

# Selvregistrerende meteorologiske Instrumenter,

construerede af

**G. Rung,**

Kapitain, Underbestyrer ved det danske meteorologiske Institut.

---

Hermed en Tavle.

---

Vidensk. Selsk. Skr., 6. Række, naturvidenskabelig og matematisk Afd. III. 3.

---

**Kjøbenhavn.**

Bianco Lunos Kgl. Hof-Bogtrykkeri.

1885.



Allerede i 1873 ved den første internationale meteorologiske Congres i Wien blev der tillagt Oprettelsen af Stationer af første Orden med selvregistrerende meteorologiske Instrumenter den største Betydning, og ved den anden Congres i Rom 1879 blev følgende Beslutning enstemmigt vedtaget:

«Le congrès propose que chaque pays soit invité à établir dans un certain nombre de points, en ayant égard aux conditions locales, des stations dans lesquelles s'exécuteraient des observations continues au moyen d'instruments enregistreurs, ou des observations horaires pendant plusieurs jours de chaque mois, ou enfin des observations continues, équidistantes et nombreuses (8 fois par jour au moins), afin d'obtenir les données nécessaires pour réduire en vraies moyennes les moyennes des observations faites dans les stations ordinaires 2 ou 3 fois par jour.»

For det danske meteorologiske Instituts Vedkommende var Stillingen ligeoverfor dette Spørgsmaal endnu i 1881 den, at der paa een Station, Vamdrup, ved Hjælp af Toldpersonalet sammesteds hver anden Time foretoges en direkte Observation af Lufttryk, Varme- og Fugtighedsgrad. Selvfølgelig kunde Institutet ikke i Længden blive staaende herved, og Indførelsen af selvregistrerende meteorologiske Instrumenter viste sig mere og mere nødvendig. Efter Opfordring af Institutets daværende Bestyrer, Kapitain Hoffmeyer, kastede eg mig derfor over Studiet af meteorologiske Registrerapparater for at komme til Kundskab om, hvilke af de forskjellige allerede eksisterende Constructioner, der maatte egne sig for vore Forhold. Under dette Studium fik jeg rig Lejlighed til at sammenligne de Methoder, der hidtil have været anvendte til de forskjellige Opgavers Løsning, og da jeg undertiden fik Anledning til at tro, at et eller andet Instrument kunde konstrueres paa en bedre eller lettere Maade, fik jeg, opmuntret af det Held, hvormed det allerede flere Gange var lykkedes mig at løse navnlig mekaniske Opgaver paa forskjellige Omraader, efterhaanden Mod til selv at konstruere saadanne Instrumenter. Jeg har derfor siden 1881 betragtet Constructionen af meteorologiske Registrerapparater som min specielle Opgave, og da det i de nu forløbne

Aar efterhaanden er lykkedes mig at construere saadanne for saa godt som alle meteorologiske Elementer, har jeg taget mig den Frihed herved at forelægge det Kongelige danske Videnskabernes Selskab en samlet Beskrivelse heraf. De ere nu alle i Gang paa det danske meteorologiske Institut, som saaledes hovedsagelig ved Hjælp af mine Instrumenter fra 1ste Januar d. A. er blevet sat i Stand til at opfylde det af Congressen i Rom 1879 fremsatte Ønske.

Under Beskrivelsen af Instrumenterne, som ere ordnede i den Rækkefølge, i hvilken de i Tidens Løb ere construerede, skal jeg gjøre Rede for, hvilke Betingelsers Opfyldelse jeg under deres Construction har haft særlig for Øje, og lejlighedsvis omtale, hvad der hidtil har været forsøgt paa samme Omraade. Endnu skal jeg, forinden jeg gaar over hertil, forudskikke den Bemærkning, at medens nogle Constructeurer have forenet Registrerapparaterne for samtlige Elementer til «Meteorographen», har jeg med Villie ikke gjort dette, og det navnlig for derved at undgaa den Ulempe, der fremkommer, naar Instrumentet af en eller anden Grund gaar i Staa, da man nemlig derved kommer til at savne Optegnelser for samtlige Elementer. Heller ikke har jeg arbejdet hen til «Registrering paa Afstand» paa Grund af de hermed forbundne store Omkostninger, ligesom jeg ogsaa i det Hele med Flid har undgaaet Anvendelsen af Elektricitet.

### Thermographen.

Til en Thermograph, anvendelig paa det danske meteorologiske Instituts Stationer, stilledes der ganske særlige Fordringer; som ingen af de mig bekjendte Constructioner kunde tilfredsstille. Den skulde nemlig kunne anvendes i vore nordlige Bilande, og maatte derfor, paa Grund af de Vanskeligheder, hvormed det paa saadanne Steder er forbundet at skaffe den til mulige Reparationer nødvendige mekaniske Assistance, ikke let kunne komme i Uorden. De Instrumenter, der mig bekjendt have været anvendte til Opnaelsen af en automatisk Aflæsning af Varmegraden, kunne passende inddeles i Metalthermographen, Luftthermographen og Qvægsølvthermographen.

Metalthermographen ere oftest baserede paa to Metaller forskjellige Udvidelses-coefficient. Af to saadanne Metaller, sammenloddede Side om Side, dannes Spiraler, og disses ved Varmens Indflydelse fremkaldte forskjellige Krumningsgrad omsættes paa en eller anden Maade til Bevægelser af en Registrerpen, ved Hjælp af hvilken den attraaede Curve for Varmens Svingninger erholdes. Undertiden danne de en Overgang til Luftthermographerne derved, at de ere dannede paa samme Maade som Fjedrene i Bourdon's Manometer, fyldte med Luft og tillukkede. Begge disse Former ere dog uden Værdi i Meteorologiens Tjeneste paa Grund af deres Uholdbarhed under den uundgaaelige Udsætning for Luftens Paavirkning.



Luftthermographen beror paa den Forandring i Tryk, en i en Beholder inde-spærret Luftmasse under Indflydelsen af Varmeforandringer er underkastet. Saadanne ere construerede af Schreiber og Sprung, og til Afregistreringen er benyttet den Variation i Vægt, et Slags Manometer eller et Hævertbarometer lider, naar de ere i Forbindelse med Beholderen ved en tynd Luftledning. Dr. Maurer i Zürich har imidlertid gennem Forsøg paavist, at medens Luftthermometret under jævn Stigning eller Fald af Temperaturen følger godt med, finder der ved smaa Varmesvingninger, som følge rask paa hinanden, absolut ingen Overensstemmelse Sted mellem et saadant og et frit ophængt Qvægsølvthermometer.

Qvægsølvthermographen kunne atter deles i to Arter, eftersom der ved Registreringen benyttes Photographering eller Electricitet. I første Tilfælde bevæges photographisk tilberedt Papir ved Hjælp af et Uhrværk forbi Thermometrets Qvægsølv søjle, medens der ved Hjælp af en Lampe kastes Lysstråler gennem en fin Spalte ind imod Papiret. Varmecurven fremkommer altsaa saaledes som Grændselinien mellem den lyse og den mørke Del af Papiret, naar dettes videre Behandling er endt. Naar Electricitet anvendes ved Qvægsølvthermographen, skeer det i Reglen, som ved Theorell's Meteorograph, derved, at Thermometerrøret, der er af noget større Gjennemsnit end ellers, er aabent i sin øverste Ende, og at en fin Platintraad med visse Tidsintervaller automatisk føres ned i Qvægsølvet. Idet denne berører Qvægsølvoverfladen, sluttet herigennem en elektrisk Strøm, hvorpaa der, ved Hjælp af en Electromagnet, paa en Papirtavle afsættes Længden af den Bevægelse, Platintraaden har maattet udføre, for at naa Qvægsølv søjlen i Thermometret.

Af denne kortfattede Fremstilling af de Hovedprinciper, som hidtil have været anvendte til Constructionen af Thermographen, vil det formentlig fremgaa, at ingen af disse kan tilfredsstille de Forordringer, der maatte stilles til en Thermograph, som kunde egne sig til Opstilling paa Stationer i vore nordlige Bilande. Jeg valgte derfor til Opnaaelsen af dette Formaal en ganske anden Fremgangsmaade, som jeg skal tillade mig i det Følgende nærmere at forklare.

Til Brug ved Varmemaalinger i forskjellige Dybder af Havet har allerede i længere Tid det saakaldte Negretti-Zambra'ske Dybhavsthermometer været anvendt. Det er et Qvægsølvthermometer af ganske særegen Construction. Tæt ovenfor Kuglen (see Fig. 1) findes der en stærk Indsnævring *A* og ovenfor denne Indsnævring igjen en skjæv Udvidelse *B*. Denne Indsnævring er saa betydelig, at den Qvægsølv søjle, som befinder sig ovenfor den, uvilkaarlig vil falde ned i den modsatte Ende af Røret, naar Thermometret vendes med Kuglen

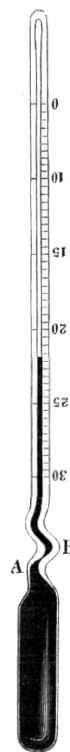


Fig. 1.

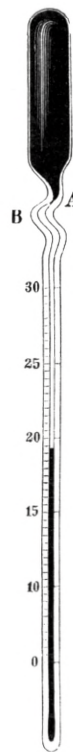


Fig. 2.

opad (Fig. 2). Tallene ere anbragte paa Hovedet, og det saaledes, at de angive den Varmegrad, som svarer til en vis afbrudt Længde af Søjlen. Da nu en saadan ikke længer er i Forbindelse med Hovedbeholdningen i Thermometerkuglen, vil den paa Grund af Qvægsølvets ringe Udvidelsescoefficient ikke lide nogen synlig Længdeforandring selv ved betydelige Forandringer i Varmegraden af den Materie, der omgiver Thermometret. Den skjæve Udvidelse *B* tjener til at optage det Qvægsølv, som ved en mulig Varmestigning maatte træde ud af Thermometerkuglen.

