

OM

LUFTENS VIRKNING

PAA

DE ASTRONOMISKE

PENDULUHRES OG LÆNGDEUHRENE

REGULATOR

AF

URBAN JÜRGENSEN,

KONGL. ASTRONOMISK UHRMAGER, RIDDER AF DANNEBROGEN
OG DANNEBROGSMAND.



Vanskelighederne ved at tilveiebringe et nøiagtigt Maal for Tiden ved mekaniske Hjelpemidler, have været saa mangfoldige og saa store, at man maae studse over at disse nu ere ryddede af Veien til den Grad, at Anomalierne i de astronomiske Penduluhres og Længdeuhrenes Gang ofte ere saa ubetydelige, at de kun udgjøre Brök af Secunder i 24 Timer. Ikke sjelden see vi Chronometre af den Fuldkommenhed, at det ene Dögns Gang ikke afviger fra det foregaaende eller efterfølgende Dögns, mere end $\frac{2}{10}$ eller $\frac{4}{10}$ Secund, og undertiden aldeles Intet. Betænke vi, at i et Dögn tælles 86400 Secunder, saa bliver en Afvigelse af $\frac{4}{10}$ Secund en Misviisning af ikkun $\frac{1}{216000}$ af den Tid, som er bleven maalt i dette Tidsrum. Intet Maal for Tiden er imidlertid fuldkommen skarpt, undtagen det som vi have ved Himmellegemernes apparente Omdreining om vor Klode, eller hvilket er det samme, ved Jordens Rotation om sin Axe. Ved enhver Maskine finder Gnidning Sted under Bevægelsen; Bevægelsen er Maalet for Tiden, og da denne Bevægelse er uafbrudt under Tidmaalingen, saa er Frictionen ogsaa bestandig virkende, men da den ikke er jevn bliver den altsaa en vedvarende Aarsag til Uregelmæssighed. Ikkedesmindre

er det lykkedes at reducere dens Indflydelse næsten til Intet; men gandske at tilintetgjøre den bliver sandsynligviis umueligt, og derfor vil der heller ikke kunne ved Maskiner tilveiebringes et Maal for Tiden, der med *aldeles skarp* eller *mathematisk* Nöiagtighed, *Intet* vil afvige fra det Maal vi have ved Jordens Omdreining om sin Axe. Bevægelse uden Gnidnings-Modstand findes kun i den store Natur. Jordens Omdreining om sin Axe finder Sted uden al Friction, men dennes frie Bevægelse vil ikke kunne efterlignes ved nogen mekanisk Indretning. Da Frictionen saaledes ikke kan undgaaes, blev det nödvendigt, for at opnaae et nöiagtigt Maal for Tiden ved Maskiner, at udfinde Midler der kunde, om ikke aldeles, saa dog næsten aldeles tilintetgjøre dennes forstyrrende Indflydelse paa Gangens Regelrigtighed. Videnskaberne, som ved det Lys de udbrede, have gjort det lettere at finde den Vei der förer til ethvert nyttigt Maal, have ogsaa her havt deres velgjörende Indflydelse, og dem skyldte vi Theorien om Isochronismen, og Maaden hvorpaa denne tilveiebringes ved Uroens större og mindre Svingnings Buer. Vi skyldte dem altsaa Midlet til at frembringe Regelrigtighed selv under en tiltagende og foranderlig Friction ved Længdeuhrene.

Uagtet den Nöiagtighed som kan opnaaes i Tidens Maal ved de astronomiske Penduluhre og Længdeuhrene, finde ved disse dog endnu Anomalier Sted, hvilke i övrigt som oftest ere saa smaae, at de kun ved de strengeste Fordringer kunne komme i Betragtning. Den beröimte *Bessel* har saaledes i "*Astronomische Nachrichten*" N. 28 gjort opmærksom paa den Forandring, der kan finde Sted i de astronomiske Penduluhres

