

DE ELECTRO-MAGNETISCHE UURWERKEN.

DOOR

F. C. DE JONG.

De behoefte aan een werktuig tot het bepalen van den tijd deed zich reeds in de vroegste eeuwen gevoelen. Honderden jaren vóór het begin der Christelijke jaartelling maakte men al gebruik van zonnewijzers. Deze werktuigen, die, zoo als algemeen bekend is, alleen wanneer de zon schijnt, den tijd aangeven, werden vervangen door de clepsydres of wateruurwerken, waarbij het uitvloeijen van zekere hoeveelheid water of andere vloeistof tot tijdsbepaling diende, hetzij door eene aangewezen verdeling op het glas dat het vocht bevatte, hetzij op eene andere wijze.

De laatstgenoemde werktuigen waren reeds geschikt om zoowel bij dag als bij nacht den tijd aan te geven, doch hadden niettemin bezwaren die de tijdsaanwijzing niet dan gebrekkig en vooral des winters hoogst onzeker maakten. Het was dan ook reeds met den aanvang van de elfde eeuw¹, dat deze soort van uurwerken werden vervangen door die, welke door een gewigt gedreven worden, en getande raderen hebben. Door deze vinding geraakten de wateruurwerken allengs buiten aanwending.

Doch nadat men zich niet minder dan zes en eene halve eeuw van de uurwerken met getande raderen had bediend, was hunne zamenstelling nog zeer onvolmaakt, en de tijdsaanwijzing hierdoor nog zoo onnaauwkeurig, dat een geacht schrijver, over de uurwerken van dat tijdperk sprekende, zegt: „welke naauwkeurigheid kan men van eene klok met onrust en een horologie zonder spiraalveer verwachten?” en als antwoord laat volgen: „niet de minste”².

In de gevoelde leemte kwam eerst groote verbetering door de uit-

¹ GERBERT, de uitvinder van de door een gewigt gedreven uurwerken met getande raderen, overleed in het jaar 1003. De uitvinding der zakuurwerken had in de 15^{de} eeuw door PETER HELE, te Neurenberg, plaats.

² DUBOIS, *L'Histoire de l'Horlogerie depuis son origine jusqu'à nos jours*, pag. 398.

vinding der slingeruurwerken door onzen beroemden landgenoot HUYGENS, omstreeks 1655.

Niettegenstaande deze nieuwe samenstelling reeds dadelijk als zoo gewigtig werd beschouwd, dat GALILEI het niet beneden zich achtte, om HUYGENS de eer der vinding te betwisten ¹, moest er nog meer dan eene halve eeuw verloopen, eer men eene wijze van samenstellen vond, die het mogelijk maakte ², om eene zoo juiste tijdsaanwijzing te geven als thans bij de meest volmaakt ingerigte uurwerken waar te nemen is.

Bijna acht eeuwen waren er derhalve noodig om een uurwerk zaam te stellen, waarvan de tijdsaanwijzing juist overkomt met den middelbaren tijd. Te regt zegt dan ook de beroemde Deensche uurwerkmaker URBAN JÜRGENSEN, in eene mededeeling zijner proeven ten aanzien eener niet geheel weg te nemen oorzaak tot onnaauwkeurigheid in de tijdsaanwijzing door uurwerken, t. w. de verandering der luchtdigtheid (den barometerstand): „De zwarigheden tot het verkrijgen van eene juiste tijdsaanwijzing door werktuigelijke hulpmiddelen waren zoo groot en menigvuldig, dat men zich verwonderen moet, dat zij in die mate uit den weg zijn geruimd, dat de afwijkingen van den gang der astronomische slingeruurwerken en der lengte-uurwerken (chronometers) dikwijls zoo onbeduidend zijn geworden, dat zij slechts de breuk eener sekonde in de 24 uur bedragen” ³.

Uurwerken van zoo groote naauwkeurigheid als waarvan JÜRGENSEN hier spreekt, waarbij wetenschap en kunst alles hebben aangewend om tot die hooge volmaaktheid te geraken, zijn weinig in aantal.

Inderdaad is het er ver af, dat *alle* uurwerken zoo naauwkeurig kunnen gaan, ja de genoemde Deen, die met zooveel vernuft ontwierp, met zoo veel kennis wist te vervaardigen, en met zoo veel ijver waarnam, zegt dan ook op eene andere plaats, waar hij over den invloed van de temperatuursverandering (den thermometerstand) op de uurwerken spreekt, „dat het wel voorkomt, dat een horologie bij zomertemperatuur geregeld zijnde, des winters 5 minuten verschil per dag maakt” ⁴.

Men zoude tegen het beweerde ten aanzien van den invloed die

¹ J. L. SMIT, *Horlogie- en Uurwerkmakers-Handboek*, blz. 10.

² Hier wordt op de aanwending van den zoogenaamden Grahamgang en den compensatieslinger gedoeld.

³ L. URBAN JÜRGENSEN, *Die höhere Uhrmacherei*, Seite 262.

⁴ URBAN JÜRGENSEN, *Principes généraux pour l'exacte mesure du temps par des horloges*.

barometerstand en temperatuursverandering uitoefenen op de uurwerken kunnen aanvoeren, dat deze beweringen reeds voor ongeveer vijftig jaren zijn gemaakt, en men in dit tijdsverloop vele verbeteringen heeft leeren kennen. Werkelijk heeft in die halve eeuw veel vooruitgang plaats gehad, doch al de uitvindingen van dit tijdperk namen de natuurlijke oorzaken tot onnaauwkeurigheid bij de tijdsaanwijzing niet weg, ja men vond zelfs oorzaken waarvan men vroeger het bestaan niet eens vermoedde, zoo als, dat de toevallige aanwezigheid van eenig ijzerwerk invloed op de juiste tijdsaanwijzing hebben kan, hetgeen door proeven onwederlegbaar is bewezen ¹. Eene tweede was de verandering in de vlocibaarheid der olie, welke in de uurwerken tot vermindering der wrijving moet worden aangewend. Boven alles echter gaan de fouten die door ondoelmatige inrigting en onzuivere afwerking werden te weeg gebragt, als het gevolg van het streven der fabrikanten om uurwerken voor geringe prijzen af te leveren. Geen wonder dat nog heden het verkrijgen van eene eenparige tijdsaanwijzing door onderscheidene gewone uurwerken, even als vroeger, eene groote moeijelijkheid, ja eene onmogelijkheid mag heeten.

