

Denne artikel blev oprindeligt bragt i MARINEHISTORISK TIDSSKRIFT
Nr. 1- februar 2019.

En beretning om den danske flådes første kronometre

Af Poul Darnell

Indledning.

En del engelsk faglitteratur er i det sidste årti blevet udgivet om længdens bestemmelse til søs og dermed også om skibskronometerets historie og udvikling. Årsagen til de mange publikationer skyldes markeringen af 300-årsdagen for vedtagelsen i det engelske parlament af loven: "Act of Longitude", hvor man i 1714 udskrev en konkurrence om, hvem der kunne finde den bedste løsning på, hvorledes man bestemte længden til søs. Som læserne sikkert ved, var det en tømmer fra Yorkshire ved navn John Harrison (1693-1776), der løste problemet, idet han viede hele sit liv til opgaven. Parlamentet havde udsat en dusør på £ 20.000 til den der fandt den rette løsning, og det lykkedes endog John Harrison at få udbetalt dette dengang enorme beløb inden sin død.

Det Harrison først og fremmest viste var, at det var muligt at fremstille et pålideligt ur, der kunne anvendes til at bestemme længden til søs med; men han havde dermed ikke udviklet det kronometer, som vi kender i dag - det skete først efterfølgende.

Her i Danmark forsøgte man også i tiden efter Harrison at udvikle kronometre; men i første omgang dog uden et tilfredsstillende resultat. Da det danske projekt var både vigtigt og kostbart, overlod arveprinsen (den senere Frederik den VI) projektets styring til Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. I deres historie fra 1843¹⁾ er sø-ur projektet da også omfattende beskrevet og i slutningen af beretningen, forsøgte man at fralægge sig ansvaret for fiaskoen med følgende ord: *"Det kan således ikke blive Selskabet, men dels Løwenørn, dels den endnu efter hans hjemkomst 1783 en tid lang vedvarende af Selskabet uberoende længdekommission (Bugge, Geus, Løwenørn), som måtte stå til ansvar for urenes anskaffelse og brugbarhed"*.

Så fiaskoen blev efterfølgende "fejlet ind under gulvtæppet" og forsøgt glemt!

I dag er årsagen til fiaskoen stadig væk ikke helt forstået, især fordi de tekniske aspekter ved urenes konstruktion aldrig har været beskrevet, og fordi disse detaljer formodentligt dengang også blev betragtet som militære hemmeligheder.

Af de såkaldte Armandske sø-ure (navngivet efter opfinderen) fandtes der indtil for få år siden kun et enkelt eksemplar på ur-museet i Den Gamle By i Aarhus (fig. 1). Dette eksemplar som er nr. 11 ud af 13 har aldrig været undersøgt eller beskrevet nærmere. Det har det derfor været umuligt tidligere at vurdere urets funktion.



Fig. 1. Armands sø-ur nr. 11. på ur museet i Den Gamle By i Aarhus.

For et par år siden blev der imidlertid i en kælder fundet endnu et eksemplar af sø-uret (Armand nr. 3), som var i meget dårlig stand (i privateje).

Den videre beretning er derfor fortrinsvist baseret på forfatterens egne iagttagelser af Armand nr. 3 samt på informationerne i nyere engelsk litteratur om kronometerets historie.

Denne artikel vil primært fokusere på de tekniske aspekter vedrørende udviklingen af kronometre i Danmark, idet disse mig bekendt ikke tidligere har været omhandlet i andre beretninger om emnet.

For at kunne forstå arbejdet de danske sø-ure, er det imidlertid nødvendigt først kort at beskrive udviklingen i England og Frankrig, da udviklingen i Danmark var baseret herpå.

John Harrisons H4.

John Harrison (1693-1776) var tømrer i Yorkshire og selvlært urmager. I en tidlig alder besluttede han sig for at det var ham, der skulle vinde prisen på de £ 20.000. Han konstruerede fire sø-ure hvoraf de første tre var store apparater, og det sidste var et 5,2 tommers stort lommeur, der benævntes H4 ²⁾ (fig. 2). Dette ur var færdigt i 1759, og på en rejse til Vestindien og tilbage igen, viste uret fremragende resultater. Det vandt dermed den udsatte pris. Alle fire ure kan i dag ses på National Maritime Museum i Greenwich, England.



Fig. 2. John Harrisons H4.

I følgende vil jeg fortælle, hvad det var, der gjorde H4 til noget enestående; men først er det nødvendigt at forklare hvorledes et almindeligt lommeur på John Harrisons tid fungerede (fig. 3 + 4).

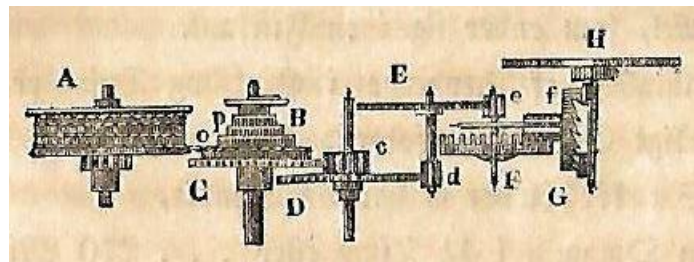


Fig. 3.

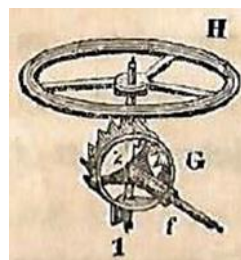


Fig. 4.

Skitsen viser fjederhuset A (selve fjederen er placeret inde i dette). Snekken C er forbundet med fjederhuset A via en kæde. Herefter kommer en tandhjulsudveksling D-E-F før ganghjulet G. Øverst er balancen H placeret. I et lommeur som det viste, udfører balancen typisk 18.000 svinger pr. time eller 5 svingninger pr. sekund.

Da fjederen yder en større kraft når den er fuldt optrukket, end når den næsten er udløbet, betyder dette, at den kraftimpuls der overføres til ganghjulet via tandhjulsudvekslingen vil variere, og at uret derfor vil gå hurtigere eller langsommere alt efter hvorledes fjederen er optrukket. For at modvirke denne variation; dvs. for at få en konstant moment (kraft x arm) og kraftimpuls på ganghjulet, benyttes snekken C. Når fjederen er fuldt optrukket vil kæden mellem A og C, befinde sig der hvor snekken har den mindste diameter, og når fjederen næsten er udløbet, da vil kæden befinde sig der, hvor snekken har sin største diameter. Ganghjulet G overfører kraftimpulser via to lapper på en lodret spindel til hvilken balancen er befæstet. Gangsystemet kaldes "spindelgang".

Til balancen er befæstet en spiralfjeder, som bevirker at balancen får en frem- og tilbage bevægelse (fig. 5).

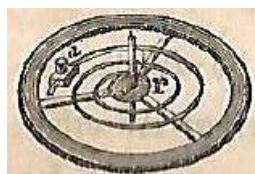


Fig. 5.

