forsøg derover og senere en Mængde især af Crawford og de Luc. Forsøgene gaar ud paa at blande koldt og varmt Vand af kendte Temperaturer og iagttage Blandingstemperaturen; er denne = Middeltemperaturen i en Mængde forskellige Tilfælde, da svarer ligestore Temperaturforøgelser til ligestore Forøgelser

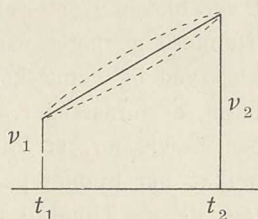


Fig. 18.

i Varmen. For let at forstaa Tankegangen kan man forestille sig, at man for hver Temperatur af Vandet kendte den Varmemængde, der er i Vandet; Temperaturen t afbildes som Abscisse, Varmemængden v som Ordinaten; hvis ligestore Tilvækster i Temperatur svarer til ligestore Tilvækster i Varmemængder, bliver Kurven (v, t) en ret Linie, ellers ikke. Blandes to ligestore Vægtmængder Vand — f. Ex. 1 $\mathfrak{R}$ — den ene med Temperaturen t_1 og Varmemængden v_1 , den anden med Temperatur t_2 og Varmemængde v_2 , da vil hvert Pund faa Varmemængden $\frac{v_1 + v_2}{2}$ og følgelig en Tem-

peratur, der svarer til Ordinaten $\frac{v_1 + v_2}{2}$; denne er $\frac{t_1 + t_2}{2}$,

hvis Kurven er en ret Linie, ellers ikke; omvendt sluttes, at Kurven maa være en ret Linie, hvis Middeltemperaturen faas i mange Tilfælde. Black gør nu en hel Del Forsøg af denne Art. Han omtaler, at der er to Ting at agte paa ved disse Forsøg; den ene er, at Termometerrøret er lige vidt overalt; den anden er,

at man maa tage Hensyn til Varmevexlingen med Karret; han gaar da frem paa den Maade, at han for hvert Sæt af Blandinger gør to Forsøg; de Kar, hvori han har de to Portioner Vand skal være ens; han iagttager Blandingstemperaturen baade, naar han hælder det koldere Vand i det varmere og omvendt, og tager dernæst et Middeltal af de to iagttagne Blandingstemperaturer. For Kviksølvttermometrene mente han at se, at for samme Forøgelse i Varmemængde kom der stadig samme Rumfangsforøgelse; dog var der en Antydning af, at naar Varmemængden voxede, blev Udvidelsen større for samme Tilvæxt i Varme; saaledes forholdt Sagen sig, naar Temperaturen maales med Vand- eller Spirit-Termometre. Dette Tilfælde svarer til

hosstaaende Kurveform. — Black

erklærer, at dette passer godt med den Anskuelse om Varmens Natur, som han anser for den rigtigste, nemlig at Varmen skyldes et Stof, der bestaar af Dele, der frastøder hinanden; i den udvidede Tilstand vil Legemets Dele tiltrække hinanden mindre end ellers, og derfor kan Varmen virke bedre. Som et Tegn paa, hvor omhyggeligt Black anstillede disse Forsøg, kan anføres, at han — grundet paa Newtons Udstraalingslov — tager Hensyn til Varmetabet ved Udstråling under Blandingen ved at iagttage Afkølingshastigheden af det Kar, hvori Blandingen foregaar, i den nærmeste Tid efter at Blandingstemperaturens Maximum er iagttaget, og ved Hjælp af denne korrigerer den iagttagne Blandingstemperatur.

Dernæst bliver Spørgsmaalet: 1) Bruger samme Vægtmængde af forskellige Stoffer samme Varmemængde til at opvarmes det samme Antal Grader, og 2) hvorvidt — da det viser sig, at 1) maa benægtes — vil da ligestore Rumfang bruge samme Varmemængde. Boerhaave gaar netop ud fra dette i sin Varmetheori, idet han siger, at Varmen er ligeligt udbredt over alt, men Black viser, at det ikke er Tilfældet, saa at det endogsaa fremgaar af Boerhaaves egen Opgivelse af Blandingstemperatur for ligestore Rumfang af Vand og Kviksølv.

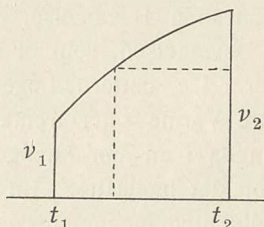


Fig. 19.

Over disse Ting er der anstillet mange Forsøg af samtidige svenske Fysikere, Wilcke og Gadolin, hvormed senere.

Efter Omtale af, at vægtfyldige Legemer gennemgaaende ved samme Temperatur indeholder mindre Varme end Vand siger han¹⁾: „Man kunde her bemærke, at disse Opdagelser, som her er gjorte, er ugunstige for en Mening, som man har dannet sig om Varmestoffet. Mange antog, at Varme beror paa en sitrende eller anden Art af Bevægelse i Materiens Dele, om hvilken sitrende Bevægelse de forestillede sig, at den forplantedes fra et Legeme til et andet. Men var dette begrundet, da maa vi indrømme, at denne Meddelelse maa være i Overensstemmelse med vore almindelige Erfaringer om Meddelelsen af sitrende Bevægelse. Det staar os ikke frit at digte Love for Bevægelsen, som er forskellige fra dem, man hidtil har antaget. De tættere Legemer maatte sikkert kraftigst meddele andre Varme eller fremkalde den i dem. Imidlertid viser Erfaringen i en stor Mængde Tilfælde, om end endnu ikke i alle, netop det modsatte. En saadan Mening er derfor ganske uforenelig med Fænomenerne. Jeg indser ikke, hvorledes man kan komme udenom denne Indvending.“ Det ses altsaa, at Dr. Blacks Tilbøjelighed for den stofflige Theori for en Del har sin Grund i bestemte Indvendinger mod Bevægelsestheorien; denne er sikkert meget lidt udformet, og Blacks Indvendinger mod den er meget uklare. „Love for Meddelelse af sitrende Bevægelse“ kan man vanskeligt ræsonnere med, naar man ikke véd, hvilken Størrelse, Bevægelsen vedrørende, man skal fæste sin Opmærksomhed paa, eller hvilken der er Maal for Varmen.

Det 2det Afsnit af hans „Forelæsninger“ hedder „Om Vædskeetilstanden“, og indeholder en Redegørelse for hans for Varmelæren saa overordentlig frugtbringende Forstaaelse af Begrebet Smeltevarme. Han gjorde Rede for sine Anskuelser derom i et lærd Selskab i Glasgow ²³/₄ 1762²⁾, og meddelte de Maalinger af Isens Smeltevarme, som han havde anstillet; dette banede atter Vejen for Forstaaelsen af Begrebet Fordampningsvarme, og 1764 meddelte han ligeledes Maalinger af denne

¹⁾ Vorl. S. 107.

²⁾ Robinsons Fortale „Vorlesungen“ XLIV.

Størrelse. James Watt var paa den Tid hans nære Ven og Medarbejder; ligeledes assisteredes han af Dr. Irvine. I Kapitlet om Vædskeetilstanden hævder han da strax i Begyndelsen: „vi har overhovedet de største Grunde til at anse Varmen for den virkelige Aarsag til Vædskeetilstanden hos alle de Lege-mer, som har denne Egenskab.“ Han imødegaar Musschenbroeks Anskuelse om Kuldestof, idet han enkeltvis kritiserer de lagttagelser, som denne støtter den paa og viser, at disse i mange Tilfælde er overfladiske og i andre Tilfælde faar en simplere og bedre Forklaring ved Hjælp af Begrebet „bunden Varme“. Han giver saaledes den samme Forklaring af den lave Temperatur ved Kuldeblandinger, som er den gængse den Dag i Dag. Disse betydningsfulde Opdagelser er da sikkert i høj Grad medvirkende Aarsag til, at den stoflige Forestilling om Varmens Natur, som Black stadig støttede sig til i sin Om-tale af dens Fænomener, faar stadig større Raaderum hos dem, der beskæftiger sig med disse Ting.

Det er jo klart, at disse Opdagelser var af stor Interesse for Opfattelsen af Temperaturtallets Betydning; dette kunde altsaa ikke paa simpel Maade give Oplysning om et Legemes Varmeindhold, da det jo viste sig, at et Legeme kunde sluge store Varmemængder, uden at det i mindste Maade viste sig paa Termometret. Blacks Elev Dr. Irvine opstillede da en Theori om disse Forhold, som har spillet en stor Rolle og for-anlediget betydeligt experimentelt Arbejde, som senere vil ses. Dr. Irvine selv har intet offentliggjort, men hans Arbejde er efter hans Død udgivne af hans Søn i Begyndelsen af det 19de Aarhundrede; denne Udgave har ikke været mig tilgængelig, men efter Referat hos Black og mangfoldige andre kan jeg se, hvad der har været den Hovedidé, som har beskæftiget Samtid og Eftertid. Det er lettest at give en Forestilling om Theorien gennem en Analogi; der illustreres ved omstaaende Figur, der findes hos Dalton¹⁾; et lignende Billede bruges af Crawford²⁾,

¹⁾ A new system of chemical philosophy, Part I, London 1842; 2den Udg. (1ste Udg. 1808).

²⁾ Crawford: On animal heat: Deutsch von Crell 2den Udg. Leipzig 1789.

og det stemmer ganske med den Omtale af Dr. Irvines Theori, som man finder i en Artikel af hans Søn og Udgiver af hans Arbejder i Nicholsons Journal of Natural Philosophy, Vol. VI. London 1803. Figuren forestiller 3 conaxiale, cylindriske Rør af forskellig Vidde, som kun har Forbindelse med hinanden over Randene; det inderste er ved et Siderør i Forbindelse med et ydre Rør, der er lige vidt overalt. Hælder man Vædske i det inderste Kar, vil man paa Siderøret kunne følge Stigningerne af Vædsken, og da disse er proportionale med den Vædskemængde, der hældes i, faar man ligeledes et Maal for denne; har man imidlertid naaet det inderste Kars Rand, hører

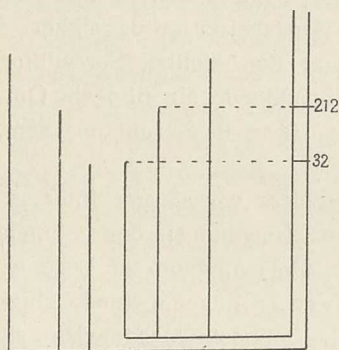


Fig. 20.

Stigningen op, idet den ny paa-fyldte Vædskemængde udelukkende bruges til at fylde Mellemrummet mellem de to inderste Kar; først naar dette er sket, stiger Vædsken igen i Siderøret, indtil det næste Kars Rand er naaet, da Fænomenet gentager sig paa samme Maade som nu beskrevet. Antager man nu som antydnet paa Figuren, at Siderøret svarer til et Termometer, det inderste Kar til den faste Tilstand, det mellemste

til Vædske tilstanden, den yderste til Damp tilstanden, og den paa fyldte Vædske til Varmen, har man en Illustration til Dr. Irvines Theori. Tankegangen i denne er da¹⁾: Et Legemes Kapacitet for Varme er den Mængde Varme, der er brugt til at faa Temperaturen til at stige fra „det absolute Nulpunkt“ til den forhaandenværende Temperatur²⁾; ændres nu Kapaciteten, som det sker ved Overgang fra Is til Vand, maa der tilføres en Varmemængde, der er Forskellen mellem den, Isen kan indeholde ved 0°, og den, der skulde have været brugt for at opvarme Vandet fra det absolute Nulpunkt; deraf følger, at Temperaturen holder sig konstant, mens der tilføres Varme.

¹⁾ Se Nicholsons Journal of nat. phil. Vol. VI, London 1803.

²⁾ „Kapacitet“ bruges ogsaa ofte i Betydningen Varmefylde.

Denne Theori forklarer altsaa Følgerne af, at Kapaciteten forandrer sig; at dette sker, skyldes indre Forandringer i Stoffet, som ingen kender Aarsagen til. Black vil ikke opstille nogen Hypotese; han siger blot: „da det er en Kendsgerning, at der maa Varme til for at smelte Isen, mener jeg, det er rimeligt, at Varmen er Aarsagen dertil, idet den danner en Art Forbindelse med Isen.“ Han siger endvidere angaaende dette Punkt: „Naar vi lægger Mærke til, at det, som vi kalder Varme, forsvinder under Isens Smeltning og kommer frem igen under Vandets Frysning, da kan vi vanskeligt undlade at forestille os det som et Stof, som forbinder sig med Vanddelene, som disse er forbundne med Glaubersalt under dettes Opløsning.“ Meningen med disse Ytringer i Forhold til Irvines Theori er: Kapacitetens Forandring er ikke Aarsag til, at den bundne Varme maa tilføres, men er et Fænomen, der opstaar, fordi Varmen er Skyld i, at Tilstandsformen forandres. Ganske lignende Betragtninger anstilles over Fordampningen, hvor han atter omtaler Varmen som et Stof, der er forbundet med Dampens Dele; ogsaa her antager Irvine, at Nødvendigheden af at tilføre Fordampningsvarme finder sin Forklaring ved, at Dampen har en større Kapacitet. Black mener, at Irvine er gaaet ud fra, at Dampens Kapacitet for Varme er større end Vandets, fordi dens Rumfang er større. Black paapeger det mærkelige i, at der drages samme Slutning for Smeltning og Fordampning, skønt der er Rumfangsformindskelse ved Smeltningen; da nu tillige Dr. Irvines Søn i 1803 omtaler Isens Varmekapacitet som $\frac{9}{10}$ af Vandets, synes det rimeligt at slutte, at — i hvert Fald til at begynde med — var Forandringen i Kapacitet kun apriorisk antagen.

Denne Sag blev nu tagen op af flere og indarbejdet saaledes med den stofflige Theori om Varmens Natur, at de næsten identificeredes. Nogle af de vigtigste Arbejder skal nu omtales, da de har den Interesse for det her behandlede Emne, at de søger at bestemme i Tal Beliggenheden af „det absolute Nulpunkt“ ved Hjælp af Ræsonnementer, der er analoge med Irvines. Jeg mener tillige at kunne se, at Grunden til, at Theorien holdt sig saa længe, for en Del hænger sammen med en ukritisk Behandling af et større Forsøgsmateriale, der blev brugt til

at undersøge Theoriens Gyldighed. Dr. Crawford, der af Black omtales som den, der har gjort ham bekendt med Irvines Theori, har som ovenfor nævnt udgivet en Bog, der hedder „On animal Heat“; jeg har kun kunnet faa 2den Udgave af en tysk Oversættelse af Crell; den er fra 1789. De Forsøg over Varmelære, der omtales, er gjorte 1777. Bogen indeholder et større Afsnit, der omhandler Varmelære med mange efter Dattidens Forhold gode Forsøg. Tillige indeholder den Anvisning til at beregne det absolute Nulpunkts Beliggenhed efter Irvines Metode.

Varmelæren indledes med en Række Definitioner: „Absolut Varme“ betegner „den Kraft eller det Element“, der er Aarsag til Varmefænomenerne.

At Legemerne har forskellig Kapacitet vil sige, at de har forskellig Kraft til at beholde Varmen. Overalt i Fremstillingen senere bruger han Ordet „Kapacitet“ som Varmefylde.

Han fremsætter dernæst de sædvanlige Sætninger om, at Varmen breder sig, til Temperaturen er ens, og at der er Varme i alle Legemer. „Den Varme, der findes i ethvert Legeme, antages begrænset — dette maa man mene, hvad enten man anser Varmen for et Stof eller en Kraft eller Evne.“ „Samme Mængde af samme Stof ved samme Temperatur har samme Varmemængde.“

Han gør nu en Mængde Forsøg med Blanding af Vand for at vise, at i Kviksølvttermometrene mellem Frysepunkt og Kogepunkt svarer hver Grad til en lige stor Varmetilførsel. Efter Beskrivelsen af disse Forsøg uddrager han som Resultat, at nysnævnte Sætning holder stik. Han diskuterer de forskellige Muligheder, nemlig:

1)	Kapaciteten	voxende	med	Temperaturen	
2)	—	aftagende	„	—	
3)	—	svingende	„	—	
4)	—	konstant	„	—	og viser paa

meget besværlig — og fra hans Standpunkt ikke uangribelig — Maade, at dette maatte medføre:

- 1) Blandingstemperaturen ligger over Middeltallet
- 2) — „ — under —

- 3) Blandingstemperaturen vil være skiftende i disse Henseender
- 4) — — — Middeltallet.

At disse Slutninger er rigtige ses let paa de grafiske Afbildninger af Sammenhængen mellem Varmemængde og Temperatur, som svarer til de 4 Tilfælde.

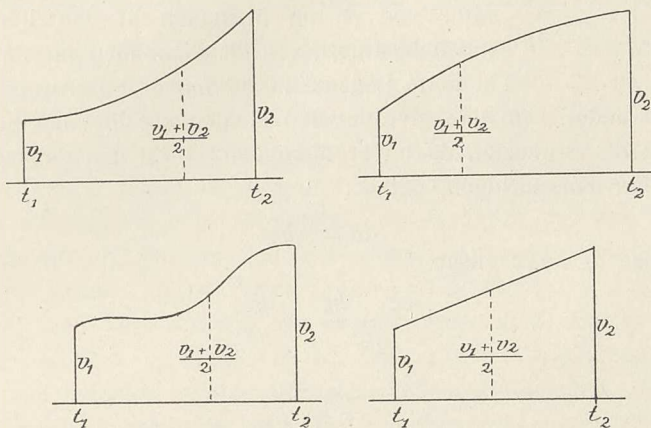


Fig. 21.

Da Crawford nu, som sagt, ved mange Blandinger af Vand af forskellig Temperatur finder, at Blandingstemperaturen er Middeltallet mellem Temperaturerne før Blandingen og tillige ved et enkelt Forsøg med Blanding af varm og kold Luft finder det samme, i det han naturligvis forklarer smaa Afvigelser ved Iagttagelsesfejl, fastslaar han som almindeligt Resultat, at han kan anse Kapaciteten (Varmefylden) af et Legeme for konstant, saa længe det ikke forandrer sin Tilstandsform. Dernæst finder han Varmefylden for en hel Del Stoffer ved Kalorimeterforsøg, der synes forholdsvis omhyggeligt udførte; han prøver ogsaa paa at bestemme Varmefylden for Luftarter ved konstant Rumfang, naturligvis med mindre Held, men dog til hans egen Tilfredshed. Han bruger dernæst Kendskab til Varmefylden til at finde Beliggenheden af det absolute Nulpunkt. Dette sker i et særligt Afsnit og Begrundelsen er følgende¹⁾: „En Ligning for

¹⁾ On animal heat S. 351.

den laveste Varmegrad kan man faa paa følgende Maade: $eb^1)$ er den hele Mængde Ild, som er indeholdt i et Legeme A , eg dets

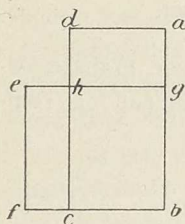


Fig. 22.