Man vil altsaa ved Hjælp af et Antal saadanne Thermometre være i Stand til at

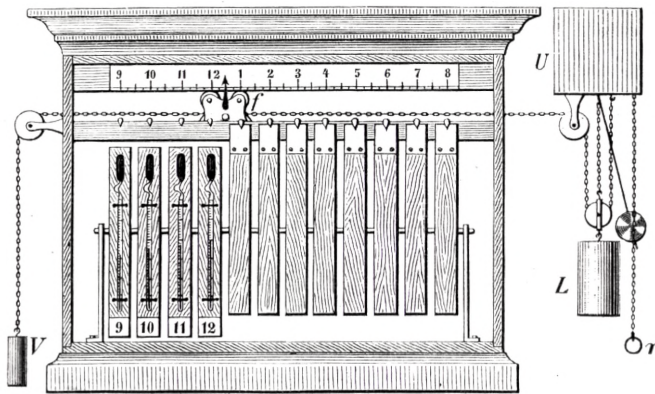


Fig. 3.

faa saamange automatiske Varmetiagttagelser i Døgnet, som man ønsker. Man behøver blot at anbringe dem saaledes, at et Uhrværk med bestemte Tidsintervaller besørger dem vendte, det ene efter det andet. Paa min Thermograph har jeg, saaledes som vist i Fig. 3, anbragt 12 slige Thermometre Side om Side paa en saadan Maade, at de kunne dreje sig om Midten. Den Ende, i hvilken Thermometerkuglen ikke befinder sig, er den

tungeste, saaledes at hvert Thermometer er i stadig Ligevægt, naar Kuglen vender opad.



Fig. 4.

I den omvendte Stilling holdes det kun (see Fig. 4) af en Krog *a*. De tolv Thermometre ere anbragte i en indbyrdes Afstand, som en lige saa stor som den Vej, en lille paa Skinner kjørende Vogn, *f*, tilbagelægger i Løbet af en Time. Hver fulde Time vendes et Thermometer derved, at en paa Vognen værende Knap trykker paa den korte Ende *b* af den lille Vægtstangsarm *ab* og saaledes løfter Krogen *a*. Som drivende Kraft for Vognen er anvendt den gradvise Synken af Loddet *L* paa et simpelt Uhr *U*, medens Kjæden holdes stram af en Kontravægt *V*. Apparatet røgtes to Gange i Døgnet, nemlig mellem Kl. 8 og 9 Morgen og Aften. Vognen vil da være kjørt forbi alle 12 Thermometre og derved have vendt dem, et for hver Time; dissers respektive Stand aflæses nu, og Aflæsningerne indføres paa en dertil indrettet Liste. For at gjøre Apparatet i Stand til de næste tolv Timer, trækkes Uhret først op, og, trukket af Kontravægten *V*, vil Vognen følgelig, samtidig med Loddet *L*'s Hævning, kjøre tilbage saalænge, indtil man, naar Vognens Viser peger paa det rette Kløkkeslet, standser med Optrækningen. Derefter vippes samtlige Thermometre op i deres respektive Kroge.



For at undgaa, at mulige individuelle Fejl ved Thermometrene skulle have forstyrrende Indflydelse paa Middelværdierne, og navnlig paa dem, som angive «Varmens daglige Gang» i Maaneden eller Aaret, er der truffet den Forsigtighedsregel, at man efter hver Aflæsning ved en simpel Manipulation kan lade samtlige Thermometre skifte Plads og saaledes forhindre, at det stedse er det samme Thermometer, som vendes til samme Klokkeslet.

Dette Instrument, ved hvilket der hverken er anvendt komplicerede Mekanismer, Photographie eller Electricitet, har ogsaa i Praxis vist sig at opfylde de til et saadant stillede Fordringer, idet de fire Exemplarer, som for Tiden ere i Gang (to i Kongeriget, et paa Island og et paa det norske meteorologiske Instituts Hovedstation i Christiania), alle gjøre fortrinlig Nytte. Ganske vist opnaas der kun timevise Iagttagelser, men det er jo kun et Pengespørgsmaal om at gjøre, at skaffe sig et større Antal Thermometre og derigjennem hyppigere Iagttagelser. Selvfølgelig kunne ogsaa et tørt og et vaadt Thermometer anbringes ved hvert Klokkeslet, og derved erholdes timevise Fugtighedsmaalinger samtidig med Varmens.

### Pluviographen.

Til et Apparat for automatisk Optegnelse af Regnens Mængde og Varighed stilledes der vel ikke særlige Betingelser for Danmarks Vedkommende, men, som det vil fremgaa af det Følgende, det var her andre Aarsager, som foranledigede mig til at construere en ny, i Stedet for at adoptere nogen af de allerede eksisterende Constructioner.

Pluviographen eller Ombrographen kunne hovedsagelig deles i tre Hovedclasser, eftersom de anvende Electricitet, Maaling eller Vejning. Den elektriske, saaledes som den f. Ex. er anvendt i Secchi's Meteorograph, bestaar deri, at Regnvandet, efter at være opsamlet i en Tragt af bestemt Areal, derfra flyder ned i en Vippe-skaal, som er delt i to Rum, som skiftevis modtager Regnvandet, indtil der er opsamlet en vis Mængde (see Fig. 5). Er dette naaet, vipper Skaalen, udtømmer Vandet og slutter, idet den vipper, en elektrisk Strøm, ved Hjælp af hvilken der tilvejebringes et Mærke paa en Papirstrimmel. Samtidig kommer det andet Rør hen under Tragtens Afløbsrør, for derpaa, efter at have modtaget samme Vandmængde som det første Rum, at udføre det Samme som dette. Afstanden mellem de paa Strimmelen afsatte Mærker bliver altsaa et Udtryk for Regnmængden. Et Instrument af denne Art maa imidlertid betragtes som meget ufuldkomment, da man, selv om Rummene gjøres smaa, dog ikke faar noget bestemt og correct

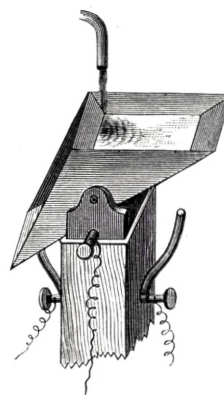


Fig. 5.

Billede af Regnens Styrke til enhver Tid og navnlig ikke af dens Varighed. For at opnaa dette, maa en Pluviograph helst optegne en kontinuerlig Kurve, hvilket kan opnaas ved en af de to andre Fremgangsmaader.

De Constructeurer, som anvende Maaling, lader det i Tragten opsamlede Regnvand løbe ned i en Cylinder af passende Diameter, i hvilken findes en Svømmer, der paa en eller anden Maade er forbunden med en Registrerpen. Vandets Stigning i Cylinderen hæver naturligvis Svømmeren, og Registrerpennen optegner altsaa den attraaede Kurve paa en Papirtavle, som bevæges forbi af et Uhrværk. Denne Fremgangsmaade er den ældste — allerede i 1817 skal en saadan Pluviograph have været i Gang —, men ikke den bedste. Som en af dens væsentligste Mangler kan nævnes, at den ikke godt kan overlades til sig selv i længere Tid, da man enten risikerer, at faa Cylinderen fyldt ved stærke Regnskyl, eller ogsaa, for at undgaae dette, maa gjøre Cylinderen uforholdsmæssig stor.

Begge de nævnte Fremgangsmaader staa derfor i væsentlig Grad tilbage for den tredie, der er baseret paa det opsamlede Vands tiltagende Vægt. At maale denne ved Hjælp af Fjedervægte har vel flere Gange været forsøgt, men tør neppe anbefales til videnskabelig Brug; derimod er der mange Constructeurer, der hertil have anvendt Balancer og navnlig Vinkelvægte. Den Skaal, hvori Vandet vejes, er indrettet saaledes, at den er selvtømmende for en bestemt Vandmængde, hvilket er opnaaet enten ved Hjælp af en Hævert, saaledes som ved det saakaldte Tantalusbæger, eller ved Hjælp af en Vippeindretning, hvoraf der findes flere forskellige Constructioner. Som imidlertid Symons, den første videnskabelige Autoritet paa dette Omraade, bemærker, klæber der ved samtlige Vægtpluviographer den Ulempe, at Inddelingerne paa Registrerpapiret ere ulige store som Følge af, at Udslagene paa en Vinkelvægt ikke ere proportionale med Vægtforandringerne. Det er derfor Fjernelsen af denne Fejl, jeg har havt min Opmærksomhed henvendt paa, og som har foranlediget mig til Constructionen af en ny Vægt, som jeg paa Grund af sit særegne Princip har benævnt Sinusvægten.

Ved enhver Vægt er som bekjendt Betingelsen for Ligevægt den, at de statiske Momenter med Hensyn til Hvilepunktet ere lige store. For den i Fig. 6 fremstillede Vinkelvægt lyder dette saaledes

$$r \cdot B = d \cdot K,$$

hvor  $B$  er Vægten af Loddet og Skaalen tilsammen. Men i denne Ligning ere  $B$ ,  $r$  og  $d$  variable, medens  $K$  er den eneste konstante Størrelse. Buen  $R$  kan derfor ikke inddeles i lige store Dele, men dens Inddeling maa bestemmes forsøgsvis.

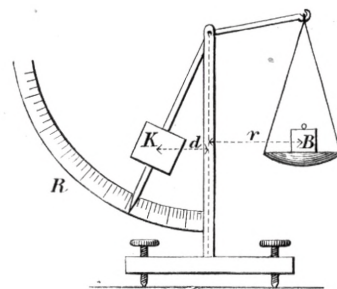


Fig. 6.

Noget simplere bliver Forholdet, naar  $r$  bliver constant, hvilket opnaas, naar man gjør denne til Radius i en Cirkel (Fig. 7). Da er

$$B = d \cdot \frac{K}{r},$$

hvor  $\frac{K}{r}$  er constant, saa at der til ligestore Forandringer af  $B$  ogsaa svarer ligestore Forandringer i Værdi af  $d$ .  $d$  er Sinus til Udslagsvinkelen, og da Buen ikke er proportional med den tilsvarende Sinus, blive heller ikke i dette Tilfælde Inddelingerne paa  $R$  ligestore.