I forhold til ovennævnte beskrivelse tilføjede John Harrison følgende forbedringer sit sø-ur H4:

1. En meget avanceret udgave spindelgangen hvor han forsøgte at reducere friktionen i systemet.

2. Et system som han benævnte "Maintaning Power" der bevirkede, at uret ikke gik i stå, når man trak det op og dermed tabte adskillige værdifulde sekunder. På dansk benævnes systemet med det intetsigende ord "kontraspærværk".
3. Et temperaturkompenseringsystem til balancefjederen således, at denne ikke blev længere eller kortere som følge af temperaturændringer dvs. således, at balancens svingningstid ikke blev påvirket.
4. Udbredt anvendelse af stenlejer i urværket for hermed at minimere friktionen i lejerne (på dette tidspunkt kunne franske urmagere ikke fremstille stenlejer; idet man i England forsøgte at holde fremstillingen hemmelig).
5. Meget store tandantal på tandhjulene i urværket for hermed at opnå så jævn bevægelse som muligt.
6. Et separat system benævnt "Remontoire". Systemet bestod af en ganske lille fjeder, som var placeret tæt på spindelgangen. Fjederen blev optrukket hver 7 ½ sekund og afgav efterfølgende sin kraftimpuls til spindelgangen. Formålet hermed var alene at opnå så ensartede kraftimpulser som muligt for dermed at opnå en bedre gang.

Hvad eftertiden lærte af John Harrisons H4:

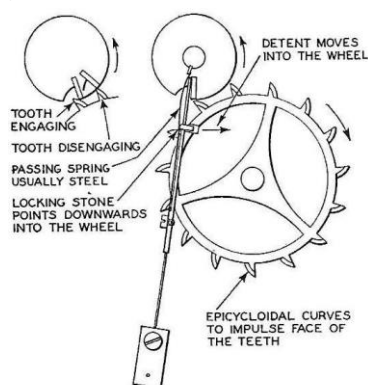
1. Uret var ekstremt dyrt og kompliceret, og det havde taget mange år at fremstille.
2. Spindelgangen var ikke egnet til formålet, idet den påvirkede balancens svingninger i for stort omfang. Balancen skulle helst kunne svinge helt frit, hvilket den ikke gjorde.
3. Temperaturkompenseringsystemet fungerede ikke tilfredsstillende. John Harrison foreslog selv i et skrift i 1774, at dette blev flyttet fra spiralfjederen over på selve balancen; men selv gjorde han det ikke.

John Arnold og Thomas Earnshaw.

John Arnold (1736 - 1799) var den første engelske urmager der indså, at det var nødvendigt at simplificere John Harrisons ur for dermed også at billiggøre dette, idet behovet for sø-ure var stort. Desuden var det Arnold, som introducerede begrebet "kronometer". Jeg vil derfor i resten af denne artikel benytte dette ord for sø-urene.

Udover at fjerne John Harrisons "Remontoire – system" foretog John Arnold følgende konstruktionsforbedringer:

1. John Harrisons spindelgang blev kasseret, og det blev erstattet med Arnolds eget gangsystem ³⁾, hvor uroen kunne svinge frit (fig. 6).



Figur 6

2. Straks efter at Harrison havde publiceret sine tanker om at flytte temperaturkompensationen over på balancen, begyndte John Arnold at eksperimentere med dette. Omkring 1792 havde Arnold fået udviklet den endelige udgave af sin balance, der benævntes "Z-balance" ⁴⁾ (fig. 7).



Fig. 7. John Arnolds Z-balance.

Z-balancen fungerer ved, at de cirkelformede dele af denne er sammensat af to forskellige materialer (benævnt bi-metal) med forskellig udvidelseskoefficient. Når temperaturen ændres vil de cirkelformede dele henholdsvis bevæge sig indad eller udad. Disse ændringer af geometrien betyder, at balancens svingningstid også ændres. Som tidligere nævnt ændres balancefjederens længde sig også med temperaturen. Det samlede system som består af balance og balancefjeder er derfor indrettet således, at de to deles deformationer modvirker hinanden således, at man opnår en konstant svingningstid af balancen uanset temperaturvariationer.

3. John Arnold erstattede den spiralformede balance fjeder med en cylindrisk formet "isokron" balancefjeder ⁵⁾. At fjederen var "isokron" betød, at fjederen var mere velegnet til at frembringe ligetidige svingninger. Den cylindriske balancefjeder blev, da Arnolds patent var udløbet standard på alle fremtidige kronometre.

Arnold var en fremragende forretningsmand, men han havde også evnen til at uddelegere fremstillingen af sine kronometres enkeltdele. Herved øgedes både kvaliteten og kvantiteten samtidig med at urenes pris reduceredes betydeligt. John Arnold forblev i lang tid den førende leverandør af kronometre til den engelske flåde samt til private rederier.

Thomas Earnshaw (1749 – 1829) der også var en engelsk urmager udviklede parallelt med Arnold et kronometer, som igen var af et simplificeret design i forhold til John Harrisons H4. Da Arnold havde patenter på sine kompensationsbalancer og sin cylindriske balancefjeder, kunne Earnshaw først benytte disse, da Arnolds patenter var udløbet. Til gengæld udviklede Earnshaw sin egen kronometergang ⁶⁾, der i forbløffende omfang ligner den, der i dag benyttes i et moderne mekanisk kronometer. Oprindeligt havde Arnold problemer med sin kronometergang, fordi der var dele heri som skulle smøres og dermed krævede vedligeholdelse. Earnshaw havde derimod i sin gang benyttet en fjeder til formålet, og denne skulle ikke smøres. Sandsynligvis som følge af dette, ændrede Arnold sin egen konstruktion, og han tog endog patent på ændringen med det resultat, at Earnshaw anklagede Arnold for have plagieret ham. Dette førte til en livslang strid mellem de to personer, men det er i dag dog stadig uklart, hvem der plagierede hvem.

Pierre Le Roy og Ferdinand Berthoud.

Pierre Le Roy ⁷⁾ (1717 – 1785) var en fransk urmager og et geni, som løste sine problemer på et teoretisk og videnskabeligt grundlag.

Ferdinand Berthoud ⁷⁾ (1727 – 1807) var derimod en meget dygtig praktiker og håndværker, der løste sine problemer via egne eller andres erfaringer (også via engelske erfaringer), ligesom han ved eksperimenter udviklede sine konstruktioner.

På samme måde som John Arnold og Thomas Earnshaw var også Pierre Le Roy og Ferdinand Berthoud bitre rivaler.

Pierre Le Roy havde i 1766 fremstillet et kronometer med en stor balance ⁸⁾ (diameter 125 mm), som var ophængt i en wire, men som vertikalt blev støttet med styrehjul (fig. 8). Balancen var stor og tung havde en svingningstid på et halvt sekund, og svingningsbuen var under 90 grader. Balancens temperatur korrektions system var udført med glas termometre indeholdende alkohol og kviksølv. Med et termometer symmetrisk placeret på hver side af balancens ophængningsakse fungerede systemet ideelt.

Når f. eks. temperaturen steg udvidede alkoholen sig, og den flyttede dermed en mængde kviksølv, hvorved balancens svingningstid ændredes som compensation for balancefjederens temperaturændring. Balancefjederen var placeret under balancen.