Uit deze beschouwingen volgt, dat de door een uurwerk van de minste gehalte (b. v. eene Duitsche klok) aangewezen tijd doorgaans minder juist zal zijn dan die van betere soorten. Doch daar in den regel door de gebruikers van *alle* uurwerken, zonder onderscheid, dezelfde juistheid wordt gevorderd, zien de meesten zich teleurgesteld, en wel, omdat ten opzichte der uurwerken meestal eischen gesteld worden, waaraan *niet kan worden voldaan*. Deze stand van zaken doet nog altijd omzien naar een middel dat hierin verbetering kan brengen. Dit wordt voor vele lokaliteiten gevonden in eene doelmatige toepassing van het electro-magnetismus. Deze toepassing, eene der eersten en nuttigsten die men van den electrischen telegraaf maakte, bestaat in het zamenstellen van electrische of electro-magnetische uurwerken.

De mechanische eigenschap of het vermogen van den galvanischen stroom om onder bepaalde voorwaarden op willekeurige afstanden een onbepaald aantal ijzeren staafjes tot magneten te vormen ², en de

¹ DAGUIN, *Traité élémentaire de Physique*, tome II, pag. 280.

² Deze eigenschap wordt in de meeste natuurkundige werken van den laatsten tijd nader verklaard. Bij voorbeeld in P. VAN DEN BERG, *Grondbeginselen der Natuurkunde*, GANOT, *Leerboek der proefondervindelijke en toegepaste Natuurkunde*, en de werken VAN CRUGER, LOGEMAN, STEIN PARVÉ en anderen.

eigenschap van het zachte ijzer om bij het afbreken van den stroom zijne magneetkracht onmiddellijk weder te verliezen, zijn de grondslagen waarop de samenstelling der electro-magnetische uurwerken steunt. Door dit magnetismus als beweegkracht aan te wenden, is men in staat om alle uurwerken die tot dat einde in de keten zijn opgenomen, op hetzelfde oogenblik geheel overeenkomende bewegingen mede te deelen, zonder aan een getal gehouden te zijn. Bij gelijke en goede inrigting zal dus het resultaat zijn dat *al de klokken die in eene galvanische keten opgenomen zijn, juist denzelfden tijd aangevissen*, eene uitkomst, die, zoo als wij boven reeds aanmerkten, op den duur door gewone uurwerken *niet* te verkrijgen is.

Men kan gevoegelijk de thans reeds gemaakte toepassingen van het electro-magnetismus op de uurwerken afdeelen in drie klassen:

- 1^o. eene inrigting van dien aard, dat de beweegkracht, die in gewone uurwerken, hetzij door een aflopend gewigt of de spankracht eener stalen veer, wordt tot stand gebracht, geheel wegvalt en vervangen wordt door het electro-magnetismus;
- 2^o. het electro-magnetismus door een' galvanischen stroom opgewekt, op gewenschte tijden, gewone uurwerken te doen gelijkstellen, hun' gang te verbeteren, of ze in korte tijdsruimten op te winden;
- 3^o. het electro-magnetismus op verlangde tijdstippen een onbepaald aantal wijzerwerken in beweging te doen brengen.

Van die uurwerken waarbij de eerste wijze van toepassing is aangewend, werd het eerste vervaardigd door BAIN, te Edinburgh. Het is volgenderwijze ingerigt en werkzaam ¹.

De slinger die met eene veer aan eene op den achterwand der kast bevestigde metaalplaat is opgehangen, is aan de stang, een weinig onder het ophangpunt, voorzien van eene slappe geel koperen veer, die met den slinger niet in metallische verbinding staat. Het vrije uiteinde dezer veer is met een platinaknopje voorzien. Dit knopje kan, wanneer de slinger in beweging gebracht wordt, in aanraking komen met eene tweede op de achterzijde der kast aangebrachte metalen plaat, die van de plaat waaraan de slinger hangt, geïsoleerd is. Eene aanraking heeft plaats bij de beweging van den slinger naar de rechterzijde, doch houdt op wanneer de slinger in rust hangt, even als bij de beweging naar de linkerzijde. Aan iedere zijde van den slinger,

¹ Dr. SCHELEN, *Der Electromagnetische Telegraph*, u. s. w. Braunschweig, 1854.

ter hoogte van den hol, is op zekeren afstand in de kast een standvastige staalmagneet aangebragt, derwijze, dat de ongelijknamige polen tegenover elkander staan.

Onder de kast van het uurwerk zijn op eenigen afstand van elkander eene koperplaat en eene zinkplaat in den vochtigen grond geplaatst. Verbindt men deze platen door een' sluitingsdraad, dan heeft men eene Gaussche aardbatterij¹, waarvan de intensiteit van den stroom wel gering is, doch met hulp der in de kast van het uurwerk geplaatste standvastige magneten voldoende, om het uurwerk aan den gang te houden. De wijze waarop dit plaats vindt, zullen wij nader verklaren.

De sluitdraad, die van het in den grond geplaatste koper uitgaat, is aan de metalen plaat, welke den slinger draagt, gehecht, terwijl de van het zink uitgaande draad verbonden is met de tweede in de kast geplaatste en van de vorige geïsoleerde metalen plaat, waarmede het platinaknopje des slingers bij de regtsche beweging in aanraking kan komen.

Van het onder einde der slingerveer en met deze in metallische verbinding, loopt een zorgvuldig met zijde omsponnen koperdraad langs de slingerstang af, windt zich talrijke malen om een' houten klos, die hier de plaats van den slingerbol inneemt, gaat weder langs de stang naar boven, zonder met deze in metallische aanraking te komen, en eindigt in de met het platinaknopje voorziene veer, welke van de slingerstang geïsoleerd, doch met den sluitdraad verbonden is, en een deel der leiding, en wel bepaaldelijk het werkzame contactpunt, uitmaakt.

In den stand van rust, dat is als de slinger vertikaal of loodregt hangt, kan hij geen' stroom leveren, en is de batterij niet gesloten, zijnde dan de keten verbroken tusschen het platinaknopje en de tweede metaalplaat, waarmede het in den grond geplaatste zink is verbonden. Drukt men echter den slinger naar de regterzijde, zoo komt het platinaknopje met de metaalplaat in aanraking, en de aardbatterij is gesloten.