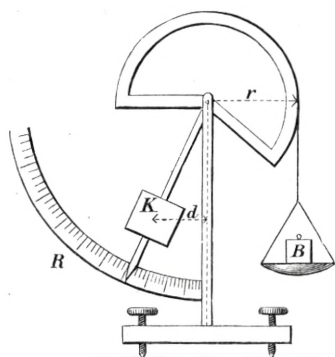


Fig. 7.

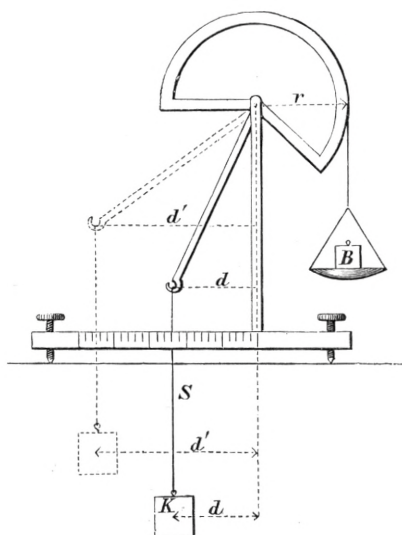


Fig. 8.

Bortfjerner man derimod Buen  $R$ , og flytter man Kontravægten  $K$  (see Fig. 8) bort fra Viseren og ophænger den i Stedet herfor ved Hjælp af en Snor  $S$  i Enden af den, saa bliver Afstanden  $d$  imellem Snoren  $S$  og Vægtens lodrette Opstander lig med Sinus til Udslagsvinkelen. Er der nu skaaren en Ridse i det vandrette Fodstykke, og er der her anbragt en inddelt Skala, saa kan man i det Punkt, hvor Snoren  $S$  skjærer Skalaen, direkte aflæse Vægten af  $B$ , og denne Skala er ligelig inddelt.

Hvor let det, i Modsætning til Vinkelvægten med sin empiriske Inddelingsmaade, er at inddele en Sinusvægt, skal jeg tillade mig at oplyse med et Par Exempler. Skal saaledes en Millimeter paa Skalaen svare til en Vægtforandring af 1 Gram, saa behøver simpelthen  $K$  kun at andrage ligesaa mange Gram, som  $r$  andrager Millimetre, og Skalaen paa Fodstykket bliver en Millimeterstok. Ønsker man nu med samme Vægt og samme Skala at udføre en grovere Vejning, saaledes at 10 Gram svarer til en Millimeter, saa



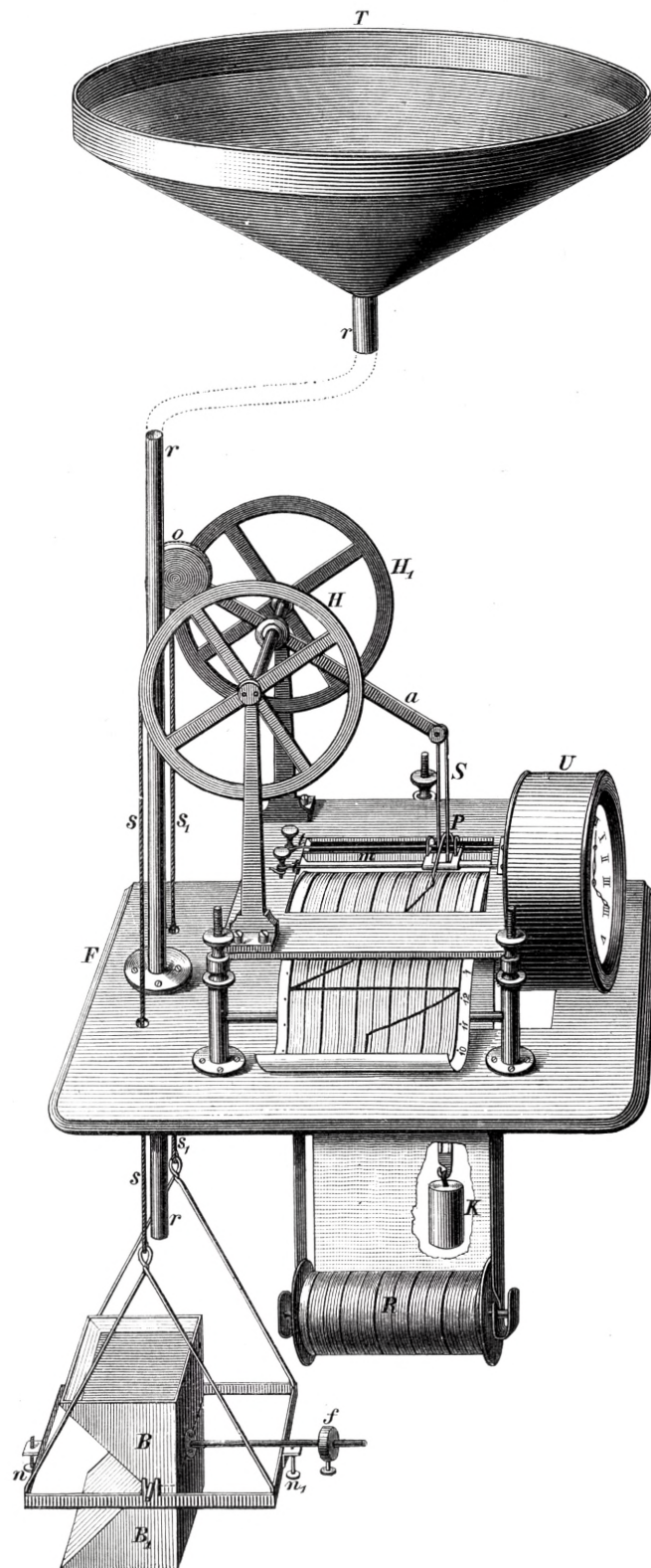


Fig. 9.

behøver man kun at ophænge i *S* en ny Kontravægt, som andrager 10 Gange saa mange Gram, og saaledes fremdeles.

Skal Sinusvægten gjøres selvregistrerende, lader man *S* føre en lille med Registrerpennen forsynet Vogn eller Slæde frem og tilbage paa Fodstykket. Papiret, paa hvilket Vægtforandringerne skulle optegnes, anbringes nedenunder Fodstykket, og bevæges hen forbi Registrerpennen ved Hjælp af en horizontalt liggende Valse, der drejes rundt af et Uhrværk.

Figur 9 er en Afbildning af en saadan Regnmaaler med Sinusvægt. Opsamlertragten *T* maa tænkes anbragt paa Taget af et lille, selve Instrumentet beskyttende Hus, og dens Flade givet et saadant Areal, at en Millimeter Regnhøjde svarer til 100 Gram i Vægt. Fra Tragten fører et Rør *r* det her opsamlede Regnvand ned til en Skaal *B*, som er anbragt i en i Snorene *s* og *s*<sub>1</sub> ophængt Ramme. Denne Skaal, som er anbragt under Bordpladen, for at der ikke skal komme nogen Fugtighed til selve Instrumentet, er dobbelt og selvtømmende for en Vægt af et halvt Kilo-gram Vand, altsaa for en Regnmængde af 5<sup>mm</sup>. Har Skaalen *B* optaget denne Vandmængde,



vil dens Tyngdepunkt have bevæget sig saa langt til Venstre paa Figuren, at der opstaar ustadig Ligevægt. Skaalen vil altsaa vippe rundt til Venstre, udtømme sig og lade  $B_1$  indtage Pladsen opad, parat til at optage den næste Draabe, som forlader Røret  $r$ . Den lille, med Kontravægten  $f$  forsynede Stang vil samtidig beskrive en Bue og indtage en ny Hvilestilling paa Skruen  $n$ . Bliver derpaa  $B_1$  fyldt med et halvt Kilogram Vand, vil denne vippe rundt til Højre, og Apparatet atter indtage den i Figuren viste Stilling.

Tømningerne af Skaalene reguleres ved Hjælp af Skrueerne  $n$  og  $n_1$  samt Kontravægten  $f$ .

Under Bordpladen  $F$  findes oprullet paa Rullen  $R$  en lang Strimmel Papir, tilstrækkelig for  $\frac{1}{2}$  Aar eller mere. Herfra gaar Strimmelen op gennem Bordpladen og omkring en horizontalt liggende Cylinder, der drives af et 8-Dages Uhr  $U$ , saa at Papiret bevæger sig 2 Centimeter frem i Timen. Ved Hjælp af en Indretning, som ikke er vist paa Figuren, afsætter Uhret ogsaa Mærker for hver fulde Time paa Papirstimmelen, som er linieret og inddelt saaledes, at Tiendedele af en Millimeter Regn paa Jordoverfladen kunne aflæses direkte.

Skaalens varierende Vægt optegnes nu paa det af Uhret bevægede Papir derved, at Snorene  $s$  og  $s_1$  ere anbragte omkring Hjulene  $H$  og  $H_1$ , som sidde fast paa samme Axe som Armen  $a$ , hvis Vægt er afbalanceret ved Hjælp af Kontravægten  $o$ .

I Enden af  $a$  er ved Hjælp af den dobbelte Stang  $S$  ophængt Kontravægten  $K$ , der vejer 75 Kvint, og da Hjulenes Radius netop er  $75^{\text{mm}}$ , vil altsaa Stangen  $S$  for hver Vægtforøgelse af 1 Kvint (5 Gram) bevæge sig  $1^{\text{mm}}$  til Højre paa Figuren. Da nu  $T$ , som sagt, er givet et saadant Areal, at en Millimeter Regn opsamlet heri vejer 20 Kvint (100 Gram), giver Maalestokken paa Papirstimmelen altsaa en Forstørrelse af 20 Gange. Optegnelsen paa Papiret udføres af en lille hævertformig Pen  $P$  («Siphonpen»), dannet af et fint Sølvør, hvis ene Ende vandrer i et trugformet Blækhus  $m$ , medens den anden hviler paa Papiret over Cylinderen, og altsaa tegner en kontinuerlig Curve. Pennen hviler i en lille Slæde, der kan bevæges til Venstre eller til Højre af Stangen  $S$  langs Sølvtraadene  $t$  og  $t_1$ . I samme Øjeblik, som der er samlet 500 Gram Vand i Skaalen, vil Pennen have naaet sin yderste Stilling og vise paa den Streg, der angiver  $5^{\text{mm}}$ , og idet nu samtidigt Skaalen tømmer sig ud og altsaa bliver lettere, vil Pennen gaa tilbage til Nul-linien, tegnende en lige Linie, saaledes som er vist paa Figuren.