Pierre Le Roy var også opfinderen af det første frie gangsystem (i 1748), hvor kraftimpulsen påførtes direkte på balancen af urets ganghjul, således at balancen kunne svinge frit.

Pierre Le Roys kronometer blev testet både stationært og til søs af den franske flåde. Resultaterne viste, at uret til lands viste de samme gode resultater som John Harrisons H4, hvorimod resultaterne til søs ikke var nær så gode. Kronometeret kan i dag ses på "Musée des Arts et Metiers" i Paris. Pierre Le Roy kom aldrig videre end at producere nogle få prototyper, som han selv beskrev som "perfekte kronometre", og som han mente, at andre kunne lære meget af. Med andre ord - Pierre Le Roy havde absolut høje tanket om eget udført arbejde; men hans bidrag til udviklingen af kronometeret var alligevel betydeligt.

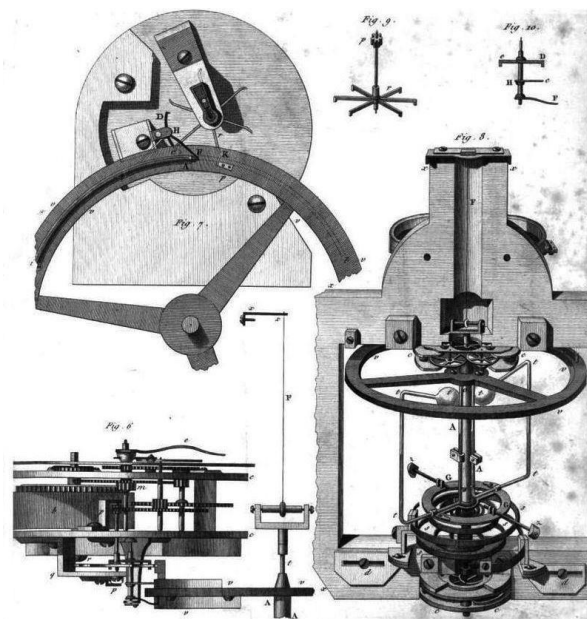


Fig. 8. Pierre Le Roys kronometer.

Som nævnt var Ferdinand Berthoud praktiker, der ved eksperimenter forsøgte sig frem uden at have en klar idé om det teoretiske grundlag for kronometerets konstruktion. Det lykkedes ham alligevel at fremstille rigtig mange ure som fungerede godt, og han erfarede også, at disse skulle have frit svingende balancer. Forskellen på udviklingen i England og Frankrig var, at hvor John Arnold og Thomas Earnshaw forstod at simplificere og standardisere kronometerets konstruktion gik Berthoud nærmest den modsatte vej. Alle hans kronometre (kun ca. 70 stk.) var forskellige og unødigt komplicerede og dermed kostbare. Det lykkedes endog Ferdinand Berthoud at blive udnævnt til: "Horloger-Mécanicien de Sa Majesté et de la Marine".

Det skal i denne forbindelse nævnes, at den franske stat mindst to gange forsøgte at købe informationer om John Harrisons H4; men hver gang uden resultat samt at Ferdinand Berthoud i begge tilfælde var involveret i disse bestræbelser. Årsagen til dette var, at da England og Frankrig var rivaliserende sømagter, kunne man i Frankrig ikke acceptere at være bagud med udviklingen af kronometre til flåden.

Jean Abraham Armand og hans dansk udviklede kronometre.

Jean Abraham Armand (1732 – 1819) var mekaniker i Rendsborg i Sønderjylland, hvor han i nogle år havde beskæftiget sig med udvikling af kronometre. I 1769 var Armand i København, hvor han foreviste et ur for professor Kratzenstein (fysikprofessor). Uret blev beskrevet som: "*forfærdiget omtrent paa den Harrisonske typiske Maade*". Professoren udstedte herefter en anbefaling til Armand og foreslog ham derefter at arbejde videre med at forbedre uret. Med anbefalingen i hånden forsøgte Armand efterfølgende at få støtte fra Commerce-Collegiet; men dog uden resultat hvorefter han alligevel fortsatte arbejdet med uret i fire år, indtil han den 13. oktober 1774 indsendte en ansøgning til kongen om at få understøttelse til sit projekt. I ansøgningen anførte Armand, at han kunne levere kronometre til flåden til en pris af ca. 100 Rdlr., hvorimod Harrisons ure i England kostede fra 360 til 1800 Rdlr. Kongen dvs. arveprinsen sendte sagen videre til Videnskabernes Selskab for at få en udtalelse om projektet. Allerede den 18. november 1774 afgav professorerne Hee (matematiker), Kratzenstein og Horrebow (astronom) en fordelagtig erklæring og anbefalede Armand offentlig understøttelse, dels for at han kunne videreføre sit arbejde, men også for at han kunne rejse til Amsterdam eller London for at lære at gennembore diamater, der skulle benyttes som lejer i urene. Professor Hee foreslog endvidere, at når Armand havde leveret tre afprøvede kronometre, som afkøbtes af ham, da skulle han indstilles til en livsvarig pension på 300 Rdlr.

Sagen blev imidlertid "sylvet" i ca. 1 ½ år af Videnskabernes Selskab, indtil navigationsdirektør professor Lous den 30. september 1776 fremsendte en erklæring til anbefaling af Armand og hans projekt. I denne var anført: "*Lous holder i øvrigt i denne Erklæring langt mere for de franske, af Le Roi og Berthoud forbedrede Uhre, end for de engelske efter Kendals og Arnolds Konstruktion, som efter hans Mening i Nøiagtighed staae tilbage for de franske; og da Hiultappene i Le Rois Uhre ikke, saaledes som i de engelske, bevæge sig i Diamanter eller Rubiner, og i Berthouds "alene det, man kalder les palettes", er af Rubiner; anseer han den af Armand paaberaabte Nødvendighed, at anskaffe sig diamanter, og nøiere at gjøre sig bekient med de i Holland og England bruelige Haandgreb ved disse Ædelstenes Slibning og Boring, for mindre afgjort; men holder det derimod vigtigt, at Armand ved nøiagtige og tilstrækkelige Undersøgelser og Sammenligninger matte gjøre sig fuldkommen bekient med begge Slags Uhres Indretning og Fortrin*".

Ud fra dette var det klart, at Flåden indgående fulgte udviklingen af kronometre i både England og Frankrig. Der skete først noget igen, efter at arveprinsen "*som havde været ubehagelig*" rykkede for sagen, idet selskabet den 14. februar 1777 udsendte en erklæring som gik ud på "*at Armands Opfindelse var af megen*

Vigtighed, og værdig til opmuntring, da det af ham indleverede Uhr havde følgende Fordele for Berthouds Uhr, som dog af alle hidtil prøvede var det bedste:

1. Uroens Sving ere fuldkommen isochrone, eller lige lange i Tid.
2. Hiultappene og Axlerne bevæge sig uden Smørelse i giennemborede Diamanter, eller en af Armand opfunden særdeles haard Metal-Sammensætning.
3. Armand Uhr gaar i 48 Timer, da ingen af de andre Søuhre af engelsk eller fransk Oprindelse gaa længere end i 24 Timer.
4. Armand har, for at hindre Sølufstens Indvirkning, indfattet sit Uhr i en lufttæt Casse.
5. Hans Uhr kan sælges for 200 Rdlr. Naar de andre koste 800-1500 Rdlr.”

