



Dr. George Claude

# Energie uit Zeewater

## Gedurfd plan van den Franschman Claude

door

Dr. G. L. DE HAAS-LORENTZ

Aan het einde van het vorige jaar werden de Franschen verblijd door een telegram, waarin hun landgenoot George Claude zijn voorloopige successen berichtte met zijn installatie te Matanzas (Cuba). Zooals uit krantenberichten onzen lezers bekend zal zijn was het doel van Claude's nu met succes bekroonde pogingen, voor technische doeleinden het arbeidsvermogen te gebruiken, dat vertegenwoordigd wordt door de temperatuurverschillen in het zeewater. Een idee, dat men reeds in Jules Verne's „Twintig duizend mijlen onder zee” aantreft. Ook de Fransche natuurkundige d'Arsonval bespreekt reeds in 1881 de mogelijkheid om tot het drijven van een machine gebruik te maken van de kleine temperatuurverschillen

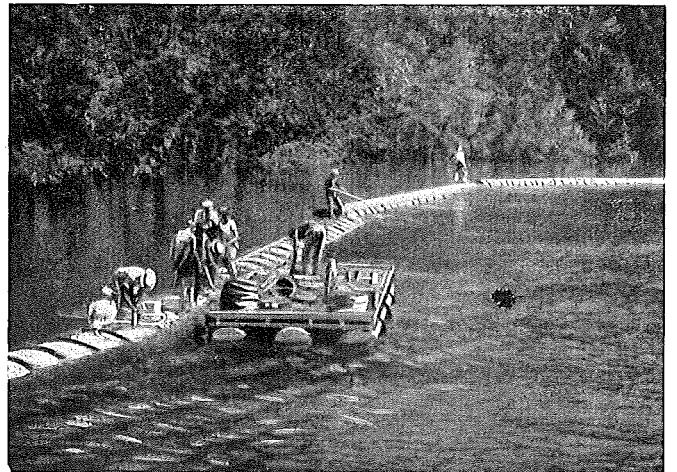
die de natuur ons biedt.

Een fascineerend denkbeeld! Vooral wanneer men bedenkt in hoe hooge mate onze moderne samenleving afhangt van de voorraden energie en hoe er zeker een eind moet komen aan den voorraad van dien vorm van energie die het meest door ons gebruikt wordt nl. die welke in onze kolen- en petroleumvoorraden is opgehoopt.

Op de erkenning, dat warmte een vorm van arbeidsvermogen is, volgde de wetenschappelijk afgeleide kennis, dat men steeds warmte in mechanisch arbeidsvermogen kan omzetten, zoodra er een temperatuurverschil bestaat. De vraag ligt nu voor de hand, of het mogelijk zal zijn de energievoorraad, vertegenwoordigd door de kleine temperatuurverschillen op aarde, b.v. in het zeewater aanwezig en dus door de zon geleverd, te benutten.

Langen tijd echter meende men, dat die temperatuurverschillen te klein waren. D'Arsonval berekende echter reeds, hoe men met een bepaalden vloeistof werkende, een overdruk van twee atmosferen zou kunnen verwezenlijken, wanneer men een machine construeerde, waarbij het warme en het koude reservoir zich resp. zouden bevinden in het water van den put van Grenelle van 30° 1)

1) In dit artikel worden steeds Celsius graden bedoeld.



De buis van Claude-Boucherot

en in het water van de Parijsche waterleiding van 15°. Door het verschil in dampdruk, dat de vloeistof in de reservoirs bij deze verschillende temperaturen heeft, zou de werkzame druk ontstaan.

Ook berekeningen van den Franschman George Claude gaven tot resultaat, dat de temperatuurverschillen, zooals die in het zeewater voorkomen, groot genoeg zijn om er een machine mee te drijven.

Claude wijst verder op een voordeel van deze natuurlijke temperatuurverschillen nl. hun constantheid.