De stroom neemt nu door den sluitdraad den volgenden weg: van het koper dat zich in den grond bevindt, langs den daaraan bevestigden draad tot de plaat waaraan de slinger hangt, en van hier tot de slingerveer, treedt daar in den geïsoleerden draad, volgt hierdoor alle omwindingen die de electrische spiraal vormen en komt daardoor tot de met het platinaknopje voorziene veer. Vervolgens gaat hij door dit knopje over op de tweede in de kast geplaatste metaal-

¹ Dr. SCHELLEN, Seite 40 (2te Auflage).

plaat en daarna door den aan deze plaat verbonden draad tot het in den grond geplaatste zink. De aardlaag tusschen de beide in den grond geplaatste platen leidt den galvanischen stroom van het zink naar het koper, even als zulks door de vloeistof in eene gewone galvanische cel plaats heeft.

De draadspiraal welke de plaats van den slingerbol inneemt en even als deze tot het regelen der beweging kan op- en neergeschroefd worden, werkt nu als electro-magneet, en de rigting der omwindingen is zoo, dat de gevormd wordende polen gelijknamig zijn met die der in de kast bevestigde standvastige magneten, waardoor deze den slinger afstooten. Deze afstooting dient om de beweging des slingers te onderhouden en vervangt de beweegkracht in gewone uurwerken.

De duur dezer electro-magnetische beweegkracht is afhankelijk van den aard der gebruikt wordende batterij en zal hier zoolang duren als de stroom de absoluut gevorderde intensiteit heeft, of nagenoeg zoolang tot het zink grootendeels in oxyde is overgaan.

Door dezen slinger, in verbinding met een hiertoe passend raderwerk te stellen, worden zijne bewegingen dienstbaar gemaakt om den tijd in sekonden, minuten en uren aan te wijzen, en is het uurwerk in al zijne deelen zaamgesteld.

Deze korte verklaring zal voldoende zijn om een denkbeeld te geven van de eenvoudigheid der zamenstelling van dit electro-magnetische uurwerk, en de volgende opmerking moge de belangrijkheid aanwijzen van het resultaat hierdoor verkregen. Gelijk wij reeds aanmerkten, is de duur van den tijd die deze slinger zal blijven doorgaan, geheel afhankelijk van de constantheid van den galvanischen stroom. Belooft zoodanige constantheid drie maanden — dat is de helft van den tijd die reeds bij proeven verkregen is ¹ — dan erlangt men deze uitkomst zonder het mechanisme te veranderen, en bezit een uurwerk dat drie of zes maanden den tijd aanwijst, zonder dat het noodig is in dien tijd de beweegkracht te vernieuwen. Dit kan bij gewone uurwerken *niet* verkregen worden zonder eene belangrijke vermeerdering van raderen en rondsels en zonder het bovenmatig versterken der beweegkracht, derhalve niet dan ten koste van de regelmatigheid en soliditeit van het werk.

Door het met vrucht dienstbaar maken van de bewegingen des slingers tot het rondvoeren der wijzers, is voor deze soort van uurwerken het bewijs geleverd, dat dit aan de juiste tijdmaat niet

¹ Tijdschrift *de Volksvijt*, jaargang 1867, blz. 109.

schaadt. De oorzaak daarvan ligt in de eerste plaats dat hier de beweging in eene omgekeerde orde van die bij de gewone uurwerken plaats vindt. De slinger verzet het rad waarop de sekondewijzer is geplaatst, en na 60 slingeringen heeft het rad eene geheele omwenteling volbragt. Deze beweging, overgebracht tot die om de minuten aan te wijzen, neemt 60 maal in snelheid af. Bij gevolg wordt op dit punt slechts $\frac{1}{60}$ der kracht van die van het sekonderad gevorderd. Eveneens zal de beweging van den uurwijzer (die weder twaalf maal minder is dan die van den minuutwijzer) slechts $\frac{1}{12}$ van de laatste kracht vorderen, of wel $\frac{1}{720}$ van de eerste kracht; zoodat, wanneer, gelijk hier verondersteld is, een sekondeslinger wordt gebruikt, slechts $\frac{1}{51200}$ van de kracht, benoodigd om het rad, dat den uurwijzer rondvoert, eene omwenteling te doen maken, ten laste van iedere slingering komt. Gebruikt men slingers van mindere lengte, dan wordt deze breuk nog kleiner, doch de verhouding ten opzichte van den slinger is minder voordeelig wanneer de massa der slingerbollen dezelfde is, en alleen de lengte verschilt.

De aspunten der spillen, waarop de wijzers moeten worden geplaatst, en waarom de raderen draaijen, kunnen voor deze uurwerken buitengewoon dun gemaakt worden, uithoofde van deze raderen geene andere werkzaamheid wordt gevorderd dan het rondvoeren der wijzers. Het is noodig, dat de wijzers zoodanig worden aangebragt, dat zij evenwigtig op hunne beweegpunten draaijen. Komt men deze bepalingen bij de uitvoering na, dan worden de tegenstandswrijvingen zeer gering en bijna standvastig, mits alles goed worde vervaardigd, en men de geheele samenstelling in overeenkomst bringe met de theorie en de bijzondere eigenschappen der te gebruiken beweegkracht.

Zeër na verwant aan deze eerste soort uurwerken van BAIN zijn die van den uurwerkmaker WEARE, te Birkenhead, in het graafschap Chester. Die electro-magnetische slinger-uurwerken hebben in plaats van de aardbatterij een galvanisch element tot opwekking der magneetkracht en verschillen daarbij in den vorm en de plaatsing van eenige onderdeelen.

Het openen en sluiten der keten heeft hier plaats onder de electrische spiraal die den slingerbol vervangt, dat is, naar ons inzien, op een minder gunstig punt met betrekking tot de juiste tijdsaanwijzing. Door WEARE werden van deze soort uurwerken vervaardigd, die in plaats van den slinger eene balans tot regelaar hebben¹. Doch

¹ Behalve in het werk van Dr. SCHELLEN, zijn deze uurwerken beschreven in het

daar deze niet zoo gemakkelijk tot gunstige uitkomsten, ten aanzien van de naauwkeurigheid der tijdsaanwijzing leiden, zal deze toepassing weinig navolging vinden. De aanwending van de balans wordt gevorderd voor die uurwerken, welke geen' vasten stand hebben, of welke in den zak gedragen worden. Deze beide omstandigheden toch komen bij een galvanisch-electrisch uurwerk niet voor.