Paa Tavlen er gjengivet et Facsimile af Pluviogrammet for den 7de August 1885, i hvilket Døgn der faldt en usædvanlig stærk Nedbør i Kjøbenhavn.

Med ringe Ændring af enkelte Detailler af det ovenfor beskrevne Instrument kan Sinusvægtens Princip ogsaa benyttes til andre selvregistrerende Apparater, som f. Ex. til Evaporographen, ligesom jeg ogsaa senere skal faa Lejlighed til at omtale dets Anvendelighed til Anemographen.

## Barographen.

Den automatiske Registrering af Lufttrykket er ubetinget den vanskeligste af de her behandlede Opgaver, naar man hertil stiller de Fordringer, som den meteorologiske Videnskab i Nutiden nødvendigvis maa, for herigjennem at erholde Bidrag til Oplysning om mange hidtil uløste Problemer, i hvilke Lufttrykkets Forandringer spille en af de vigtigste Roller. Af disse Fordringer skal jeg navnlig fremhæve følgende:

- 1) Apparatet skal kunne overlades til sig selv i mindst 24 Timer og skal
- 2) i denne Tid udføre Registreringen continuerligt.
- 3) Optegnelserne skulle helst være af en saadan Art, at de absolute Værdier for Lufttrykket erholdes umiddelbart, og
- 4) Opgaven bør derved løses billigere og mindst lige saa sikkert som ved directe Observationer.

Mangfoldige ere de Constructioner af Barographen, som ere forsøgte. Idet jeg imidlertid fuldstændig forbigaar dem, ved hvilke der anvendes Aneroidbarometre eller Photographering af Søjlen i et Qvægsølvbarometer, vil jeg her kun omtale de to vigtigste Hovedgrupper, nemlig dem, der benytte Hævertbarometre, og dem, der benytte Enkelbarometre.

Hævertbarometrene gjøres selvregistrerende enten ved Hjælp af en Svømmer paa Qvægsølvoverfladen i Barometrets aabne Gren eller ogsaa, som ved Theorells Meteorograph, ved med bestemte Tidsintervaller at lade en Platintraad (ligesom ved hans allerede omtalte Thermograph) bevæge sig ned imod Overfladen af Qvægsølvet i Barometrets aabne Gren, indtil der ved Berøring med dette sluttet en electric Strøm, der ved Hjælp af en Electromagnet afsætter et Mærke paa Registrerpapiret.

Den anden Vej, at benytte Enkelbarometre, er dog ubetinget den, det har størst Interesse at følge, idet alle saakaldte «Vægtbarographen» hidtil have været baserede herpaa. Enten anbringes selve Barometerløbet eller ogsaa Skaalen saaledes, at den ene af disse to er ophængt i en Fjeder- eller Balancevægt, medens den anden staar fast. Sædvanligvis er det Røret, der ophænges, ligesom ogsaa selvfølgelig Balancer ere langt at foretrække for Fjedervægte.

Selve Ideen, at benytte Barometrets varierende Vægt til Maaling af Lufttrykket, er meget gammel, og stammer oprindelig fra Englænderen Samuel Moreland (c. 1670). Senere have forskjellige Constructeurer anvendt dette Princip, først Secchi, senere Fuess, Wild, Schreiber og Sprung. Saavel Secchi, som Fuess og Wild anvende Vinkelvægtstangsprincippet, medens Schreiber benytter en ligearmet Vægtstang og contrabalancerer Barometerløbet ved Hjælp af en i en Qvægsølvskaal neddyppende Staalcylinder, som altsaa,



naar Barometerrøret paa den ene Side af Ophængningspunktet tiltager i Vægt, løftes op af Qvægsølvets saameget, at der atter kommer Ligevægt tilstede. Barometerrøret er ophængt i et Staalbaand, og dette er forsynet med en Registrerstift, som f. Ex. hvert Kvarter ved Hjælp af en lille Hammer slaar en Prik i Registrerpapiret; til Optegnelse af en continuerlig Curve egner dette Instrument sig imidlertid lige saa lidt som nogen af de andre, paa Vinkelvægtstangprincipet baserede Barographen, idet det stedse er Bevægelserne af selve Barometerrøret, ved Hjælp af hvilke Lufttrykkets Forandringer registreres. Denne Bevægelse af Røret med alle sine nedenfor nærmere præciserede Ulemper er saa godt som fuldstændig undgaaet ved det af Dr. Sprung i den nyeste Tid indførte Princip, idet der i Stedet herfor træder Bevægelsen af en mekanisk Indretning, som, idet den er ganske uafhængig af Barographen, kan konstrueres saaledes, at man har en vilkaarlig Kraftmængde til sin Raadighed og derved ogsaa er i Stand til at erholde en continuerlig Registrering. Imidlertid er det ikke blot herved, at Sprungs Barograph udmærker sig fremfor andre Vægtbarographen; den er tillige, hvad ingen anden af de ovenfor nævnte er, et umiddelbart og absolut Maaleapparat.

Det er, som Sprung har paavist, i Særdeleshed fire følgende Omstændigheder, der foranledige, at de sædvanlige Vægtbarographers Angivelser ere en meget compliceret Function af Lufttrykket (og ovenikjøbet af Varmen), nemlig:

- 1) Vægtstangsarmens Vinkelbevægelser ere ikke proportionale med Lufttrykkets Forandringer.
- 2) Paa Grund af den Udvidelse i Barometerrørets øvre Ende, som er nødvendig for at gjøre Instrumentet følsommere for smaa Lufttrykforandringer, faar Varmen Indflydelse paa Barographens Angivelser. Tænker man sig nemlig den tynde Qvægsølv søjle fortsat op til Qvægsølvets Overflade inden i den udvidede Del af Røret og for et Øjeblik skilt fra den korte, ringformige Qvægsølv søjle, som her omgiver den, saa vil en Varmestigning under uforandret Lufttryk bevirke en stærkere Stigning af den indre end af den ydre, kortere Søjle; i Virkeligheden vil altsaa en Del Qvægsølv flyde fra den indre Søjle over i det ydre ringformige Rum, og for at tilvejebringe den til den højere Varmegrad svarende Qvægsølv højde, maa der altsaa stige et Kvantum Qvægsølv fra Skaalen op i Røret. En Varmestigning alene vil saaledes bevirke, at Barographen angiver en tilsyneladende Stigning af Lufttrykket.
- 3) Qvægsølvets Niveau i Skaalen kan ikke betragtes som constant, fordi betydelige Mængder Qvægsølv paa Grund af Rørets Udvidelse træde ud og ind, og fordi Vægtstangens Udslag fordrer en saa betydelig Dybde i Skaalen, at Varmeindflydelsen ogsaa bliver følelig her.
- 4) Endelig varierer den Dybde, i hvilken Glasrøret dypper ned i Qvægsølvets, med Lufttrykket, hvortil der altsaa ogsaa maa tages særligt Hensyn.

Til en rationel og simpel Construction af Vægtbarographen vil man altsaa komme ved paa følgende Maade at undgaa de nævnte fire Ulemper:

- I) Ved stedse at holde Vægtstangsarmen i en og samme (horizontale) Stilling.
- II) Ved at vælge et overalt lige vidt Barometerrør.
- III) Ved at gjøre Skaalen saa lav og bred, at Niveauforandringerne af Qvægsølvet heri ikke faa nogen skadelig Indflydelse — en Betingelse, der tildels opfyldes ved I og II.

Hvorledes det er lykkedes Sprung at opfylde disse Betingelser, har jeg for nylig i «Tidsskrift for Physik og Chemi» (1885, Side 33) givet en detailleret Redegjørelse for, og skal jeg derfor her indskrænke mig til at anføre, at den af ham anvendte Fremgangsmaade bestaar deri, at de Forandringer i statisk Moment, som fremkaldes paa den korte Arm af en romersk Vægt ved Byrdens (et Enkelt-Barometers Rørs) Forandringer i Vægt, compen-seres paa den lange Arm ved en med Electricitetens Hjælp erholdt automatisk Forskydning af en Løbevægt, og at lade denne sidste ved Hjælp af en Skrivestift optegne sin Stilling paa en Papirstavle.

Hvad der nu, trods Ovenstaaende, har bevæget mig til at gjøre Forsøg med Con-structionen af en ny Barograph, er først og fremmest den Erfaring, det danske meteoro-logiske Institut under Benyttelsen af Sprungs Barograph har havt Lejlighed til at gjøre med Hensyn til Anvendelsen af Electricitet ved meteorologiske Apparater. Jeg har allerede i Indledningen fremhævet, at jeg med Flid har undgaaet Anvendelsen af Electricitet, og skal jeg ved denne Lejlighed omtale, hvilke Grunde der i Særdeleshed have foranlediget mig hertil. Med Anvendelsen af Electricitet har man forud udelukket den Mulighed, at opstille Apparatet paa et mer eller mindre isoleret Punkt; det er endog nødvendigt, at Apparatet er betroet til en videnskabelig uddannet Mekanikers Opsyn. Renselsen af Ele-menter og Contacter, Opsøgningen af Brudsteder i Ledningstraade eller andetsteds pludselig opstaaende Afbrydelser er et Arbejde, som ikke kan gjøres af den første, den bedste. Endelig fordrer electricke Indretninger en anselig Driftscapital, betinget af Vedligeholdelse, Rensninger og Opsyn; betragtes disse Omkostninger som Renten af en Capital, vil man i Reglen for en mindre Sum kunne skaffe sig en, Electriciteten erstattende mekanisk Ind-retning.

Min første Opgave var derfor at construere en saadan, som altsaa i dette Tilfælde skulde frembringe den automatiske Flytning af Løbevægten. Da det var lykkedes mig at løse denne, og det viste sig at være forbundet med temmelig stor Vanskelighed og Udgift at forandre den paa Institutet beroende Sprung'ske Barograph derhen, at Electriciteten erstattedes af min Mekanisme, bestemte jeg mig til at construere en hel ny Barograph, som ogsaa i andre Henseender skulde være Sprungs overlegen. Af denne, som netop nu er bleven færdig, skal jeg tillade mig at give en nærmere Beskrivelse.