Gang ved Forandringerne i Luftens Tæthed *). Det er noksom bekendt, at Lufttætheden ikke bestandigen er den samme, og at Forandringerne rette sig især efter Thermometer-Standen. Ved Kulden bliver Luften tættere, ved Varmen skeer det Modsatte; men denne Luftens forskjellige Tæthed forandrer Pendulets Tyngde, og følgerigen ogsaa Svingnings-Kraften, der bestemmer Svingnings-Tiderne. Den nysnævnte Videnskabsmand opfordrer Kunstnerne, til at søge at hæve denne Luftforandringens skadelige Indflydelse, og peger selv hen paa Veien der kan føre til Maalet. Han siger: "sætte vi Pendulets Tyngde $= 1$ og kalde vi Luftens Tæthed Δ og Pendulets Δ' , saa bliver Svingnings-Kraften $= 1 - \frac{\Delta}{\Delta'}$." Da nu Δ er variabel, saa maae Svingningstiderne, der beroe paa Svingnings-Kraften ogsaa være variabel. Endeligen godtgjør han ved Beregninger, at, ved en Thermometer Forandring fra $+ 25^\circ$ til $- 25^\circ$, vil Forandringen i Uhrets Gang, hvis Pendulet er fuldkommen compenseret, være fra $+ 0'',54$ til $- 0'',65$ i 24 Timer, og at man vilde kunne hæve denne Uregelmæssighed ved at indrette Compensationen ved Pendulet saaledes, at denne blev noget for svag, og saa meget for svag, at Pendulet blev for langt $\frac{1}{240000}$ af dets hele Længde for en tiltagende Varme af een Grad af Centesimal-Thermometret, og det Omvendte vilde da finde Sted ved en aftagende Varme.

*) Denne Aarsag til Uregelrigtighed i Pendel-Svingene, har dog allerede tidligere været bemærket; og findes blandt andet anført i Aaret 1809 i vor berømte *Örsted's* Værk over "*Naturens almindelige Love.*"

Denne Formindskelse i Compensationen af $\frac{1}{8100000}$ for een Thermometer-Grad forsvinder for Sandserne, og det vilde være umueligt, ved de hidtil bekjendte Midler, at indrette et sammensat Pendul saaledes, at man forud og uden at have prøvet Compensationen ved Uhrets Gang, kunde med Bestemthed være vis paa, at denne virkeligen var en sex Million og firehundrede tusinde Deel af Pendulets hele Længde for svag. Dog synes det mueligt at finde en Vei paa hvilken den af *Bessel* foreslaaede Correction kunde tilveiebringes, nemlig ved Anvendelsen af Quiksölvpendulet. Til den Ende maatte dette indrettes saaledes, at den compenserende Quiksölv-Colonne havde den Höide, som Beregningerne efter Dilatations-Tabellerne angive, og Karret, som indeholdt Quiksölv, maatte være aabent, saa at der uden Vanskelighed deri kunde indgydes mere Quiksölv, eller og at man i modsat Fald deraf kunde udtage Quiksölv. Ved nu at prøve Uhret, som havde dette Quiksölvpendul til Regulator, efter Fixstjernerne og i meget forskjellige Temperatur-Grader, vilde erfares om Compensationen var for svag eller for stærk. I første Tilfælde maatte indgydes noget Quiksölv i Karret; og i sidste Tilfælde maatte man derimod formindske Quiksölvets Masse, og da atter prøve Uhrets Gang, for at see hvor heldig man havde været i at opnaae en fuldkommen Compensation. Saaledes maatte man vedblive, indtil Uhrets Gang var bleven fuldkommen eens Vinter og Sommer, eller i Kulde og Varme. *Naar dette var opnaaet, vilde med det Samme deri være indbefattet den af Bessel foreslaaede Correction, og saaledes vilde denne dybttænkende Videnskabs-*

mands Forslag være bleven bragt i Udførelse paa en sikker og let Maade.

Luftmodstandens Indflydelse paa Pendulsvingenes Størrelse, er ikke kommen i Betragtning i *Bessels* Opfordring. Forandringerne som denne Modstand mueligen kunde foraarsage i Svingenes Størrelse og Tider, vilde ogsaa beroe paa Luftens mere eller mindre Tæthed, og altsaa nærmest staae i Forhold til Thermometer-Standen; men i saa Tilfælde vilde ogsaa Correctionen derfor, af sig selv være indbefattet i den ovenfor angivne Compensations-Maade.

Luftens Modstand ved Pendulet er imidlertid langt fra ikke saa betydelig, som den der finder Sted ved Compensations-Uroen i Længde-Uhrene; thi Pendulets Svingnings-Bue er knap 5 Tommer i 1 Secund, da derimod en Uroe i et Box-Chronometer i samme Tid gennemløber mellem 12 til 18 Tommer, og har saaledes en Luftmodstand, der ei alene staaer i Forhold til de gennemløbne Veie, men endnu er forholdsviis større end Pendulets, ved Uroens resisterende Fladers større Forhold til dens Svingningskraft.

Denne Uroens Luftmodstand maae virke betydeligen paa Svingnings-Buernes Størrelse, og mere eller mindre i Forhold til Luft-Tætheden, og altsaa tillige frembringe *ulige store* Svingnings-Buer, hvilket, som det synes, kunde være en Aarsag til Urigtighed i Chronometrets Gang.