Derudover ønskede selskabet, at uret skulle testes på Rundetårns Observatorium i en periode på to til tre måneder. Afhængig af resultatet heraf ville man så efterfølgende tage stilling til, om uret skulle prøves på en sørejse.

Prøven af uret på Rundetårn gik godt, og Thomas Bugge afleverede en rapport den 14. juli 1778 hvori han oplyste, at uret i løbet af 38 dage kun har vundet 7 minutter og 14 sekunder. Selskabet ved Kratzenstein, Hee, Augustin, Gerner og Lous erklærede sig tilfredse med resultatet, idet man samtidigt gjorde opmærksom på, at hverken Le Roys eller Berthouds ure havde været fri for lignende uregelmæssigheder i gangen, som man her havde oplevet under prøven.

Selskabet indsendte nu en erklæring til kongen om det tilfredsstillende resultat. Armand modtog nu en sum på 600 Rdlr. Og et løfte om en årlig pension for resten af sin levetid *”naar han inden 2 Aars Forløb forfærdigede tvende overensstemmende Uhre, som kunde vinde Videnskabernes Selskabs fulde bifald”*.

De to nye ure var færdige i begyndelsen af 1781, og de blev nu testet af Bugge på Rundetårn som konstaterede, at de nye ure var betydelig bedre end det første, som han havde testet. Ud fra dette indstillede selskabet Armand til en årlig pension på 400 Rdlr med prædikat af Kongelig Urmager.

Beretning om en Reise foretaget efter allernaadigst Befaling i Aarene 1782 og 1783 med Fregatten Prøven, for at undersøge de i Danmark forfærdigede Sø-længde uhrer, af Paul de Løwenørn. København 1786.

Vejen var nu banet for udførelse af prøver til søs, og efter rejsen udgav Videnskabernes Selskab ovennævnte bog.

Paul Løwenørns beretning taler helt for sig selv, og den har i øvrigt flere gange været grundlag for artikler om emnet. Bogen indeholder de detaljerede resultater af Thomas Bugges stationære prøver på Rundetårns observatorium for Armand nr. 1 og for nr. 2 (s. 6 – 18):

1. Bugge skriver om ur nr. 1's fejl: *”Denne Feil af 25 sekunder i Tid udgiør udi Longitude 6 minutter og 23 sekunder, eller omtrent 1/10 Grad i 43 dage. Harrisons Uhr har efter den paa Greenwich Observatorium foretagne prøve feilet imellem 1 og 2 Grader; og altsaa er det klart, at dette Hr. Armands Uhr efter denne Prøve til Lands overgaar det Harrisonske Uhr ganske betydeligen”*.
2. Bugge skriver om ur nr. 2's fejl: *”Disse 6 ½ minut udi Tid udgiøre i Longitudebue 0 grader, 0,1 minut og 30 sekunder; og Søuhret No. 2. har ikke engang feilet 1/50 Grad udi 6 Uger, og bør ansees for et meget got og paalideligt Søuhr.”*

Armand giver ligeledes i bogen en beskrivelse af sine ure i ti punkter (s. 19-21). Nedenfor har forfatteren tilladt sig at omskrive og fortolke de ti punkter til moderne sprog, fordi de ellers vil være vanskelige forståelige:

1. Armand har forsynet sit ur med en snekke indeholdende et kontraspærværk, hvilket Pierre Le Roi ikke havde i sit ur. Som tidligere anført bevirker kontraspærværket, at uret ikke går i stå under optrækning.
2. Alle visere er centralt placeret, hvilket betyder, at sekundviseren er lang og dermed lettere aflæselig.
3. Uret er forsynet med lejer af klokke metal (en bronzelegering) hvilket betyder, at lejerne ikke skal smøres med olie.
4. Ganghjulet drejes i diamantlejer, idet Armand selv har konstrueret en maskine til fremstilling af disse lejer.
5. Uret er anbragt i en vandtæt kasse, som dog ikke er lufttæt. Dette betyder at lufttrykket stadig vil have indflydelse på urets gang.
6. Balancens bi-metals arme (Armand kalder disse termometre formodentlig fordi Le Roy benyttede termometre til sin temperaturkorrektion) kan han via en mekanisme bevæges mod eller fra balancens midte.
7. Balancen er udført med et bestemt forhold mellem dens vægt og diameter (han angiver ikke hvilket forhold).
8. Balancens arme er forsynet med to vægte, som af en mekanisme kan bevæges mod eller fra balancens midte. På denne måde kan balancens svingningstid reguleres.
9. Balancen er ophængt i en klavertråd, som er fastgjort til en fjeder. Klavertråden er til gengæld kortere end den Pierre Le Roy benyttede. Hermed mener Armand, at have mindsket risikoen for brud af tråden, hvilket skete for Le Roy (men det skete alligevel også for Armand på rejsen til Vestindien).
10. Akseltappe og leje huller er alle blevet meget fint polerede for at mindske friktionen.

Konklusionerne blev angivet sidst i bogen, og Paul Løwenørn skrev på s. 108-9 følgende: *"Denne mangel, som de have havt (urene), har man efter de Prøver, som ere giorte, grundig Aarsag til at troe, ikke at ligge i Uhrenes Konstruktion eller Forarbejdning; men uden Tvivl i den anbragte Correction for Kulde og Varme, hvilken skulle skee formedelst tvende paa Uroens Arme satte Thermometre , og disse haver hr. Armand ikke kunnet bekomme saa fuldkomne, som udfordredes. Kiendende nu denne Mangel, vil det ikke blive vanskeligt for Fremtiden at forbedre dem, og da tør man haabe sig meget fuldkomne Uhre".*

Så Løwenørn skrev direkte, at Armands temperatur korrigerings system ikke fungerede sikkert vel vidende, at John Arnold allerede på dette tidspunkt havde løst nævnte problem, hvorfor det også måtte være muligt for Armand at gøre det samme.

Til sidst i bogen skrev Paul Løwenørn (s.109): *" Ved hjemkomsten forelagde jeg i Commisionen de af mig på denne Reise giorte Observationer for de Armandske Søjehre, hvorefter denne indstillede til hs. Kongelige Majestæt en allerunderdanigst Rapport om Samme.*

Det behagede da hs. Majestæt allernådigst, af omhue for Søefartens og Videnskabernes Fremvekt, at befale:

1. *Uhrmager Armand for bestandig at nedsætte sig i Kiøbenhavn, og forbedrede den ham allernaadigst belovende aarlige pension.*
2. *At kiøbe de tvende paa Reisen prøvede Søjehre, imod at de paa nye med Thermometrene bleve injusterede.*
3. *At bestille tvende Søjehre aarligen hos hr. Armand.*

4. Og endeligen befalede Commisionen at forskrive fra Engelland et Arnolds Chronometer eller Søe-Lommeuhr.”

Armands kronometer nr. 3.