Med Hensyn til den i det Foregaaende benyttede Inddeling af Qvægsølvybarograph



maa den af mig construerede nærmest siges at forene begge, idet jeg har gjort et Hævertbarometer selvregistrerende ved Hjælp af Vægtforandring, en Fremgangsmaade, som sikkert ikke tidligere har været anvendt. Instrumentet maa derfor nærmest kaldes en Vægthævertbarograph. Iøvrigt har jeg adopteret det af Sprung indførte Princip med Anvendelsen af romersk Vægt og Løbevægt, men, som sagt, med Undgaaelse af Electricitet.

Apparatet, hvis Indretning iøvrigt fremgaar af Fig. 13, bestaar hovedsagelig af en uligearmet Vægtstang, som paa den korte Arm bærer et med denne stivt forbundet Hævertbarometer og paa den lange Arm en fast Contra-

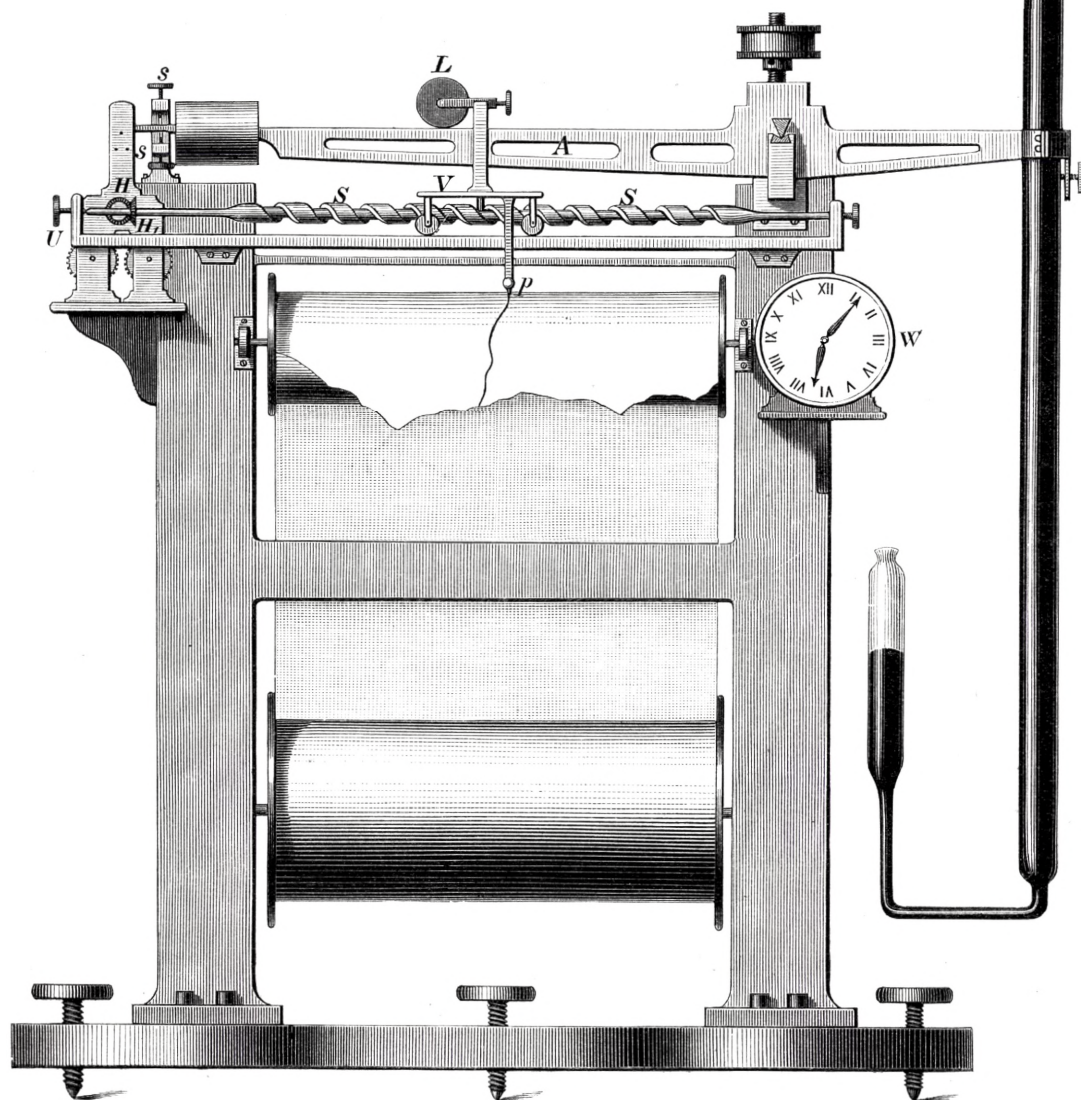


Fig. 10.

vægt  $P$ . Med stigende Lufttryk vil en Del af Qvægsølvet i den korte Gren trykkes over i den lange, hvorved altsaa Momentet paa denne Side af Omdrejningspunktet forøges. Denne Momentforøgelse kompenseres paa den anden Side ved Hjælp af Løbevægten  $V$ 's automatiske Flytning (til Venstre paa Figuren). Anvendelsen af et Hævertbarometer har blandt Andet den Fordel, at et saadant lader sig flytte, hvilket selvfølgelig ikke let lader sig gjøre med Sprungs løsthængende enkelte Barometererror med tilhørende brede og flade Skaal uden indbyrdes Forbindelse. Ligeledes er man, som det senere i den matematiske Udvikling nærmere skal blive paavist, ved at give den korte Gren en særegen Form, i Stand til at reducere Varmens skadelige Indflydelse til et Minimum.

Den Mekanisme, ved Hjælp af hvilken Løbevægten sættes i Bevægelse frem eller tilbage, eftersom Lufttrykket er stigende eller aftagende, er construeret paa følgende Maade (se Fig. 10). Nedenunder den lange Vægtstangsarm ( $A$ ) løber ovenover et Par Skinner en Staalskrue ( $S$ ) med stærk Stigning; eftersom denne Skrue sættes i omdrejende Bevægelse den ene eller den anden Vej, bringer den ved Hjælp af en i Skruegangen gribende Sko en lille Vogn ( $V$ ) til at kjøre frem eller tilbage paa Skinnerne. Paa denne lille Vogn er oprejst en Galge, i hvilken Løbevægten ( $L$ ) ved Hjælp af en afbalanceret Vægtstang er anbragt paa en saadan Maade, at den hviler alene med sin egen Vægt paa den lange Vægtstangsarm. Den omdrejende Bevægelse af Skruen, som skal til for at flytte Vognen med Løbevægten til den ene eller den anden Side, opnaas ved Hjælp af et Uhrværk  $U$  af en ganske særegen Construction, til hvis nærmere Forstaaelse Figurerne 11 og 12, fremstillende det respectiv set fra Siden og set forfra, skulle tjene.

Det indeholder i et fælles Stel to Uhrværker, bestaaende hver af et Fjederhus ( $F$  og  $F_1$ ) med Optrækning ( $o$  og  $o_1$ ) samt et symmetrisk System af Tandhjul. Midt i hvert af de to Tandhjulsystemer findes et Tandhjul ( $S$  og  $S_1$ ), hvorpaa et Kronhjul ( $K$  og  $K_1$ ) er anbragt, og medens alle øvrige Tandhjul ere i fast Forbindelse med deres respective Axer og dreje sig med disse, gaa  $S$  og  $S_1$  paa Rør udenom deres fælles Axe  $A$ , der bærer det coniske Hjul  $H$  og en fast Arm  $a$ . Paa denne Arm sidder det løse Tandhjul  $E$ , forenende og gribende med sine Tænder ind i de to Kronhjul  $K$  og  $K_1$ .  $F$  og  $F_1$  have modsatte Optrækninger, og samtlige symmetriske Hjul ville derfor to og to have modsatte Omdrejningsretninger, altsaa ogsaa  $K$  og  $K_1$ . Sete forfra vil  $\vec{K}$  gaa rundt «mod Solen», og  $K_1$  «med Solen».

Det ene Værk ender med et Echappement, medens det andet ender med et Vindfang ( $v$ ). Echappementværket, som stadig holdes i Gang, vil sætte  $S$  og  $K$  i omdrejende Bevægelse mod Solen, og  $K$  vil atter sætte  $E$  i Omdrejning omkring sin Axe  $a$ ; men da  $E$  griber med sine Tænder ind i det stillestaaende Kronhjul  $K_1$ , bliver det nødsaget til at bevæge sig fremad henad dette i samme Retning, som  $K$  drejer rundt, og det vil føre med sig i samme Retning Armen  $a$  og følgelig hele Axen  $A$  med det coniske



Tandhjul  $H$ . Sættes nu tillige Vindfangværket i Gang, vil  $S_1$  og  $K_1$  komme i omdrejende Bevægelse, men med Solen. Dersom de to Værker gik samtidig og med samme Hastighed, vilde  $E$  kun komme til at dreje sig omkring sin egen Axe  $a$ , medens denne tilligemed  $A$  og  $H$  vilde forholde sig rolig; for at opnaa, at  $H$  kan gaa rundt med Solen med samme Hastighed som tidligere mod Solen, er imidlertid Vindfangværket saaledes reguleret, at  $K_1$  gaaer rundt med dobbelt saa stor Hastighed som  $K$ . Med andre Ord: Standses Vindfanget  $v$ , vil  $H$  bevæge sig rundt den ene Vej; frigjøres det atter, vil  $H$  bevæge sig rundt den anden Vej.