Kapacitet og ef Temperaturen regnet fra det nederste Punkt. Dette Legeme antages at have faaet sin Kapacitet formindsket ved en Tilstandsforandring, og efter Forandringen fremstilles Kapaciteten ved Linien da , dets Temperatur ved dc og Mængden af den Ild, der indeholdes deri, ved db . Naar man nu antager, at dette Legeme ikke kommer i Berøring med noget andet, som kan give det den elementære Ild eller berøve det dette Grundstof, da bliver Mængden af Ild den samme før og efter Forandringen, det er:

$$db = eb;$$

da maa $dg = ec$ altsaa

$$\frac{eg - hg}{hg} = \frac{dh}{hc}$$

eller

$$\frac{C - c}{c} = \frac{l}{S},$$

hvor $C - c$ er Forskellen i Kapacitet mellem de to Tilstandsformer, l er den fremkomne „mærkbare Varme“, S er den absolute Temperatur. Heraf faas:

$$S = \frac{c \cdot l}{C - c}.$$

Efter denne Ligning er vi i Stand til at beregne den laveste Varmegrad, naar den mærkbare Varme, som et Legeme frembringer i Følge en Formforandring, og Kapaciteterne før og efter denne er givne.“

„Man kan af Dr. Irvines Forsøg med Grund antage, at den mærkbare Varme og Kulde, som opstaar ved Blanding af Legemer af samme Temperatur i Følge en kemisk Virkning, opstaar paa Grund af en Formindskelse eller Forøgelse i Summen af Kapaciteterne.“ Heraf ses, hvilken stor Rækkevidde Irvines Tanke har faaet, saa at en Kapa-

¹⁾ eb betyder Arealet $efgb$; ligeledes $db =$ Arealet $dcba$

$dg =$ Arealet $dhga$ o. s. v.

citetsændring opfattes som en Aarsag til Varmetoningen ikke blot ved et Stofs Overgang fra fast til flydende eller flydende til luftformig Tilstand, men ogsaa til Varmetoner ved kemiske Processer.

Den laveste Varmegrad, der beregnes paa Grundlag af Varmetoner ved Blanding mellem to Stoffer findes af Ligningen $\frac{l}{S} = \frac{C + c \div (K + k)}{K + k}$, der faas ved samme Betragtning som ovenfor, idet C og c betegner Kapaciteterne før Blandingen, og K og k betegner Kapaciteterne efter Blandingen.

Crawford tilføjer nu¹⁾: Naar man her finder, at den laveste Varmegrad, beregnet efter saadanne Undersøgelser, er konstant, saa vil deraf følge, at Varmen i intet Tilfælde indgaar en kemisk Forbindelse med Legemerne, og at derfor den mærkbare Varme eller Kulde, som den frembringer ved en Formforandring, udelukkende opstaar paa Grund af Forandring i Kapacitet; men hvis derimod den laveste Varmegrad ikke er konstant, saa kan vi slutte, at en Del af den Varme, som Legemerne indsuger ved en Forøgelse af deres Kapacitet, indgaar en kemisk Forbindelse med dem, „und seine unterscheidende Karakter verlieren“, det vil sige den Egenskab at tilkendegive Ændringen i Tilstandsform. Man ser heraf, at Forestillingen om Varmen som et Stof, hvis Mængde er konstant, allerede er blevet et Dogme. For nu at undersøge Gyldigheden af denne omfattende Theori gælder det om at prøve den paa en Række Forsøgsresultater, og dertil bruges nogle „godt valgte Forsøg“, udførte af Gadolin i Åbo i Sverige. Crawford siger, at de synes at medføre „en stærk Formodning om, at den laveste Varmegrad er konstant.“ Vi skal nu se, hvor godt begrundet denne Formodning er.

Gadolins Afhandling om disse Ting hedder:

Rön og Anmärkninger om Kroppars absoluta Varme²⁾.

Den begynder med en Fremstilling af Betydningen af Kapacitetsændringer, som falder godt i Traad med Crawfords, men

¹⁾ l. c. S. 352.

²⁾ Det kgl. Vetenskaps Akademiens Handlinger. Stockholm for Aaret 1784 S. 218.

som er mere udtømmende og giver et tydeligt Billede af Datidens Standpunkt i denne Henseende.

„Allerede for længere Tid tilbage har det været bekendt, at ved forskellige Legemers Forbindelser og Adskillelser samt i andre Tilfælde, naar et Legeme frivilligt undergaar Forandring, opstaar der betydelige Grader af Varme og Kulde. Heraf har man forestillet sig, at der hos ethvert Legeme findes en større eller mindre Varmemængde, som er saa bundet deri, at den ikke kan øve sin sædvanlige Virkning paa vore Sanser.

I de seneste Aar, siden man er begyndt at undersøge Forholdet mellem de Varmemængder, som forskellige Legemer af given Vægt formaar at tage til sig ved en og samme Temperatur, hvilken man kalder specifik Varme, har man fundet, at dette Forhold paa det nærmeste er konstant, mens Legemernes Temperatur ændres, saa længe hvert Legeme beholder sin Tilstandsform, og tillige har man ment at mærke, at den Varme, man anser for at være bunden, forøges, naar den specifikke Varme bliver større og omvendt. Den specifikke Varme i Luftarter overgaar saaledes den specifikke Varme i andre flydende Legemer, og faste Legemer findes i Almindelighed at have den mindste specifikke Varme, saaledes erkendes ogsaa i det hele, at Luftarter og Dampe behøver for at bestaa meget mere bunden Varme end Vædske og disse mere end de faste, hvilken Forskel tydeligt mærkes hos et og samme Legeme, naar det gaar over til en anden Tilstandsform.“

Som Hovedresultat fastslaas til sidst den Sætning, at alle de Varmeprocesser — Varmeindsugning eller Varmeudvikling — som opstaar ved Legemernes kemiske Forandringer eller Ændring af Tilstandsform „endast beror af, hvar og en kropps specifica varme og dess oppkomne ændring.“

Det er mærkeligt at se, at en saa omfattende og betydningsfuld Theori kan opstilles og tiltrædes af de Videnskabsmænd, der netop giver sig af med experimentelt Arbejde, uden at nogen omtaler det ganske utilstrækkelige Grundlag, det hele oprindeligt er opbygget paa, nemlig den aprioriske Forudsætning, at Vanddamp har større Varmefylde end Vand og — som vi nu skal se — at Isens Varmefylde er 0,9. Kun Black kommer med en spagfærdig Bemærkning om det dristige i at slutte,

at Dampen paa Grund af sit større Rumfang har større Varmefylde end Vand, samtidig med, at man bruger, at Vand trods sit mindre Rumfang har større Varmefylde end Isen.

Vi skal nu se, gennem hvilke Forsøg Gadolin bekræfter ovenstaaende Sætning.

Hans første Forsøg gaar ud paa at finde den lavest mulige Temperatur — det absolute Nulpunkt — paa Celsius' Skala ved Hjælp af Smeltning af Sne ved varmt Vand. Til Beregning opstiller han en Ligning knyttet til Kalorimeterforsøg.

B er Vægten af Sne

V er Vandværdi af Karret

β er Sneens og Karrets Temperatur; den vælges under Frysepunktet, for at Sneen kan være tør

A er Vægten af Vandet

α er Vandets Begyndelsestemperatur

γ er Fællestemperaturen

z Grader af absolut Varme under Frysepunktet (Sneens Varmefylde = 0,9).

Udtrykker man nu, at Varmemængden i Sneen, Vandet og Karret er den samme før og efter Smeltningen, faas:

$$A(\alpha + z) + B \cdot 0,9(\beta + z) + V(\beta + z) \\ = (A + B)(z + \gamma) + V(z + \gamma);$$

$$z = \frac{A\alpha + 0,9B\beta - (A + B)\gamma - V(\gamma - \beta)}{0,1 \cdot B} = 800,6.$$

Det gjaldt nu om ved andre Forsøg at se, om 800° C under Frysepunktet kunde betragtes som „absolut Nulpunkt“. Der anstilles i den Anledning en Række Forsøg, hvorved den Temperaturændring maales, som faas ved at opløse Kogsalt i Vand. Han bestemmer Varmefylden for tørt Kogsalt ved som Kalorimetervædske at bruge en mættet Kogsaltopløsning og Varmefylden af Opløsninger af forskellig Styrke ved Hjælp af et Stykke Kobber, som opvarmedes eller afkøledes deri. Fremgangsmaaden ses af følgende Eksempel I:

V er Kalorimetrets Vandværdi = 0,6 $b = 0,226$ er Saltets
 α er Kalorimetrets Temperatur = 20,8 Kapacitet

B er Saltmængden	$= 5$	$a = 1$ er Vandets
β er Saltmængdens Temperatur	$= 21,2$	Kapacitet
A er Vandets Vægt	$= 10$	$C =$ Opløsningens
α er Vandets Temperatur	$= 20,8$	Kapacitet
γ er Fællestempt. efter Opl.	$= 18,58$	
y er uopløst Saltmængde	$= 1,28$	

Der udtrykkes da som før, at Varmemængden af Stofferne før og efter Opløsningen er den samme, idet det forudsættes, at det absolute Nulpunkt er -800° . Man faar da:

$$C = \frac{Aa(800 + \alpha) + Bb(800 + \beta) + V(a - \gamma) - yb(800 + \gamma)}{(A + B - y)(800 + \gamma)}$$

Ved Indsættelse af Værdierne paa højre Side faas $C = 0,793$, der er samme Værdi, som findes ved den direkte Bestemmelse. Lignende udmærket Overensstemmelse findes i 15 andre Tilfælde, idet den største Afvigelse mellem iagttagen og beregnet Værdi er 0,009, hvilket er mindre end de Afvigelser, som Iagttagelsesfejlene kan medføre ved den direkte Bestemmelse af C . Det kunde altsaa være fristende at slutte, at Forudsætningen om absolut Nulpunkt ved -800° er rigtig, men Gadolins gør dog selv opmærksom paa, at man ikke maa lade sig narre af denne udmærkede Overensstemmelse, thi da Temperaturvexlingen er saa ringe — ca. 3° — imod de 800, faar man samme Værdi af C for ret forskellig Beliggenhed af det absolute Nulpunkt. Han søger derfor at faa Theorien bekræftet ved at bruge andre Blandinger med større Varmetoner og vælger da at blande Vand og Svovlsyre, hvorved han faar Temperaturvexlinger paa over 100° . Det er imidlertid let at se, at Fremgangsmaaden er vildledende. Udtrykket for C kan bringes paa Formen:

$$C = \frac{kT + q}{k_1T + q_1} = \frac{k}{k_1} + \frac{k_1q - kq_1}{k_1(k_1T + q_1)}$$

hvor k og k_1 er Konstanter og T er Temperaturen af Frysepunktet regnet fra absolut Nulpunkt.

I Eksempel I er

$$\frac{k}{k_1} = 0,79 \left(\text{idet } \begin{array}{l} k = 10,84; \quad q = 227,9 \\ k_1 = 13,72; \quad q_1 = 13,72 \cdot 18,58 \end{array} \right)$$

$$C = 0,79 + R = 0,793;$$

altsaa har R og dermed Værdien af T kun Indflydelse paa 3die Decimal. Man ser af Opgivelserne for en Række af 6 Forsøg af denne Art, at Overensstemmelsen mellem beregnet og iagttagen Værdi af Varmefylden regnes for god med Afvigelser $+ 0,007$ og $\div 0,009$. T kan imidlertid variere med 500° til begge Sider af de 800° , uden at disse Grænser naaes. Altsaa viser Overensstemmelsen intet. I de Forsøg, hvor Gadolin iagttager Varmetoning ved Blanding af Vand og Svovlsyre, er Forholdet ikke slet saa grelt. $\frac{k}{k_1} = 0,47$, mens

$C = 0,416$, men Spillerummet for en Variation i T , der kan medføre mindre Afvigelser end $0,01$ mellem beregnet og iagttagen Værdi af Varmefylden, er dog ca. 200° i det først omtalte af disse Forsøg. Man kan altsaa ikke som Gadolin slutte: „Heraf bestyrkes tillige, at det Punkt paa det svenske Termometer, som skulde vise absolut Mangel paa Varme, ligger omtrent 800° under Frysepunktet, skønt de anførte Forsøg viser nogen Afvigelse, hvilken ved et saa fjernt liggende Punkt vanskeligt kan bestemmes nøjagtigt.“ For Gadolin og mange med ham syntes da den Opgave at være løst at finde et Legemes Indhold af Varmestof ved Termometrets Hjælp. Som vi saa, arbejdede Boerhaave en Del med denne Opgave, idet han vilde finde Forholdet mellem „Mængden af Ild i forskellige Legemer, og da den Opgave af „Ilden“s Virkning at finde dens Mængde forekom ham uløselig, saa længe han ikke kendte noget nærmere til Ilddeles Paavirkning af hinanden indbyrdes eller til deres Binding af Materien, gjorde han en Del Iagttagelser for at faa Oplysning om denne — Iagttagelser, som fortsattes af mange andre. Martine gjorde jo opmærksom paa — idet han forudsætter Kapaciteten konstant — at det ovennævnte Forhold ikke kan bestemmes, saa længe man ikke kender Termometrets Stand, naar det er berøvet al Varme — altsaa dets absolute Nulpunkt. Efter den Irvineske Theorie kan nu et Legemes Varmeindhold findes, naar man kender dets Kapacitet og dets absolute Temperatur, der er bekendt, fordi Frysepunktets er beregnet.

Det ses af de anførte Ytringer af Gadolin og Crawford, hvilken stor theoretisk Betydning denne Lære om den indgribende Indflydelse af Kapacitetsændringer har, og vi ser da og-

saa Crawford bygge meget paa det Resultat, som uddrages af Gadolins Forsøg. Han siger bl. a.¹⁾: „Vi kan da drage den almindelige Slutning, at Varmeudviklingen af Luften som Følge af en Forandring i dens Kapacitet er den sande Aarsag saavel til den dyriske Varme som til den, der frembringes ved Antændelse af brændbare Legemer.“ Han har beregnet Beliggenheden af det absolute Nulpunkt ud fra Maaling af Brints og Lufts Varmefylde og mener, at det ligger ved — 1551° F.; mens Gadolins ligger ved ÷ 1408°, men Crawford forklarer den fundne Forskel ved, at Kapaciteten af fortyndet Svovlsyre ikke er ganske konstant, men afhænger noget af Varmegraden. Han slutter med at sige, at man maa anstille mange flere Forsøg, før man kan faa Sikkerhed, men at al Sandsynlighed taler for, at „den laveste Varmegrad, d. v. s. den, hvor Legemerne ingen Varme har, kan beregnes efter Dr. Irvines Metode og ligger ca. 1500° under Begyndelsespunktet paa Fahrenheits Skala.“

Hele den her fremsatte Theori bygger paa følgende Forudsætninger:

1) Et Legemes Kapacitet er konstant, saalænge dets Tilstandsform er uforandret. (Denne Forudsætning er delvis experimentelt begrundet).

2) Kapaciteten er for samme Legeme større i flydende Form end i fast, større i Dampform end i Vædskeform; (hovedsagelig apriorisk Antagelse).

3) Enhver Varmetoning betyder en Forandring i Kapacitet, en Varmeudvikling betyder, at Kapaciteten formindskes, et Varmeforbrug, at den forøges, idet Varmemængden i Verden er konstant, men den kan være skjult eller bunden til Stede.

Den vigtigste af disse Forudsætninger er naturligvis den sidste Del af (3).

Beregningen af det absolute Nulpunkt er kun en Kontrol paa Forudsætningernes Rigtighed; findes dette at have en konstant Beliggenhed, faar man en Bekræftelse paa Theorien, er det ikke konstant, maa en af Forudsætningerne opgives, og den, man helst slipper, bliver da — som antydnet hos Crawford — den første.

Man finder nu delvis de samme Forudsætninger som Grund-

¹⁾ On animal heat, S. 294.

lag for Lavoisiers Varmetheori, og da det er gennem hans Arbejder, at Sejren for den stofflige Theori er vunden for en længere Aarrække, faar de betydelig Interesse; da ovennævnte Antagelser én for én korrigeres, falder den stofflige Theori med det samme.

Lavoisiers Anskuelse om Varmens Natur finder man fremsat paa flere Steder i hans samlede Skrifter sammen med Redegørelser for Samtidens eller Fortidens Anskuelse paa dette Punkt. Som vi skal se, hævdes hans egne Anskuelse ikke altid med samme Bestemthed.

I „Reflexions sur le phlogistique“¹⁾ finder man efter en Omtale af denne Theori en Redegørelse for hans egne Anskuelse om Varmens Natur²⁾. Det ses af hans Fremstilling, hvor overordentlig stor Betydning Blacks Opdagelse af „bunden Varme“ har haft for hans Forestillinger.

Varmens eller Ildens Materie antages at være en Vædske med elastiske Egenskaber, som kan trænge ind mellem Molekylerne i alle Legemer. Hvis dens Mængde forøges, udvider Legemet sig, formindskes den, trækker Legemet sig sammen; den findes mellem Legemets egne Dele; disse berører ikke hinanden men holdes sammen ved Tiltrækningen, og der trænger netop saa megen Varme ind, at der bliver Ligevægt mellem de Kræfter, hvormed denne søger at drive Delene fra hinanden, og disses indbyrdes Tiltrækning. Jo mere Plads der er mellem Delene, des mere Varme kan der være. Der skelnes mellem fri og bunden Varme; som Exempel paa bunden Varme anføres ikke blot Smelte- og Fordampningsvarme, men ogsaa den Varme, der bliver fri, ved at en kemisk Forbindelse sønderdeles. I den bundne Tilstand har Varmen mistet sin Elasticitet, er Del af et Legeme og kan ikke virke opvarmende; den frie Varme derimod har Tilbøjelighed til at brede sig, til at befugte alle omgivende Legemer, idet den har en større eller mindre Vedhængning til dem. Kapaciteten for fri Varme defineres paa samme Maade som nu; den er ikke ens for alle Stoffer, men konstant for hvert — i det mindste i et lille Interval f. Ex. fra smeltende Sne til kogende Vand. Den maa — uafhængig af al Hypotese — være afhængig af, hvor langt Molekylerne

¹⁾ Mem. de l'Acad. des sciences 1783, S. 624, samt i

²⁾ Samlede Værker (Oeuvres), Tome II, S. 640.

er fra hverandre, og maa være større for større Afstand mellem Delene, derfor større for en Vædske end for det samme Legeme i fast Form og størst i Dampformen. Han siger, at Experimentet bekræfter disse Antagelser. Hvad det egentlig er, Termometret angiver, siger han paa følgende Maade: „Naar Termometret stiger, er det et Bevis paa, at der er en Udstrømning af fri Varme, som breder sig til de omgivende Legemer. Termometret, som hører til disse Legemer, tager sin Part i Forhold til sin Masse og sin Varmefylde. Forandringen i Termometret viser altsaa, at der er en Flytning af Varmens Materie. Det betegner overhovedet kun den Del, som det selv tager deraf, men det maaler ikke den hele Mængde, som er bleven udviklet, flyttet eller absorberet.“ Han foreslaar dertil at bruge det af ham og La Place konstruerede Iskalorimeter.