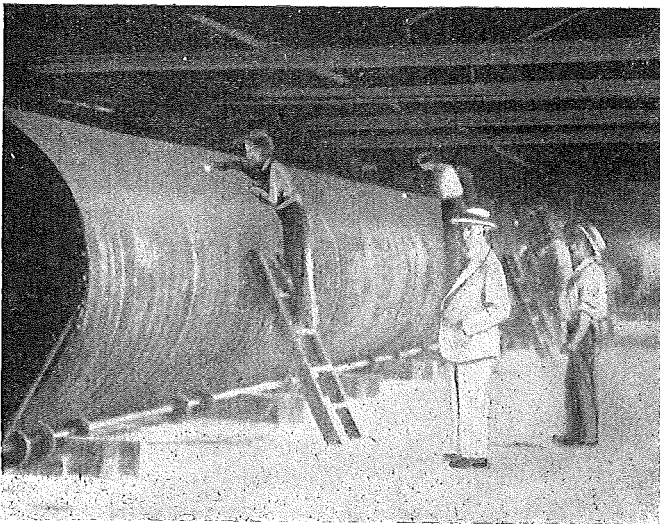
Het is bekend, dat zelfs aan den aequator op groote diepten koude stroomingen bestaan, die uit de poolstreken komen. Deze stroomingen hebben een vrij constante lage temperatuur van 4° à 5° C. met een variatie van niet meer dan 3° in den loop van het jaar. De temperatuur van de bovenlaag van het zeewater wordt ook regelmatig in de nabijheid van den evenaar. Zij varieert tusschen 26° en 30°, zoodat men hier een merkwaardig constant temperatuurverschil heeft.

Om de kleine temperatuurverschillen te gebruiken ontwierp Claude in samenwerking met Boucherot niet een stoommachine, maar een stoomturbine volgens het type van die van Laval.

Hierin wordt de potentiële energie van het verdampte water niet rechtstreeks omgezet in mechanischen arbeid,



In de baai van Matanzas



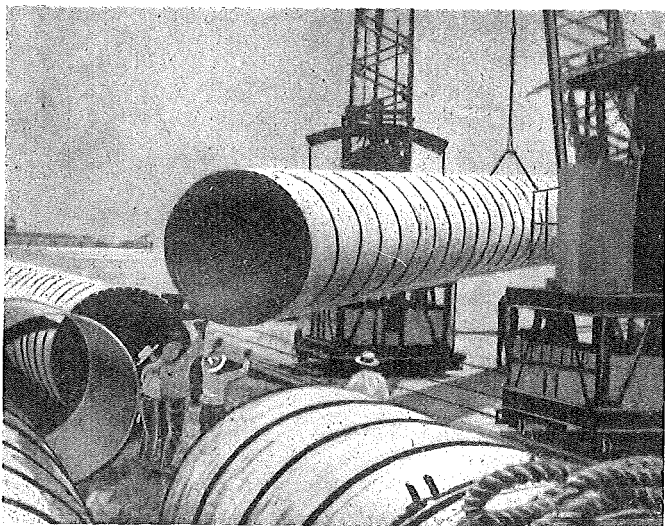
Vervaardiging der buisgeledingen

maar eerst in kinetische energie van den dampen deze wordt weer, voor een deel althans, overgedragen op de schoepen van een turbine op dezelfde wijze als dit gebeurt met de kinetische energie van het water in een waterturbine.

Een voorbereidende proef werd gedaan met een Laval turbine, die voor heel andere drukken geconstrueerd was nl. om te werken met een overdruk van 20 atm. en dus zeker niet zoo goede resultaten gaf als een speciaal voor kleine drukken geconstrueerde turbine zou hebben gedaan.

Deze turbine nu werd verbonden aan de eene zijde met een ruimte met 20 L. water van 28°, aan den anderen kant met een ruimte gevuld met stukjes ijs. Uit de eerste ruimte wordt de lucht weggepompt. Zoodra nu de druk komt beneden de dampspanning van water van 28°, begint het water hevig te koken. De damp gaat door de turbine naar de koude ruimte, waar een lagere druk heerscht en condenseert zich daar op het ijs. De turbine wordt hierdoor in beweging gezet en bereikt binnen korten tijd een snelheid van 5000 omwentelingen per minuut. Zij drijft een dynamo en door deze worden drie elektrische lampjes van 2,5 volt tot gloeien gebracht. Deze gaan na 8 à 10 minuten uit, wanneer het water door het koken beneden 20° is afgekoeld.