De bekende werktuigkundige FROMENT, te Parijs, heeft een' door electro-magnetismus in beweging gebragten slinger ontworpen, waarbij geene permanente magneten worden aangewend ¹. De bewegingen van dezen slinger worden onderhouden door den slag van een veertje, dat door middel van het electro-magnetismus gespannen wordt en te gelijker tijd dient om in verband met den slinger de galvanischen keten te sluiten. De electro-magneet is niet, zoo als bij de uurwerken van BAIN en WEARE, op den slinger geplaatst en daarmede in beweging, maar onbeweegbaar in de kast boven den slinger aangebragt. Het rondvoeren der wijzers komt bij deze inrigting niet ten laste van den slinger, maar wordt door een' afzonderlijken electro-magneet bewerkt, die tot dat einde met dien, welke de slingerbewegingen helpt onderhouden, in dezelfde keten wordt opgenomen.

In dit uurwerk ontvangt de slinger eenmaal in twee sekonden impulsie tot het onderhouden van zijne bewegingen. Het electro-magnetische uurwerk van R. HOUDIN ² is in dit opzigt eenigzins gewijzigd, want de inrigting is zoo gesteld, dat de slinger bij iedere beweging ééne impulsie ontvangt. Het uurwerk bevat twee electro-magnetten die afwisselend tot het onderhouden der slingeren en tot het rondvoeren der wijzers werkzaam zijn.

De wijzerwerken der klokken van FROMENT en HOUDIN zijn ingerigt, dat de tijd in sekonden, minuten en uren wordt aangewezen.

Veel overeenkomst met het uurwerk van FROMENT heeft een door den Heer G. L. KEPPEL, te Amsterdam, ontworpen electro-magnetisch uurwerk. De wijze waarop de keten wordt gesloten, is echter anders ingerigt en heeft plaats in de neêrdalende beweging van den slinger, bijna op de verticale lijn onder het rustpunt. De slingerbewegingen worden onderhouden door den slag eener soort van hamertje, die bij het aantrekken van het anker of sluitstuk door den electro-magneet tegen den slinger valt. Dit uurwerk heeft het

werkje van den Heer J. H. VAN KOTEN: *De galvanische stroom, toegepast op electro-magnetische Telegrafen en Uurwerken*, blz. 143 (nieuwe uitgave).

¹ DAGUIN, *Traité élémentaire de Physique*, tome III, pag. 246.

² DAGUIN, " " " " " " " " 248.

eigenaardige, dat de sekonde-, minuut- en uurverdeelingen op de raderen, die de respectieve wijzers zouden moeten dragen, gegraveerd zijn en zich achtereenvolgens achter de stil- of vaststaande wijzers voortbewegen. Het rondvoeren dezer den tijd aangevende raderen komt ten laste van den slinger. Even als bij de uurwerken van FROMENT en HOUDIN, is het hier een galvanisch element, dat de beweegkracht doet ontstaan.

Het zoude hier welligt de plaats zijn om de door mij ontworpen en vervaardigde electro-magnetische klok, die in vele opzichten in samenstelling en werking van al de vorigen verschilt, te vermelden. Doch daar hare inrigting reeds meermalen door verschillende deskundigen op eene vercerende wijze is beschreven ¹, kan men hare samenstelling en inrigting als algemeen bekend aannemen. Ook werden de vroeger door mij vermelde proeven, aangaande de constantheid van verschillend ingerigte galvanische cellen ², met dit uurwerk bewerkstelligd. Alleen zullen wij eenige nog onvermelde bijzonderheden van praktischen aard in dit stukje, ter gelegener plaatse, aanstippen.

De tot nu genoemde electro-magnetische uurwerken zijn allen alleen ingerigt om den tijd aan te wijzen, derhalve niet om den tijd door slagwerk aan te kondigen. Doch ook deze toepassing is niet uitgebleven. Er zijn ons twee inrigtingen van dien aard bekend. Wat hare inrigting tot het aanwijzen van den tijd betreft, behooren zij tot de eerste klasse van electro-magnetische uurwerken, doch daar beiden zeer zamengesteld en ver uiteenlopend zijn, zou de beschrijving daarvan ons te lang ophouden. Het eerste is door den chronometermaker C. SHEPPERD, te London, uitgedacht en vervaardigd ³. Het tweede had zijn ontstaan te danken aan twee Fransche werktuigkundigen DETOUCHE en HOUDIN ⁴. De verkregen uitkomsten beantwoorden aan het voorgestelde doel. Het slagwerk, of beter gezegd de hamer die op de bel slaat, wordt in beweging gebracht door middel van een' electro-magneet, en even als zulks bij de tijdsaan-

¹ Zie *Tijdschrift voor Telegrafie*, enz., 5de jaarg., blz. 145; *Hollandsche Illustratie*, nieuwe volgrees (eerste jaargang), N^o. 11; *Weekblad van het Paleis voor Volksvlijt* (uitgegeven gedurende de tentoonstelling 1866), N^o. 13; *Bijvoegsel Amsterdamsche Courant*, Zondag 5 en Maandag 6 Augustus 1866; *het Nederlandsch Magazijn* (uitgave Gebroeders van Es), jaargang 1866, blz. 311.

² *Tijdschrift de Volksvlijt*, 1867, blz. 109.

³ Het is uitvoerig beschreven door den uitvinder zelve in eene brochure, getiteld: *On the application of electro-magnetism as a motor for clocks*, by CHARLES SHEPPERD (London, 1851).

⁴ Zie Dr. SCHELLEN, in den derden druk van zijn meergenoemd werk; in de eerste en tweede oplage komt geene beschrijving hiervan voor.

wijzing plaats vindt, kan men door dit middel *zoovele klokken gelijk laten slaan* als men verkiest. Wij kunnen des te gereeder met eene korte vermelding dezer zoo vernuftig uitgedachte werktuigen volstaan, daar men dit doel thans op meer eenvoudige en meer praktische wijze kan bereiken, gelijk we later zullen aantoonen.