Denne Opfattelse af Varmens Natur anvendes meget haandgribeligt¹⁾. Han beretter, at ved Kuls Forbrænding i „l'air vital“ (Ilt) forsvinder denne, og der kommer Kulsyre i Steden for, hvis Rumfang er $\frac{1}{19}$ mindre end Iltens, mens der dog er forsvunden $\frac{1}{3}$ af Kullet. Det er da klart, bemærker han, at der maa udvikles Varme af to Grunde, dels fordi der i det mindre Rumfang kan være mindre Varme, da Molekylerne i dette mindre Rumfang maa ligge tættere, og dels fordi Kuldelenene har skullet finde Plads mellem Ilt delene, hvorved der ogsaa forjages Varme. Han siger endvidere, at denne Opfattelse støttes af, at Kulsyre har en mindre Varmefylde end Ilt. Altsaa hver Gang Ilt forandres til Kulsyre, maa der blive Varme fri; det er denne, man bemærker, naar Kul brænder. Naar denne Forbrænding sker med mindre Virkning end Fosforets, er Grunden den, at det Produkt, som opstaar, er luftformigt og derfor kræver en vis Varmemængde for at holdes i elastisk Tilstand.

Naar et brændbart Stof forener sig med Luft, da bidrager de begge til den ved Forbindelsen udviklede Varme 1) i omvendt Forhold til deres Vægtfylder og 2) i Forhold til den bundne Varme, der bliver fri, men da Erfaring og Analogi støtter hinanden i at vise, at Luftens Kapacitet og den Varme,

¹⁾ I Reflexions sur le phlogistique, Oeuvres Tome II, S. 648.

der er forbunden med den, er overordentlig meget større end et hvilket som helst brændbart Stofs undtagen brændbar Luft, saa følger deraf, at det er Luften, som giver største Delen af den Varme, som udvikles ved Forbrændingen. Det er da disse Forestillinger om Varmens Natur og Kapacitetens Afhængighed af Rumfanget, der støtter hans ejendommelige Antagelse, at „et¹⁾ brændbart Legeme er det, som har den Egenskab at dekomponere Ilten, med hvilket Ilten har mere Affinitet, end den har med Varmens Materie; endelig at Varmen selv ikke er andet end den Virkning, som finder Sted i det Øjeblik, hvor Ilten forlader Varmens Materie for at gaa ind i en ny Forbindelse.“ Det er altsaa en Anskuelse, der er stik modsat Flogistikernes paa hans Tid, som han bekæmper, idet disse antog, at Varmestoffet, Flogiston, undslap fra det brændende Legeme.

Han udvikler desuden den Anskuelse, at en Udvidelse af et Legeme medfører et Varmeforbrug, en Sammentrykning, en Varmeudvikling, og antyder, at Varmeudviklingen ved Boring i Metal skyldes en Volumenformindskelse. I det Hele opfattes et Legemes Forhold overfor Varme som analogt med en Svamps overfor Vand.

Den her citerede Afhandling — offentliggjort 1783 — danner Afslutning paa en Afhandling om Forbrænding fra 1777. Fra samme Aar er en Afhandling: Om Forbindelse af Ildens Materie med de fordampelige Vædske, der hævder de samme Anskuelser og 1789 i „*Traité élémentaire de chimie*“²⁾ begynder han med de samme Betragtninger som ovenfor citeret over Legemets Dele, der holdes i Stilling ved Ligevægt mellem to Sæt Kræfter, frastødende, der opstaar ved Varmen, og tiltrækkende Kræfter. Denne Varme, der gennemtrænger alt, og er Aarsag til alle Varmefænomener, kaldes „calorique“; det siges, at det ikke er nødvendigt at betragte den som en Vædske, men alle Fænomener gør denne Hypotese sandsynlig, og i den følgende Fremstilling bruges den da.

Et langt mere forsigtigt Standpunkt indtages imidlertid i en Afhandling med Navnet „*Memoire sur la chaleur*“ fra 1780 af

¹⁾ l. c. S. 651.

²⁾ Ouevres Tome I, S. 18.

Lavoisier og Laplace¹⁾. Afhandlingen har betydelig Interesse for det her behandlede Spørgsmaal.

Der gives først en kort Oversigt over de Fremskridt, Varmelæren har gjort i det sidste Aarhundrede. Det er først indenfor dette, at man har maalt Varmens Virkning ved Hjælp af Udvidelse; man er naaet til en Overenskomst om to faste Punkter paa Termometret og om at bruge som Termometer-vædske den, ~~der~~ mellem disse Grænser er mest proportional med Varmen. Man mangler i høj Grad en længere Skala. Endvidere har man faaet Kendskab til Varmeforbruget ved Smeltning og Fordampning samt har set, at forskellige Legemer har forskellig Varmekapacitet, og at disse Forskelle er uafhængige af Legemernes Tæthed. Endvidere har man, da intet Legeme paa Jorden, selv det koldeste, er berøvet Varme, søgt at bestemme Forholdet mellem den absolute Varme og dens Variation, betegnet ved Graderne paa Termometret; men alle disse Bestemmelser er grundede paa Hypoteser, der trænger i høj Grad til at verificeres gennem Erfaringen.

Der er to Anskuelser om Varmens Natur; den ene er den nys skildrede, at Varmen er en Vædske, fri eller bunden. Den anden beskrives paa følgende Maade: Nogle Fysikere mener, at Varmen kun er Resultatet af umærkelige Bevægelser af Materiens Molekyler; selv de tætteste Legemer har Porer, og disse gør det muligt, at de enkelte Dele i Legemerne kan bevæge sig, kan oscillere i alle Retninger i en stadig Bevægelse; det er i denne indre Bevægelse, at nogle Fysikere antager, at Varmen bestaar. For at man kan forstaa dette, henvises der til „det kendte Princip om Bevarelsen af de levende Kræfter,“ der siger, at i et System af Legemer, der virker paa hinanden paa vilkaarlig Maade, er den levende Kraft d. e. $\sum m v^2$ konstant²⁾; paavirkes Legemerne af accelerende Kræfter, forøges

¹⁾ Oeuvres Tome II, S. 283.

²⁾ I La Places' Exposition du Système du monde S. 311, hvor „Principet om Bevarelsen af de levende Kræfter“ udledes, angives det, at Legemerne i Systemet ikke lider anden Paavirkning end deres gensidige Træk eller Tryk enten udøvede direkte eller gennem Forbindelser, der er ustrækkelige.

den levende Kraft med $\leq ma^2$, hvor a er Hastighedsforøgelsen ²⁾. I denne Hypotese antages Varmen at være den levende Kraft i den indre Bevægelse.

Herved forstaas let Meddelelsen af Varme fra et varmt til et koldt Legeme. Endvidere gøres der opmærksom paa, at man herefter forstaar Solstraalernes ringe Stødskraft (impulsion) men store Varmeevne, thi Bevægelsesmængden mv er lille, fordi Massen er ringe, men Bevægelsesenergien mv^2 er stor, fordi Hastigheden er stor. Ved Tilbagekastning af Straalerne sker der ingen Opvarmning, da den levende Kraft føres bort med de tilbagekastede Dele.

Forfatterne siger, at de ikke vil erklære sig bestemt for en af disse Hypoteser; nogle Fænomener synes gunstige for den sidste, f. Ex. den Varme, der fremkommer ved Gnidning eller Slag, mens andre forklares simplere ved den første; maa-ske ligger det rigtige i en Blanding af begge. Man bør da se at bygge paa Principper, der er fælles for begge. Som saadanne fremhæves:

1) Mængden af fri Varme bliver altid den samme ved en simpel Blanding af Legemerne. Sætningen følger af sig selv, hvis Varmen er en Vædske (her forudsættes da, at Blandingen sker uden Varmetoning), og hvis den er en levende Kraft, følger den umiddelbart af Sætningen om den levende Krafts Uforanderlighed.

2) Hvis der under en Forbindelse af Stoffer eller i en vilkaarlig Tilstandsforandring er en Formindskelse af den frie Varme, da vil denne Varme komme til Syne igen, naar Stofferne vender tilbage til deres første Tilstand og omvendt: hvis der under en Kombination eller en Tilstandsforandring udvikles Varme, vil den forsvinde, naar Stofferne vender tilbage til deres oprindelige Tilstand. For Bevægelsesteoriens Vedkommende begrundes dette ved, at Tabet eller Forøgelsen i levende Kraft skyldes Kræfter, der virker i Retning af Molekylernes Forbindelseslinier, og disse Kræfter gennemløber i de to Tilfælde de

²⁾ Oeuvres Tome II S. 286: „Si les corps sont animés par des forces acceleratrices, la force vive est égale à qu'elle était à l'origine du mouvement plus à la somme des masses multipliées par les carrés des vitesses dues à l'action des forces accélératrices“.

samme Værdier i omvendt Orden. — Til Ordene „fri Varme“, „bunden Varme“ og „udviklet Varme“ svarer da levende Kraft, Tab i levende Kraft, Forøgelse af levende Kraft.

Paa Grundlag af disse Sætninger er det nu muligt at udlede Kalorimeterligningen for Iskalorimetret, saa at den kan bruges, uden at man knytter sig til noget bestemt Standpunkt i theoretisk Henseende.

Dernæst stiller Forfatterne sig den Opgave at finde Forholdet mellem den totale Varme i et Legeme og den Mængde, der skal til for at opvarme Legemet 1° . Paa lignende Maade som Gadolin og Crawford udleder de en Betingelsesligning, hvorefter den absolute Temperatur af Vand af 0° kan findes ud fra Maalinger af Varmefylde.

Der kommer imidlertid saa daarlig Overensstemmelse i forskellige Tilfælde, at Forfatterne ender med at fastslaa: „Altsaa kan Kendskab til Stoffernes Varmefylde intet lære os om den Varmemængde, der vil udvikles ved deres Forbindelse“ ¹⁾.

Endvidere antager de det for sandsynligt, da enhver Tilstandsforandring, der fremkaldes ved Opvarmning, fremkalder en Varmeabsorption, at enhver Udvidelse ligeledes medfører en vis, men ringe Varmeabsorption, der vil give sig til Kende ved en tilsyneladende Forandring i Kapaciteten, saa at man ikke kan forudsætte denne konstant.

Hos Lavoisiers Samtidige, Scheele, møder vi en anden stofflig Varmetheori paa Flogistontheoriens Grundlag. Forestillingen om Forholdet mellem Varmens Natur og Flogiston har vexlet i det Aarhundrede, der er forløbet fra Becher — Theoriens Grundlægger — til Scheele²⁾. Middelalderens „Kemikere“ hævdede 3 Elementer: Salt (det faste), Svovl (det brændbare) og Mercurius (det flygtige), eller ogsaa regnede man med de 4 aristoteliske Elementer. Becher³⁾ betragtede Vand og Jord som de primære Elementer og delte det sidste i 3 Klasser med Egenskaber svarende til de ovennævnte middelalderlige og betegnede de brændbare med Tilnavnet flogistiske. Hans Discipel Stahl

¹⁾ Oeuvres Tome II, Sur la Chaleur S. 313.

²⁾ Se Rodwell Phil. mag. 1868 og Black „Vorlesungen“ S. 291 o. flg.

³⁾ Værker 1669—86.

bruger Ytringen „Materia et principium ignis non ipse ignis ego Phlogiston appellari cæpi —“ og tillagde denne Jordart den særlige Ejendommelighed, at den mer end andre Stoffer var tilbøjelig til at sættes i en overordentlig hurtig Hvirvelbevægelse; den er i Stand til at meddele denne Bevægelse til materielle Partikler, der er skikkede til at modtage den. Bevægelse af denne Art hos Legemerne gør, at de viser Varmefænomener, Glødning eller Antændelse, alt efter Bevægelsens Hastighed og Styrke. Her synes da at være Paavirkning fra Descartes' Theori, en Paavirkning, der ogsaa spores i de Bevægelsers Art, som man tillægger Stoffet.

Scheele har nu dannet sig en særlig Varmetheori paa Grundlag af sine mange beundringsværdige Iltningsforsøg¹⁾, og den viser sig i hans Haand at være en udmærket Arbejdshypotese. Hvad hans Theori siger, sammenfattes af ham selv i § 76 i det nævnte Værk; han forudsætter, at ethvert brændbart Legeme indeholder Flogiston.

1) „Et hvilket som helst brændbart Legeme maa først have meddelt en vis Mængde Varme for at faa den ildagtige Bevægelse.“

(Anmærkning): „Da Varmen er et saa fint, elastisk og flydende Legeme, saa trænger det ind i Mellemrummet i disse brændbare Legemer og ophæver deres Sammenhæng, f. Ex. bliver Olien til en Slags Røg — derved faar Luften Lejlighed til at berøre saadanne i flere Punkter, og følgelig bliver Begyndelsen gjort til deres Forstyrrelse. Jo svagere Bestanddelene hænger sammen, des mindre Varme fordres til Antændelse (Ex. Fosfor).

2) Da er det skikket til at lade sit Phlogiston fare, naar der kun er en Materie til Stede, som har en stærkere Tiltrækning til det brændbare, end det, hvormed det hidtil har været forbundet.

3) Sker en saadan Opvarmning i den frie Luft, saa har den der tilstedeværende Ildluft en stærkere Tiltrækning.

4) Straks maa det ildfangende Princip træde frem, forbinde sig med denne Ildluft og blive befriet af sit Fængsel.

¹⁾ Scheele: Ueber Luft und Feuer: 1777 Upsala og Leipzig.

5) Af denne Forbindelse bliver den Varme sammensat, som hænger ved den fordærvede Luft¹⁾, udvider den og stiger i Højden efter hydrostatiske Love.

6) Næppe er denne Varme frembragt, saa bliver det brændbare Legeme derved endnu videre udvidet end i Begyndelsen, og dets Flogiston bliver endnu mere blottet.

7) Ildluften kommer da i Berøring med mere Flogiston og forbinder sig da ogsaa efter sin Natur med en noget større Mængde, og herved bliver da den straalende Varme frembragt.

8) Og i selve dette Øjeblik bliver Bestanddelene i de brændbare Legemer ved den endnu mere overhaandtagende Varme i den Grad drevne fra hinanden, at den i stadig Strøm tilløbende Ildluft tiltrækker Flogiston i endnu større Mængde, og (o vidunderlige Fænomen) da bliver heraf det højst elastiske Stof Lyset, som ogsaa efter Mængden af det brændbare har forskellige Farver.“

Som man ser, fremsættes der en fuldstændig Theori for Varme, straalende Varme og Lys, og det er en sjælden Nydelse at følge Scheele ad de Veje, der fører ham til dette Maal; hans Bog indeholder Masser af de smukkeste Experimenter udførte med ganske simple Midler og en Rigdom af udmærkede Iagttagelser og skarpsindige Slutninger. Som et særligt interessant Afsnit kan nævnes § 56, der indeholder en hel Redegørelse for Scheeles Opdagelse af den straalende mørke Varme med Hovedlovene for dens Udbredelse, Gennemgang gennem Stofferne og Absorption i disse, endvidere det Afsnit, der har ført til Sætning 8 § 69, der blandt andet indeholder Opdagelse af, at det er de blaa og violette Straaler, der reducerer „Horn—Silber“. Scheeles store Evne til at iagttage og ræsonnerere over det iagttagne minder om Blacks. Det var saaledes ved at tænke over de Fænomener, der viser sig i Naturen under Sneens Smeltning, at Black havde faaet en begrundet og rigtig Opfattelse af Sneens bundne Varme, som førte ham til at udføre Forsøg til dens Bestemmelse, og det er de Iagttagelser over Varmens Udbredelse, som man kan gøre, naar „man setze sich zur Winterszeit in seiner Stube vor dem Ofen, wenn das Holz

¹⁾ Forbrændingsprodukterne.

in selbigem in voller Flamme ist“ — at Scheele føres til Lovene for den straalende Varme.

Scheeles Hovedidé er altsaa: Varme er en kemisk Forbindelse af Flogiston og Ilt. Den imødegaaes af Lavoisier¹⁾, der refererer Scheeles Hovedsynspunkt paa følgende Maade: Scheele har set, at der ved Kalcinationen og Forbrændingen sker en Formindskelse i Volumen, Vægt og Vægtfylde af Luften, altsaa et Tab i Masse, hvorefter han slutter, at den Del af Luften, som han mangler, er gaaet gennem Karrets Porer, eller, da Ildens og Varmens Materie er omtrent det eneste af alle kendte Ting, som gaar gennem Glas, er han bleven ført til at tænke, at Luften forandrer sig til Varme ved Forbindelse med Flogiston under Processen. Kan det nu vises, at der ikke er sket Tab af Luft, falder Hypotesen; dette har Lavoisier vist ved Vejning af Ting, der iltede sig i aflukket Rum; den samlede Vægt var uforandret; den Luft, der tilsyneladende er forsvunden, maa da endnu findes derinde.

Ved Omtalen af Lavoisiers Arbejder saa vi da, at han 1789 erklærede sig for Antagelsen af et Varmestof af elastisk Natur, men paa den anden Side sporedes det i hans egne Skrifter, at der ogsaa eksisterede en ret udformet Bevægelsesteori for Varmen, der væsentlig søgte sin Støtte i Varmedevikling ved Slag eller Gnidning. Den hævdes bestemt af Kratzenstein, som i 1753 indkaldtes til Kjøbenhavn for at holde Forelæsninger over Fysik. Han offentliggjorde en Lærebog i dette Fag: „Vorlesungen über die Experimental Physik entworfen von C. G. Kratzenstein“. I dennes 2den Udgave 1782 siger han²⁾: „Varmen bestaar ikke af en Mængde Ilddele, der er satte i Bevægelse, og som gaar fra varmere Legemer ind i koldere, men den opstaar blot af en indre zittrende Bevægelse af de smaa Dele i et Legeme af en vis Art, som meddeles fra et Legeme til et andet,“ thi:

I. Varmen lader sig ligesom Lys og Lyd kaste tilbage og samle i Brændpunktet af et Hulspejl, hvilket hverken lader sig gøre med Vand, Vind, lugtende Stoffer, Røg eller andre udstrømmende Dele, idet saadanne efter at være stødt imod flyder bort til Siden.

¹⁾ Mem. de l'Acad. des sciences 1781, S. 396.

²⁾ Vorlesungen, S. 159.

Ligeledes bliver det umuligt for de Dele stadig at strømme hen mod Brændpunktet, da de stadig vil hæmmes af de indad strømmende Dele.

II. Desuden kan blødt Jern og Kobber, saa ofte man vil, gøres rødglødende ved at rives eller smedes og kan da meddele denne Varme til Vand. Var Varmen et Stof, maatte der være en begrænset Mængde i hvert Stykke Jærn.