Det er af Vigtighed nöie at kjende denne Luftmodstandens Indflydelse; men bestemt Kundskab herom kan ikkun faaes ved passende Forsög. Før at kunne anstille disse har jeg udvalgt flere af de bedste Chronometre, ladet dem gaae i den

atmosphæriske Luft og i fortyndet Luft under Luftpompens Klokke *), og saaledes efter gjentagne Forsøg, iværksatte med den fornødne Nöiagtighed, erholdt de Resultater som her blive anførte.

I. *Forsøg over Compensations-Uroernes Svingnings-Buers foranderlige Størrelse, naar Svingene skee i atmosphæriske Luft fortyndet til en Barometer-Höide af kun fire Tommer:*

1, *Box-Chronometret U.ⁿ J.ⁿ N. 17* svingede:

I atmosfæriske Luft . . . 555 à 540 Grader

I fortyndet Luft 655 à 660

Altsaa i den fortyndede Luft bleve Sving-

nings-Buernes Grader forögede indtil 120° **).

2, *Chronometret Arnold N. 82* svingede:

*) Jeg er bleven sat istand til at anstille disse Forsøg ved vor berömte *Ørsted*, der med al den Beredvillighed, som man oftest møder hos Videnskabsmænd af første Classe, naar det kommer an paa nyttige Foretagenders Fremme, har staaet mig bi med Instrumenter, Anviisning og Raad.

**) Enhver som kjender til Vanskeligheden og næsten Umuligheden, der er i at bestemme aldeles nøie en Uroes Svingningsbue under Uhrets Gang, vil let indsee at isteden for de her anførte runde Tal, har maaskee Svingene været enten lidet større eller mindre. Saaledes er det da mueligt, at isteden for de her ovenanførte 120°, har maaskee den forögede Svingningsbue kun været 118 eller 119° eller maaskee ogsaa 121 à 122°; men det vil og let indsees at dette ikke har mindste Indflydelse paa Rigtigheden af de Slutninger der ere dragne af Forsögene.

I atmosfærisk Luft . . . 400 à 405°

I fortyndet Luft 470 à 475°

Altsaa i den fortyndede Luft bleve Svingnings-Buernes Grader forøgede indtil 70°

3, *Chronometret U.ⁿ J.ⁿ N. 31* svingede:

I atmosfærisk Luft . . . 450 à 455°

I fortyndet Luft 505 à 510°

Altsaa i den fortyndede Luft bleve Svingnings-Buernes Grader forøgede indtil 55°

4, *Chronometret Arnold N. 458* svingede:

I atmosfærisk Luft . . . 400 à 405°

I fortyndet Luft 450 à 455°

Altsaa i den fortyndede Luft bleve Svingnings-Buernes Grader forøgede indtil 50°

5, *Chronometret U. J. N. 38* svingede:

I atmosfærisk Luft . . . 420 à 425°

I fortyndet Luft 460 à 465°

Altsaa i den fortyndede Luft bleve Svingnings-Buernes Grader forøgede indtil 40°

Efter at disse Forsög vare fuldendte, bleve nye foretagne under en mindre Forandring af Barometer-Höiden nemlig fra 24 til 28 Tommer, og derved fandtes: At Svingnings-Buerne kun forandrede sig paa det Nærmeste $\frac{1}{8}$ Deel af de ovenfor anførte Resultater, under en Forandring af Barometer-Höide fra 4 til 28 Tommer. Saaledes svingede f. Ex. Box-Chronometret U. J. N. 17, tyve Grader mere i den tyndere Luft end i den atmosfæriske, og U. J. N. 38 sex til syv Grader mere under samme Omstændigheder.

Den større eller mindre Forandring i Svingnings-Buernes Størrelse, som Forsøgene i tættere og tyndere Luft angive, staaer i Forhold til Uroernes Størrelse. Saaledes har Box-Chronometrets Uroe, som er den største af de fem der brugtes til Forsøgene, en Forøgelse af omtrent $\frac{1}{28}$ Deel af dens Svingnings-Bue for 4 Tommers Synken i Barometerhöiden, isteden for at U. J. N. 58, som havde den mindste Uroe, kun forandrede sine Svingnings - Buer paa det Nærmeste $\frac{1}{38}$ Deel af Uroens Sving.

