

OVER JERICHAUS BAROMETER

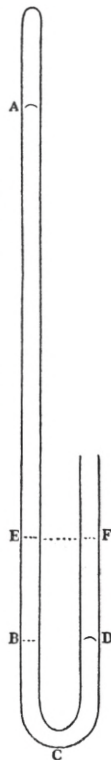
AF H. C. ØRSTED

(TIDSSKRIFT FOR LITTERATUR OG KRITIK. UDGIVET AF F. C. PETERSEN, ANDET BIND, P. 55—61.
KIØBENHAVN 1839)

I 3die Hefte af nærværende Tidsskrift har Hr. Professor *Ramus* fældet en ugunstig Dom over Hr. *Jerichaus* Barometer, hvis Bestemmelse er at vise Luftrykket strax ved Iagttagelsen, uden at man først behøver en Berigtigelse for Varmens Indflydelse. Overbeviist om, at denne fra matematiske Betragtninger udgaaede Dom ikke træffer Instrumentet, saaledes som det virkelig er og bruges, troer jeg at burde tage den sindrige og beskedne Experimentator i Forsvar, ved at give en for ret mange Læsere fattelig Fremstilling af Sagen.

Vedstaaende Figur forestiller et Hævebarometer. Paa et saadant pleier man at bestemme Høiden af den Qviksølv søile, Luften bærer, ved at maale hvorlangt Qviksølvet ved *A* staaer over og ved *D* under en paa Instrumentet trukken Horizontallinie *EF*. Den af Luften baarne Qviksølv søile være *AB*. Naar begge Barometerets Grene ere lige vide, vil enhver Forandring i Luftrykket, som ikke er ledsaget af en Varmeforandring, frembringe en ligesaastor Falden paa den ene Side, som Stigen paa den anden; man behøver da kun at iagttage den ene af de to Qviksølvoverflader, for at kjende den hele Forandring: er Qviksølvet f. Ex. faldet 1 Linie under *D*, og følgelig tillige steget 1 Linie over *A*, saa veed man at Luftrykket nu bærer en 2 Linier længere Qviksølv søile i Rørets lukkede Deel. For saa vidt som man ikke havde andre Omstændigheder at tage Hensyn paa, var man da berettiget til at læse enhver Falden i det aabne Rør, som en dobbelt Stigen i det lukkede, og enhver Stigen i hiint som en dobbelt Falden i dette.

Naar Varmen derimod forandres, vilde denne Fremgangsmaade ikke uden under visse Betingelser være rigtig. Qviksølvet erhoder ved Varmen en Forlængelse, som for hver Grad efter Hundreddeeltthermometret, hvilket her heelt igjennem skal anvendes, beløber sig til 0,0001802, saaledes at en Qvik-



sølv søile i et Rør, som ikke udvidedes ved Varmen, vilde ved at opvarmes fra 0^0 til t^0 , faae $(1 + 0,0001802 t)$ dens første Længde. Men et Rør, som ikke udvides ved Varmen, gives der ikke. Lad Barometerrøret være af en Glasart, hvis Udvidelse efter Længden er 0,0000086 for hver Grad, saa vil Omkredsen udvides i samme Forhold. Gjennemsnitsfladen af Røret voxer som Qvadrattallet af denne Størrelse, altsaa vil dens Længde, naar den ved 0^0 antages for 1, t^0 være $= (1 + 0,0000086 t)^2 = 1 + 2 \cdot 0,0000086 t + 0,0000086^2 t^2$. Men det sidste Led i denne Størrelse giver for $t=1$ et Tal som er mindre end 0,000000000074, og da t aldrig naaer 40, ja endog yderst sjeldent 30, tilmed t^2 aldrig saa høit som 1600, saa stiger hiint sidste Led af Størrelsen aldrig til een Timilliondeel, ja i sædvanligt forekommende Tilfælde ei uden til nogle faa Hundredmilliondele. Da der nu heller ikke i de paafølgende Regninger vil forekomme Tilfælde, hvor denne Størrelse multipliceres med saa store Tal, at Feilen kunde have en for Iagttageren kjendelig Indflydelse, bortkastes det sidste Leed, og vi have Glassets Gjennemsnitsflade ved t^0 tilstrækkeligt nøiagtigt $(1 + 0,0000172 t)$ Størrelsen med 0^0 . I samme Forhold bliver da den i Røret indsluttede Qviksølv søile kortere,

og istedetfor $(1 + 0,0001802 t)$ bliver den $\frac{1 + 0,0001802 t}{1 + 0,0000172 t}$, hvilket med tilstrækkelig Nøiagtighed kan udtrykkes $1 + (0,0001802 - 0,0000172) t = 1 + 0,000163 t$.¹