Han siger, at mange anser Varmen for et Stof, og at derfor Crawford vinder Tilhængere for sine Anskuelser. De Fænomener — særlig bunden Varme —, som han bygger sine Betragtninger paa, kan meget godt forklares ud fra Forestillingen om Varmen som en Bevægelse, men derimod de ovenanførte I og II ikke ud fra Stoftheorien. Selv giver han ingen Antydning af, hvorledes Bevægelsestheorien nærmere udformes.

Man ser, hvorledes disse Theorier tager sig ud for en interesseret Amatør ved at læse Kapitlet „Om Varmestoffen“ i en dansk Lærebog i Physik af Adam Hauch (Staldmester, Kammerherre p. p.), udkommen 1794 i Anledning af nogle Forelæsninger ledsaget af Experimenter, som han havde holdt de 3 foregaaende Vintre for en Kreds af Venner og Bekendte. Det ses, at Hauch følger udmærket med nyere Retninger i Videnskaben. Han er en Tilhænger af Lavoisiers og fleres Lære om et Varmestof. Han gør klart og godt Rede for de da kendte Varmefænomener og de Forsøg, ved hvis Hjælp de vises, og polemiserer mod andre Anskuelser. Han siger saaledes¹⁾: „Nogle Operationer og Forandringer i Legemerne, hvorved Varmestoffen bliver frie, og hvorved der altsaa fremkommer Varme, endskønt Legemerne gaar over fra den faste til den flydende eller til den mindre faste Tilstand, synes stridende mod ovenstaaende Love²⁾, men er det derfor intet mindre, da saadant kan forklares ved den atmosfæriske Lufts Adskillelse i dens Bestanddele, hvorved Varmestoffen af Atmosfæren bliver frie.“ Af dette Slags er Gæringer, Forraadnelser, Heden, som bemærkes, naar to Stykker Træ rives mod hinanden, eller af Metaller, som hamres

¹⁾ S. 324 og 235, § 245.

²⁾ Nemlig, at der bruges Varme til at forvandle et fast Legeme til flydende eller et flydende til Damp, samt at der kommer Varmeudvikling ved de omvendte Processer.

eller bores. „... Disse sidste Forsøg synes af nogle Naturkyndige tilstrækkelige for at antage en zittrende Bevægelse af Delene af Legemet og derfra at uddrage al fremkommen Varme og Ild, hvorom siden skal handles, endskønt dette dog ej beviser andet end den herved fremkomne Adskillelse af Atmosfærens Bestanddele, da ingen Gæring, Forraadnelse, Forbrænding eller Forkalkning kan finde Sted uden ved de disse Forandringer indgaaende Legemers Berørelse med Atmosfæren, idet de forbinde sig med Suurstoffen indeholdt i Atmosfærens Suurstofgas, hvorved dennes Varmestof bliver frie, hvilken frembringer den herved bemærkede Varme.“ Man lægger Mærke til, at her er den Irvine-Crawfordske Anskuelse om den bundne Varme trængt tilbage, og hele Vægten er lagt paa Lavoisiers Anskuelse om Varmen som en Hovedbestanddel af Ilten i den Atmosfæriske Luft. For denne Side af den stofflige Varmetheori bliver det da fældende, da Davy nogle Aar senere viser, at to Isstykker smelter, naar de gnides mod hinanden i Vakuum; det fremkomne Vand var 35° F; og Isen smeltede kun paa Gnidningsstedet, idet Omgivelserne holdtes paa Frysepunktet. Af dette Experiment ses det jo tydeligt, at Isen smelter alene paa Grund af Gnidningen. Davys Udsagn derom viser, hvor nær Forbindelsen er mellem den stofflige Theori og Crawford-Irvin's Kapacitetstheori. Davy siger: „... og i Følge Antagelsen (den Irvine-Crawfordske) skulde da Kapaciteten være formindsket, men det er et velkendt Faktum, at Kapaciteten for Varme er meget større for Vand end for Is, og at Is maa have en bestemt Varmemængde for at blive forvandlet til Vand. Gnidning formindsker altsaa ikke Legemernes Kapacitet for Varme.“

Varmeudvikling ved Gnidning og Slag er stadig den stofflige Theoris Akilleshæl; nogle af dens Tilhængere søger, som vi har set, at forklare Sagen ved at antage, at Varmen ved disse Processer klemmes ud af Legemet som Vand af en Svamp, idet Kapaciteten formindskes; det er denne Opfattelse, som Davy imødegaaer. Det samme gør Rumford i sin Omtale af sit berømte Boringsforsøg¹⁾. Han viser, at Spaanernes Kapacitet ikke er bleven formindsket, og han indvender mod Berthollet, der har søgt at forklare Varmeudviklingen paa ovenomtalte Maade, at

¹⁾ Rumford: Abhandlungen über die Wärme. Berlin 1805.

Sammentrykningen snart maa naa en Grænse, og Varmeudviklingen ophøre, mens den her bliver ved at være lige stærk, saa længe Boringen varer. Han beregner dernæst, hvor overordentlig stor en Varmemængde, der vilde fremkomme, hvis hele Metalstykket forandredes til Spaaner; den er stor nok til at smelte en 16 Gang saa stor Metalmasse. „Er det vel troligt, at denne uhyre Mængde Varme har været skjult i dette Legeme?“ — Før Emanationens Opdagelse var man mere tilbøjelig til at besvare dette Spørgsmaal benægtende end nu. — Rumford spørger dernæst: „Hvorfra kommer da denne Varme?“ og sammenstiller de to Varmeteorier; han holder selv paa, at Varmen skyldes en svingende Bevægelse; hans theoretiske Bemærkninger er dog lidet bestemte og klare.

Lord Kelvin bebrejder i stærke Ord¹⁾ Rumford og Davy, at de benytter deres Forsøg over Varmeudvikling ved Gnidning paa ulogisk Maade til at modbevise den stofflige Theori om Varmens Natur. Han siger, at Rumford viser, at Varmefylden af Spaanerne er uforandret, og at han deraf slutter, at Theorien om Varmen som et Stof er falsk, samt at Davy har gjort en lignende Fejlslutning i det ovenfor citerede Stykke. Hertil er at bemærke, at, som vi har set, slutter Rumford, at den stofflige Theori er uholdbar af andre Grunde end den her anførte, og at Theorien om Kapaciteternes Betydning for Varmeudviklinger i de flestes Øjne var saa nøje forbunden med den stofflige Theori, at det var naturligt og nødvendigt at imødegaa den, om man vilde angribe selve Theorien. Naar Lord Kelvin siger, at til Trods for Davys og Rumfords overbevisende Forsøg holdt Stoftheorien sig endnu i 50 Aar, og at dette er „a remarkable instance of the tremendous efficiency of bad logic in confounding public opinion and obstructing true philosophic thought“, maa man sikkert søge Grunden dertil i, at ingen af de to havde givet et positivt og overbevisende Svar paa det Spørgsmaal: Hvorfra stammer da denne Varme? Da Joule gav dette ved at konstatere, at Forholdet mellem den forsvundne Energi og den fremkomne Varme var konstant, faldt den Sætning, at Varme-

¹⁾ William Thomson: On Heat. Encyclopædia Britannica, Vol. XI. Side 554—57.

mængden i Verden er uforanderlig, og dermed Forestillingen om Varmen som et Stof.

Fra det 19de Aarhundredes Begyndelse foreligger der endnu et interessant Forsøg paa at indrette en Temperaturskala af theoretisk Betydning, nemlig saaledes, at Graderne paa Termometret angiver lige store Forøgelser i tilført Varmemængde. Forslaget om en saadan Skala er fremsat af Dalton i hans Bog „A new system of chemical philosophy“. 1ste Udgave, Maj 1808, London. 2den Udgave har været til Raadighed for mig; den er fra 1842. I Fortalen siges, at da Dalton er syg, er Bogen udkommet „without making any materiel alteration in it.“

Daltons Skala omtales ofte, men næsten altid misforstaaet; i Machs „Principien der Wärmelehre“¹⁾ er den saaledes forkert gengivet, og Mach bemærker, at Daltons Fremstilling er saa uklar, at det er umuligt at forstaa den; man kan kun se Meningen af hans Tabeller med den gamle og den ny Skala. Hvad han citerer af Daltons Hovedkonklusion er det samme, som staar i 2den Udgave, og hvis Fremstillingen ogsaa er det, maa Mach have misforstaaet Dalton. Selv om dennes Fremstilling nok er noget uklar paa enkelte Punkter og er noget tung, er dog Sagen nogenlunde klar. Meningen er:

Dalton refererer den Irvine-Crawfordske Anskuelse om Kapacitetens Betydning og tydeliggør den ved Hjælp af det Billede med de conaxiale Kar, som tidligere er omtalt her. Han slutter sig ikke til Antagelsen om Kapacitetens Konstans, som Mach mener, men tager udtrykkeligt Afstand fra den²⁾. „Det er,“ siger han, „en velkendt Sag, at for Luftarter foraarsager en Rumfangsudvidelse en forøget Kapacitet, selv om Vægten og Temperaturen er den samme. Det er da sandsynligt, at ogsaa faste Legemer og Vædske, da de udvider sig ved Varmen, forøger deres Kapacitet eller Evne til at modtage mere . . . Lad m være den Varmemængde, der skulde til for at faa Temperaturen af en Luftmasse til at stige 10° , mens Rumfanget holdes konstant; da vilde der bruges $m + d$ til den samme Stigning, hvis Legemet fik Lov til at udvide sig frit. Nu er $\frac{1}{10} m$ da den Varmemængde, der skal til for at hæve Temperaturen 1° i

¹⁾ S. 36.

²⁾ Dalton: A new system of chem. philos. S. 4.

første Tilfælde, men $\frac{1}{10} (m + d)$ kan ikke være den Størrelse, der er nødvendig i 2det Tilfælde til en Grads Stigning; der vil kræves mere, efterhaanden som Temperaturen stiger." Dalton ræsonnerer vistnok stadig med Billedet af de forbundne Kar, hvor det smalle Rør svarer til Termometret og den paafyldte Vædske til Varmen; tænker man sig Karrenes Vidde tiltagende opefter men Termometret cylindrisk, vil hans Ræsonnement passe til Billedet.

Dalton har altsaa for Luftarter set, at der for at frembringe en Temperaturstigning mellem de samme Grænser kræves en større Varmemængde for Luft, der udvider sig, end for Luft af konstant Rumfang; han mener i Analogi hermed, at det er rimeligt, at ogsaa ethvert andet Legeme, der udvider sig, bruger en vis Varmemængde til denne Proces og mere jo højere „Temperaturen“ stiger. Naar han blander Vand af to forskellige Temperature, finder han imidlertid altid, at Slutningstemperaturen ligger under Middeltallet af disse; dette tyder paa, at der, naar Temperaturen maales efter et sædvanligt Termometer, skulde bruges mindre Varme til samme Temperaturstigning, jo højere denne ligger paa Skalaen, mens han jo venter det modsatte. Han tænker sig, at en Hovedgrund til Afvigelsen ligger i, at Skalaen paa et sædvanligt Termometer ikke er analog med Termometerstanden i hans Billede.

Han ønsker nu Termometrets Skala indrettet saaledes, at en Grad paa denne svarer til samme Forøgelse i Termometer-substansen af „den Vædske, som kaldes caloric“; af Blandingsforsøget sluttes, at for samme Forøgelse i Varmemængde i Termometret, stiger dette et mindre Antal Grader lavt nede paa Skalaen end højere oppe; Skalaen maa da forandres saaledes, at de lavere Grader forkortes, de højere forøges, det vil sige, at f. Ex. 10° paa den ny Skala bringes til at svare til færre Fahrenheits Grader lavt paa Skalaen end højere oppe, og det er netop det, der opnaas i den Skala, som Dalton foreslaar, og som nu skal beskrives. Hvad der er Grundlag for denne fremgaar af følgende Ytring¹⁾: „For nogen Tid siden forekom det mig muligt, at Vand og Kviksølv, til Trods for deres tilsyneladende Forskellighed, virkelig udvider sig efter samme Lov, og at Rum-

¹⁾ l. c. S. 9 o. fl.

fangsforøgelsen er proportional med Kvadratet paa Temperaturen regnet fra deres respektive Frysepunkter. Vand følger omtrent denne Lov, naar Temperaturen tages efter den sædvanlige Temperaturskala, og den ringe Afvigelse, der er at finde, er nøjagtig af den Art, som følger af den kendte Fejl ved den ligelige Inddeling af Skalaen paa Kviksølvtermometret. Ved at forfølge dette Spørgsmaal fandt jeg, at Kviksølv- og Vand-Skalaen delte efter dette Princip var overensstemmende paa de Strækninger, hvor de kunde sammenlignes.“ Altsaa — Termometre fyldte med Vand og Kviksølv og inddelte efter ovennævnte Antagelse viste sig overensstemmende¹⁾; det fremhæves dog senere, at Vandets Rumfangsforøgelse skal regnes ud fra den Temperatur, hvor dets Tæthed er størst. Hvorledes nu denne Inddeling udføres i Praxis ser man af en Beskrivelse og en dertil knyttet Tabel; man ser tilige, at det er Meningen at opstille den Hypotese, at den Forøgelse i Rumfang ($v - v_0$), som Kviksølv-mængden i Termometret faar ved Opvarmning fra dets Frysepunkt til en vilkaarlig anden Tilstand, er proportional med Kvadratet paa den Varmemængde, der er tilført det; naar Dalton i det ovenfor citerede siger, at Rumfangsforøgelsen er proportional med Temperaturen, mener han dermed den ideelle Temperatur, som han søger. Kaldes den tilførte Varmemængde x , har man da for ovennævnte Forandring:

$$x^2 = k (v - v_0),$$

hvor k afhænger af de valgte Enheder; disse vælges saaledes, at $k = 1$, og at Rumfangsforøgelsen ved Opvarmning fra Kviksølvets Frysepunkt til Vandets er 72 ligesom i Fahrenheits Termometer; den bliver da 252 ved Opvarmning til Vandets Kogepunkt. Efter disse Antagelser er da de Varmemængder, der ved disse Temperaturer er tilførte henholdsvis

$$\sqrt{72} = 8,4852 \text{ og } \sqrt{252} = 15,8743.$$

¹⁾ Det vil sige, naar Kviksølvtermometret var inddelt efter ovennævnte Princip, viste det sig, at Rumfangsforøgelserne i Vandtermometret regnede ud fra den Temperatur, hvorved Tætheden var størst, forholdt sig som Kvadratet paa Temperaturstigningen, maalt efter ovennævnte Kviksølvtermometer.

$\sqrt{252} - \sqrt{72} = 7,3891$ er da den Varmemængde, der er tilført Kviksølvet ved Opvarmning fra Frysepunktet paa Termometret til Kogepunktet; ønsker man Termometret delt i 180 Grader mellem Frysepunkt og Kogepunkt, saaledes at hver Grad svarer til samme Forøgelse i Kviksølvet Varmemængde, vil $\frac{7,3891}{180}$ betyde den Varmemængde, der tilføres Termometret for en Stigning paa en Grad, og $\frac{7,3891}{18} = 0,4105$ vil betyde den Varmemængde, der tilføres for 10° Stigning. De Steder paa Termometret, hvor disse Gradmærker skal staa, kan nu beregnes og maa beregnes, da Graderne efter denne Skala ikke bliver lige lange. Fremgangsmaaden ses bedst af et Exempel. Til Varmemængden

$$8,4853 \text{ svarer Rumfangsforøgelsen } 72;$$

$$\text{til Varmemængden } 8,4852 + 0,4105 = 8,8958 \text{ svarer da}$$

$$v - v_0 = 8,8958^2 = 79,1,$$

det vil sige, sætter vi som sædvanlig 32 paa det Sted af Termometret, hvor Kviksølvet staar, naar dette sættes i smeltende Sne, skal 42 staa $7,1$ Rumdele højere o. s. v. I en Tabel tager Sagen sig saaledes ud¹⁾:

Ny Temperatur	Varmemængder	Rumfang regnet fra Hg.'s Frysep.	Tilsv. Grader hos Fahrenheit
32	8,4853	72	32
42	8,8958	79,1	39,1
52	9,3063	86,6	46,6
62	9,7108	94,44	54,44
72	10,1273	102,55	62,55
82	10,5378	111,04	71,04

Det ses af Tabellen, at til en Temperaturstigning efter den gamle Fahrenheits Skala fra 32 til 39,1, det er $7,1^\circ$, svarer samme Varmemængde som til en Temperaturstigning fra 199,2 til 212, det er $12,8^\circ$; altsaa er Graderne paa Røret efter den ny Skala ikke lige lange, men ændrede som Dalton ønskede det.

¹⁾ Stykke af en udførlig Tabel l. c. S. 14.

Grundlaget for denne Skala er jo aabenbart meget løst. Daltons Grund til at antage dens universelle Betydning hviler da heller ikke alene paa denne Forudsætning, men paa den Kendsgerning, at naar han bruger denne Skala i Steden for den sædvanlige, faar han simple Love for forskellige Størrelses Afhængighed af Temperaturen. Maales denne paa den angivne nye Maade, finder han¹⁾:

I) „Alle homogene Vædske som Vand og Kviksølv faar en Rumfangsforøgelse, regnet fra deres Frysepunkt eller største Tæthed, som altid er proportional med Kvadratet paa Temperaturen regnet fra dette Punkt“.

II) „Trykket af mættet Damp fra rene Vædske voxer i geometrisk Progression, naar Temperaturen forøges i aritmetisk Progression.“

Dette kan simplest udtrykkes ved Ligningen;

$$\frac{dp}{p} = a dt; p = p_0 e^{a(t - t_0)}.$$

Gyldigheden af denne Lov er undersøgt paa foreliggende Maalinger af Tryk af Vanddamp og Ætherdamp; Dalton har selv foretaget Maalingerne; for Vanddamps Vedkommende er de iagttagne Værdier, svarende til 32° F og 212° F, samt for andre Temperaturer de beregnede Værdier opførte i en Tabel Side 14 i hans Bog. Dalton bemærker, at de beregnede Værdier ikke nogen Steds afviger mere end 2° fra de iagttagne²⁾ „a difference that might even exist between two thermometers of the same kind“.

For Ætherdampens Vedkommende opføres de af Dalton selv iagttagne Værdier i Tabellen udfor de til de ny Temperaturer fundne Værdier paa Fahrenheits Skala. Det viser sig, at de iagttagne Værdier følger ovennævnte Lov.

III) „Forøgelsen i Rumfang af permanente Luftarter sker efter geometrisk Progression for lige store Forøgelser af Temperaturen.“

$$\frac{v}{v_0} = e^{\beta(t - t_0)}.$$

¹⁾ l. c. S. 13.

²⁾ l. c. S. 20.