Heraf erfare vi med Bestemthed, at de større Uroer lide mere af Luftmodstanden end de Smaae, og fölgelig, at de større Længdeuhre behöve, ogsaa af denne Aarsag, en større Kraft end de Smaae, for at kunne svinge i ligesaa store Buer som disse Sidste. Vi vidste allerede at de store, og fölgelig tungere Uroer, havde en større Friction end de smaae og altsaa lettere Uroer, og fölgelig, at de større Chronometre, endnu af denne Aarsag, behövede en endnu atter større Kraft, for at kunne svinge ligesaameget som disse. Af disse to Aarsager bliver det uundgaelig nödvendigt meget at föröge Kraften ved de større Længdeuhre; men denne förögede Kraft frembringer atter en ny Gnidningsmodstand, som igjen skal overvindes ved Tillæg i Kraften; saaledes, at det ikke er nok ved de større Længdeuhre, at föröge Kraften i Forhold til Uroernes Diametre. Denne større Kraft maae snarere staae i Forhold til Quadrattet af Diametrene, saaledes at hvis Kraften, som behöves, naar Uroens Diameter er 1, kan udtrykkes ved 8, saa maae Kraften, som udfordres til en Uroe $= 2$, være 8×2^2 eller 52. Men vi kjende Gnidningens skadelige Inflydelse

paa Chronometrets forskjellige Dele, og vi vide altsaa at det er væsentligt ikke unødvedigen at foröge denne, og fölgelig at de mindre Længdeuhre i denne Henseende ere at foretrække for de Större, da de förstes Uroer lide mindre af Luftmodstanden og have mindre Gnidning ved deres Tappe, end de större og tungere Uroer i Box-Chronometrene. Dog have Box-Chronometrene, og ethvert Længdeuhr med en stor Kraft, det Fortrin for de mindre Chronometre, at Oliens Indflydelse ved de förste er mindre skadelig, just fordi Kraften og Uroens Bevægelses Quantitet ere meget store. Det kommer altsaa an paa, for at undgaae Anvendelsen af en al for stor Kraft, og den deraf flydende Gnidning, ikke at give Chronometret en al for stor Diameter og Uroe; men tillige paa den anden Side at forebygge Oliens skadelige Indflydelse, hvilket især skeer ved at foröge Kraften og Uroens Diameter.

Der gives altsaa en Middel-Störrelse, ved hvilken man kan forene de største Fordele med de mindste Mangler, og denne Störrelse kan man med Sikkerhed antage, efter de nuværende Constructioner, at være saaledes, at de mindste Chronometre ikke bör være under 2 Tommers Diameter *), og de største ikke over 5 Tommers Diameter.

*) Man er nu kommen til en saa stor Færdighed i Udförelsen, og man er ogsaa i denne Henseende forsynet med saa mange Hjælpe-midler, at det er ikke vanskeligere at udföre et Chronometer af 2 Tommers Diameter, end et större. Altsaa er det ikke nödvendigt at give disse Maskiner en stor Diameter, for at gjøre Udförelsen lettere og nöiagtigere.

Foruden den Formindskelse i Luftmodstanden, som saaledes kan tilveiebringes ved at give Uroen en passende Diameter, kan endnu en anden opnaaes, ved at give Uroen en mere hensigtssvarende Form, end den som almindeligen benyttes. Dette vil letteligen skiönnes, ved at kaste Öinene paa hostaende Tegning, hvor tvende Compensations-Uroer ere afriksede, og hvoraf den ene er saaledes som den almindeligen anvendes i Længdeuhrene, og den anden saaledes, som den mere fordeelagtigen kunde udföres til Luftmodstandens Formindskelse.

Fig 1 forestiller den almindeligen brugte Compensations-Uroe og Fig. 2 den ved hvilken Luftmodstanden er formindsket. I Fig. 1 ere $abcd$, $abcd$ de compenserende Masser, og ab , ab , cd , cd ere de Flader, som stöde an mod Luften under Uroens Sving. Skruerne ee , som tjene til Længdeuhrets Regulering efter Middeltid eller Stjernetid, ere her cylindriske og paa dem har Luftmodstanden ogsaa Indflydelse under Svingene. I Fig. 2, hvor de compenserende Masser m , m antages at være af samme Vægt som Masserne $abcd$, $abcd$ i Fig. 1, er Formen saaledes som Tegningen angiver den, og saaledes at Luften lettere klöves under Svingene, ved de resisterende Siders kileagtige Form. Herved vil altsaa Luftmodstanden meget blive formindsket. Endvidere ere de reglerende Masser af samme Form som en Pendellindse, saaledes som sees i samme Fig. 2 nn og herved vil atter, som letteligen indsees, en ny Formindskelse i Luftmodstanden være tilveiebragt. Uroens tvende Arme, som gaae til dens Center, kunde ogsaa gjöres kileformede eller skarpe paa deres resisterende Sider, hvorved

atter noget vilde vindes, og saaledes vilde der fra Formens Side være opnaaet betydelige Fordele.