Fig. 9. og 10. viser nr. 3, som det så ud, da det blev fundet.

På fig. 9. er urets forskellige dele forsøgt identificeret og beskrevet med pileanvisninger. Som det ses består uret af dele, hvis funktion jeg allerede har beskrevet i denne artikel.

Der er placeret to sæt styrehjul henholdsvis ovenover og nedenunder balancen. Formålet med disse er, at holde balancen på plads når skibet krænger, idet balancen øverst er ophængt i en klavertråd.

Den cylindriske balancefjeder kan ikke ses på fotografiet, da den er placeret under nederste stelplade. De to balancearme er fastgjort på balancen og de er 180 grader forsat.

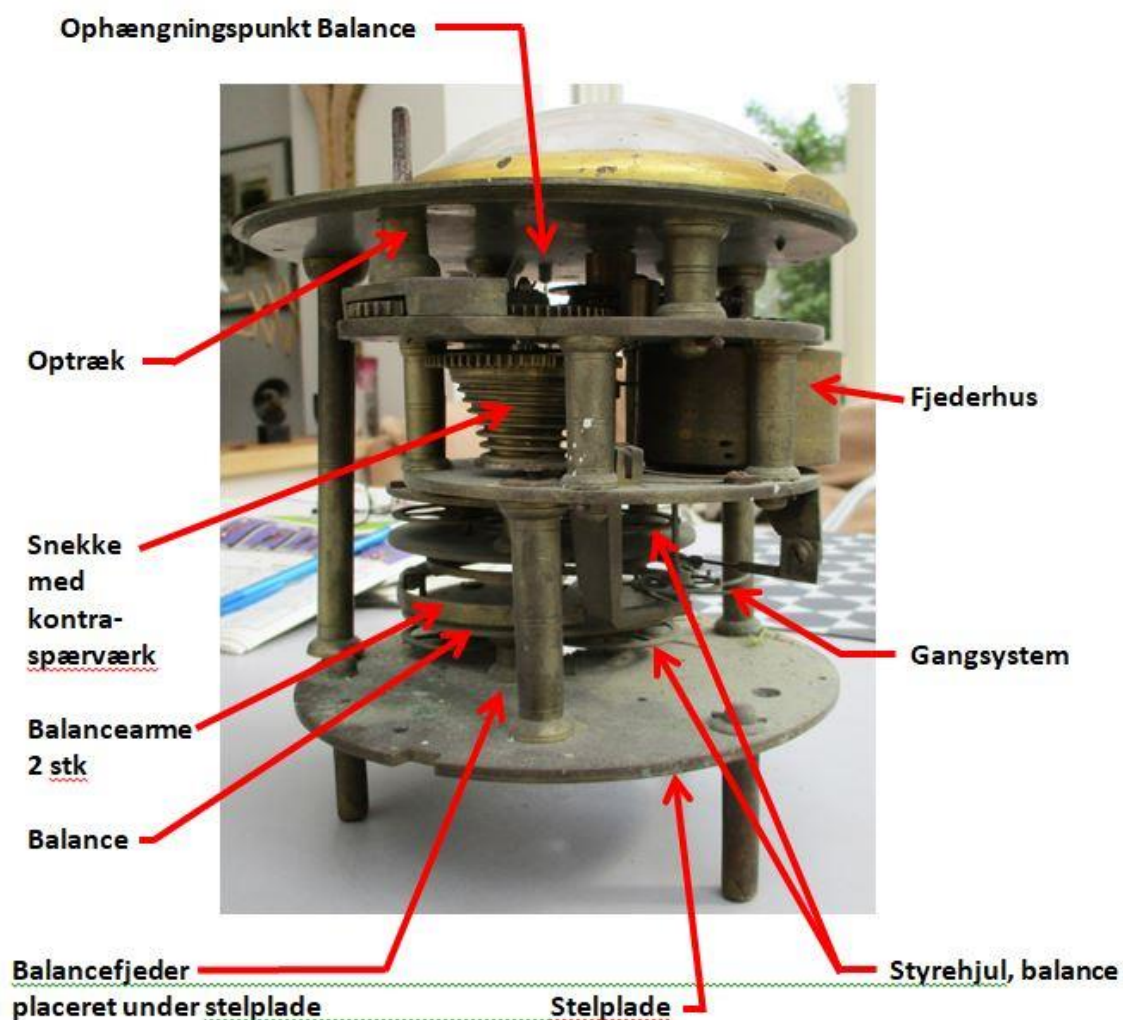


Fig. 9. Armands kronometer nr. 3



Fig. 10

Hvorfor Armands kronometre ikke fungerede som forventet.

Som nævnt havde Pierre Le Roys kronometer en stor balance med en diameter på 125 mm, og som vejede 153 g. Balancens amplitude var mindre end 90 grader, og dens svingningstid var på et halvt sekund. Efter at forfatteren har undersøgt Armands kronometer nr. 3, fremgår det, at dette har en balance af tilsvarende størrelse, og dermed formodentlig også en svingningstid på et halvt sekund (dvs. 7.200 svingninger pr. time).

Allerede Ole Rømer⁹⁾ havde i 1679 beskrevet, at et lommeurs balance skulle foretage 18.000 svingninger pr. time, for at det kunne være en pålidelig regulator.

Johns Harrisons H4 havde tilsvarende en balance, som var væsentlig mindre end Le Roys og med en svingningstid på netop 18.000 svingninger pr. time. Det Harrison yderligere fandt ud af var, at balancen skulle have en amplitude, der var større end de anførte 90 grader. Anvendelsen af de nye kronometergange (f.eks. Pierre Le Roys, Johns Arnolds og Thomas Earnshaws), gav netop mulighed for at opnå en større amplituder.

Franske erfaringer ved test til søs med Pierre Le Roys kronometer viste imidlertid, at store langsomt roterende balancer med små amplituder, var mere påvirkelige for skibets bevægelser end små hurtigt roterende balancer¹⁰⁾.

Derfor blev hverken Pierre Le Roys eller Armands kronometre nogen succes, fordi de var baseret på forkerte principper!

Dertil kom, at Armands temperatur korrigerings system på balancen ikke kom til at fungere korrekt ifølge Løwenørn. Det skal i den forbindelse nævnes, at Pierre Le Roy også havde arbejdet med bi-metals balancer, og at han ligeledes ikke fik disse til at fungere korrekt, hvorfor de efterfølgende blev opgivet. Armand er utvivlsomt blevet inspireret til dette arbejde af både Le Roy og John Arnold.

Den endelige dom over urene fremkom allerede i et brev fra Paul Løwenørn til Armand dateret 8. juni 1803¹¹⁾. Løwenørn skrev: *"I den Tid jeg gjorde mig håb om, at De kunde have frembragt brugelige Søuhre, som vor Regiering har anvendt saa betydeligt paa at sætte Dem istand til, bestræbte jeg mig for at understøtte Sagen. Da jeg i Aa. 1783 kom hjem med Deres første meget maadelige Uhr, gjorde man sig det haab, at De med en indhentede Erfaring maatte kunne frembringe noget godt; men indtil afvigte Aar 1802, da jeg afleverede Uhrene, veed De selv, at der af de 13 Uhre, De i disse 10 Aar Tid efter anden haver indleveret, var end ikke eet at betragte som brugeligt".*

I 1828 bort solgte admiralitetet fire af urene, og i 1830 solgtes de resterende 9 stk.