For at undersøge dette indskrænker Dalton sig til ud fra sine egne Maalinger at se, om en Forøgelse i Rumfang for en Luftmasse, der er det halve af Forøgelsen ved Opvarmning fra 32° til 212° F, findes ved en Opvarmning, der svarer til den beregnede. Han gaar ud fra efter sine egne og Gay-Lussacs Maalinger, at Rumfanget 1000 ved 32° bliver til 1376 ved 212° ; Iagttagelse giver ham, at ved Opvarmning fra 32° til 117° eller 118° paa den sædvanlige Skala vil Rumfangsforøgelsen være det halve af 376. Efter ovennævnte Lov skulde Rumfangsforøgelsen ved Opvarmning til 117° være 188, saa at der er Overensstemmelse.

IV) „Afkølingen af Legemer sker i geometrisk Progression for lige lange Tidsrum“.

Her er aabenbart Tale om Gyldigheden af Newtons Afkølingslov. Kaldes den Varmemængde, der afgives i Tiden $d\theta$ for dQ , Legemets Temperaturforskel med Omgivelserne T , har man efter Newtons Lov

$$\begin{aligned} dQ &= aT d\theta; \text{ maales Temperaturen paa} \\ \text{Daltons Termometer er } dQ &= k dT \text{ altsaa} \\ \frac{dT}{T} &= \beta d\theta \\ \frac{T}{T_0} &= e^{\beta(\theta - \theta_0)} \end{aligned}$$

Denne Lov gælder kun med Tilnærmelse, naar Temperaturen maales paa sædvanlig Maade ved de lige lange Grader paa Termometret, men Dalton angiver, at efter den nye Skala, der forkorter de lave Grader og forlænger de høje, er Loven fundet „perfectly according to this remarkable law of heat“¹⁾.

Den Daltonske Temperaturskala baseres herigennem paa en anden theoretisk Betragtning end de tidligere. Formaalet med den er det samme som for den Irvine-Crawfordske absolute Skala, at man vil gaa ud fra, at lige store Tilvækster i Temperatur svarer til lige store Forøgelser af Varmestoffet. Det ejendommelige i hans Betragtning ligger i, at han anser det for et Kriterium paa, at Formaalet er naaet, hvis det viser sig, at man

¹⁾ I. c. S. 13.

ved at bruge denne Temperaturskala finder simple Love for Variationer med Temperaturen i Legemernes Egenskaber. Han bygger med andre Ord paa den stiltiende Forudsætning, at Naturens Love er simple. En Ejendommelighed ved Daltons Skala er det, at det Nulpunkt, fra hvilket han regner sine Temperaturer, er forskelligt for hver Termometersubstans. Endvidere er det værd at huske, at Daltons Skala oprindelig er knyttet til Kviksølvtermometret, da det ofte fremstilles. som om han har foreslaaet en Skala efter Lufttermometret.

Lufttermometret begynder paany at komme til Ære og Værdighed, og det er da atter Ønsket om at faa et theoretisk velbegrundet Temperaturbegreb, der foraarsager dette. Allerede Lambert tager i sin Pyrometrie¹⁾ Ordet for dets Brug. Han omtaler, hvorledes man ivrigt har søgt efter et Maal for den Mængde Varme, et Legeme faar tilført, og hvorledes man har prøvet at faa et saadant Maal gennem Legemernes Udvidelse ved Varmen, men da disse Udvidelser ikke er proportionale for forskellige Legemer, kan man ikke ad denne Vej faa et Maal for Varmens Grader²⁾. „Ved alt dette synes man nu at glemme eller i det mindste aldeles ikke at tænke paa, at man allerede havde det, man søgte, i Amontons Termometer. . . . Man havde kun skullet se lidt nøjere paa, hvad man havde at forstaa ved Varmegrad. . . . Nu var man allerede vant til at dømme, at f. Ex. forskellige Materier har samme Varmegrad, naar et og samme Termometer i sig selv viser samme Grad af Udvidelse. Men ved denne Bedømmelse kunde man ved Grad af Varme ikke forstaa andet end Kraft af Varme, og netop den Kraft, som er større i varmere Legemer og mindre i koldere, og som netop derfor gør, at Varmen gaar fra dette til hint, indtil fuldstændig Ligevægt finder Sted, det vil sige, til Legemerne er lige varme. Men nu er Maalet for denne Kraft i Luften meget godt og rigtigt bestemt ved den Amontonske Læresætning: „Ved samme Tæthed er Varmens Kraft proportional med Trykket, og saaledes har man allerede, hvad man søger, nemlig det sande Maal for Varmens Grader.“ Luften skylder Varmen sin Evne til at udøve Tryk; derfor naar Trykket er 0, har vi den abso-

¹⁾ Lambert: Pyrometrie. Berlin 1779.

²⁾ Pyrometrie § 100 og 101.

lute Kulde. Han anbefaler at beregne Temperaturen, som man gør det nuomstunder ved Ligningen — knyttet til Amontons Termometer —

$$T = k \cdot p.$$

I 1815 toges Sagen op af Dulong og Petit¹⁾. Deres Afhandling indledes med nogle Betragtninger over Temperaturbegrebet. „I de fleste Tilfælde, naar man vil trænge dybere ind i Spørgsmaal vedrørende Varmetheori, vil man snart standses af en Vanskelighed, som gentager sig under forskellige Former ved hvert Skridt. Hvad skal man forstaa ved Ordet Temperatur, og hvilket Forhold bestaar mellem Termometrets Angivelser og de Varmemængder, som man tilfører eller borttager for at foranledige bestemte Temperaturændringer.“ De omtaler de Lucs Forsøg paa at undersøge Kapacitetens Konstans, men mener, at hverken disse eller Daltons Betragtninger fører til noget Resultat. De vælger selv at sammenligne Kviksølvtermometrets Gang med Gangen af Udvidelsen af saadanne Legemer som Luftarter eller Legemer med højt Smeltepunkt. Grunden til, at disse vælges, er for Luftarternes Vedkommende, at da Gay-Lussac har vist, at alle Luftarter under samme Omstændigheder udvider sig nøjagtigt paa samme Maade, saa er det naturligt at slutte, at en given Luftmasses Udvidelsesevne er konstant, og at derfor samme Tilvæxt i Volumen eller i Tryk maa svare til samme Tilvæxt i tilført Varmemængde (eller sand Temperatur). Altsaa man opstiller denne Hypotese for Luftarter og den samme for faste Legemer. Dulong og Petit undersøger dernæst Kviksølvtermometrets Gang for lige store Tilvækter i Tryk eller Volumen for en indespærret Luftmasse henholdsvis under konstant Rumfang eller Tryk og finder da²⁾: „De meddelte Resultater lærer os, at Udvidelsen af Kviksølvet i Termometret gaar en hurtigere Gang end Luften, saa at man, naar man anser den sidste for et nøje Maal for Temperaturen, maa slutte, at Kviksølvtermometrets Angivelser falder for højt ud ved Temperaturer over kogende Vand.“

¹⁾ Dulong & Petit: Untersuchungen über die Ausdehnung und über die genaue Messung der Temperatur 1815. Ostwalds Klassiker Nr. 44. S. 11.

²⁾ l. c. S. 39.

Hermed er da Begyndelsen gjort til at faa Lufttermometrets Angivelser som Grundlag baade theoretisk og praktisk for Temperaturmaaling. Midt i det 19de Aarhundrede kom i Tilknytning til de to varmetheoretiske Hovedsætninger den fulde Begrundelse af det berettigede heri. —

Det store Gennembrud i Varmelærens Historie midt i det 19de Aarhundrede er saa vel kendt, at her ikke nærmere skal gøres Rede for den historiske Gang deri. Dets Hovedresultater: de to thermodynamiske Hovedsætninger og dermed Erkendelsen af, at Varmen er en Form af Energi, danner da Grundlaget for det følgende.

„Absolut Temperatur.“

Prøver man paa at gøre sig Rede for, hvilke Forudsætninger der er fornødne for at kunne fastslaa Begrebet Temperatur som et Registreringstal for Varmetilstande, vil man finde, at der maa gøres en Række Vedtægter og bygges paa en Række Erfaringer. Først maa gennem Følesansen grove Forskelle mellem varmt og koldt være iagttagne. Dernæst maa man vedtage:

- I. Hvad det vil sige, at to Legemer har samme Temperatur.
- II. —»— at et Legeme har højere Temperatur end et andet.

Er dette fastslaaet, maa man bygge videre paa Grundlag af følgende Erfaringer:

A. Naar to Legemer hver for sig har samme Temperatur som et og samme tredje, har de indbyrdes samme Temperatur.

B. Vælger man et bestemt Legeme *A*, i hvilket visse Egenskaber varierer under Paavirkning af Varme, og bringer dette under Paavirkning af en Række andre Legemer, der indvirker paa de ovennævnte Egenskaber, vil disse Legemer kunne deles i to Grupper, hvoraf Legemerne i den ene har højere, i den anden lavere Temperatur end *A*. Denne Gruppeinddeling forandres ikke, hvis Legemet *A* ombyttes med et andet, der har samme Temperatur.

Det benyttede Legeme *A* kaldes Termometret, d. e., det Redskab ved hvilket man erkender Temperaturforskelle.

Herefter maa man vedtage:

III. Hvilket Legeme man vil bruge som Termometer.

IV. Hvilken Egenskab hos dette det skal være, hvis Variation skal registrere Varmetilstande.

V. Hvilke Betegnelser der skal bruges ved Registreringen — altsaa hvorledes Temperaturskalaen skal være.

Det er vist i det foregaaende, hvor vanskeligt det har været at faa dette Grundlag i Orden. Aristoteles kunde ikke faa fastslaaet Vedtægterne I og II; ogsaa for Boyle voldte dette Vanskelighed, men da han begyndte at bruge de lukkede Vædske-termometre, lykkedes det ham i Hovedsagen. I Løbet af det 18de Aarhundrede gør man da saadanne Erfaringer, at man kan naa til en Fastsættelse af alle de fornødne Vedtægter. Dernæst stiller man sig den nye Opgave at finde en Skala, hvis Tal, uafhængigt af det benyttede Termometer, maaler en tilført Varmes „Mængde“ eller „Kraft“.

I det 19de Aarhundredes Midte naar man til at opstille den saakaldte absolute Temperaturskala, d. v. s. en Skala, hvor Angivelserne er uafhængige af det benyttede Termometer, og af hvilken Egenskab ved dette det er, hvis Variation bruges ved Registreringen; det skal nu opgives, hvilke Erfaringer og Vedtægter, der yderligere er fornødne for at faa denne Skala indført.

De nye Erfaringer og derpaa byggede Vedtægter er:

C. Varme er en Form af Energi; naar Varme frembringes ved Arbejde, er der et konstant Forhold mellem den frembragte Varme og det udførte mekaniske Arbejde.

Herved er det muligt at definere Varmeenheden uafhængigt af Temperaturskalaen. Tænker man sig f. Ex. i Joules Forsøg over Varmefrembringelse ved Arbejde det sædvanlige Kalorimeter ombyttet med et Iskalorimeter, vil der smelte 3 ^{cgr.} Is for hver Kgrm. Arbejde, der forsvinder. Som Enhed for Varmemængde kunde man da indføre den, der er i Stand til at smelte 3 ^{cgr.} Is ved Frysepunktet under Atmosfærens Tryk.

D. Carnots Theorem. Naar en reversibel Carnots Kredsproces fuldbyrdes mellem to Legemer med forskellige, men konstante Temperaturtal, da vil Forholdet mellem de Varmemængder Q_1 og Q_2 , som afgives og modtages af de to Legemer, udelukkende afhænge af disses Temperaturtal og være ganske uaf-

hængigt af det Legeme, der gaar i Kredsprocessen og af den Egenskab, der varierer under Processen.

Efter W. Thomsons Forslag har man da vedtaget at maale det varierende Legemes Temperaturer under Optagelse og Afgivelse af Varme ved to Tal θ_1 og θ_2 , der tilfredsstiller Ligningen:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2};$$

vedtager man dernæst, hvilket Tal der skal maale den ene af de to Temperaturer, er den anden bestemt uafhængigt af det Legeme, der har gennemløbet Processen. Betragtes dette som Termometret, har vi altsaa faaet Temperaturen for den ene af de to Varmekilder, idet disse jo under Processen er i Temperaturligevægt med Termometret, angivet i absolut Maal.

Betydningen af denne absolute Skalas Nulpunkt findes paa følgende Maade:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2}$$

skrives

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1}.$$

Antager man nu, at θ_1 er Temperaturen af Varmekilden, hvorfra Arbejdet Q_1 er taget, mens θ_2 er Temperaturen af den, der har modtaget Arbejdet Q_2 , ses det, at „Nyttevirkningen“

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_1}$$

nærmer sig til én, naar θ_2 nærmer sig til Nul. Altsaa er det absolute Nulpunkt den Grænse, som Temperaturen for den koldeste Termostat nærmer sig til, naar Nyttevirkningen nærmer sig til 1.

Det skal dernæst undersøges, hvorledes denne Skalas Tal kan findes udtrykt ved Temperaturen efter et vilkaarligt Termometer.

For en vilkaarlig reversibel Kredsproces gælder i det hele den til omstaaende Ligning analoge

$$\int \frac{dQ}{\theta} = 0,$$

det vil sige, at Værdien $\int \frac{dQ}{\theta}$ for et vilkaarligt Stykke af Processen kun afhænger af Begyndelses- og Slutningstilstanden, hvilket igen vil sige, at $\frac{dQ}{\theta}$ er et exakt Differential. Antager vi nu, at de to Koordinater, der bestemmer et Legemes Tilstand, er Temperaturen t efter et vilkaarligt Termometer samt en anden variabel y , kan vi sætte

$$dQ = Pdt + Qdy$$

$$\frac{dQ}{\theta} = \frac{P}{\theta} dt + \frac{R}{\theta} dy;$$

$I \quad R$

da $\frac{dQ}{\theta}$ er et exakt Differential har man, idet θ er en Funktion af t alene,

$$\frac{d \frac{P}{\theta}}{dy} = \frac{d \frac{R}{\theta}}{dt}$$

$$\frac{1}{\theta} \frac{dP}{dy} = \frac{1}{\theta} \frac{dR}{dt} - \frac{R}{\theta^2} \frac{d\theta}{dt}$$

$$\frac{1}{\theta} \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{R} \left(\frac{dR}{dt} - \frac{dP}{dy} \right)$$

Da venstre Side er en Funktion af t alene, maa højre Side ogsaa være det. Derved faas:

$$\theta = \theta_0 e^{\int_{t_0}^t \frac{1}{R} \left(\frac{dR}{dt} - \frac{dP}{dy} \right) dt} \quad (1)$$

Herved kan man altsaa finde den absolute Temperatur udtrykt ved Temperaturen t efter et vilkaarligt Termometer.

Specielt kan man til den anden uafhængige Variable vælge Volumen v . Man har da

$$dQ = Pdt + Rdv.$$

Kaldes det Tryk, Legemet er underkastet, p , har man, at Forøgelsen i indre Energi for den reversible Proces

$$dU = dQ - pdv$$

er et exakt Differential, idet den kun afhænger af Begyndelses- og Slutningstilstanden i Følge 1ste Hovedsætning; men hvis

$$dU = Pdt + (R - p)dv$$

er et exakt Differential, da er

$$\frac{dP}{dv} = \frac{dR}{dt} - \frac{dp}{dt}; \quad \frac{dR}{dt} - \frac{dP}{dv} = \frac{dp}{dt};$$

ved Indsættelse i (1)

$$\theta = \theta_0 e^{\int_{t_0}^t \frac{1}{R} \frac{dp}{dt} dt} \quad (2)$$

hvor R betyder den Varmemængde, maalt i Arbejdsenheder, som kaldes Udvidelsesvarmen langs en Isoterm eller

$$R = \left(\frac{dQ}{dv} \right)_{t = \text{en Konst.}}$$

Heraf (af (2)) ses, at $\left(\frac{1}{R} \frac{dp}{dt} \right)$ er en Funktion af t alene.

Et Par Exempler skal nu anføres.

1) Lad specielt det betragtede Legeme være mættet Damp; da er p en Function af t alene, og Ligning (2) kan skrives

$$\frac{\theta}{\theta_0} = e^{\int_{p_0}^p \frac{dp}{R}}$$

2) Lad det betragtede Legeme være Luft, der følger Joules Lov, d. v. s., at under Udvidelsen langs en Isoterm er den tilførte Varme = det udførte ydre Arbejde, d. v. s.

$$pdv = Rdv \text{ eller } p = R.$$

Af (2) faas da

$$\theta = \theta_0 e^{\int_{t_0}^t \frac{1}{p} \frac{dp}{dt} dt}$$

For at finde Sammenhængen mellem de to Temperaturskalaer skal man blot tænke sig Integrationen udført fra et Punkt paa Isotermen t_0 til et Punkt paa Isotermen t ; vi vælger da to Punkter, der ligger paa samme Ordinatus, d. e. svarer til samme Rumfang og integrerer langs denne Ordinatus; da er

$$\frac{\theta}{\theta_0} = e^{\int_{p_0}^p \frac{dp}{p}}$$

eller

$$\frac{\theta}{\theta_0} = \frac{p}{p_0}, \quad (3)$$

hvor p og p_0 betyder Trykkene af Luftarten ved konstant Rumfang ved de betragtede Temperaturer.

Har man et Lufttermometer, hvor den indespærrede Luft holdes paa konstant Rumfang, finder man Temperaturen efter dette ved Hjælp af Ligningen

$$p = p_0 \alpha T;$$

den derved definerede Temperaturskala vil da falde sammen med den absolute, saafremt den indespærrede Luftart blot følger Joules Lov, der indbefatter Mariotte-Gay-Lussacs Lov som et specielt Tilfælde. Dette ses af Ligning (3), thi

$$p = \frac{p_0}{\theta_0} \cdot \theta = F(v) \cdot \theta,$$

idet $\frac{p_0}{\theta_0}$ maa være en eller anden Function af Volumenen, men ikke behøver at være netop den, som Mariotte-Gay-Lussacs Lov forlanger.