Zoo ver als mijne nasporingen reikten, bepalen zich hiertoe de meest bekende proeven om de uurwerken direct door het electro-magnetismus, met terzijdestelling van andere beweegkrachten, aan den gang te houden. Ze zijn wel niet talrijk, doch voldoende om de mogelijkheid daarvan aan te toonen. Ja er zijn daaronder reeds die het bewijs leverden, dat men zeer naauwkeurige uurwerken kan vervaardigen.

Wij beweren dit op de volgende gronden. Een uurwerk van BAIN, in het begin van het jaar 1844 te Parijs opgesteld, verschilde, volgens een bericht van ARAGO, gedurende eene maand geene minuut in gang, terwijl onderscheidene dusdanige uurwerken, door BAIN in openbare gebouwen te Edinburgh geplaatst, zich allen even goed hebben gehouden ¹. Een electro-magnetisch uurwerk volgens het stelsel van FROMENT, in bezit van den Majoor EVERTS, te 'sGravenhage, wijst den tijd mede op juiste wijze aan. Eindelijk levert het uurwerk, dat ik in Augustus 1863 op de tentoonstelling te 'sGravenhage plaatste, ofschoon meer tot het doen van proeven ingerigt, eene tijdmaat, die allezins voldoende kan genoemd worden. Door deze reeds verkregen uitkomsten vervalt, naar mijn inzien, eene vroeger door den Heer WENCKEBACH geopperde bewering, „dat men in het maken van goede uurwerken dezer soort in gebreke is gebleven” ².

Welke plaats deze soort van uurwerken later in een' of anderen gewijzigden vorm voor de praktijk zal innemen, kan op dit oogenblik nog met geene zekerheid bepaald worden. Het is echter ongeraden om door nadeelige, zacht genomen onjuiste beweringen de vervaardiging tegen te werken. De proeven met deze zeker nog niet volkomen werktuigen hebben reeds tot ontdekkingen geleid, die voor de wetenschap niet zonder belang mogen heeten.

Tot de tweede klasse of soort van electro-magnetische uurwerken worden die gebracht, bij welke het electro-magnetismus als hulpmiddel wordt aangewend om de tijdsaanwijzing der gewone uurwerken te verbeteren.

¹ Volgens Dr. SCHELLEN en het reeds genoemd werkje van den Heer VAN KOTEN, blz. 147.

² *Tijdschrift voor Telegrafie, enz.*, 2de jaargang, blz. 49.

De eerste inrigting van dezen aard, door Prof. STEINHEIL, te Munchen, ontworpen, had ten doel om de tijdsaanwijzing van een onbepaald aantal gewone uurwerken eenparig te doen blijven, door daarin het electro-magnetisme te laten werken. Zijne inrigting was als volgt ¹:

In een gewoon uurwerk van goed fabrikaat en voldoende afmeting, wordt eene inrigting gebragt, welke juist op ieder half uur, gedurende een paar sekonden, de keten sluit eener galvanische batterij, in welker sluitdraad de uurwerken, wier tijdsaanwijzing zal verbeterd worden, zijn opgenomen. Op het oogenblik wanneer deze normaal-klok het heele of halve uur slaat, gaat een galvanische stroom door de geheele leiding, welke in alle daaraan vastgeschakelde uurwerken op hetzelfde oogenblik een hoefijzer magnetiseert. Door de aantrekking van een boven deze hoef aangebragt week ijzeren anker, hetwelk door middel van een' daaraan bevestigden hefboom op den minuutwijzer van het uurwerk werkt, worden dan alle wijzers die niet juist het heele of halve uur aantoonen, naarmate zulks noodig is, voor- of achteruit geschoven en allen juist gelijk gesteld. Op deze wijze volgt de inwerking van het galvanismus van half tot half uur, en daar de galvanische stroom op hetzelfde oogenblik alle uurwerken doorgaat, bewerkt deze dat ook alle uurwerken te gelijker tijd de heele en halve uren aanwijzen.

De Heer HARTNUP, te Liverpool, heeft eene tot deze klasse behorende inrigting zamengesteld ², waardoor hij het doel door Prof. STEINHEIL beöogd, voortdurend poogt te verkrijgen. Hij rigt hiertoe de slingers van gewone uurwerken in op de manier van den electro-magnetischen slinger van BAIN, door iederen slinger van eene electrische spiraal te voorzien. Die spiraal staat in verbinding met een naauwkeurig den tijd aanwijzend hoofduurwerk, dat van tijd tot tijd een' stroom door genoemde spiraal laat circuleeren, waardoor de bewegingen der op deze manier toegeruste slingers van al de aaneengeschakelde uurwerken in overeenstemming worden gehouden, tot welk einde nog twee in de kast van ieder uurwerk geplaatste standvastige magneten medewerken. Omtrent deze manier van toepassing van het electro-magnetismus op de uurwerken kunnen wij ons volkomen ver-

¹ Dr. SCHELLEN, *Der electromagnetische Telegraph* (Anhang).

² *Tijdschrift voor Telegrafie, enz.*, 2de jaargang, blz. 49.

eenigen met de woorden van den Heer VAN SPANJE ¹: „Deze nieuwe „toepassing van den galvanischen stroom op de gewone uurwerken „schijnt echter alleen geschikt te zijn voor uurwerken van middel- „bare grootte en is niet bijzonder voor een algemeen gebruik vat- „baar.” Dus niet praktisch.

Alle inrigtingen welke tot deze klasse van electro-magnetische uur- werken kunnen gebragt worden — zij mogen de tijdsaanwijzing van gewone uurwerken verbeteren of eenparig doen zijn — zullen, omdat zij boven de kosten van een gewoon uurwerk nog die van het aan- brengen van een' galvanischen stroom en die van het onderhoud der noodige batterij vorderen, nimmer in den smaak van het publiek vallen, en dien ten gevolge zeer weinig aangewend worden.