Volgens dit principe construeerden Claude en Boucherot een turbine speciaal om te werken met de tempe-



Transport en Montage

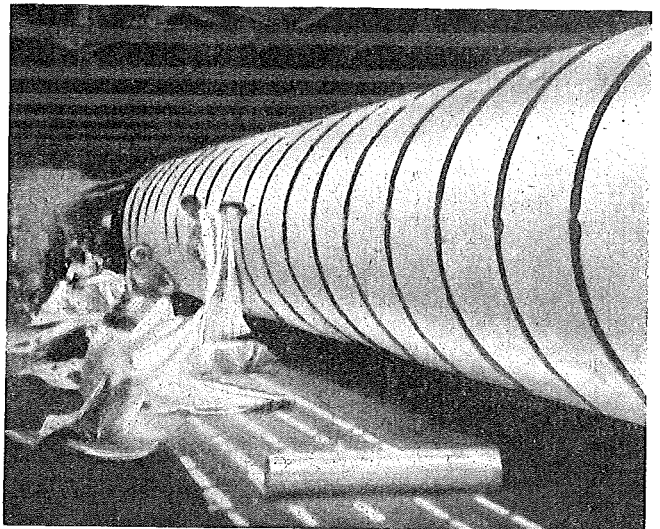
ratuurverschillen van ongeveer 20° van het zeewater. Het merkwaardige is, dat men hier een dampturbine zou hebben, waarbij de te gebruiken warmte niet toegevoerd wordt door een uitwendige warmtebron, maar door de bovenste laag van het kokende water.

Zoodra het water eenige graden afgekoeld is door het koken, moet het natuurlijk door nieuw vervangen worden. Het warme water moet dus door het reservoir boven de turbine heenstromen. Ook moet het water in het koude reservoir natuurlijk voortdurend ververscht worden, wat veel water vereischt. Maar heeft niet juist bij de kleine temperatuurverschillen de natuur ons een groote hoeveelheid water zoowel van de hooge als van de lage temperatuur geschonken? Hier mogen enkele uitkomsten van thermodynamische berekeningen volgen:

Voor adiabatisch verloopende processen (zonder toevoer van warmte) vond men:

Waterdamp ontstaan uit water kokende bij 24° C., d.i. onder een druk van 0,03 atm. en stroomende naar een ruimte met lucht van 0,01 atm., krijgt een stroomsnelheid van 500 M. per seconde.

Waterdamp ontstaan uit water kokende bij 360° C.,



Het isoleeren van de buis

d.i. onder een druk van 15,5 atm. en stroomende naar een ruimte, waar een druk heerscht van 2,4 atm., krijgt een snelheid van 925 M. per seconde.

Een verrassend klein verschil!

Na voorbereidende proeven in het laboratorium van Claude, heeft deze met Boucherot een model-inrichting gemaakt te Ougrée Marihaye in de buurt van Luik met medewerking van de „société d'Ougrée Marihaye”. Twee waterreservoirs, ieder van 100 M<sup>3</sup>. zijn hier met Maaswater gevuld; het eene behoudt de temperatuur van de rivier; het andere wordt verhit tot 15° of 20° boven deze temperatuur.