Dog kan endnu paa en anden Maade tilveiebringes en betydelig Formindskelse i Luftmodstanden, nemlig ved Anvendelsen af Masser af en større Vægtfylde end den som almindeligen gives disse. De compenserende Masser gjøres af Messing i Chronometrene, og de reglerende som oftest af Staal; ved at gjøre dem af Guld eller Platin, isteden for af Messing og Staal, vilde deres Volumen reduceres i Forholdet af 19 til 8 eller 21 til 8, endskjönt deres Vægt blev uforandret, og saaledes vilde Luftmodstanden ogsaa reduceres til paa det Nærmeste $\frac{8}{19}$ Deel eller $\frac{8}{21}$ af den som fandt Sted ved Messingmasserne.

Ved saaledes at iagttage hvad ovenfor er sagt, nemlig ved at give Uroen den meest passende Störrelse, ved at gjøre den af den angivne Form, og ved at give Masserne den mueligst største Vægtfylde, vil Luftmodstanden blive saa formindsket at dens Indflydelse paa Svingnings-Buernes Störrelse ikke vil udfordre et Tillæg i den drivende Kraft, som i nogen mærkelig Grad kan forøge Frictionen, og som kunde have en forstyrrende Virkning paa Længdeuhrets Rigtighed *).

*) Det er næsten overflödigt at gjøre opmærksom paa, at de her angivne Forbedringer kun kunne være til Nytte ved de i alle andre Henseender fuldkomne Længdeubre, og hvori de smaae Urigtigheder som endnu kunde finde Sted især hidrøre fra Luftens Virkning paa Regulatoren. Dog er denne Luftmodstand, og Forandringerne i samme ikke den Aarsag som meest forstyrrer disse Maskiners regelmæssige Gang. Er Længdeuhrets Construction ikke saa

Efter at ovenanførte Forsög med Bestemthed angave at Lufttæthedens Forskjellighed havde en ikke ubetydelig Indflydelse paa Chronometernes Svingningsbuer, og at disse snart bleve større, snart mindre, alt som Luften var tyndere eller tættere, bleve endnu vigtigere Forsög at udføre med Hensyn til den foranderlige Lufttætheds Virkning paa Gangens Rigtighed. Disse Forsög ere nu anstillede med den Omhyggelighed, som er nødvendig for at opnaae nøiagtige Resultater. Chronometerne som brugtes til Forsögene vare længe prøvede, og deres Gang erkjendt for paalidelig. Forsögene gjordes i een og samme Temperatur, thi saaledes blev det sikkert, at de mulige Forandringer i Chronometrets Gang i tyndere og tættere Luft, ikke kunde hidrøre fra en Ufuldkommenhed i Compensationen. Uhrenes Stilling under Forsögene vare ogsaa fuldkommen den samme og bestandigen horizontal, for at den Forskjellighed som mere eller mindre finder Sted i Uhrets Gang, naar Stillingen forandres, ikke heller skulde kunne give Anledning til urigtige Resultater. Endvidere brugtes den Forsigtighed at Forsögene i atmosfærisk Luft, saavel som i fortyndet Luft bleve begge anstillede paa Luftpompens Plade, og under Glas-Klokken, saaledes at Chronometret i begge Tilfælde befandt sig paa eet og samme Sted. Paa denne Maade blev det vist, at den Attraction

fordeelagtig som mueligt, ere Isochronismen og Compensationen ved disse ikke bragte til Fuldkommenhed og er Udførelsen ikke af den høieste Grad af Nøiagtighed, da er det overflødigt at søge at hæve de mindre Mangler, der forsvinde mod de Større som saaledes finde Sted.

som finder Sted mellem de omgivende Legemer og Chronometret selv, og som ved at virke paa Uroen ogsaa kan have nogen Indflydelse paa Uhrets Gang, her er bleven uforandret under Forsøgene, og at altsaa de muelige Forandringer i Gangen, ikke skulde kunne foraarsages ved en større eller mindre tiltrækkende Kraft. Forsøgene ere følgende:

II. *Forsøg over Længdeuhrenes Gang i forskjellige Lufttætheder:*

1°. Forsøg med Chronometret *U. J. N. 58:*

I atmosfærisk Luft var dette Chronometers Middeltang, efter 5 Dages Observation i 24 Timer . . . A. 1",0

I Luft fortyndet til en Barometerhøide af ikkun 4 Tommer, var Middeltangen efter 5 Dages Observation i 24 Timer A. 2",2

Altsaa gik Chronometret *U. J. N. 58* fastere i fortyndet Luft end i atmosfærisk Luft, og vandt dagligen 1",2 mere i den fortyndede Luft.