De meest geschikte weg tot het verkrijgen van eene eenparige tijds- aanwijzing op vele plaatsen door een groot aantal tijdwijzers, wordt gevonden in de toepassing van het electro-magnetismus, zoo als die bij de tot de derde klasse behorende electrische uurwerken plaats vindt, uurwerken die men met alle regt tijdtelegrafen kan noemen. In het buitenland zijn deze tijdtelegrafen reeds veelvuldig in aan- wending, zoowel voor de openbare tijdsaanwijzing langs de straten, als in gebouwen waar vele uurwerken noodig of nuttig zijn. Te Brussel en Gent zijn reeds sinds jaren de electrische uurwerken van den Gentenaar NOLLET in gebruik, en te Luik die van Prof. GLÄ- SENER en JASPER. De beroemde horologiemaker BRÉGUET, te Parijs, heeft zijn stelsel te Lyon en P. GARNIER het zijne in onderscheidene Fransche steden en bij de spoorwegen ingevoerd. Marseille heeft electrische uurwerken die om hunne goede constructie bekend zijn. SIEMENS & HALSKE hebben hunne zamenstellingen te Berlijn, en STÖHRER en SCHOLLE de hunne te Leipzig in werking. BAIN ver- vaardigde ze voor Edinburgh ².

In Nederland maakt men van genoemde werktuigen nog weinig gebruik. Te Amsterdam zijn er een zevental op het rijkstelegraaf- kantoor. Te Groningen is er één op de beurs, dat met den Atoren in verbinding is gebragt. Het kan zijn dat er nog meer hier te lande voor openbaar of particulier gebruik in werking zijn, doch het is zeker dat hun aantal zeer ver bij die in andere landen achterstaat.

De zamenstelling van een' tijdtelegraaf is hoogst eenvoudige. Een

¹ T. VAN SPANJE, *Handboek voor den Horologiemaker*, blz. 440.

² Al deze opgaven zijn ontleend aan Dr. SCHELLEN (3de druk).

gewoon wijzerwerk of cadractuur, met één rad daarenboven, en een electro-magneet met anker of sluitstuk vormen het geheele binnenwerk. 'twelk in een kastje wordt geplaatst, dat alleen met wijzers en cijfers wordt voorzien. Eene inrigting voor het opwinden, of raderen en rondsels tot het verlengen der beweegkracht, zijn hier onnoodig, omdat dit alles door den galvanischen stroom wordt vervangen. Op zich zelven staande, zijn de tijdtelegrafen doode werktuigen, doch onder den invloed van den galvanischen stroom gebragt, werken zij automatisch en voldoen aan al wat van een uurwerk verlangd kan worden.

Om deze werktuigen den tijd te doen aanwijzen, is altijd een hoofduurwerk noodig, waarin eene inrigting is aangebragt, die, naarmate de zamenstelling van den tijdtelegraaf zulks vordert, iedere minuut of halve minuut, ja in enkele gevallen alle sekonden stroom zet op de lijn waarmede de tijdtelegrafen aaneen geschakeld zijn, en dezen stroom, na zijne mechanische werking uitgeoefend te hebben, weder verbreekt ¹. Dit openen en sluiten der keten zet de tijdtelegrafen in beweging, die daardoor allen dus denzelfden tijd als het hoofduurwerk zullen aanwijzen. Een op deze wijze ingerigt hoofduurwerk kan voor een onbepaald aantal tijdtelegrafen de keten sluiten en openen, zonder dat dit den minsten invloed heeft op de tijdsaanwijzing der aaneen geschakelde tijdtelegrafen.

De inrigting, plaatsing en vorm der onderdeelen verschilt naar de ondervinding van iederen maker, weshalve het de grenzen van een tijdschrift ver zoude overschrijden om allen in détail aan te stippen. De werking komt bij allen op hetzelfde neder. De electro-magneet wordt onbewegelijk in de kast geplaatst, en het anker of sluitstuk vóór de polen bewegelijk aangebragt. Het anker wordt door eene cilindervormige spiraalveer (spiraal à BOUDIN) tot op zekeren afstand van den electro-magneet teruggelield. Zet het hoofduurwerk stroom op de lijn, dan moet het opgewekt wordend magnetismus van de hoof sterk genoeg zijn, om de kracht van deze veer te overwinnen en daarenboven het wijzerwerk in beweging te brengen. Om dit te bewerkstelligen is aan genoemd anker een hefboom verbonden, welks uiteinde met een haakje is voorzien, dat in een rad met zaagvormige tanden kan grijpen en dit, ten gevolge van het

¹ De beschrijving eener dusdanige inrigting komt voor in het tijdschrift *de Volksvrijt*, jaargang 1866, blz. 142. De inrigting van het hoofduurwerk op het Rijkstelegraafkantoor te Amsterdam wordt verklaard en afgebeeld in de op last van Zijn Exc. den Minister van Binnenlandsche Zaken in 1863 uitgegeven *Beschrijving van de in Nederland gebruikelijke Telegraaf toestellen*.

aantrekken van het anker door de hoof, één tand vooruitzetten. Dit rad is op dezelfde as aangebragt, waarop de minuutwijzer staat. De stroom verbroken wordende, trekt de spiraalveer het anker weder terug, daar de hoof dan zijne magneetkracht verliest. Bij sommige samenstellingen wordt enkel het aantrekken van de hoof tot het voortzetten van den minuutwijzer gebezigd, bij anderen ook de werking der spiraalveer bij het terugtrekken van het anker. De herhaling dezer bewegingen bewerkt het aanwijzen der minuten, dat op de gewone wijze om de uren aan te geven tot den uurwijzer wordt overgebragt. Is de inrigting van dien aard, dat ook de sekonden zullen aangevozen worden, dan werkt de hefboom van het anker op het rad, waarop de sekondewijzer wordt geplaatst. Deze beweging wordt dan achtereenvolgens tot die van den minuut- en uurwijzer overgebragt.

Bij sommige tijdtelegrafen is de spiraal of terugtrekkende veer niet aanwezig, maar wordt vervangen door een' standvastigen magneet, die zoo is geplaatst, dat het anker zelf voortdurend magnetisch is en tegen een der polen van den electro-magneet rust. Het is voor deze inrigtingen niet genoeg, dat het hoofduurwerk op bepaalde tijdstippen de keten opent en sluit, maar de stroom moet afwisselend in verschillende rigtingen door de lijn gezonden worden, zoodat ieder been der hoof beurtelings tot noord- en zuidpool strekt ¹. De aan de polen medegedeelde magneetkracht is altijd gelijknamig aan die van het anker, hetwelk daartegen rust, zoodat de hoof het anker niet aantrekt, maar afstoot. Dit afstooten dient hier tot voortbewegen der tijdtelegrafen, even als zulks bij de vorige inrigting door het aantrekken geschiedt. Eenigen der op deze wijze werkende tijdtelegrafen hebben in plaats van één ieder twee electro-magneten ¹.