Der rejser sig nu det afgørende Spørgsmaal: Kan den absolute Skala fuldt realiseres i Praxis ved Hjælp af et Lufttermometer? Findes der nogen Luftart, der følger Joules Lov

nøjagtigt? Direkte Forsøg til Besvarelse af disse Spørgsmaal er som bekendt gjorte af Joule og Thomson, og saavidt vides ikke senere. De gav til Resultat, at ingen af de undersøgte Luftarter fulgte Loven fuldstændig, men Afvigelsen var ringe og mindst for Brint. I 1888 blev da Brinttermometret med konstant Volumen efter international Vedtægt lagt til Grund for al Temperaturmaaling og Temperaturskalaen defineret ved Ligningen

$$\frac{\theta}{\theta_0} = \frac{p}{p_0}$$

hvor Trykket p_0 ved Vandets Frysepunkt skulde være 1000^{mm}, og Temperaturforskellen mellem Vandets Kogepunkt under normalt Lufttryk og dets Frysepunkt skulde maales ved Tallet 100; derved bliver θ_0 — Temperaturtallet for smeltende Is — at bestemme af Ligningen

$$\frac{p_{100} - p_0}{p_0} = \frac{100}{\theta_0}; \theta_0 = \frac{1}{\frac{p_{100} - p_0}{p_0}} = \frac{1}{\beta}$$

hvor β er „Trykkoefficienten“ ved konstant Volumen. Denne Størrelse er efter Chappuis nyeste Undersøgelser¹⁾ for Brint

$$\begin{aligned} \beta &= 0,00366256 & \text{saa at} \\ \theta_0 &= 273,033. \end{aligned}$$

Bruges andre Luftarter end Brint til Termometersubstans faas lidt andre Værdier for β og dermed for θ_0 . Chappuis faar for

$$\begin{aligned} \text{Kvælstof } \beta &= 0,0036617; \theta_0 = 273,097 \\ \text{Kulsyre } \beta &= 0,00367; \theta_0 = 273,48. \end{aligned}$$

Den Værdi af θ_0 , som man faar, naar man bruger en af de reelle Luftarter afviger nu med én eller anden Størrelse fra, hvad man vilde faa ved Brug af en ideel Luftart, og det samme gælder de andre Tal paa Skalaen. Der er gjort en hel Del Forsøg paa at finde denne Afvigelse, altsaa paa at sammenligne

¹⁾ Trav. & Mem. du Bureau international des Poids et des Mesures T. XIII, 1907.

et Legemes Temperatur efter den absolute Skala med den, som ovennævnte internationale Normalskala vil give. Ligning (2) S. 154 kunde bruges til en saadan Sammenligning, hvis Størrelserne under Integraltegnet var kendte, det vil sige, hvis man f. Ex. for Luftarter kendte p og R som Funktioner af Temperaturen over et stort Interval, men de tilstrækkelige Data foreligger ikke. En saadan Sammenligning kan endvidere udføres paa Grundlag af Joule-Thomsons Forsøg med Luftarter, der udvider sig adiabatisk uden fuldstændig Arbejdsydelse ved Hjælp af en porøs Prop. Forøgelsen i indre Energi for en saadan Luftmasse, der føres fra Tilstanden p, v, θ til $p + dp, \theta + d\theta, v + dv$ uden Varmetilførsel er lig med det tilførte ydre Arbejde; dette er $\div d(pv) = -(pdv + vdp)$. Den samme Forandring i indre Energi kunde tilvejebringes ved en reversibel Proces; under denne er Forandringen i indre Energi:

$$dU = dQ - pdv$$

hvor

$$dQ = c_p d\theta + hdp,$$

hvor hdp er den Varmemængde, der kræves til en isoterm Trykforøgelse dp ; c_p er Varmefylden ved konstant Tryk.

Man har altsaa

$$-vdp - pdv = c_p d\theta + hdp \div pdv.$$

Her er

$$h = \div \theta \left(\frac{dv}{d\theta} \right)_{p = \text{konstant}},$$

og man faar da

$$d\theta = \frac{\theta \frac{dv}{d\theta} \div v}{c_p} dp. \quad (4)$$

Indføres nu Temperaturen t efter et vilkaarligt Termometer som ny uafhængig Variabel har man med letforstaaelige Betegnelser, idet $d\theta$ og dp i (4) betegnes med $\triangle\theta$ og $\triangle p$,

$$\frac{dv}{d\theta} = \frac{dv}{dt} \cdot \frac{dt}{d\theta}$$

$$c_p = \frac{dq}{d\theta} = \frac{dq}{dt} \cdot \frac{dt}{d\theta} = c_p' \cdot \frac{dt}{d\theta}^1)$$

$$\Delta\theta = \frac{d\theta}{dt} \cdot \Delta t$$

ved Indsættelse i (4)

$$\frac{\theta}{\theta_0} = e^{\int_{t_0}^t \frac{\frac{dv}{dt} dt}{v + c_p' \cdot \frac{\Delta t}{\Delta p}}}$$

hvor Størrelserne under Integraltegnet kan bestemmes ved Forsøg. $\frac{\Delta t}{\Delta p}$ bestemtes af Thomson og Joule. Ogsaa her gælder det, at Bestemmelserne særlig af $\frac{\Delta t}{\Delta p}$ er for faa og vel ogsaa for usikre. Joule og Thomson mente af deres Forsøg at kunne slutte, at

$$\Delta\theta = \frac{\alpha}{\theta^2} \cdot \Delta p,$$

hvor α er en Konstant.

Indføres dette Udtryk i Ligning (4) for $\Delta\theta$, faas en Tilstandsligning for Forsøgsluftarten, hvoraf θ kan beregnes og sammenlignes med den Værdi for Temperaturen, som faaes ved Maaling med Normaltermometret; Ligningen $\Delta\theta = \frac{\alpha}{\theta^2} \cdot \Delta p$ kan jo imidlertid paa ingen Maade siges at have almen Gyldighed; den er ikke theoretisk begrundet, men kun opstillet efter Forsøg over et ringe Temperaturinterval. Den Fremgangsmaade, der hyppigst vælges til Sammenligning af de to Skalaer, er i det hele en lignende som den sidst antydede; man søger at danne en Tilstandsligning for de reelle Luftarter, som indeholder Tryk, Volumen og absolut Temperatur; ved Hjælp af denne findes da i et givet Tilfælde den absolute Temperatur udtrykt ved de kendte Værdier af Tryk og Volumen, og denne Værdi sammenlignes med den Værdi af Luftartens Temperatur, man faar ved Maaling med Normaltermometret, hvorved da Afvigelsen mellem

¹⁾ Voigt: Thermodynamik S. 244 er c_p bibeholdt, hvilket ikke kan være rigtigt.

de to Skalaer er funden paa det betragtede Sted. Paa denne Maade har Rose-Innes¹⁾ og Berthelot²⁾ i de senere Aar søgt at løse Opgaven, men uden at man kan sige, at Resultatet er overbevisende. Grunden er, at Udledelsen af Tilstandsligningen ikke er tillidvækkende ligesom i det ovenfor anførte Exempel. Rose-Innes har i Hovedsagen fulgt den der skitserede Fremgangsmaade. Tilstandsligningen faaes i Almindelighed ved en Blanding af theoretiske Betragtninger og empiriske Love. Berthelot gaar f. Ex. ud fra v. d. Waals Ligning, der er udledet ad theoretisk Vej, men da den giver meget daarlige kvantitative Resultater, tilføjes visse Ændringer, som skal tjene til at forbedre den i denne Henseende, og under sine Betragtninger over dens Gyltighedsomraade extrapolerer han ret dristigt. Ad de forskellige Veje, der er forsøgt, er man dog kommen til det Resultat, at der er nær Overensstemmelse mellem de to Skalaer, i hvert Fald mellem 0° og 100°³⁾.

Ved Temperaturmaalinge ved højere Temperaturer er der forsaavidt Grund til at vente større Overensstemmelse som alle Luftarters Isotermer, naar Temperaturen stiger, nærmer sig mere til ligesidede Hyperbler d. v. s. til at følge Mariotte Gay-Lussacs Lov, der er et specielt Tilfælde af Joules Lov, men der møder en ny Vanskelighed, nemlig den at faa en passende Beholder for Termometersubstansen; det viser sig nemlig, at ved høj Temperatur vil Brint reducere Glas, Porcellæn og endogsaa Kvarts, og da den diffunderer gennem en Væg af Platin, kan den ikke bruges til Termometersubstans til Maaling af højere Temperaturer; ved meget høje Temperaturer er desuden en Dissociation af Brintmolekylet mulig. Man har derfor foreslaaet at bruge Kvælstof til Termometersubstans for Normalskalaen ved Temperaturen over 100° C. De Undersøgelser, som dette Valg støtter sig paa, er udførte af P. Chappuis⁴⁾. En Sammenligning mellem et Kvælstoftermometer med konstant

¹⁾ Phil. mag. 1901 og 1903.

²⁾ Trav. & Mem. t XIII 1907.

³⁾ Efter Berthelots Beregninger skulde Afbigelsen mellem den termodynamiske Skala og den normale paa denne Strækning kun være i det højeste 0,00055°.

⁴⁾ Phil. mag. V. 50. 1900, S. 433.

Volumen og et Brinttermometer af samme Art viste, at det førstes Angivelser mellem 0° og 40° afveg fra Normalskalaen; Afvigelsen var størst ved 40° — ca. $0,01^\circ$ — og blev dernæst mindre. Størrelsen $\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt}$ varierede; den aftog indtil 80° ; derefter var den konstant eller ganske svagt voxende, dog kun med Størrelser af samme Orden som de mulige Fejl. „I Virkeligheden opfører Kvælstof ved 100° sig som Brint ved almindelig Temperatur, idet dens Sammentrykkelighed er mindre end den, der kræves efter Boyle-Mariottes Lov.“ Chappuis forudsætter derfor, at Kvælstof fra 80° at regne kan bruges i Steden for Brint til Termometersubstans. For at faa Kvælstoftermometrets Angivelser forbundne med Normalskalaen ræsonnerer Chappuis paa følgende Maade. Mellem 80° og 100° har man

$$\alpha = \frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt} = 0,0036738.$$

Hvis Kvælstof var en fuldkommen Luftart, vilde denne Størrelse være konstant ned til 0° og ved Afkøling fra 100° til 0° vilde Trykket formindskes med

$$0,0036738 \cdot 100.$$

Var Kvælstoftermometret fyldt saaledes, at P_0 var $1,000^m$, var det iagttagne Tryk ved 100° .

$P_{100} = 1,367466^m$ og det dertil svarende Tryk af en ideel Luftart ved 0° vilde da være

$$P'_0 = 1,367466 \div 0,0036738 \cdot 100 = 1,000086^m$$

Ved Hjælp heraf beregnes da Temperaturtallene, der svarer til maalte Tryk P ved Temperaturer over 100° C. ved Ligningen

$$\frac{P}{P'_0} = \frac{\theta}{\theta_0}$$

Det bedste Stof til Termometersubstans vilde Helium være; de Indvendinger, der kan gøres mod at bruge Brint, har ingen Gyldighed her, og den nærmer sig mere til at være en fuld-

kommen Luftart end nogen af de andre og kan anvendes saavel til Maaling af lave som af høje Temperaturer. „Det er altsaa klart, at Normalskalaen burde være et Heliumtermometers¹⁾“. Travers siger, at til Maaling af store Temperaturintervaller vilde sandsynligvis Termometre med konstant Tryk være heldigere end de med konstant Volumen, da den lange Kviksløvsøjle paa forskellig Maade volder Vanskelighed, dels fordi dens store Tryk kan deformere Beholderen, dels fordi det er vanskeligt at faa dens Temperatur iagttaget.

Hvad de lave Temperaturer angaar, som man i den nyeste Tid kan fremstille, da maales ogsaa de med Brint eller Heliumtermometre med konstant Volumen. Olszewsky har allerede ved sine Arbejder med Luftarters Fortætning i 80erne i forrige Aarhundrede maalt Temperaturer ned til -220° med Brinttermometret²⁾. Han sammenligner Gangen af Lufttermometre fyldte med Brint, Kvælstof og Ilt ned til -150° , der ligger ca. 30° under Iltens kritiske Temperatur og finder dem overensstemmende helt ned mod denne Grænse; ved -150° viste hans Ilttermometer ca. 2° for lavt i Forhold til Brinttermometret; ved Kvælstoffets kritiske Temperatur viste hans Kvælstoftermometer ca. $1^{\circ},7$ for lavt. Olszewski siger i den Anledning: „de gode Resultater, som Lufttermometrene giver ved Maaling af lave Temperaturer skyldes den Omstændighed, at skønt Afkøling nærmer Luftarterne til deres Fortætningstemperatur, saa vil den samtidig stedfindende Trykformindskelse atter fjerne dem derfra.“ Senere tager han Heliumtermometer i Brug ogsaa, og giver en Sammenligning³⁾ mellem dette og Brinttermometrets Angivelser af Kogepunktstemperaturer af flydende Ilt under forskelligt Tryk.

Temperatur af flydende Ilt.

Tryk:	Heliumterm.:	Brintterm.:
741	$-182,6$	$-182,6$
240	$-191,8$	$-191,85$
$90,4$	$-198,7$	$-198,75$
12	$-209,3$	$-209,2$
9	$-210,57$	$-210,6$

¹⁾ Travers: Experimentelle Untersuchungen von Gasen, S. 162.

²⁾ Ann. d. Physik. 31 Bd. 1887, S. 68.

³⁾ Ann. d. Physik. 59 Bd. 1896.

Saadanne Maalinger er i den allernyeste Tid udførte af Travers og Jacqueros og gennemførte med større Nøjagtighed end Olszewskis. Der er maalt Temperaturer ned til -260° , og Travers foreslaar at bruge Heliumtermometret endnu længere ned. Det kan i første Øjeblik synes mærkeligt, at man kan maale Kogepunktet af flydende Brint med et Brinttermometer eller af kogende Ilt med et Ilttermometer, men Hemmeligheden er naturligvis blot, at en Luftmasse, der ved 0° har f. Ex. som i Travers og Jacqueros Termometer et Tryk af 1000 mm , vil f. Ex. ved -200° have et saa lavt Tryk, at den er en Damp saa langt fra sit Mætningspunkt, at man kan vente, at den i hvert Fald med tilnærmet Nøjagtighed følger Mariottes Lov. Maaler man f. Ex. Iltens Kogepunkt med et Brint-, et Helium- og et Ilttermometer og faar:

Brinttermometer:	Heliumterm.:	Iltterm. (i mindre fuldkom-
— $182^{\circ},_{93}$	— $182^{\circ},_{83}$	— $182^{\circ},_{4}$ men Form)

da viser Overensstemmelsen mellem dem, at de følger meget nær samme Lov, og da Helium ved den angivne Temperatur er at regne for en fuldkommen Luftart, er de andre ikke langt fra ogsaa at være det.

Ved meget lave Temperaturer iagttager man ringe men regelmæssigt stigende Afvigelser i Maalinger af samme Temperatur med Termometre fyldte med Brint og Helium. Travers anfører følgende:

	Heliumterm.:	Brintterm.:
Kogende Ilt	$90^{\circ},_{2}$	$90^{\circ},_{10}$
— Brint	$20^{\circ},_{41}$	$20^{\circ},_{22}$
Flydende Brint ved 100 mm Tryk	$15^{\circ},_{14}$	$14^{\circ},_{93}$

Disse Afvigelser er jo ganske naturlige, da Helium endnu ved den laveste af disse Temperaturer er over sin kritiske Temperatur, mens Brinten er ca. 20° under sin. Det ses altsaa, at Heliumtermometret kan gøre bedst Fyldest ved disse laveste Temperaturer, men at Afvigelserne mellem de to Luftarters Angivelser dog ikke er stor.

Efter at man nu har fundet en Temperaturskala, hvor Tallene har en rationel Betydning, rejser der sig et andet Spørgsmaal — det samme, som aabenbart spillede en Rolle for Dalton — er der en simpel Sammenhæng mellem alle Lege-
mers indre Bygning og deres Temperaturtal.

Herom taler Theorien om overensstemmende Tilstande, hvis Indhold i denne Sammenhæng bedst udtrykkes saaledes: Hvis man for et Stof ved en vilkaarlig given Temperatur kender den Række af Tilstande, i hvilke det kan findes, vil man for et hvilket som helst andet Stof kunne angive en Temperatur, ved hvilken dette kan gennemløbe den samme Række af indre Tilstande. Et Exempel paa en Temperatur, ved hvilken Stofferne aabenbart gennemløber den samme Række af indre Tilstande, er den kritiske Temperatur. v. d. Waals, der først fremsatte Theorien, mente som bekendt, at overensstemmende Temperaturer var saadanne, der var samme Brøkdelen af kritisk Temperatur, og at de overensstemmende Tilstande ved disse Temperaturer fandtes, hvor Tryk og Volumen var samme Brøkdelen af de kritiske.

Jeg har for nogle Aar siden gjort Rede for en Række Undersøgelser¹⁾, der viste, at v. d. Waals Theori om overensstemmende Tilstande ikke stemmede med foreliggende Iagttagelser, men at en bedre Overensstemmelse naaedes, naar man regnede Volumen og Temperatur ud fra Nulpunkter, der var forskellige for hvert Stof og brugte Maaleenheder for Tryk, Volumen og Temperatur, der ligeledes var forskellige for hvert Stof. Kritisk Punkt valgtes til Nulpunkt for Angivelserne, kritisk Tryk til Enhed for Trykket, og som Enheder for Temperaturer og Volumina brugtes to Konstanter K og q , der bestemtes ud fra Iagttagelserne, idet K for Fluorbenzol sattes lig dets kritiske Temperatur, og q for dette Stof = det kritiske Volumen af 1^{gr} af Stoffet, og Værdierne af mættet Damps Tryk, samt af Volumen af 1^{gr} Vædske under mættet Damps Tryk ved forskellige Temperaturer gav Midler i Hænde til at bestemme Forholdet mellem K og q for forskellige Stoffer og Fluorbenzolets. Paa denne Maade fandtes der god Overens-

¹⁾ Vidensk. Selskabs Skrifter VI, 3die Hefte.

stemmelse mellem Theori og Maalinger for 25 Stoffer for Tryk, Volumen og Temperaturer af mættet Damp, Vædske og Luftarter. Stoffer, der forandrer Molekylgruppering ved Opvarmning saasom Alkoholer og Vand passede ikke med Loven. — For de 25 undersøgte Stoffer tegnedes en fælles Damptrykskurve med Ordinaten:

$$y = \frac{P_c - P}{P_c} \text{ og Abscisse } x = \frac{T_c - T}{K}$$

hvor P_c og T_c er kritisk Tryk og Temperatur, P og T sammenhørende Værdier af Damptryk og Temperatur for et eller andet Stof og K dets Temperaturkonstant.

Jeg har nu senere undersøgt Lovens Gyldighed for mættet Damps Tryk af Oktan, Diisopropyl, Diisobutyl, Hexamethylen, Chlor samt Kulsyre mellem 0° og -56° og for Vædskevolumen af 1^{gr} . under mættet Damps Tryk og for Volumen af et Gram af den mættede Damp for de 4 førstnævnte Stoffer. For disse Stoffer er K og q bestemte paa den tidligere angivne Maade, fordi de nødvendige Data var opgivne ved de samme Brøkdeler af kritisk Tryk, som tidligere er brugte; de benyttede Maalinger er nemlig udførte af Young, ligesom for de fleste af de 25 ovenfor omtalte. For Chlor og Kulsyre er der derimod brugt en anden Fremgangsmaade. For Chlor beregnedes K paa to Maader ved Hjælp af den fælles Damptrykskurve. Naar P_c og T_c for et Stof er bekendte, kan man for hvert opgivet Tryk P beregne

$$y = \frac{P_c - P}{P_c};$$

det til denne Ordinaten svarende Punkt paa den fælles Damptrykskurve findes og dermed den tilsvarende Abscisse

$$x = \frac{T_c - T}{K}.$$

Da nu T er den til Trykket P svarende Temperatur, der er bekendt, kan K findes; er $P = 760^{mm}$, bliver T det normale Kogepunkt, og da dette i Almindelighed er godt bestemt, er det

heldigt at bruge det til Bestemmelse af K . For Chlor fandtes paa denne Maade

$$\text{Log } K = 2,65302.$$

Man kan ogsaa finde K ud fra alle lagttagelserne, idet man finder Værdier af x og y paa Kurven, svarende til en Række sammenhørende Værdier af P og T , og dernæst bestemmer K saaledes, at alle Udtrykkene for x saa nær som muligt tilfredsstilles; paa denne Maade fandtes for Chlor $\text{Log } K = 2,65225$, altsaa praktisk talt samme Værdi som ved Kogepunktet alene. Ved Hjælp af K , P_c og T_c beregnes dernæst sammenhørende Værdier for de nye Koordinater

$$\pi = \frac{P_c - P}{P_c} \text{ og } \theta = \frac{T_c - T}{K}$$

for en Række Værdier af P og T , og de tilsvarende Punkter indføres paa Damptrykskurven. Med en ganske enkelt Undtagelse faldt de saaledes bestemte Punkter saa nær ved Damptrykskurven, at Chlor kan regnes at følge Loven.