2°. Forsøg med Chronometret *Arnold N. 82:*

I atmosfærisk Luft var dette Chronometers Middeltang, efter 5 Dages Observation, i 24 Timer . . . A. 5",3

I Luft fortyndet til en Barometerhøide af ikkun 4 Tommer, var Middeltangen efter 5 Dages Observation i 24 Timer A. 7",8

Altsaa gik dette Chronometer ogsaa fastere i den fortyndede Luft og vandt 4",5 mere end i den atmosfæriske i 24 Timer.

- 5°. Forsög med Chronometret *Arnold* N. 458:
 I atmosfærisk Luft var Chronometrets Middelgang
 efter 3 Dages Observation i 24 Timer A. 0",4
 I Luft fortyndet til en Barometerhöide af ikkun 4 Tom-
 mer var Middelgangen, efter 5 Dages Observa-
 tion i 24 Timer R. 2",6

Altsaa gik dette Chronometer langsommere i for-
 tyndet Luft end i den atmosfæriske og tabte i den
 fortyndede Luft dagligen 5 Secunder.

- 4°. Forsög med Chronometret *U. J. N.* 51:
 I atmosfærisk Luft var Chronometrets Middelgang,
 efter 3 Dages Observation i 24 Timer R. 1",7
 I Luft fortyndet til en Barometerhöide af ikkun 4 Tom-
 mer var Middelgangen, efter 5 Dages Observa-
 tion i 24 Timer R. 2",4

Altsaa gik dette Chronometer langsommere i fortyndet Luft
 end i atmosfærisk Luft, og retarderede i 24 Timer i fortynd-
 det Luft 0",7 mere end i den atmosfæriske Luft.

Af disse Forsög see vi, at naar Lufttætheden bliver min-
 dre, og Uroens Svingningsbuer derved større, kan denne Aar-
 sag frembringe tvende modsatte Virkninger; det er at sige
 bringe nogle Chronometre til at accelerere og andre til at re-
 tardere. Saaledes, ved at fortynde Luften under Luftpompens
 Klokke saa meget, at Barometret faldt 24 Tommer, eller at
 Barometerhöiden kun blev 4 Tommer, blev Accelerationen ved
U. J. N. 58 i 24 Timer 1",2 mere end i den atmosfæriske
 Luft; *Arnold* N. 82 avancerede ogsaa under samme Omstæn-
 digheder i 24 Timer 4",5. Altsaa fandt Acceleration Sted ved

begge disse to Chronometre i fortyndet Luft, isteden for at det Modsatte var Tilfældet med *Arnold* N. 458 og *U. J. N.* 31, der begge retarderede i fortyndet Luft; det første 5",0, men det sidste kun 0",7 i samme Tid. Det synes ved første Öiekast at samme Aarsag maatte frembringe samme Virkning, og dette vilde sikkert her ogsaa have været Tilfældet, hvis de Chronometre som brugtes til Forsögene havde været af een og samme Natur; men dette har ikke været saa. Spiralfjederen eller den reglerende Fjeder har været af forskjellig Beskaffenhed i disse Maskiner. Vi vide at denne Fjeder kan bringes til at reglere Uroens Sving saaledes at de større og mindre Sving skee i samme Tider, eller saaledes, at hvis Uroen f. Ex. svingede 450 Grader, og Chronometret da fulgte Middeltid, saa vilde det ligeledes følge Middeltid, om Svingene ved Uroen end bleve formindskede til 300 Grader. Denne Egenskab som kan tilveiebringes ved Uroens Sving, ved Hjælp af Spiralfjederen, kaldes, som bekjendt, Isochronismen *). Vi vide endvidere, at

*) To beröimte Mænd *Pierre le Roy* og *Ferdinand Berthoud* skyldte vi Theorien om Isochronismen tilveiebragt ved Spiralfjederen. *Pierre le Roy* naaede Maalet ved at give Spiralfjederen en vis bestemt Længde, *Ferdinand Berthoud* derimod ved at give denne en vis bestemt Form. *Pierre le Roys* Maade er den som meest anvendes nu omstunder, og jeg vil snart faae Leilighed til anden Steds, at afhandle med tilstrækkelig Udförlighed denne interessante Materie. *Ferdinand Berthoud* har iövrigt angivet i hans "Traité des horloges marines" Maaden paa hvilken Isochronismen kan tilveiebringes; dog afviger man nu fra denne ældre Methode, der dog imidlertid er Grundvolden til den Nyere, som anvendes med største Held.