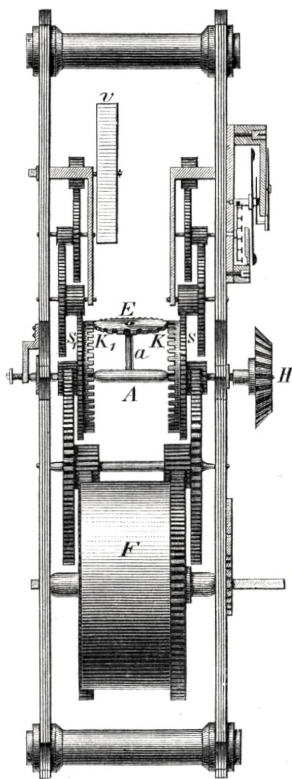


Fig. 11.

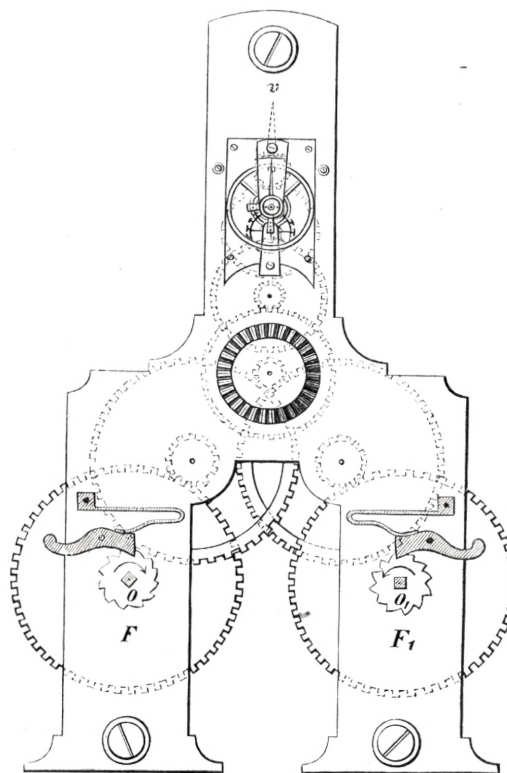


Fig. 12.

Barographens lange Vægtstangsarm, hvis Afvigelser fra den absolut horizontale Stilling er begrændset imellem to Skruer ( $s$  og  $s$  paa Fig. 10), der med et Spillerum af ialt  $\frac{1}{2}$  Millimeter omkring Vægtstangsarmen ere anbragte paa Instrumentets Stel, — ender i en tynd Udløber, som gaar ind i den øverste Del af det beskrevne Uhr, hvor den har til Formaal, alt eftersom Vægtstangsarmen hviler mod den øverste eller den nederste af de nævnte Skruer, at standse eller frigjøre Vindfanget  $v$ .

Naar til denne Forklaring føjes, at det coniske Hjul  $H$  griber ind i et tilsvarende conisk Hjul  $H_1$  (se Fig. 10) paa Enden af den omtalte lange Staalskrue, vil selve Mekanismens Funktion nu vistnok bedst forstaas paa følgende Maade.

Man tænke sig en constant Vægt ophængt paa Barometerrørets Plads, og selve Instrumentet i en saadan Situation, at den lange Vægtstangsarms Udløber ved Hjælp af en fin Hage har fat foroven i Vindfanget og derved holder dette Værk standset. Echappementværket, som nu gaar alene, vil følgelig bevæge  $H$  rundt mod Solen. Derved sættes den lange Skrue ogsaa i omdrejende Bevægelse, og denne Bevægelse vil bevirke, at Vognen  $V$  (Fig. 10) tilligemed Løbevægten  $L$  vil bevæge sig henimod Vægtstangsarmens Omdrejningspunkt. Saasnart imidlertid Løbevægten er kommen lidt frem i denne Retning, vil det statiske Moment paa denne Side af Omdrejningspunktet være bleven formindsket saa meget, at Vægtstangsarmens Ende gjør en svag Bevægelse opad, men herved slipper Udløberens Krog Vindfanget, og det hertil hørende Værk vil altsaa begynde at gaa, men som vi ovenfor have set, sættes  $H$  i modsat Bevægelse naar begge Værker gaa, og Løbevægten vil altsaa føres tilbage igjen, for kort efter paany atter at føres frem. Der vil altsaa paa det forbisynkende Papir af den med Vognen forbundne Pen  $p$  tegnes en vertikal, meget fin Zigzag-Linie.

Er det derimod et Dobbeltbarometer, som er ophængt i Stedet for en constant Vægt, vil den vertikale Linie blive til en Curve, idet Løbevægten ved Hjælp af det dobbelte Uhrværk selv opsøger det Punkt paa Vægtstangsarmen, hvor den maa hvile, for at frembringe Ligevægt.

Løbevægtens Bevægelser henad Vægtstangsarmen ere selvfølgelig proportionale med Lufttrykkets Forandringer, og man er i Stand til at skaffe den ved Hjælp heraf optegnede Kurve en hvilken som helst Forstørrelse ved at variere Løbevægtens Vægt. Ønskes saaledes, som ved det udførte Exemplar, en firdobbelt Forstørrelse, gaas frem paa følgende Maade<sup>1)</sup>:

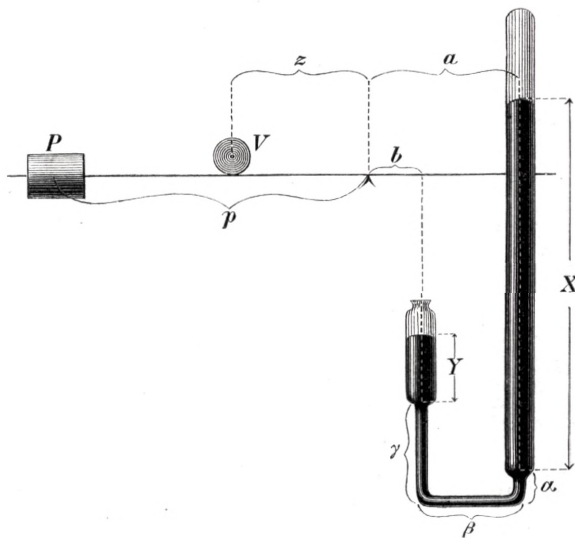


Fig. 13.

<sup>1)</sup> Efterfølgende matematiske Udvikling af Instrumentets Theorie skyldes Bestyreren af Meteorologisk Institut, Cand. mag. Adam Paulsen.

$G$ = Vægten af Glasrøret,	$o$ = Gjennemsnitsfladen af Rørets vide Del,
$l$ = Afstanden fra Glasrørets Tyngdepunkt til den lodrette Linie gennem Omdrejningspunktet.	$\omega$ = Gjennemsnitsfladen af Rørets snævre Del,
$W$ = Vægten af Kvægsølvets,	$\delta$ = Qvægsølvets Vægtfylde,
	$B$ = Barometerhøjden,
	$H$ = Luftens Tryk paa en Kvadratenhed.

Med Benyttelse af de i ovenstaaende Figur og Skema anvendte Betegnelser bliver Instrumentets Ligevægtsbetingelse følgende:

$$Gl + \omega x \delta a + \omega y \delta b + \omega a \delta a + \omega \beta \delta \frac{a+b}{2} + \omega \gamma \delta b = Vz + Pp. \dots \dots \dots (1)$$

Endvidere haves til Bestemmelse af  $x$  og  $y$

$$\begin{aligned} o \delta x + o \delta y + (a + \beta + \gamma) \omega \delta &= W, \\ (x + a - y - \gamma) \delta &= H. \end{aligned}$$

Af disse Ligninger haves

$$\begin{aligned} x + y &= \frac{W - (a + \beta + \gamma) \omega \delta}{o \delta}, & x &= \frac{1}{2} \frac{W - (a + \beta + \gamma) \omega \delta + oH - (a - \gamma) \delta o}{o \delta}, \\ x - y &= \frac{H - (a - \gamma) \delta}{\delta}, & y &= \frac{1}{2} \frac{W - (a + \beta + \gamma) \omega \delta - oH + (a - \gamma) \delta o}{o \delta}, \end{aligned}$$

hvilke Værdier, indsatte i (1), giver

$$\begin{aligned} Gl + \frac{1}{2} (W - (a + \beta + \gamma) \omega \delta + oH - (a - \gamma) \delta o) a \\ + \frac{1}{2} (W - (a + \beta + \gamma) \omega \delta - oH + (a - \gamma) \delta o) b + \omega a \delta a + \omega \beta \delta \frac{a+b}{2} + \omega \gamma \delta b = Vz + Pp. \end{aligned}$$

Sættes  $\frac{a+b}{2} = c$ , faas:

$$Gl + Wc - (a + \beta + \gamma) \omega \delta c + \frac{a-b}{2} oH - \frac{a-b}{2} (a - \gamma) \delta o + \omega \delta (aa + \beta c + \gamma b) = Vz + Pp. \quad (2)$$

Differentieres med Hensyn til  $H$ , faas:

$$\frac{dz}{dH} = \frac{(a-b)o}{2V} = \frac{\beta o}{2V},$$

hvoraf, idet  $H = B_0 \delta_0$ , hvor  $B_0$  betyder Barometerstanden ved  $0^\circ$

og  $\delta_0$  " Qvægsølvets Vægtfylde ved  $0^\circ$ ,

$$\frac{dz}{\delta_0 dB_0} = \frac{\beta o}{2V} \quad \text{eller} \quad \frac{dz}{dB_0} = \frac{\beta o \delta_0}{2V}.$$