Lader os nu i Tanken dele Qviksølv massen i to Dele, q , som bæres af Lufttrykket, i Figuren AB , og x , som holder sig selv i Ligevægt, i Figuren BCD . Sætte vi nu at Varmen stiger fra 0^0 til t^0 , saa forøges Qviksølv massens tilsyneladende Længde fra $q + x$ til $(q + x) (1 + 0,000163 t)$

$$= q + q \cdot 0,000163 t + x + x \cdot 0,000163 t.$$

Men naar Luftens Tryk ikke er bleven forandret, skal den af samme baarne Qviksølv søile ogsaa vedblive at yde samme Mod-

¹ Da Maalestocken, som sædvanligt er af Messing, ogsaa udvides ved Varmen, og dette om-trent beløber sig til 0,000018, saa vilde man herved faae $1 + 0,000145 t$, dersom Maalestocken havde sin Grundværdi ved 0^0 ; men da Maalestocken sædvanligt har sin sande Størrelse ved en høiere Varme, saa vilde Indførelsen af denne Berigtigelse gjøre Regningen mindre overskuelig, end jeg her tilsigtede. Vilde man derimod indrette Instrumentet saaledes, at det angav Lufttrykket ved samme Varmegrad i Qviksølvet, som den hvorved Maalestockens Inddeling er skeet, fik man atter en lettere Regning. Hovedsagen er, at disse Forskjelligheder kun faae en umærkelig Indflydelse i de virkelige Iagttagelser.

tryk, hvortil udkræves at den maa faae Længden q ($1 + 0,0001802 t$)
 $= q + q \cdot 0,000163 t + q \cdot 0,0000172 t$. Drage vi fra den hele forlængede
 Qviksølvmasse denne af Luften baarne Deel, saa bliver tilbage

$$x + x \cdot 0,000163 t - q \cdot 0,0000172 t,$$

hvoraf følger at den Deel, som nu skal holde sig selv i Ligevægt
 bliver mindre. Skal den tabe ligesaameget ved denne Forminds-
 ning, som den (under de givne Omstændigheder) vandt ved Var-
 mens udvidende Virkning, saa maa

$$x \cdot 0,000163 t = q \cdot 0,0000172 t, \text{ altsaa}$$

$$x = q \frac{0,0000172}{0,000163}$$

Sættes $q = 336$ Linier, saa bliver $x = 35,455$.

Hele Qviksølvmassens Længde ved 0° bliver da 371,455.

Saalænge som Lufttrykket bliver saadant at det kan bære en
 Qviksølvsoile, hvis Længde ved 0° vilde være 336 Linier, vil Qvik-
 sølvet i det aabne Rør da hverken stige eller falde ved nogen
 Varmeforandring. Men vil det ogsaa ved forandret Lufttryk vise
 en af Varmen uafhængig Høide? Det er sandt, at den Deel af Qvik-
 sølvmassen, som bæres ved sine egne Deles gjensidige Tryk, for-
 kortes ved stigende Lufttryk og forlænges ved synkende; men Be-
 regningen viser, at den heraf følgende Forskjel i Varmens Ind-
 flydelse paa Qviksølvet i det aabne Rør er saa ringe, at
 den i de allerfleste Tilfælde ganske kan oversees. I de yderst
 sjeldne Tilfælde, hvor Feilen kan blive mærkelig, ville vi faae at
 see, at Iagttageren har lette Midler til at befrie sig derfra.

Vi ville sætte en ualmindelig stor Forandring i Lufttrykket,
 ledsaget af en stor Varmeforandring, hvorved Feilen bliver langt
 betydeligere end de der i de fleste Iagttagelser forekomme. Lad
 den af Luften baarne Qviksølvsoile svare til 348 Linier ved 0° , og
 lad t være 25, saa er den Deel af Qviksølvet som holder sig selv i
 Ligevægt kun $= 371,455 - 348 = 23,455$ ved 0° . Ved 25° bliver
 348 Linier til 349,568. Derimod er den hele forlængede Qviksølv-
 masse $371,455 \cdot (1 + 0,000163 \cdot 25) = 372,969$. Drages herfra 349,568
 bliver der for det Qviksølv, som holder sig selv i Ligevægt, 23,401,
 hvilket er 0,054 Linie, mindre end Værdien af x .

Det kunde vel synes at man burde regne denne Feil dobbelt,
 fordi vi her tage Faldet i det aabne Rør for en dobbelt Forlængelse
 af den ved Luften baarne Qviksølvsoile; men man maa betænke,
 at Forandringen ogsaa fordeler sig paa de to Halvdele af den med

sig selv i Ligevægt staaende Masse; da den halve Forandring træffer den Deel deraf, som befinder sig i det lukkede Rør.