Flådens første indkøb af udenlandske kronometre.

I Videnskabernes Selskabs Historie er følgende anført (p. 190), at da Løwenørn kom tilbage fra rejsen til Vestindien besluttede man følgende: *"At lade forskrive fra England et Chronometer eller Sø-lommeur af Arnolds fabrik; det første, som man hidtil havde havt i Danmark".*

Så det første kronometer i Danmark var af Arnolds fabrikat, og det skulle anvendes til at kontrollere Armands sø-ure!

I Søkortarkivets journaler optræder følgende numre på "John Arnold", "John Arnold & Son" (fra 1784), og "John Roger Arnold" (1796 -1829):

- | | | |
|----------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Nr. 72/373 | Fremstillet ¹²⁾ 1783 | |
| 2. Nr. 82 | Fremstillet ¹²⁾ 1783 | Købt 1787 (som brugt?) |
| 3. Nr. 87/388 | Fremstillet ¹²⁾ 1783 | |
| 4. Nr. 222 | Fremstillet ¹²⁾ 1783 | |
| 5. Nr. 225 | Fremstillet ¹²⁾ 1783 | |
| 6. Nr. 272/573 | Fremstillet ¹²⁾ 1787 | |
| 7. Nr. 2150 | Fremstillet ¹³⁾ 1816 | Registreret af Zahrtmann i 1837. |
| 8. Nr. 2152 | Fremstillet ¹³⁾ 1816-17 | Registreret af Zahrtmann i 1837. |

Da nummereringen af Arnolds ure er entydig, fremgår det af nummeret hvilket type ur, der er tale om for ovenstående liste. For de ure som er angivet ved et dobbeltnummer, ses det, at differencen mellem de to numre er 301. F.eks. for nr. 6 er: 573-272 = 301. Tallet 301 oplyser således om, at der er tale om et lommekronometer af typen¹⁴⁾: "Second kind". At nogle af urene i listen ovenfor ikke har et dobbeltnummer betyder, at man formodentlig blot har glemt at indføre det andet nummer i Søkortarkivets journaler.

Når man derfor studerer John Arnold og John Arnold & Sons produktioner¹⁵⁾, vil man derfor finde ud af, at de fleste af ovenstående ure formodentlig er lommekronometre af nævnte type.

De to sidst nævnte ure er også lommekronometre (nr. 2150 og nr. 2152), og de er af fabrikat "John Roger Arnold".

Nedenfor er vist et eksemplar af "John Arnold & Son" lommekronometer af typen "Second kind". Uret er fremstillet i 1792, og det har ikke tilhørt flåden. Det er nummereret: 438/739 (privat eje).

Se også animationen af hvorledes et lommekronometer fungerer her: redfernanimation.com/



Fig. 11. John Arnold & Son lommekronometer nr. 438/739

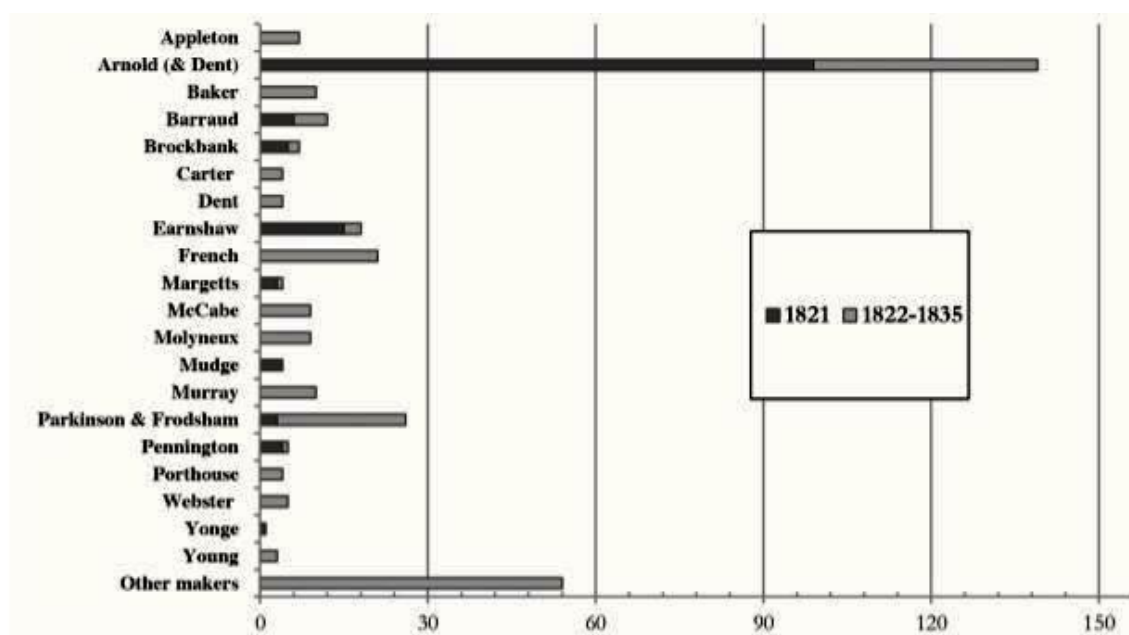


Fig. 12. John Arnold lommekronometer nr. 438/739. Bemærk Z-balancen.

Det er interessant, at flåden i begyndelsen fortrinsvis købte lommekronometre. I dag opfatter vi et kronometer som et ur, der er horisontalt placeret i en trækasse med kardansk ophæng; men det skal i denne forbindelse nævnes, at John Arnold aldrig leverede sine ure med dette udstyr ¹⁶⁾, også hans deciderede skibskronometre blev blot leveret i en ottekantet trækasse. Thomas Bugge skrev ¹⁷⁾ følgende om disse (Timekeepers): *”De ere alle af den Størrelse, at de ikke kan bæres i lommen. Den første, som har søgt at formindske Søuhre, og at bringe dem til en saa liden Størrelse, at de kan bæres i lommen, har været John Arnold, og han har kaldet disse formindskede lomme-Søuhre Chronometre. Dette vanskelige Arbejde er til en høi Grad af Fuldkommenhed lykkedes for denne skarpsindige og duelige kunstner”*.

Det forekommer som om, at denne udtalelse indikerer en vis forkærlighed for lommekronometrene fremfor de egentlige skibskronometre. For øvrigt havde Bugge i allerede 1777 været på en studietur i London og Oxford. Her besøgte han de førende observatorier samt instrument- og urmagere og blandt disse John Arnold. I sin rejse dagbog ¹⁸⁾ der er fyldt med skitser, har Bugge blandt andet tegnet og beskrevet en af Arnolds kompensationsbalancer – så der er ingen tvivl om, at Bugge var rimeligt godt orienteret om udviklingen af kronometre i England. Vi må forvente, at Bugge derfor også må have orienteret Løwenørn om dette.