Spiralfjederens Forhold af Længde og Tykkelse kan være saadan, at de smaae Sving ved Uroen blive langsommere end de større Sving; men ogsaa, at det Modsatte kan være Tilfældet, nemlig, at de smaae Sving ved Uroen, kunne være hurtigere end de større. Af disse forskjellige Egenskaber ved Spiralfjederen bliver det ikke vanskeligt at forklare hvorledes en større eller mindre Luftmodstand, der dog meget forandrer Svingningsbuerne Størrelse, enten kun lidet eller intet forandrer Uhrgangen, eller og hvorledes denne samme Luftmodstand kan tilveiebringe modsatte Virkninger under een og samme Luftforandring. Antage vi, at Spiralfjederen er af den Natur at Uroens smaae Sving blive langsommere end de større, da er det klart, at et Chronometer med saadan Spiralfjeder, maae gaae fastere i fortyndet end i tættere Luft, thi Svingningsbuerne blive større i tyndere Luft og Spiralfjederen som bringer de smaae Buer til at blive langsommere end de Større, tilveiebringer altsaa Acceleration ved de større Buer som finde Sted i den fortyndede Luft. Er derimod Spiralfjederens Beskaffenhed saaledes, at de smaae Buer blive hurtigere end Uroens større Svingningsbuer, da vil Chronometret retardere i den mindre tætte Luft, netop fordi de større Buer, som finde Sted i den tyndere Luft, ere, i Følge Spiralfjederens Natur, langsommere end de smaae Svingningsbuer.

Heraf kan man med god Grund slutte sig til, at den *Retardation* som opstod i fortyndet Luft ved Chronometret *Arnold* N. 458, og den *Acceleration* som fandt Sted, i en til samme Grad fortyndet Luft, ved Chronometret *Arnold* N. 82,

begge opstode fra en mindre heldig Isochronisme, men hvis Mangler vare i modsatte Retninger.

Men de Forsög som ere udförte i forskjellige Lufttætheder med Chronometerne *U. J. N. 51* og *58*, hvilke begge kun saare lidet forandrede deres Gang i fortyndet Luft, ville alene bringe os til bestemt Kundskab om Maaden, paa hvilken Lufttæthedens Foranderligheds Indflydelse paa Uhrgangen kan tilintetjføres. Jeg siger *bestemt Kundskab*, thi ved disse to Chronometre er Spiralfjederens Natur fuldkommen bekjendt, da Forholdet imellem Uroernes større eller mindre Svingningsbuer strengt er tilveiebragt efter de, ved Erfaring bekræftede Regler. Det er ikke Stedet her at omtale de Grunde, som have foraarsaget, at man er afvegen i de senere Aar, fra en fuldkommen Eenstidighed i Uroens Sving; det er tilstrækkeligt at anføre, at man nuomstunder har fundet det fordeelagtigt at tilveiebringe nogen mere Hurtighed ved Uroens smaae Sving end ved dens større Sving, saaledes, at, hvis Chronometret med Svingningsbuer af 450 Graders Störrelse, fulgte Middeltid, da vilde det samme Chronometer, hvis Svingningsbuerne bleve, ved en Formindskelse i den drivende Kraft, reducerede til 500 Grader, paa det Nærmeste accelerere 5 à 6 Secunder i 24 Timer. Efter denne Regel ere alle mine Chronometre indrettede, og saaledes er det ogsaa Tilfældet med *U. J. N. 51* og *58*, som bleve brugte til Forsögene over Luftmodstandens Foranderligheds Indflydelse paa disse Maskiners Gang *).

*) Hvad jeg her anfører, med Hensyn til Forholdet imellem de større og mindre Uroe-Sving ved *U. J. N. 31* og *38*, er jeg aldeles sikker paa at være nöiagtig, da jeg bestandigen selv har forbeholdt