Door de uiteenlopende inrigtingen der tijdtelegrafen wordt het voor den belanghebbende eenigzins moeilijk om eene keuze te doen, die voor hem de meest bevredigende uitkomsten zal opleveren. Met een paar woorden wil ik hier mijne zienswijze desbetreffende mededeelen.

Wij zagen dat het hoofduurwerk op twee verschillende wijzen moet werkzaam zijn. Hierdoor verdeelen zich de tijdtelegrafen in twee hoofsoorten, waarvan men de eene niet in de leiding met die der andere gezamenlijk plaatsen kan. Dit geldt voor die inrigtingen waarbij men standvastige magneten gebruikt. Onder de laatstgenoemde

¹ Eene inrigting om dit te bewerken is beschreven door VAN SPANJE, *Handboek voor den Horologiemaker*, blz. 430.

¹ VAN SPANJE, blz. 435.

uitgtingen komen er voor, dit, uit het oogpunt van eene goedkoope vervaardiging, te veel zamengesteld zijn.

De voornaamste reden die men heeft voor het gedurig afwisselend stroom zenden door de lijn in tegenovergestelde rigtingen, is het terugblijvend (remanent) magnetismus tegen te gaan. Dit punt hebben wij bij het door mij ontworpen uurwerk waargenomen. Uit deze waarnemingen is gebleken, dat een massieve, week ijzeren hoof, die alle minuten eens gemagnetiseerd wordt, even als de meeste tijdtelegrafen dit vorderen, vijftentwintig jaren en zelf langer gebruikt kan worden, zonder dat men van nadeelig werkend remanent magnetismus last heeft. Door de hoof eenigzins anders in te rigten, kan deze duur nog minstens vijftentwintig maal verlengd worden. Om tot dit doel te geraken, gebruikt men, in plaats van massieve ijzerkernen, bundels ijzerdraad die juist de opening in den klos waarom de electrische spiraal gewonden wordt, vullen, en verbindt die bundels ijzerdraad door een massief ijzerstuk tot eene hoof. Eene op deze wijze vervaardigde hoof heeft minstens dezelfde magnetische kracht als eene die van massief ijzer is gemaakt, wanneer overigens de stroomsterkte, het getal omwindingen om iederen klos en alle afmetingen gelijk zijn.

Het is dus, naar mijn inzien, niet noodig, dat men van standvastige magneten bij den tijdtelegraaf gebruik maakt. Hierdoor vervallen althans voor sommige soorten, in ieder dezer werktuigen twee klossen, met den daarom gewonden geïsoleerden koperdraad en de daarin gevorderde hoof: eene vereenvoudiging die op den prijs een' belangrijken invloed kan hebben.

Bij de eenvoudiger zamenstellingen die men voor mindere prijzen zal kunnen vervaardigen, komen er echter voor, die niet volkomen overeenkomstig de regelen der werktuigkunde en de theorie van het magnetismus zijn ingerigt. Er werden mij van deze soort een paar exemplaren ter beoordeeling gezonden, die niet aan de verwachting voldeden. Het waren twee stuks, voor huisgebruik ingerigt, van SIEMENS & HALSKE, met wijzerplaten van 16 Ned. duim, zijnde het inwendige volkomen gelijk aan de beschrijving zoo als die door Dr. SCHELLEN gegeven is. De tegen deze tijdtelegrafen ingebragte aanmerkingen waren, dat zij van tijd tot tijd weigerden en te veel stroomsterkte vorderden.

Het hierop gevolgde onderzoek leidde tot de volgende opmerkingen: ten eerste, dat het eene been van de hoof bijna aan het beweging- of draaipunt van het anker is geplaatst en alzoo de magneetkracht wegens den korten hefboom zeer weinig kracht of nuttig effect kan

uitoefenen, en ten tweede, dat het haakje waardoor het rad waarmede de minuutwijzer op dezelfde as is geplaatst, wordt voortgezet, voor iedere ruimte tusschen twee tanden slechts één beweging maakt ¹. Hierdoor is de gevorderd wordende afstand tusschen het anker, waaraan dit haakje bevestigd is, en de hoof juist tweemaal zoo groot als die, welke voldoende zal zijn, wanneer men deze beweging in tweeën verdeelt, zoodat hierbij de afstand van de hoof tot het anker op de helft kan teruggebragt worden. Dit zou, naar mijn gevoelen, omdat de aantrekking van een' magneet in de omgekeerde reden van het vierkant (volgens enkele deskundigen in de reden van de derde magt) van den afstand toeneemt, een aanmerkelijk voordeel opleveren ², daar bijgevolg met stroom van minder intensiteit kan gewerkt worden.

Tot het verkrijgen van een nadrukkelijker bewijs ten aanzien der juistheid van de gemaakte aanmerkingen tegen deze tijdtelegrafen, werd mij opgedragen, als proef twee stuks tijdtelegrafen van eene samenstelling te vervaardigen, waarin genoemde ondoelmatige inrigting verbeterd werd. De wijzerplaten hadden 20 Ned. duim diameter, de grootte der hoof en der klossen, benevens de hoeveelheid geïsoleerd koperdraad werden zooveel doenlijk gelijk genomen, aan die van de tijdtelegrafen waartegen deze inrigting moest concurreren. De uitkomst bewees volkomen dat de gemaakte opmerkingen gegrond waren. Deze tijdtelegrafen werkten zonder fout, met de helft van het aantal Daniell'sche elementen, die de beide stuks van SIEMENS & HALLSKE vorderden.