For Kulsyre kendtes K fra Amagats Maalinger, og den gav ganske god Overensstemmelse; den benyttede Kulsyre var imidlertid ikke ganske ren, saa at en bedre Overensstemmelse ikke kan ventes. For Damptryk over den faste Kulsyre passer Loven ikke.

For de 4 andre Stoffer viste der sig for Vædskevolumina under mættet Damps Tryk en ganske overordentlig god Overensstemmelse. Ogsaa for mættet Damps Tryk og Volumen var der god Overensstemmelse; kun for Damptryk af Oktan viste der sig nogen Uregelmæssighed, men da dette Stof ogsaa viste uregelmæssige Forhold, hvad dets indre Gnidning angaar, er der maaske abnorme Molekylgrupperinger for dette.

Det forekommer mig da, at der er Grund til at mene, at Loven om overensstemmende Tilstande i denne Form har Gyltighed for homogene Stoffers Vedkommende; for den faste Tilstand er den sikkert uden Betydning. Der er nu flere Gange ved Omtale af denne Theori stillet det Spørgsmaal, om K har nogen theoretisk Betydning; for q 's Vedkommende blev det allerede fremhævet i min Afhandling, at den kan opfattes som

Differensen mellem kritisk Volumen af $1^{gr.}$ af Stoffet og et vist Minimumsvolumen, som det er naturligt at mene, at den betragtede Stofmængde maa nærme sig til med voxende Tryk og aftagende Temperatur. Efter min hele Fremstilling skulde K betyde Differensen mellem to korresponderende Temperaturer; jeg brugte dertil kritisk Temperatur og den, der for ethvert Stof korresponderer til absolut Nulpunkt for Fluorbenzol. Da dette Stofs Forhold kun kendes ved Temperaturer, der ligger højt over dette Nulpunkt, og da det sikkert har ophørt at eksistere i Damptilstanden, længe før dette naaes, faar man imidlertid ingen Oplysning om Stoffernes indre Tilstand ved at sige, at de ved det for dem brugte Nulpunkt er i samme Tilstand som Fluorbenzol ved absolut Nulpunkt. Derimod vilde jeg gerne sammenligne alle Stoffer med Brint eller helst med Helium. For disse Stoffer kan det maaske være tilladeligt at opfatte det absolute Nulpunkt som Grænse for Lufttilstanden, saa at man helt ned til denne Grænse ved tilstrækkelig smaa Mængder af disse Stoffer i et givet Volumen kan finde Tryk, der varierer saaledes, at de kan bruges som Termometersubstans. Denne Antagelse holder naturligvis sikrest Stik for Helium; efter Kamerlingh Onnes Forsøg d. 9de Juli 1908, hvorved Helium fortættes, kan kritisk Temperatur opgives til ikke meget over 5° absolut ved et Tryk af omtrent $2,3$ Atmosfærer; Kogepunktet angives til omtrent $4^{\circ},5$ absolut. Disse Temperaturer fandtes ved Benyttelse af et Heliumtermometer med konstant Volumen, hvor altsaa Helium er i Lufttilstand endnu saa langt ned mod Nulpunktet. Travers foreslaar ogsaa (Nature $\frac{8}{4}$ 08) at bruge Heliumtermometer til disse Maalinger. Desværre er de kritiske Konstanter og Kogepunktet saa omtrentligt angivne, at jeg foreløbig maa sammenligne alle Stoffer med Brint, for hvilket noget sikrere Data foreligger; det er omtalt tidligere, at ved Temperatur af flydende Brint under 100^{mm} Tryk, angav Brinttermometret $14^{\circ},93$ og Heliumtermometret $15^{\circ},13$, fordi Helium under disse Forhold er den fuldkomneste Luftart; paa den anden Side er der jo dog et ret højt Tryk af Brintens mættede Damp ved denne lave Temperatur, saa at Forudsætningen om Mulighed for Existensen af umættet Damp af Brint ned imod Nulpunktet maaske dog kan

være tilladelig; ved $14^{\circ},_{11}$ (efter Heliumtermometret) var den mættede Damps Tryk endnu 50^{mm} ; ved $14^{\circ},_1$ frøs Brinten, men derfor kan Damptilstanden jo godt findes ved lavere Temperaturer. Forudsætter jeg nu, at Brinten følger Loven om overensstemmende Tilstande, og vælger jeg Differensen mellem dens kritiske Temperatur og det absolute Nulpunkt til Enhed for Temperatur for dette Stof og for alle andre Stoffer Differensen K mellem de til disse korresponderende Temperaturer; kommer K til at betyde Differensen mellem Stoffets kritiske Temperatur og den, der danner Grænsen for de Temperaturer, hvorved Stoffet kan eksistere i den egentlige Lufttilstand.

Brintens kritiske Tryk blev af Dewar i Nature for 1901 angivet at være 15 Atmosfærer; tillige opgav han nogle Bestemmelser af mættet Brintdamps Tryk ved forskellige Temperaturer; jeg beregnede da efter den ovenfor for Chlor beskrevne Metode ved Hjælp af min fælles Damptrykskurve og Dewars Maalinger T_c og K under Forudsætning af, at Brint fulgte Loven om overensstemmende Tilstande. Jeg fandt da:

$$T_c = 34^{\circ},_{29}; \text{Log } K = 2,67900.$$

Dewar antog den Gang, at Brintens kritiske Temperatur var „omkring 29° abs.“ Senere er der imidlertid offentliggjort en udførligere og nøjagtigere Række af Maalinger af mættet Damps Tryk for Brint¹⁾ af Travers og Jacquerod. Ved at gaa ud fra at Brint og Argon er korresponderende, kunde jeg ud fra Argons Damptryk og kritiske Konstanter og Travers' Angivelse af Kogepunktet for Brint beregne dettes kritiske Temperatur, og fandt da

$$T_c = 34^{\circ},_{24}.$$

Travers antager nu²⁾, at Brintens kritiske Temperatur er ca. 35 abs., og meddeler efter privat Opgivelse fra Olszewski, at Brintens kritiske Tryk efter hans lagttagelse ligger mellem

¹⁾ Phil. Trans. 200 A, S. 159.

²⁾ Exp. Untersuch. von Gasen. 1905, S. 266.

13,4 og 15 Atmosfærer, idet Menisken kom ved 13,4 Atmosfærer og forsvandt igen ved 15 Atmosfærer. Da nu Meniskens Forsvinden sikkert bedre kan følges end dens Opstaaen, mener jeg, at det foreløbigt er berettiget at blive staaende ved 15 Atmosfærer som kritisk Tryk og 34°,24 som kritisk Temperatur.

Gennem Travers og andres experimentelle Undersøgelser i de sidste Aar har man i det Hele faaet interessant Sammenligningsmateriale til Loven om overensstemmende Tilstande; man har nemlig herigennem faaet Kendskab til mættede Dampes Tryk ved meget lave Temperaturer af de Stoffer, som under almindelige Forhold er Luftarter; da disse er Grundstoffer, har man herved Lejlighed til at prøve — i hvert Fald i grove Træk — Lovens Gyldighed for simplere byggede Stoffer, end man hidtil har haft Kendskab til. Jeg har da sammenlignet Argon, Krypton, Xenon, Kvælstof, Ilt og Brint, for at se om Loven gjaldt for dem. For de 3 førstnævnte Stoffer foreligger der en Tabel over mættede Dampes Tryk ved forskellige Temperaturer¹⁾, fra 300^{mm} Tryk til kritisk Punkt, for Kvælstof en lignende udførlig Tabel med Olszewskis Maalinger ligeledes lige til kritisk Punkt; for Ilt og Brint findes en Række Damptryksbestemmelser af Travers til 800^{mm}; dette Tryk findes for Ilten ved en Temperatur af 90°,6, mens man for højere Tryk maa benytte Olszewskis Bestemmelser. For Brintens Vedkommende gaar Damptryksbestemmelserne fra 50^{mm} ved 14°,11 til 800^{mm} ved 20°,6; om de kritiske Konstanter er der talt ovenfor.

Jeg har nu anvendt disse Opgivelser paa følgende Maade. Jeg har ud fra Argontabellen beregnet, hvilke Temperaturer der i Følge Loven om overensstemmende Tilstande for et andet Stof skulde svare til opgivne Tryk og har dernæst set, om det beregnede passede med Tabellen. Fremgangsmaaden ses bedst af et Exempel. Jeg vil sammenholde Argon og Kvælstof. Først beregnes da Forholdet mellem Temperaturkonstanterne.

Til Trykket 2000^{mm} for Argon svarer

1040,8^{mm} for Kvælstof, da det er samme Brøkdelen af kritisk Tryk.

¹⁾ Ramsay og Travers Phil. Trans. 197, 1901. Travers: Exp. Unters. von Gasen indeholder de udjævnede Tabeller.

Kritisk Tryk er for Argon¹⁾ 40200^{mm}, for Kvælstof²⁾ 20926^{mm}.

Til Trykket 2000^{mm} for Argon svarer Temperaturen 97°₉₅
 „ — 1040,8^{mm} „ Kvælstof — „ — 80°₃.

Man maa da have med let forstaaelige Betegnelser, hvis Loven gælder:

$$\frac{T_c - T}{K} = \frac{T_c' - T'}{K'}.$$

Her er for Argon $T_c = 155^{\circ}_{6}$, for Kvælstof $T_c' = 124^{\circ}$
 — „ — $T = 97^{\circ}_{95}$ — $T' = 80^{\circ}_{3}$.

Heraf findes

$$\text{Log.} \frac{K'}{K_{\text{Arg.}}} = 0,87968 - 1.$$

Derefter beregnes, at til Trykkene

for Argon	svares for Kvælstof	} der er samme
800 ^{mm}	416,3 ^{mm}	
8000 ^{mm}	4163 ^{mm}	
18000 ^{mm}	9367 ^{mm}	

Brøkdelen af
Kvælstofs kri-
tiske Tryk.

Til disse Tryk svarer

for Argon:	for Kvælstof:	} beregnet ved Hjælp af
87° ₇₇	72° ₆	
118° ₆	96° ₀	
134° ₈	108° ₂₄	

$\text{Log.} \frac{K'}{K_{\text{Arg.}}} = 0,87968 - 1$

Mens Kvælstoftabellen giver ved ovenanførte Tryk:

72°₆
 96°₁
 108°₃.

¹⁾ Exp. Untersuch. S. 281.

²⁾ l. c. S. 271.

Altsaa god Overensstemmelse. Hertil er at bemærke, at de Værdier for de kritiske Konstanter, som her er benyttede, ikke falder sammen med dem, Olszewski opgiver i „Comptes rendus“ for 1884; disse giver lidt mindre fuldstændig Overensstemmelse. I Travers „Exper. Unters.“ er der ikke ved Tabellen henvist til Tabel af Olszewski; Udgiveren Estreicher er — eller har været — Olszewskis Medarbejder, saa at det er muligt, at han har haft senere Kilder at ty til.

Paa samme Maade kunde Xenon- og Kryptontabellerne beregnes ud fra Argontabellen blot med Anvendelse af Kendskab til de kritiske Konstanter og et Sæt sammenhørende Værdier for Damptryk og Temperatur. Saaledes fandtes for Xenon og Argon:

$$\text{Log } \frac{K'}{K_{\text{Arg.}}} = 0,25411.$$

Til Tryk for Argon:	svarer for Xenon:	Temp. ber.	Temp. efter Tabel
700 mm	757,5	163,5	163,5
800 „	865,7	165,8	166,
6000 „	6492,5	212,3	212,9
8000 „	8657	221,9	221,3
18000 „	19477	250,6	252,9
40200 „ = P_c	$P_c = 43500$		

For Krypton og Argon:

$$\text{Log } \frac{K'}{K_{\text{Arg.}}} = 0,11487.$$

Tryk for Argon	Tryk for Krypton	Temp. ber.	Temp. efter Tabel
6000 mm	6155 mm	155,97	155,72
8000 „	8207 „	162,3	162,5
18000 „	18488 „	183,57	183,42
40200 „	$P_c = 41240$		

Disse Prøver synes altsaa at tyde paa Overensstemmelse med Loven. — For Iltens Vedkommende prøvede jeg først ud fra Argontabellen og to Maalinger af Damptryk for Iltten, tagne fra Travers og Olszewskis Maalinger sammen med det kritiske

Tryk, saaledes som det med Henvisning til Olszewski var opgivet i Exp. Untersuchungen v. G., at beregne den kritiske Temperatur og sammenholde den med den iagttagne. Kritisk Tryk for Ilt var opgivet at være 44080 mm. Herved fandtes, at

Tryk for Argon	svarede til	Tryk for Ilt
600 mm		657,9 mm
28000 „		30702 „

Hertil svarede efter Tabellerne for

Argon	Ilt
86°,38	90°,17
145°,8	147°,4

Efter Loven skulde man da have

$$\frac{155°,6 - 86°,38}{K} = \frac{T_c - 90°,17}{K^1} \text{ og}$$

$$\frac{155°,6 - 145°,8}{K} = \frac{T_c - 147°,4}{K^1}.$$

Heraf fandtes $T_c = 159°,9$, mens Tabellen gav $154°,2$, altsaa daarlig Overensstemmelse. Imidlertid har Olszewski selv i 1895¹⁾ opgivet, at til kritisk Temperatur for Ilt $154°,2$ svarer kritisk Tryk 50,8 Atmosfærer = 38608 mm. Det i Travers Tabel opgivne Tryk svarer til 58,0 Atm. og skyldes da formodentlig en Fejl; beregnes kritisk Temperatur for Ilt ud fra $P_c = 38608$ mm faas $T_c = 153°,66$, altsaa meget bedre Overensstemmelse med den opgivne $154°,2$; dette er et af de mange Exempler, jeg har truffet paa, at man ved Lovens Hjælp ud fra gode Iagttagelser for et Stof kan kontrollere opgivne experimentelle Data for et andet Stof.

Der er saaledes al Grund til at mene, at Loven passer for disse luftformige Grundstoffer; man kan naturligvis yderligere prøve at sammenholde dem med de tidligere benyttede Stoffer. Jeg har saaledes beregnet, hvilken Temperatur for Fluorbenzol, der skulde svare til Kogepunktet $20°,22$ for Brint, og fik ca. $124°$ C; denne skulde efter Loven findes ved samme Brøkdæl

¹⁾ Phil. mag. Vol. 79.

af kritisk Tryk som Kogepunktet for Brint; dette ligger saaledes, at $\frac{P}{P_c} = 0,066 \dots$ Efter lagttagelser over Fluorbenzol har man ved 120° , at $\frac{P}{P_c} = 0,05860$ og ved 130° $0,0746$, altsaa slaar Formodningen meget godt til. Tillige har det vist sig, som tidligere omtalt, at jeg har faaet samme Værdi for kritisk Temperatur af Brint ved Beregning ud fra Argons Damptryk og ud fra den fælles Damptrykskurve, der er bestemt ved lagttagelser over de 25 tidligere benyttede Stoffer.

Nu beregnes Stofferne Temperaturkonstant K i Forhold til Brintens, og dennes Konstant sættes = den kritiske Temperatur, og Differensen $T_c - K = T_m$ bestemmes. T_m vil da for ethvert Stof betyde den Temperatur, der er korresponderende til Nulpunktet for Brint, og efter tidligere Redegørelse kan der da være nogen Grund til at vente, at den saaledes bestemte Temperatur angiver en Grænse for de Temperaturer, hvorved Stoffet overhovedet kan findes i en saadan Tilstand, at det kunde bruges som Termometersubstans til Maaling af absolut Temperatur. Naar en Gang Heliums kritiske Konstanter og Kogepunkt foreligger sikrere bestemt, vil det være rimeligst at bruge dette til Sammenligningens Udgangsmateriale, idet Forudsætningen om, at Brinten helt ned mod det absolute Nulpunkt kan eksistere i Lufttilstanden, jo nok er tvivlsom; kan dette kun ske til en højere Grænse, og valgetes Differencen mellem Brintens kritiske Temperatur og denne til Temperaturkonstant for Brinten, vilde ogsaa alle andre Stoffers Temperaturkonstant K blive mindre; $T_m = T_c - K$ vilde da blive større, saa at de paa denne og følgende Side opgivne Tal, betragtede som Grænse for Lufttilstanden, rimeligvis er noget for lave.

	T_m
Brint	0
Argon	23,7
Kvælstof	24
Ilt	35
Krypton	38,7
Xenon	51

	T_m		T_m
Chlor	99,7	Methylformat	141,6
Kulsyre	80,4	Æthylformiat	152,9
Æther	138,7	Methylacetat	160,2
Fluorbenzol	161,6	Propylformiat	169,1
Chlorbenzol	183,4	Æthylacetat	173,4
Brombenzol	193,7	Methylpropionat	173,2
Jodbenzol	218,2	Propylacetat	187,3
(Æthan) ¹⁾	70,25	Æthylpropionat	185,8
Pentan	135,1	Methylbutyrat	186,2
Isopentan	127,6	Methylisobutyrat	178,9
Hexan	155,5		
Heptan	176		
(Oktan) ¹⁾	195		

Der er Antydning af en vis Regelmæssighed i Tallene for T_m for Kulbrinter og Ætherarterne, som det vil ses af følgende Sammenstillinger.

$$\begin{array}{rcl}
 & (\text{Æthan}) 70,25 & \\
 3 \cdot \text{CH}_3 < & & > 3 \cdot 21,6 \\
 & \text{Pentan } 135,1 & \\
 \text{CH}_3 < & & > 20,4 \\
 & \text{Hexan } 155,5 & \\
 \text{CH}_3 < & & > 20,5 \\
 & \text{Heptan } 176,0 & \\
 \text{CH}_3 < & & > 19 \\
 & (\text{Oktan}) 195,0 &
 \end{array}$$

Methylpropionat og Æthylacetat har samme T_m og samme Molekyltal. Ligesaa: Propylacetat, Æthylpropionat og Methylbutyrat.

$$\begin{array}{rcl}
 & \text{Methylformiat } 141,6 & \\
 \text{CH}_2 < & & > 11,3 \\
 & \text{Æthylformiat } 152,9 & \\
 \text{CH}_2 < & & > 16,2 > 2 \cdot 13,6 \\
 & \text{Propylformiat } 169,1 & \\
 & \text{Methylacetat } 160,2 & \\
 \text{CH}_2 < & & > 13,2 \\
 & \text{Æthylacetat } 173,4 & \\
 \text{CH}_2 < & & > 13,9 \\
 & \text{Propylacetat } 187,3 &
 \end{array}$$

¹⁾ Æthan og Oktan er satte i Parantes, da Tallene for dem er usikrere end for de andre; Oktan passer ikke helt godt med Loven, og Æthans kritiske Konstanter er usikre.