Nu have vi erfaret ved Forsøgene, at naar Luften fortyndedes til den Grad, at Barometrets Quiksölv-Colonne faldt 24 Tommer, eller at Barometret kun angav 4 Tommer, da forandrede Gangen af *U. J. N.* 51 sig kun 0",7 og af *U. J. N.* 58 kun 1",2 i 24 Timer. Men denne Forandring i Barometerhöiden, er paa det Nærmeste sex Gange større end den som almindeligen finder Sted i Atmosphæren, og altsaa vil den virkelige Forandring i Lufttætheden paa de forskjellige Steder paa Jordens Overflade *), hvor Chronometret paa Reiserne kunde befinde sig, kun udgjøre $\frac{1}{6}$ Part af den Forandring, som fandt Sted i Luftpompens Klokke under Forsøgene. Men saaledes vil Lufttæthedens Foranderlighed heller ikke frembringe større Forandring i Uhrgangen, end paa det Nærmeste $\frac{1}{6}$ Part af den ovenanföerte Forandring i Gangen. Dette har jeg fundet bekræftet ved nye Forsög under Luftklokken, hvor Luften kun blev saa meget fortyndet, at Barometret sank 4 Tommer under dets daværende Höide i den atmosfæriske Luft; det er at sige: Anomalierne ved de her omtalte tvende Chronome-

mig Udförelsen af Spiralfjederen, og Tilveiebringelsen af Isochronismen ved mine Chronometre uden Undtagelse. Jeg har selv trukket Traaden hvoraf disse Fjedere gjøres, og givet dem deres Form, jeg har reguleret Chronometerne efter Middeltid, og selv tilveiebragt Isochronismen efter den Regel som her er omtalt. Spiralfjederen er Sjælen i et Chronometer og for at være overbeviist om, at den har de Egenskaber uden hvilke der ikke kan opnaaes den største Regelmæssighed i Uhrgangen, maae man have arbeidet med egne Hænder, seet med egne Öine og have prøvet ved egne Forsög.

*) Med Undtagelse af höie Bjerge.

tre vare saa smaae, eller Forskjellen i Gangen i atmosfærisk og fortyndet Luft saa liden, at det var kun lidet mueligt at angive, om denne hidrörte fra Luftens Virkning paa Uroen eller fra andre indvendige Aarsager i Uhret, hvilket Sidste dog meest synes at kunne formodes, da Gangens ubetydelige Forandring, vilde have været een og den samme under samme Barometerhöide, hvis Aarsagen havde ligget i Luftmodstanden, da den derimod i dette Tilfælde angav den ene Dag nogle Fractioner af Secunders Acceleration og andre Dage nogle Fractioner af Secunders Retardation. Altsaa da den endnu muelig værende Mangel er saa liden, at den ikke kan iagttages ved Chronometernes Gang i de senere brugte Lufttætheder, og da den rimeligviis kun i det Höieste kan ansættes for 24 Timer, ved U. J. N. 51 til $\frac{0'', 7}{6}$ eller $0'', 12$ og i samme Tidsrum ved U.

J. N. 58 til $\frac{1'', 2}{6}$ eller $0'', 2$, saa kunne vi med Sikkerhed forlade os paa: *At naar et Chronometer er forsynet med en Spiralfjeder, som bringer det til at gaae fastere med de mindre Svingningsbuer end med de større Buer, saa meget at for en Formindskelse i Svingningsbuerne af 150 Grader, en Acceleration af 5 til 6 Secunder finder Sted i 24 Timer, da vil den forandrede Lufttætheds Indflydelse paa Uhrets Gang være aldeles umærkelig og altsaa saa godt som aldeles tilintetgjort.*

Vi have altsaa nu bestemt Kundskab om de Betingelser, under hvilke Luftmodstandens Indflydelse paa Chronometernes eller Længdeuhrenes Gang aldeles tilintetgjøres, endog ved Uroer

som ikke have den meest fordeelagtige Form til Luftmodstandens Formindskelse. Anvendes nu den mere hensigtssvarende Form, som ovenfor er angivet, da kan man være saa meget mere sikker paa at det mindste Spor af Uregelmæssighed vil forsvinde.

Ovenanførte Forsög ere, saavidt mig er bekjendt, ikke för blevne gjorte — og Aarsagen hertil ligger rimeligviis deri, at hidindtil have större Hindringer fæstet Opmærksomheden, hvorfor man mindre har tænkt paa, nöie at kjende de smaae og tilsyneladende ubetydelige Aarsager til Afvigelser i Gangen. Vore Dages Astronomer og naturkyndige Videnskabsmænd, der saa höiligen udmærke sig ved skarp Nöiagtighed i deres Iagttagelser, og som söge at hæve enhver endnu overbleven Mangel ved de Instrumenter de benytte, sætte Kunstnerne i den Nödvendighed, ikke at frygte for nogen Anstrængelse der kan bidrage til at komme det tilsigtede Maal nærmere. Ovenstaaende, tör jeg maaske haabe, vil kunne ansees som et ringe Bidrag til denne Hensigts Opnaelse.