Deze aanmerkelijk betere uitkomst werd verkregen met den meest eenvoudig ingerigten tijdtelegraaf, waarvan de inrigting, ééne wijziging uitgezonderd, geheel overeenkomt met die welke op het Rijks-telegraafkantoor te Amsterdam in werking zijn ³. Het is dus naar mijne bescheiden meening alleen in een wantrouwen in de werking der galvanische batterij toe te schrijven, dat daar ter plaatse voor de weinige tijdtelegrafen, waarvan de maker mij niet bekend is, een nog al aanzienlijk getal elementen van DANIELL in werking is. Het i

¹ Bijna dezelfde aanmerkingen kunnen tegen de te Leipzig voor openbare tijdsaanwijzing vervaardigde tijdtelegrafen van STÖHRER & SCHOLLE gemaakt worden. Ook hiervan werd mij een exemplaar, waarvan de wijzerplaat 40 Ned. duim middellijn heeft, ter beoordeeling toegezonden.

² Met het oog op deze bepaling doe ik opmerken, dat bij de electro-magnetische tijdtelegrafen van GARNIER door de mogelijke slingeringen van het anker deze afstand niet de voordeeligste kan zijn.

³ Zie *De beschrijving van de in Nederland gebruikt wordende Telegraafstellingen*.

evenwel denkbaar, dat de door mij aangebrachte wijziging eenig deel aan de goede uitkomst heeft.

Met het oog op de kosten van onderhoud is het, behalve eene doelmatige inrigting der tijdtelegrafen, vooral noodig dat het getal uurwerken die men te gelijk door dezelfde batterij in werking wil brengen, bij den aanleg in aanmerking genomen worde. De wet van OHM strekke hierbij ten gids. Deze zegt ons, dat de stroomsterkte omgekeerd evenredig is aan de lengte van den sluitdraad die in de batterij gebragt wordt en evenredig aan de dikte van den draad. Hieruit volgt, dat wanneer men de lengte van den sluitdraad vergroot, de stroomsterkte evenredig verzwakt wordt, tenzij men de doorsnede van den draad in dezelfde mate vergroot. Het raadplegen van speciaal over de electro-magnetische telegrafen handelende werken bewijst hierbij goede diensten ¹ en bevordert het welslagen. De meer praktische opgaven zijn nog weinigen in getal en zullen eerst door verdere aanwending later verkregen worden.

De inrigting om de mechanische werking van den galvanischen stroom ten nutte aan te wenden, was bij mijne proefnemingen als volgt. Om iederen houten klos zijn ongeveer 450 omwindingen met zijde omsponnen rood koperdraad gebragt van $\frac{3}{4}$ streep dikte. Ieder been van de hoof is 5 Ned. duim lang en heeft eene middellijn van 8 streep. Het sluitstuk dat de beide beenen tot eene hoof vereenigt, is 7 duim lang, 12 streep breed en 3 streep dik. De massa ijzer waaruit het anker bestaat, is iets minder dan die van de hoof. Met deze inrigting als electro-magneet kon ik een' tijdtelegraaf met eene wijzerplaat van 20 Ned. duim diameter voldoende door een gewoon element van DANIELL in werking houden. Er was buiten den electro-magneet 15 Ned. ellen sluitdraad als geleiding bij deze proef aanwezig.

Op de meest eenvoudige wijze kan de alleen den tijd aanwijzende telegraaf van slagwerk worden voorzien, door eene electrische schel in dezelfde kast aan te brengen. De zamenstelling van deze toestellen is te algemeen bekend, om er eene beschrijving van te geven. Het zijn dezelfden zoo als die reeds veelvuldig voor huiselijk gebruik gebezigd worden. Deze electrische schel wordt door eene leiding in verbinding gebragt met het hoofduurwerk, dat voor dit geval van slagwerk moet voorzien zijn. Met iederen slag wordt door eene hiertoe aangebrachte inrigting de electrische schel in beweging gebragt en zal

¹ Behalve het meermalen aangehaalde werk van Dr. SCHELLEN, is het werk van Prof. L. VAVRINET, *Télégraphie Electrique* (Paris, 1861) hiertoe aan te bevelen.

zoovele malen schellen als het hoofduurwerk slagen doet. Voor de inrigting kan dezelfde batterij die voor de tijdtelegrafen werkzaam is, dienst doen, doch vordert een' tweeden sluitdraad of lijn.

Men zal met mij toestemmen dat op deze wijze het hoorbaar telegraferen van den tijd eenvoudiger en meer zeker zal plaats vinden, dan met de meer zamengestelde, hiervoor genoemde electro-magnetische slagwerken van SHEPPERD, te London, en DETOUCHE en HOUDIN, te Parijs.

Voor hen wier eischen omtrent de toepassing van het electro-magnetismus op de tijdsbepaling nog verder gaan, heeft men de toepassing van de electriscbe schel bij den tijdtelegraaf nog meer uitgebreid. De tijdtelegrafen, op voorschreven wijze van slagwerk voorzien, kunnen door deze schellen tevens tot wekkers dienen, zonder eene derde leiding te vorderen. Alleen het hoofduurwerk moet hiertoe doeltreffend ingerigt worden. Dezelfde batterij kan ook hiervoor dienen.

Door het voldoen aan deze vordering is de toepassing van het electro-magnetismus nog niet moede er eene nieuwe bij te voegen en geeft in verband met het hoofduurwerk, dat hiertoe ook weder ingerigt moet worden, een middel aan de hand om juist ten twaalf uur (den gewonen tijd waarop de werklieden hun werk verlaten om hunnen maaltijd te gaan nemen) op verschillende werkplaatsen in de fabrieken luidtoestellen in beweging te brengen, tot bevordering van orde en regel op dit punt.

Ik eindig dit beknopt overzicht, dat voornamelijk ten doel heeft, het publiek opmerkzaam te maken op hetgeen de wetenschap voor deze werktuigen reeds gedaan heeft, met den wensch, dat meer wetenschappelijk gevormde mannen het onvolledige in mijne beschouwingen mogen aanvullen. De electro-magnetische uurwerken zijn voorwerpen die in hooge mate de belangstelling waardig zijn. Honderden, ja duizenden klokken denzelfden tijd te doen aanwijzen, allen gelijk te doen slaan, en wèl op zoo vele plaatsen als men dit verlangt; allen gelijk te doen wekken enz., dit zijn uitkomsten, die zelfs voor deskundigen hoogst interessant zijn en voor den oningewijde aan het wonderbare grenzen.