Skal altsaa Forstørrelsen være 4, erholdes

$$\frac{\beta \delta \delta_0}{2V} = 4 \quad \text{eller} \quad \frac{\beta o \delta_0}{V} = 8,$$

altsaa

$$V = \frac{\beta o \delta_0}{8}.$$

Sættes  $a - \beta$  i Stedet for  $b$ , og  $\frac{a+b}{2}$  igjen i Stedet for  $c$ , faar, idet derved  $c = a - \frac{\beta}{2}$  og  $\frac{a-b}{2} = \frac{\beta}{2}$ , Ligningen (2) følgende Form:

$$\begin{aligned}
 & Gl + W\left(a - \frac{\beta}{2}\right) - (a + \beta + \gamma) \omega \delta \left(a - \frac{\beta}{2}\right) + \frac{\beta}{2} oH - \frac{\beta}{2} (a - \gamma) \delta o \\
 & \quad + \omega \delta \left( a a + \beta \left(a - \frac{\beta}{2}\right) + \gamma \left(a - \frac{\beta}{2}\right) \right) = Vz + Pp, \dots \dots \dots (3) \\
 & \quad - \omega \delta (a + \beta + \gamma) \left(a - \frac{\beta}{2}\right) + \omega \delta \left( a a + \beta \left(a - \frac{\beta}{2}\right) + \gamma (a - \beta) \right) \\
 & = \omega \delta \left( -a a - a \beta - a \gamma + \frac{a \beta}{2} + \frac{\beta^2}{2} + \frac{\beta \gamma}{2} + a a + a \beta - \frac{\beta^2}{2} + a \gamma - \gamma \beta \right) = \omega \delta (a - \gamma) \frac{\beta}{2},
 \end{aligned}$$

hvilket, indsat i (3), giver

$$Gl + W\left(a - \frac{\beta}{2}\right) + \omega \delta (a - \gamma) \frac{\beta}{2} + \frac{\beta}{2} oH - \frac{\beta}{2} (a - \gamma) \delta o = Vz + Pp$$

eller 
$$Gl + W\left(a - \frac{\beta}{2}\right) + \delta (\gamma - a) \frac{\beta}{2} (o - \omega) + \frac{\beta}{2} oH = Vz + Pp. \dots \dots \dots (4)$$

Betegnes nu Længderne af  $l$ ,  $a$  o. s. v. ved en Varmegrad af  $0^\circ$  ved  $l_0$ ,  $a_0$  o. s. v., de lineære Udvidelser af Messing og Glas henholdsvis ved  $m$  og  $g$  og Qvægsølvets cubiske Udvidelsescoefficient ved  $k$ , har man ved  $t^\circ$

$$\begin{aligned}
 & Gl o(l_0)(1 + mt) + W\left(a_0(1 + mt) - \frac{\beta_0}{2}(1 + gt)\right) + \delta_0(\gamma_0 - a_0) \frac{\beta_0}{2} (o_0 - \omega_0) (1 + 4gt - k) + \frac{\beta_0}{2} o_0 H (1 + 3gt) \\
 & \quad = Vz + Pp_0 (1 + mt). \dots \dots \dots (5)
 \end{aligned}$$

Differentieres med Hensyn til  $t$ , faas af (5)

$$Gl_0 m + W\left(a_0 m - \frac{\beta_0}{2} g\right) + \delta_0(\gamma_0 - a_0) \frac{\beta_0}{2} (o_0 - \omega_0) (4g - k) + \frac{3\beta_0}{2} o_0 H = V \frac{dz}{dt} + Pp_0 m,$$

hvoraf

$$V \frac{dz}{dt} = Gl_0 m + W\left(a_0 m - \frac{\beta_0}{2} g\right) - Pp_0 m + \delta_0(\gamma_0 - a_0) \frac{\beta_0}{2} (o_0 - \omega_0) (4g - k) + \frac{3\beta_0}{2} o_0 H. \quad (6)$$

Betegnes det Tryk, for hvilket  $P$  alene holder Ligevægt ved  $0^\circ$ , ved  $H^1$ , haves af (4)

$$Gl_0 + W\left(a_0 - \frac{\beta_0}{2}\right) + \delta_0(\gamma_0 - a_0) \frac{\beta_0}{2} (o_0 - \omega_0) + \frac{\beta_0}{2} o_0 H^1 = Pp_0,$$

hvilken Ligning i Forbindelse med (6) giver

$$V \frac{dz}{dt} = W\left(\frac{\beta_0}{2} m - \frac{\beta_0}{2} g\right) + \delta_0(\gamma_0 - a_0) \frac{\beta_0}{2} (o_0 - \omega_0) (4g - k - m) + \frac{\beta_0}{2} o_0 (3Hg - H^1 m). \quad (7)$$

Da nu  $V = \frac{\beta_0 \delta_0}{8}$  og  $H = B_0 \delta_0$  samt  $H^1 = B_0^1 \delta_0$ , faas af (7)



$$\frac{dz}{dt} = \frac{4W(m-g)}{o_0\delta_0} + 4(\gamma_0 - \alpha_0) \left(1 - \frac{\omega_0}{o_0}\right) (4g - k - m) + 12B_0g - 4B_0^1m.$$

Forat Varmen skal være uden Indflydelse paa Instrumentets Angivelser under Lufttrykket  $B$ , maa man have

$$\frac{4W(m-g)}{o_0\delta_0} + 4(\gamma_0 - \alpha_0) \left(1 - \frac{\omega_0}{o_0}\right) (4g - k - m) + 12B_0g - 4B_0^1m = 0.$$

Løses denne Ligning med Hensyn til  $\gamma_0 - \alpha_0$ , faas:

$$\gamma_0 - \alpha_0 = - \frac{\frac{W(m-g)}{o_0\delta_0} + 3B_0g - B_0^1m}{\left(1 - \frac{\omega_0}{o_0}\right) (4g - k - m)} ;$$

indsættes heri følgende Værdier:

$g = 0.0000086$ ;  $m = 0.0000186$ ;  $k = 0.000180$ ;  $W = 4000$  Gram;  $o = \pi$  (Radius = 1 Centim.);

$\omega = \frac{1}{4}\pi$  (Radius =  $\frac{1}{2}$  Centim.);  $\delta = 13.595$ ;  $B^1 = 700^{\text{mm}}$ ;  $B = 760^{\text{mm}}$ ,

faas 
$$\gamma_0 - \alpha_0 = - \frac{0.00094 + 0.01961 - 0.01283}{0.75 (-0.0001642)} = \frac{0.00652}{0.000123} = 53^{\text{mm}}.$$

Ved altsaa at forsyne Barometrets korte Gren med en Forsnævring, der er  $53^{\text{mm}}$  længere end Forsnævringen paa den lange Gren, bliver Varmens Indflydelse ved  $760^{\text{mm}}$  lig 0.

Dette er et saa gunstigt Forhold, som det ikke er opnaaet ved nogen anden Vægtbarograph; til Sammenligning kan i saa Henseende tjene, at Varmens Indflydelse paa Sprungs Barograph er ved 10 Graders Stigning  $0.14^{\text{mm}}$ .

Af andre mindre Forbedringer, som jeg samtidig har indført ved min Barograph, skal jeg nævne, at den paa Grund af Anvendelsen af endeløst Papir, der drives af et 8-Dages Uhr ( $U$ ), kan overlades til sig selv uden Tilsyn i en Uge ad Gangen, at Curven tegnes med Siphonpen og Anilinblæk (som tillader Reproducering ad hektographisk Vej), og at Papirets Bredde tillader en Amplitude af  $80^{\text{mm}}$  i firdobbelt Forstørring.

Det er saaledes lykkedes mig at construere en Barograph, som i forskjellige Henseender formentlig er de hidtil som de bedste ansete Constructioner paa dette Omraade overlegen.

Det samme Princip kan selvfølgelig ogsaa anvendes til at gjøre Manometre selvregistrerende, og egentlig er Ideen til Barographen hentet fra et saadant selvregistrerende Manometer, som jeg i sin Tid foreslog Bestyrer Adam Paulsen at anvende ved en af ham udtænkt Vandstandsmaaler.

## Anemographen.

Ordet Anemograph er et Fællesnavn for selvregistrerende Vindretnings- og Vindhastighedsmaalere. Optegnelsen af Vindretningen er imidlertid et meget simpelt Problem, der har flere særdeles gode og praktiske Løsninger, hvorfor jeg ikke skal opholde mig nærmere herved, men kun anføre, at det Instrument, som det danske meteorologiske Institut efter mit Forslag har adopteret i dette Øjemed, simpelthen bestaar i en med Papir beklædt, vertikalt staaende Valse, som ligefrem danner en Forlængelse af selve Vindfløjen ned i et Rum under denne. Medens nu Valsen drejer rundt sammen med denne under Vindens Indflydelse, glider en Blyant, som er anbragt i et Uhrs synkende Lod, i Løbet af 24 Timer jevnt ned forbi Valsen, og aftegner saaledes Vindretningen paa Papiret, som daglig skiftes.

Vindstyrkemaalere (uden Registrering) kunne bedst indeles i dem, der kun ere i Stand til at angive Vindens Middelhastighed, og dem, ved Hjælp af hvilke man formaar at maale dens momentane Hastighed.

Den førstnævnte Klasse udfyldes af det saakaldte Robinsonske Anemometer, bestaaende af fire i Enderne af et horizontalt liggende Kors anbragte hule Halvkugler, overskaarne efter vertikalt Snit, saaledes at Hulheden altid vender samme Vej paa dem alle, naar Vinden sætter Korset i Rotation omkring en lodret Axe. Ved Hjælp af det Antal Omdrejninger, dette Kors udfører i Løbet af en vis Tid, og som aflæses ved Hjælp af et Tælleapparat, er man, naar man forud kjender Instrumentets Konstanter, i Stand til at beregne den Middelhastighed, Vinden imidlertid har havt. Et saadant Robinsonsk Anemometer gjøres let selvregistrerende ved Hjælp af en Snegl, som, idet den bevæger sig rundt sammen med et af Tandhjulene i Tælleapparatet, efterhaanden løfter en Registrerpen, som derpaa paa sædvanlig Maade afsætter en Curve paa en Papirtavle, der føres forbi af et Uhrværk; jo større Vindens Hastighed er, desto stejlere bliver selvfølgelig Curven. Ogsaa Electricitet kan anvendes til at gjøre denne Vindmaaler selvregistrerende, idet man for et vist Antal Omdrejninger lader slutte en Contact og derved skaffer et Mærke afsat paa en Telegraphstrimmel; Afstanden mellem Mærkerne bliver altsaa et Udtryk for Vindhastigheden.