Feilen 0,054 Linie er i sig selv ikke stor, med Hensyn til dette Slags Iagttagelser; men det er dog yderst sjeldent at Unøiagtigheden kan gaae saa vidt; thi de allerfleste Forandringer i Lufttrykket gaae ikke 6 Linier over eller under 336 Linier. Da Barometeret desuden til daglige Iagttagelser holdes i en Stue, helst til Skyggesiden, og fremfor alt paa et Sted deri, som ikke beskinnes af Solen, vil det sjeldent lide en saa stor Varmeforandring som 25° .

Det skal hermed ikke paastaaes, at Iagttagelserne ved dette Barometer opnaae ganske samme Nøiagtighed, som den, meget fortrinlige andre Barometre kunne give, ved Hjælp af Iagttagelser forenede med Beregning; men det er dog ogsaa kun mod de fortrinligste, at de heri staae noget tilbage. Det har derimod den Fordeel, at det tillader Iagttageren umiddelbart at overføre sin Opmærksomhed fra Barometrets Forandringer til Luftens, og omvendt, uden først at gjøre en Regning eller eftersee Tabeller. Besparelsen af nogle hundrede Regninger om Aaret er iøvrigt en noksom iøinefaldende Fordeel. Det fortjener endnu at bemærkes, at Rettelsen af Feilen for Varmens Indflydelse paa andre Barometere maa bygges paa Iagttagelser, som ingenlunde er feilfrie. Ei at tale om, at de fleste, endog i andre Henseender fortrinlige Barometre have en saadan Indretning, at man ikke kan være forvissat om at dets Varmegrad ogsaa er Qviksølvets i Barometret, møder der endnu den Vanskelighed, at Qviksølvet sjeldent har samme Varme i alle Barometerets Dele. Det nye Barometer har endog den gode Egenskab, at man kan prøve det ved Hjælp af dets egne Angivelser. Det bør i denne Hensigt være forsynet med et Par behørigt anbragte Thermometre. Man kan nu baade iagttage og beregne det, som et sædvanligt Hævertbarometer, og benytte det efter *Jerichaus* Maade. Begge maa da give samme Udfald. Viser der sig en mærkelig Afvigelse, kan denne benyttes til at opdage Feilen. Det Exemplar af *Jerichaus* Barometer, som jeg har benyttet, viste ikkun Feil indenfor meget snævre Grændser. Denne Prøvelsesmaade, som *Jerichau* selv har gjort opmærksom paa, kunde maaskee gjøre hans Barometer skikket til Opnaaelsen af de meest nøiagtige Resultater; man maatte kun i dette Øiemed iagttagende studere Redskabet en tidlang.

Hvad skal Iagttageren gjøre i de sjeldne Tilfælde, hvor Feilen

ved dette Barometer, brugt paa den *Jerichauske* Maade, bliver for stor til at taales? Han kan sandelig ikke være raadvild: han iagt-tager og beregner det, som et sædvanligt Hævertbarometer; han vil ikke have denne Uleilighed mange Gange om Aaret.

Man har spurgt mig om ikke ethvert heltigjennem ligevidt Hævertbarometer kunde bruges som det *Jerichauske*, uden Hensyn paa hele Qviksølvmassens Længde. Regningen svarer. Lad hele Qviksølvmassens Længde være 500 Linier ved 0° , saa er denne Længde ved $25^{\circ} = 502,0375$. Den af Luften baarne Qviksølvsoile være 324 Linier ved 0° , saa at den forlænges til 325,4596. Den Deel, som er i Ligevægt med sig selv, blev altsaa 176,5779 Linier; men ved 0° skulde den være $500 - 324 = 176$, Forskjellen blev altsaa 0,5779 Linie, som her er en betydelig Størrelse. Havde den af Luften baarne Qviksølvsoile havt Længden 348 Lin., saa at den Deel, der er i Ligevægt med sig selv, var 152 Linier, saa havde Forskjellen været 0,4695 Linie, altsaa dog nær ved $\frac{1}{2}$ Linie. Man seer af alt dette, at man, ved at gjøre x omtrent 4 Gange saa stor som *Jerichau* angiver, vilde man gjøre Feilen over 8 Gange saa stor, som ved den rette Længde.

Det er da paa den ene Side vist, at en liden Forskjel i Qviksølv-massens Længde kun har en meget ringe Indflydelse paa Resultatet, men at paa den anden Side Længden ikke er vilkaarlig, hvilket *Jerichau* meget rigtigt har indseet.

De, ikke meget talrige Læsere, som ere saa vante til mathematiske Udtryk, at de lettere vilde have overskuet Sagen, hvis den havde været fremstillet i det almindelige Formelsprog, kunne let selv udfylde Savnet. Her har jeg troet at burde skrive for det langt større Antal af Læsere, som vel ikke ere ukyndige i Matematikens første Grunde, men dog af Mangel paa Øvelse hellere see Forholdene fremstillede i Taleexempler, hvori de almindelige Sætninger, som skulle oplyses, blive dem mere beskuelige.