Methylpropionat 173,2
 Æthylpropionat 185,8 $> 12,6$

Methylformiat 141,6
 „ acetat 160,2 $> 18,6$
 „ propionat 173,2 > 13
 „ butyrat 186,2 > 13

Æthylformiat 152,9
 „ acetat 173,4 $> 20,5$
 „ propionat 185,8 $> 12,4$

Propylformiat 169,1
 „ acetat 187,3 $> 18,2$

Det ses, at en Forøgelse af Molekylet med CH_2 medfører hyppigst en Forøgelse i T_m af ca. 13, undtagen ved Overgang fra Formater til Acetater, hvor Tilvæksten er større.

Jeg har prøvet paa at henhøre Konstanterne til Helium, efter at der fra Kamerlingh-Onnes er kommen en omtrentlig Opgivelse af de nødvendige Data til Sammenligning mellem dette og andre Stoffer. Det opgives¹⁾, at Heliums Kogepunkt er 4°, absolut, dets kritiske Tryk 2,3 Atmosfærer og dets kritiske Temperatur mellem 5° og 6°. Det Tryk p for Brint, der korresponderer til 760 mm for Helium findes da af Ligningen

$$\frac{p}{15} = \frac{1}{2,3}; p = 6,5 \text{ Atmosfærer.}$$

Ved Hjælp af den fælles Damptrykskurve findes, at dette svarer til Temperaturen 29°, for Brint. For at finde dette beregnes

$$\frac{P_c - p}{P_c} = \frac{15 - 6,5}{15} = 0,53.$$

Dette Tryk svarer paa Damptrykskurven til Temperaturen i reduceret Maal 0,1. Man har da (idet T_c er Brints kritiske Temperatur)

$$\frac{T_c - T}{K} = 0,1; T_c - T = 0,1 \cdot K = 0,1 \cdot 47,76 = 4,8,$$

idet K er Brints Temperaturkonstant henhørt til Fluorbenzol.

$$T = T_c - 4,8 = 29°,5.$$

¹⁾ Nature ^{20/8} 08. S. 327.

Hermed vides det altsaa, at til Temperaturerne

4^o,₅ for Helium svarer 29^o,₅ for Brint og
til kritisk Temperatur T_c^1 „ „ „ 34^o,₂₄ „ „

Spørges der nu, hvilken Temperatur for Brint der svarer til absolut Nulpunkt for Helium, kan dette findes ved at beregne en Temperaturkonstant K^1 for Brint, idet Heliums kritiske Temperatur T_c^1 regnes for dets Temperaturkonstant; denne Beregning kan udføres ved Ligningen

$$\frac{T_c^1 - 4,5}{T_c^1} = \frac{34,24 - 29,5}{K^1}.$$

Værdien af K^1 kommer altsaa til at afhænge af Værdien af T_c^1 ; om denne Størrelse vides det altsaa kun, at den ligger mellem 5^o og 6^o, hvilket betyder en meget stor Usikkerhed i de Konstanter, som her skal beregnes; antager man $T_c = 5,5$ faas

$$\frac{5,5 - 4,5}{5,5} = \frac{34,24 - 29,5}{K^1}; K^1 = 26,4.$$

$T_c - K^1 = T_m = 7,9$ er da den Temperatur for Brint, der svarer til 0 for Helium.

Brintens Temperaturkonstant var paa forrige Side $T_c = 34,24$. Henføres Stofferne til Helium bliver den altsaa

$$K^1 = 0,77 T_c,$$

og alle andre Stoffer maa da ligeledes have deres Temperaturkonstant multipliceret med 0,77. Derved faas en Række nye Værdier af T_m , der giver Oplysning om, hvilke Temperaturer der for hvert Stof svarer til Nulpunktet for Helium. Disse Tal er meget forskellige fra de Værdier for T_m , der fandtes paa Side 172—173, og — betragtede som Grænse for Lufttilstanden — sikkert altfor høje. Dette kunde tyde paa, at 5,5 er for høj en Værdi af kritisk Temperatur, hvis det kritiske Tryk er 2,8 Atmosfærer. Antages 5,2 til kritisk Temperatur, vilde man af en Ligning analog med ovenstaaende faa $K^1 > 34,24$, hvilket vilde betyde, at Brint havde en lavere Grænse for Lufttilstanden end

Helium, hvilket ikke er rimeligt. $T_c^1 = 5,3$ vil give $K^1 = 0,9 T_c$, der giver rimeligere Værdier af T_m . Alt i alt maa man da sige, at der kræves en nøjagtigere Opgivelse af de kritiske Konstanter for Helium, før dette Stof kan bruges som Sammenligningstof; tillige viser de sidste Betragtninger Muligheden af ud fra Loven om overensstemmende Tilstande at skønne om en opgiven kritisk Temperatur kan svare til et opgivet kritisk Tryk.

Jeg mener da, at man kan gaa ud fra, at Loven om overensstemmende Tilstande i denne Form har Gyldighed for Vædske, Damp- og Lufttilstanden, for hvilken den er undersøgt. Kan man nu gøre sig nogen Forestilling om, hvilke Ejendommeligheder i Legemernes indre Bygning, der kan bevirke denne Overensstemmelse? Kun ganske løseligt er der forsøgt at give Svar paa dette Spørgsmaal i Sammenhæng med den saakaldte kinetiske Lufttheori.

Efter at det ved Joules Arbejder var fastslaaet, at Varmen var en Form af Energi, har man rejst det Spørgsmaal: I hvilken Energiform er Varmen til Stede i Legemerne? Nogle følger til: Og hvad er Bæreren af denne Energi, Substans eller Æther? Besvarelsen minder om Cartesius og viser, hvor begrænset Menneskers Forestillingskreds aabenbart er, hvad de lidt vidt svævende Hypoteser angaar; den gaar i Hovedsagen ud paa, at Straalevarmen forplantes af Ætheren, og naar den opbevares i Legemerne, er den knyttet til Substansen. Svaret paa det første Spørgsmaal er egentlig kun forsøgt for Luftarters Vedkommende i den kinetiske Lufttheori, der jo som bekendt bygger paa den Antagelse, at Varmen eksisterer hos Luftarterne som Bevægelsesenergi, og at den absolute Temperatur er et Maal for Bevægelsesenergien i den fremadskridende Bevægelse af Molekylerne; for Vædske og faste Legemers Vedkommende eksisterer der kun svage Forsøg paa Theori af denne Art.

Det er nu ud fra den kinetiske Lufttheori, at Sutherland¹⁾ har prøvet paa at danne sig en Forestilling om, hvad der kan betinge de overensstemmende Tilstande. Meningen med hans Afhandling er i det hele at hævde, at et homogent Stofs Tilstandsform er bestemt ved det Forhold, der eksisterer mellem

¹⁾ Boltzmanns Festschrift. Side 373: The principle of dynamical similarity.

dets Molekylers gennemsnitlige Bevægelsesenergi og den gennemsnitlige potentielle Energi af de Kræfter, der virker mellem dets Dele. For at paapege Betydningen af dette Forhold henviser han til Solsystemet. Det, der er afgørende for, om en Planet eller Komet, der befinder sig i en Afstand r fra Solen, vil beskrive en Parabel, en Ellipse eller en Hyperbel, er netop dette Forhold. Kaldes dens Hastighed v og Tiltrækningskonstanten u , har man¹⁾

$$v^2 = \frac{2u}{r} - k,$$

hvor k er en Konstant, multipliceres denne Ligning med $\frac{1}{2}m$, hvor m er Planetens Masse, har man

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{um}{r} - K.$$

Eftersom $k \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} 0$ bliver Banen en Ellipse, Parabel eller Hyperbel; nu vexler K 's Fortegn med k 's, og da $\frac{1}{2}mv^2$ er Planetens Bevægelsesenergi, og $\frac{um}{r}$ dens potentielle Energi, ses det, at Banen bliver en Ellipse, Parabel eller Hyperbel, eftersom dens Bevægelsesenergi er mindre, lig med eller større end dens potentielle Energi. Som det nu i dette Tilfælde er Forholdet mellem de to Energimængder, der er bestemmende for Banens Form, kunde det tænkes, at det ogsaa var det for Molekylbevægelsen. Sutherland skriver: „I molekulær Fysik kan de relative Baner af Nabomolekyler deles i to Hovedklasser, de med endelige og de med uendelige Grene, med et Gennemgangstilfælde, i hvilket den kinetiske Energi altid er lig den potentielle. Kinematisk kan vi definere en Damp eller en Luftart som en Samling af Molekyler, i hvilke gennemsnitlig den relative Bane af to Naboer er Del af en Kurve med uendelige Grene. I en Vædske er den relative Bane for to Naboer, mens de er under hinandens Indflydelse, Del af en lukket Bane. Ved kritisk Punkt er gennemsnitlig den relative Bane Del af en Kurve, der danner Overgang mellem de to Former. Den gen-

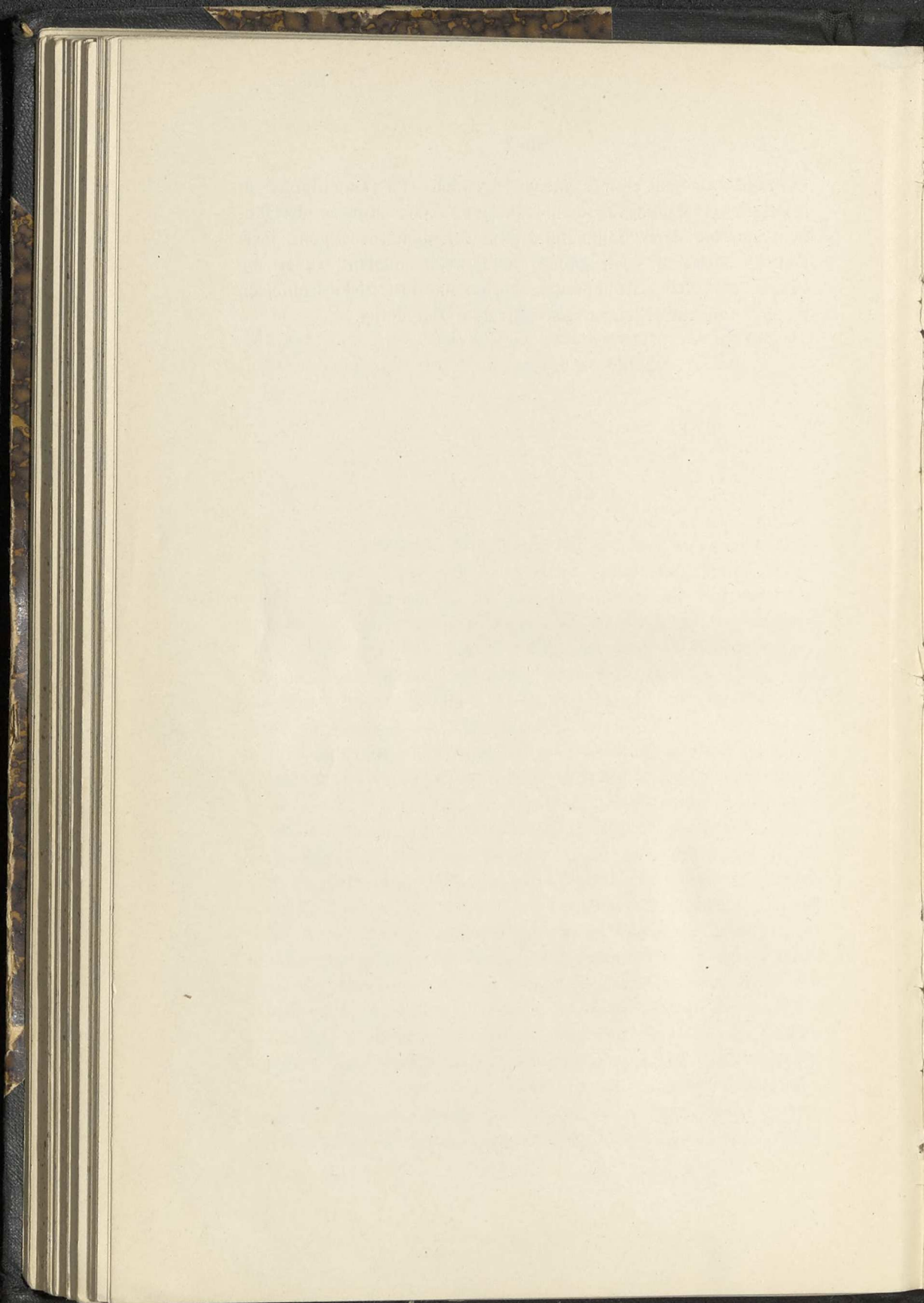
¹⁾ Se Jul. Petersens Dynamik Side 28.

nemsnitlige kinetiske Energi er lig med den gennemsnitlige potentielle Energi.“ Korresponderende Tilstande skulde da være saadanne, hvor Forholdet mellem de to Energimængder er det samme; i de korresponderende kritiske Punkter er det altsaa 1.

Nutiden er altsaa naaet til en theoretisk veldefineret Temperaturskala og til med stor Tilnærmelse at kunne naa den ved Maaling, men Temperaturtallenes Sammenhæng med Legemernes indre Bygning har man kun vage Forestillinger om.

Den foregaaende Afhandling har nu forsøgt at give Svar paa det Spørgsmaal, som opkastedes i Indledningen: „Hvorledes er det gaaet til, at man har fundet en Registreringsmaade for Temperatur, som har ført til Brug af en Substans og en Metode til Temperaturmaaling, der giver de derved fundne Tal den theoretiske Betydning, som den absolute Skalas Tal aabenbart har? Resultatet af Besvarelsen er kortelig følgende: Det har vist sig, at selve det Problem at faa en Registrering af Varmetilstande har været meget vanskeligt at løse, fordi det volder stort Besvær at faa fastslaaet selve Grundlaget for Registreringen. Da endelig en paalidelig Registrering kunde udføres, rejste der sig Spørgsmaal om, hvilken theoretisk Betydning Registreringstallene havde. Dette gav Anledning til et stort experimentelt Arbejde over Varmefænomener og Betydningen af at bruge forskellige Termometersubstanser. Under dette Arbejde viste Luftarternes særlig simple Forhold hen til Hensigtsmæssigheden i theoretisk Henseende af at bruge dette Stof til Termometersubstans paa den Maade, som allerede var foreslaaet af Amontons. Opdagelsen af, at Varmen er en Form af Energi og Lovene for dens Omsætning, førte til en Temperaturdefinition af theoretisk universel Betydning, uafhængig af det benyttede Termometer altsaa til en „absolut“ Skala for Temperaturer, og Opdagelsen af, at en Luftarts indre Energi hovedsagelig beror paa Temperaturen alene, gjorde det muligt

i Praxis paa en simpel Maade og med stor Tilnærmelse at realisere en Maaling af denne absolute Skalas Tal og derigen-
nem at finde deres Sammenhæng med Legemernes Egenskaber.
Det er altsaa et befrugtende Samarbejde mellem Theori og
Praxis, der efter Aarhundreders Forløb har ført til Fastsættelsen
af en Temperaturskala af saa universel Betydning.



THESES.

1) Ved Undervisningen i Fysik er Elevernes Selvarbejde med Forsøgene des mere nødvendigt, jo yngre de er.

2) Det vilde være af Betydning for de fysikstuderende, der senere faar Virksomhed som Lærere, om de fik Uddannelse i at anstille Forelæsningsforsøg og i at tilrettelægge Forsøg, der kunde anvendes til Skoleøvelser.

3) Man plejer ad matematisk Vej at udlede den Sætning, at en homogen Kugleskal tiltrækker en udenfor den værende Massepartikel, som om dens Masse var samlet i Centrum. Denne Sætning kan man imidlertid udlede paa en simpel Maade, naar man blot forudsætter Faradays Forsøg over elektrisk Fordeling bekendt.

4) Det overordentlige Fremskridt i Naturvidenskaben fra Newtons Tid skyldes for en stor Del den Kendsgerning, at man resignerede i Retning af at finde Aarsagen til de Kræfter, hvormed Legemer paavirker hinanden, og blot søgte at blive klar over Lovene for disse Kræfters Virkemaade.

5) Der findes hos Mennesker en naturlig Tilbøjelighed til at finde simple og overensstemmende Love paa forskellige af Naturvidenskabens Omraader; selv hos en saa nøgtern Forsker som Ole Rømer viser der sig et slaaende Exempel derpaa.

6) Den nyere Tids kemiske Atomtheori og Oldtidens Atomlære har nærmest kun Navnet fælles.

7) Det vilde være af betydelig Interesse for Theorien om overensstemmende Tilstande, om man havde experimentelt be-

stemte Værdier af den indre Gnidning i Vædsker over et stort Temperaturinterval, særlig for Vædsker for hvilke kritisk Tryk og Temperatur er bekendte.

8) Der er ad experimentel Vej fundet nogle simple Formler for Sammenhæng mellem forskellige Stoffers Kogepunkter ved samme Tryk. Idet t og t_1 betyder Kogepunkter af én Vædske ved Trykkene p og p_1 , og T og T_1 Kogepunkter af en anden Vædske ved de samme Tryk, da kan man som de mest bekendte af disse Formler anføre:

$$\text{Dührings } \frac{t \div t_1}{T \div T_1} = \text{konstant, der er ensbetydende med}$$

$$\text{Ramsays og Youngs } \frac{t}{T} = \frac{t_1}{T_1}.$$

Denne viste sig ved fortsatte Undersøgelser ikke gyldig for ret mange Stoffer, men maatte erstattes med den senere ret meget brugte Formel:

$$\frac{t}{T} - \frac{t_1}{T_1} = k(T - T_1).$$

Disse Formlers Gyldighedsomraade kan man faa en Forestilling om ved at bygge paa den Viden man har om Stoffernes Forhold til v. d. Waals Lov om overensstemmende Tilstande.

9) Ostwald giver i sin „Chemie“ en thermodynamisk Uledelse af den vigtige Sætning, at det osmotiske Tryk p af et opløst Stof ved Temperaturen T er

$$p = c \cdot T,$$

hvor c er en Konstant.

I dette Bevis forudsættes, hvad der skal bevises.