At Arnold blev valgt som den første udenlandske leverandør af kronometre skyldes sikkert, at firmaet var den førende leverandør til den engelske flåde. Graferne nedenfor (fig. 13) gælder dog først fra 1821; men mon ikke dominansen var endnu større i de tidligere år, hvor der kun var ganske få konkurrenter?



Figur 13. Antal kronometre leveret til den engelske flåde opdelt efter leverandører 1821-35

Med udgangen af 1700-tallet var kronometeret blevet fuldt udviklet til det, som vi kender i dag samtidigt med at Arnolds og Earnshaws patenter udløb. Da kronometerets tekniske koncept efterhånden også blev bedre kendt i urmagerkredse, betød dette desuden, at der kom flere leverandører på markedet, og at konkurrencen dermed øgedes.

Thomas Bugges test af kronometre på Rundetårns observatorium.



Fig. 14. Thomas Bugge.

Som nævnt testede man i England kronometre på observatoriet i Greenwich. Tilsvarende tests blev udført af Thomas Bugge (fig. 14), der testede Armands sø-ure på observatoriet på Rundetårn. Hertil benyttede han et såkaldt passageinstrument, som kunne drejes i nord-syd retningen samt et pendul ur med temperatur kompenserende pendul til opgaven. På grund af Jordens rotationstid på 24 timer, vil en fixstjerne kulminere (dvs. stå højest på himlen) præcist hver fire tyvende time (stjernetid). Passageinstrumentet blev benyttet til registrering af stjernens kulminations tidspunkt, og penduluret aflæstes samtidigt. På denne måde kunne man hver dag, under forudsætning af at det var stjerneklart kontrollere sit pendul ur. Bugge sørgede altid for, at dette gik rigtigt således, at han kunne sammenligne kronometrenes gang med pendulurets.

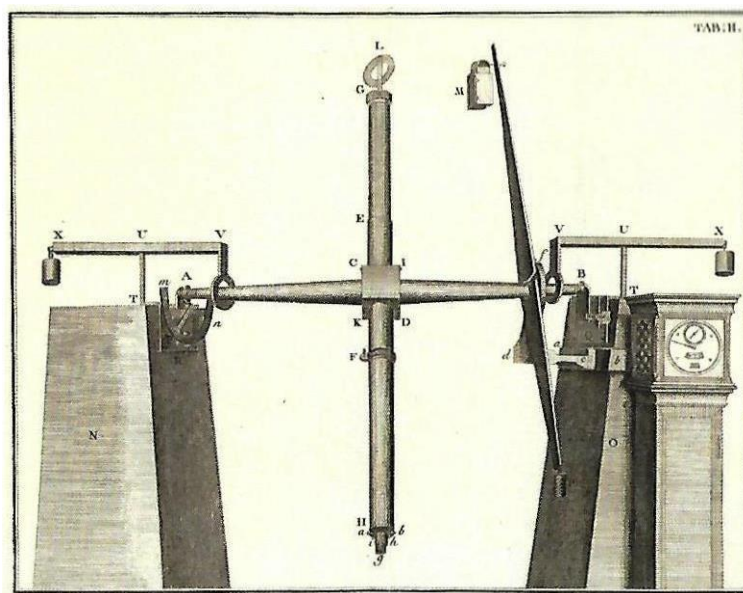


Fig.15. Thomas Bugges passageinstrument på Rundetårn. Bemærk penduluret til højre.

Udover at teste Armands kronometre nr. 1 og 2, testede Thomas Bugge testede også to Arnold kronometre på Rundetårn. Det var henholdsvis nr. 47 og nr. 54. Skemaet nedenfor (fig.16) viser resultaterne af disse test ¹⁹⁾:

Dies inter obser- vationes elapfi.		No. 47. retardatio diurna a tempore fidereo.	No. 54. retardatio diurna a tempore fidereo.
a 2 ad 4	Septbr.	3 48, 1"	3 49, 8"
4 - 5	—	3 47, 8	3 50, 0
5 - 6	—	3 48, 0	3 49, 2
6 - 7	—	3 52, 6	3 49, 2
7 - 8	—	3 53, 2	3 50, 1
8 - 14	—	3 47, 2	3 51, 3
14 - 17	—	3 42, 5	3 51, 4
17 - 18	—	3 42, 0	3 50, 2
18 - 19	—	3 41, 7	3 50, 1
19 - 20	—	3 42, 1	3 49, 8
20 - 25	—	3 43, 0	3 50, 6
25 - 2	Octob.	3 44, 8	3 53, 1
3 - 13	—	3 43, 0	3 52, 2
13 - 14	—	3 41, 7	3 52, 8
14 - 15	—	3 44, 0	3 53, 2
15 - 19	—	3 43, 4	3 54, 1
19 - 21	—	3 45, 0	3 53, 6
21 - 31	—	3 46, 7	3 54, 1
31 - 14	Novbr.	3 41, 2	3 55, 8

Fig. 16.

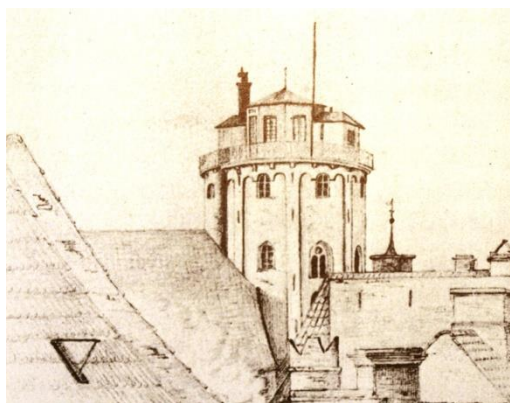


Fig. 17. Thomas Bugges observatorium på Rundetårn. Passageinstrumentet var placeret i højre sidefløj.

Bugge skriver intet om Arnold nr. 47; men om nr. 54 fortæller han ²⁰⁾: *"at det tilhører Hr. Capitain Sjølling, og har gjort ham megen Nytte paa Reisen til China, har jeg nu anden Gang til prøve....."*

Måske John Arnold nr. 47 var det første kronometer i Danmark, som beskrevet i Videnskabernes Selskabs Historie, idet der i East-India Company's arkiver i Greenwich er anført følgende om dette ur: "Sold to Copenhagen in 1784". Det fremgår heraf, at uret må være blevet købt som brugt.

Thomas Bugge testede også et alternativt kronometer af den engelske urmager Josiah Emery. Dette ur var forsynet med en anker gang, som netop var blevet opfundet af den engelske urmager Thomas Mudge (1715 - 1794), og det var et af de første af denne type ure, som var blevet fremstillet (i alt 38 stk.). Bugge fandt det fortrinligt, og han skrev en separat rapport herom ²¹⁾, hvori han fortalte, at uret gik lige så nøjagtigt som Arnold nr. 47 og 54. Nedenfor er Emerys ur vist; det findes i dag på Steno Museet i Aarhus.