Maalingen af Vindens momentane Hastighed foretoges ved dens Tryk paa en Plade, en Cylinder eller en Kugle, indtil to Danske, Kapitain Magius og Fabrikejer Hagemann samtidig opfandt det hyppigst efter Sidstnævnte opkaldte Anemometer. Selve Principet, der har været Gjenstand for nærmere Omtale i det Kongelige danske Videnskabernes Selskab, tillader jeg mig at forudsætte som bekjendt; kun skal jeg gjøre opmærksom paa, at der allerede længe tidligere (i 1775) har været construeret et hermed noget beslægtet Instrument i samme Øjemed, nemlig Lind's Anemometer. Som hosstaaende Figur viser, bestaar dette Apparat af et U-formet Glasrør, tildels fyldt med Vand, og hvis ene Gren (A) er bøjet



til Siden. En Vindfløj (*E*) holder stedse Aabningen i denne Bøjning imod Vinden, som derved i Forhold til sin Hastighed bringer Vandet til at synke i den ene Gren og stige i den anden.

Den af Magius og Hagemann anvendte Spids har imidlertid en Hovedfordel fremfor saavel Lind's som ethvert andet Anemometer deri, at den ikke gjør nogen synderlig Modstand imod Vinden, hvorved man ikke saa let som ellers udsætter sig for, at Instrumentet blæser ned, og det netop under Forhold, hvor det er allerinteressantest at komme til Kundskab om Vindens største Hastighed.

Det var derfor ogsaa dette Instrument, jeg — foranlediget ved, at vi ingen Kundskab havde om Vindens største Hastighed i Stormnatten d. 28.—29. Oktober 1884 — bestemte mig til at gjøre selvregistrerende paa Grundlag af et tidligere af mig udtænkt Princip; og allerede d. 28. November var der en saadan Anemograph i Gang paa det meteorologiske Institut. Da den samme Vindhastighed løfter den samme Vædskesøjle, hvad enten Diameteren heraf er stor eller lille, har man store Vægtforandringer til sin Raadighed, og disse kunne gjøres selvregistrerende paa forskjellige Maader. Saaledes kunde man føre Luftledningen hen til et togrenet Qvægsølmanometer, ophængt paa samme Maade som Hævertbarometret i min Barograph, men da dette Apparat vilde blive meget kostbart og kræve lang Tid at forarbejde, foretrak jeg at lave et yderst simpelt Instrument, som jeg skal tillade mig i al Korthed at beskrive.

En Luftklokke *K* (see Fig. 15), som foroven er forsynet med en til en Vindmaalerspids førende Luftledning, er anbragt i en fast Opstander (*F*) saaledes, at den, vendende Aabningen nedad, dypper ned i en Skaal (*S*), der er anbragt i en simpel Vinkelvægt. Skaalen indeholder en eller anden Vædske, som ikke er tilbøjelig til ved Fordampning at tabe i Vægt, f. Ex. Olie. Idet nu Vinden ved sin Sugning henover Vindmaalerspidsen løfter en vis Vædskesøjle op i Klokken *K*, vil selvfølgelig Skaalen *S* lide et tilsvarende Tab i Vægt, hvilket angives af Vinkelvægtens Viser paa den i dette Øjemed inddelte Bue *B*. For nu ogsaa at gjøre dette Instrument selvregistrerende, har jeg simpelthen anbragt en ny Bue (*B*<sup>1</sup>) med passende Radius paa Viseren, forsynet denne Bue med en Rille i Kanten

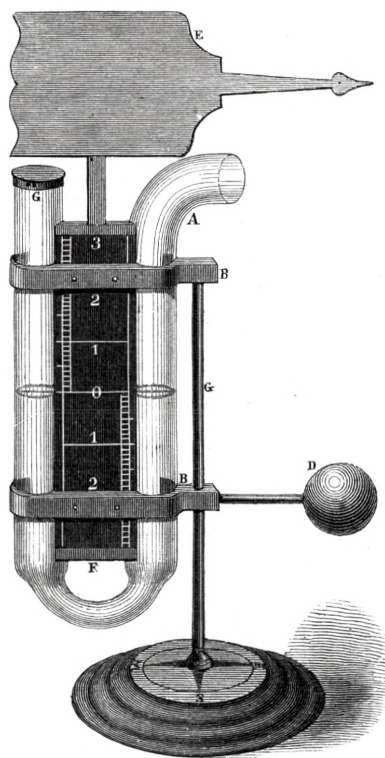


Fig. 14.

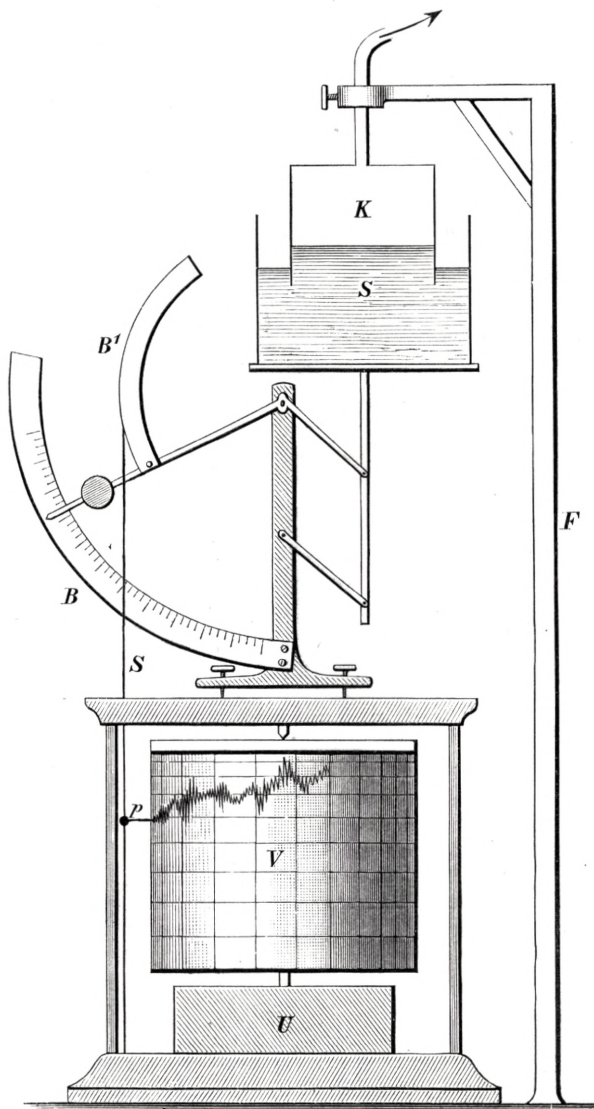


Fig. 15.

man ogsaa være i Stand til ved Hjælp af et Planimeter at bestemme Vindens Middelhastighed med samme Nøjagtighed som ved Robinsons Anemometer, og den har da tilmed den Fordel, at hvert enkelt Vindstøds Kraft saa vel som det Klokkeslet, til hvilket det indtræffer, bliver nøjagtig optegnet.

Paa Tavlen er gengivet et Facsimile af Anemogrammet for den 10de April 1885.

og ophængt en mellem et Par Staalstrænge styret Pen ( $p$ ) i en i Rillen hvilende Snor ( $s$ ). Selvfølgelig vil denne Pen gjøre de til Vinkeludslagene og Buens Radius svarende Bevægelser i Vertikalplanet, og disse optegnes nu paa den med Papir beklædte Valse ( $V$ ), som ligeledes befinder sig under Vægtens Opstillingsplan og bevæges rundt af et Uhrværk ( $U$ ).

Ganske vist lider dette Apparat, — der som sagt blev lavet sammen i stor Hast, men ikke desto mindre har gjort fortrinlig Nytte siden dets Opstilling — af den allerede ved flere af de andre ældre Apparater omtalte Fejl, at Vinkelvægtens Udslag ikke ere proportionale med Højderne af den løftede Vædskesøjle. Dette vil jo imidlertid let opnaas ved Benyttelsen af Sinusvægtens Princip, og Anemographen kom da til at ligne Pluviographen særdeles meget: Røret, som her fører ned fra Tragten, vilde blive Luftledningen og komme til at bære Klokken  $K$  lige under Bordpladen, og her be fandt ogsaa Skaalen  $S$  sig, ophængt i de Snore, som bar Pluviographens Vippeskaal.

Paa Curven fra en saadan proportional inddelt Anemograph vilde

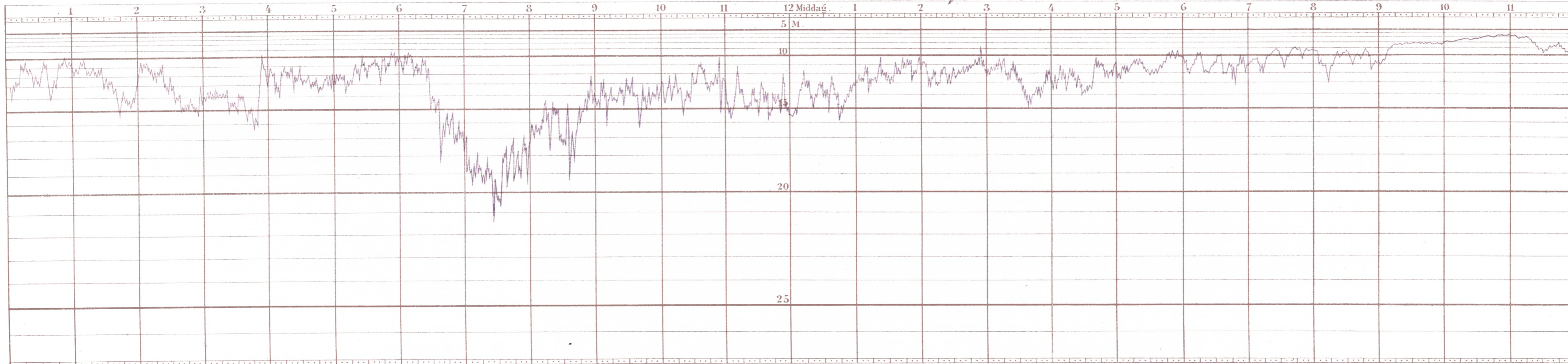




RUNGS ANEMOGRAPH.

Vindens Hastighed i Meter pr. Secund for *d. 10 April 1885.*

STATION KJÖBENHAVN.



RUNGS PLUVIOGRAPH.

Nedbören for *d. 7 August 1885.*

STATION KJÖBENHAVN.