At også denne urtype blev testet som kronometer antyder, at flåden seriøst evaluerede alle muligheder. Det skal i denne forbindelse også nævnes, at Bugge ud over at være matematik- og astronomiprofessor ved Universitetet også var lektor ved Søkadet Akademiet, hvilket forklarer hans interesse for bestemmelse af længder til søs. Bugge har i sin lærebog: *"De første Grunde til den sphæriske og theoretiske Astronomie"* fra 1796 nøje beskrevet alle relevante metoder til at bestemme af længden til søs.



Fig. 18. Josiah Emerys ankergangs ur.

Kronometermagerne Urban Jürgensen og Johann Heinrich Kessels.



Fig. 19. Urban Jürgensen

Man kan godt forestille sig, at det efter slaget på Rheden i 1801, Københavns bombardement/flådens ran i 1807 var blevet endnu vigtigere for flåden at blive uafhængig af udenlandske - og især af engelske leverandører af kronometre. Dertil kom fiaskoen med Armands sø-ure hvilket sikkert betød, at man valgte at gå mere forsigtigt til værks.

Den unge urmager Urban Jürgensen ²²⁾ (1776 – 1830) der var søn af hofurmager Jürgen Jürgensen fik en meget fin international uddannelse, idet han med offentlig støtte blev sendt på oplæring hos datidens bedste urmagere i Schweiz, Frankrig og England. I Schweiz besøgte Urban Jürgensen Frédéric Houriet (der i dag benævnes "The father of Swiss Chronometry"), i Paris Abraham Louis Breguet, Ferdinand Berthoud og i London John Roger Arnold (søn af John Arnold).

Efter sin hjemkomst til København fremstillede Urban Jürgensen sit første kronometer i 1811. Uret blev fremstillet med John Arnolds lommekronometre af typen "Second kind" som forbillede; men med Earnshaws kronometergang. Det var som tidligere nævnt denne type ure, som flåden tidligere havde købt, og som man dermed også havde erfaringer med. Urban Jürgensen har helt sikkert serviceret disse ure for

flåden, hvilket må have givet ham værdifulde informationer om deres konstruktion. Hans første kronometer er vist nedenfor - læg mærke til ligheden med John Arnold & Son nr. 438/739.



Fig. 20



Fig. 21. Urban Jürgensens første kronometer fra 1811, nr. XXI

Heinrich Johann Kessels²³⁾ (1781-1849) var født i Holland men han arbejdede både for Breguet i Paris, og i London før han nedsatte sig som urmager i Altona i 1821, der var en by nær Hamburg på nordsiden af Elben (Altona er i dag en forstad til Hamburg).



Figur 22. Heinrich Johann Kessels.

Det var Thomas Bugges efterfølger Heinrich Christian Schumacher (1780-1850), der overtalte Kessels til at flytte til Altona for at blive astronomisk ur- og kronometermager. Schumacher var professor i matematik og astronomi ved Københavns Universitet; men han fik lov til at nedsætte sig i Altona ved Hamburg og bygge et nyt observatorium her, idet Altona før 1864 var en by i Danmark. At dette var muligt skyldes udelukkende Schumachers tætte forbindelser til Frederik den Sjette, der også fuldt ud finansierede hans nye observatorium og hans øvrige virke.

Ligesom Urban Jürgensen blev Kessels også kronometermager til den danske flåde. At de to urmageres arbejde blev værdsat ses af, at de begge blev udnævnt til riddere af Dannebrog, hvilket på det tidspunkt var usædvanligt for håndværkere.

En særlig tak til:

- Kgl. Hofurmager og konservator Søren Andersen uden hvis hjælp denne artikel aldrig ville være blevet skrevet.
- Hr. John M.R. Knudsen for hans informationer vedrørende de John Arnold kronometre, som er registreret i Søkortarkivet, samt hans hjælp vedrørende informationer om Urban Jürgensens første kronometer.
- Hr. Peter Overmark, Dansk Horologisk Selskab for hjælp til fremskaffelse af billedmateriale.

Litteratur

- | | |
|--------------------|--|
| Molbech, C. | "Det kongelige Danske Videnskabernes Selskabs historie i dets første Aarhundrede, 1742-1842". København 1843. |
| Gould, Rupert T. | "The Marine Chronometer. It's history and Development". London 2016. |
| Mercer, Vaudrey. | "John Arnold & Son, Chronometer Makers 1762-1843". London 1972. |
| Landes, David S. | "Revolution in Time. Clocks and the Making of the Modern World". Harvard 1983. |
| Løwenørn, Paul de | "Beretning om en Reise foretaget efter allernaadigst Befaling i Aarene 1782 og 1783 med Fregatten Prøven, for at undersøge de i Danmark forfærdigede Søelængde uhrer." København 1786. |
| Darnell, Poul | "Ole Rømers lommeur". KVANT, Tidsskrift for Fysik og Astronomi. Nr. 1 og nr. 2, 2018. |
| Betts, Jonathan | "Marine Chronometers at Greenwich". Oxford 2017. |
| Staeger, Hans | "100 Years of Precision Timekeepers from John Arnold to Arnold & Frodsham 1763-1862". Filderstadt 1997. |
| Knudsen, John M.R. | "Urban Jürgensen & Sønner". Schweiz 2003. |

Oestmann, Günther	"Heinrich Johann Kessels (1781-1849)". Frankfurt am Main 2011.
Møller Pedersen, Kurt De Clercq, Peter	"Thomas Bugges dagbog 1777". Aarhus 2011.
Bugge, Thomas	"En ny Prøve paa de danske geogr. Carters Nøiagtighed, ved Længdens Bestemmelse af Verslev i Sielland med et Chronometer" Det kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Skrifter 1792.
Bugge, Thomas	OBSERVATIONES ASTRONOMICÆ, ANNIS 1781, 1782, & 1783 IN OBSERVATORIO REGIO HAVNIENSI, KBH. 1784
Sobel, Dava	Manden der målte længdegraden. Den Sandfærdige Historie om et Ensomt Geni, der Løste sin Tids Største Videnskabelige Problem. Borgens Forlag 1997.

Noter

- 1) Molbech 1843, s. 181-192
- 2) Gould 2013, s. 48-54
- 3) Mercer 1972, s. 73-77
- 4) Mercer 1972, s. 60-61
- 5) Mercer 1972, s. 65-71
- 6) Mercer 1972, s. 77-78
- 7) Gould 2013, s. 83-96
- 8) Betts 2017, s. 40
- 9) Darnell 2018, Nr. 1, s.20 & Nr. 2, s.26
- 10) Betts 2017, s. 40-41
- 11) Molbech 1843, s. 191
- 12) Staeger 1997, s. 175
- 13) Staeger 1997, s. 217
- 14) Mercer 1972, s.80
- 15) Staeger 1997
- 16) Betts 2017, s. 55
- 17) Bugge 1792, s. 584
- 18) Pedersen & De Clercq 2011, s. 83
- 19) Bugge 1784, s. CVI
- 20) Bugge 1792, s. 606
- 21) Bugge 1792
- 22) Knudsen 2003
- 23) Oestmann 2011