Evenals bij alle turbines is het constant blijven van den druk in het lage druk reservoir van het grootste belang. Vandaar dat met bijzondere zorg het water vóór het binnenstromen in de turbine van gassen gezuiverd wordt. De inrichting te Ougrée Marihaye was klaar 25 April 1929 en hoewel de temperatuur van het Maaswater op dien datum reeds hooger was dan in de berekeningen was aangenomen, haalde de dynamo haast vanaf den eersten dag het verwachte aantal kilowatts nl. 50 en bleef dit behouden. Wel een bewijs voor het goed

constant blijven van het vacuüm. De machine was zeer mooi regelbaar. Zoodra men de pomp, die het koude water aanvoerde, langzamer liet werken, volgde de turbine onmiddellijk om ten slotte stil te staan, zoodra de drukkingen aan beide zijden gelijk waren geworden. Op dezelfde gelijkmatige wijze gaat zij weer sneller werken, zoodra de pomp weer sterker pompt.

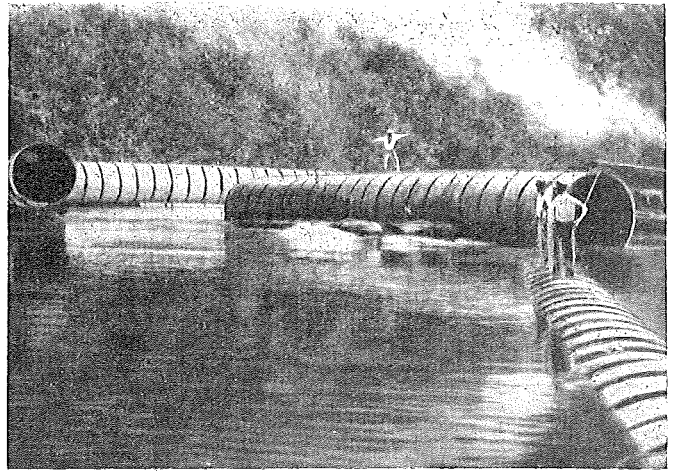
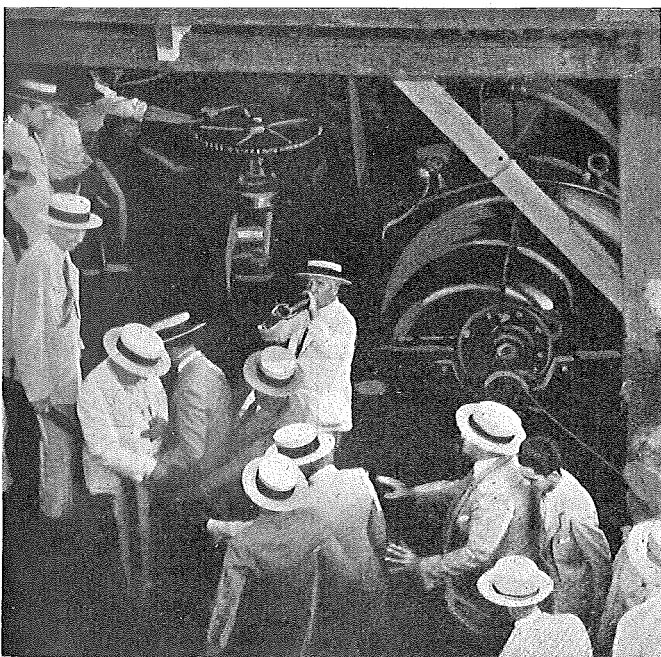
Na deze voorloopige successen wendden Claude en Boucherot zich tot het tweede belangrijke deel van hunne onderneming nl. tot het hydrografische. De plaats van uitvoering moest aan verscheidene eischen voldoen. In de eerste plaats moest op een plek niet te ver van de kust een voldoende groot en constant temperatuurverschil in het zeewater bestaan. In de tweede plaats was het wenschelijk, dat het punt met de lage temperatuur vanaf de kust langs een glooiende bodemlijn te bereiken zou zijn. Immers dan kon de buis die het koudere water uit de diepte naar de oppervlakte moest voeren, over zijn geheele lengte op den bodem rusten en zou zoo weinig hinder ondervinden van zeestroomingen.

Het is den onderzoekers helaas niet gelukt aan deze tweede voorwaarde te voldoen. Zij moesten er zich toe bepalen een plaats te kiezen met weinig zeestroomingen. Als zoodanig viel hun keus op de baai van Matanzas in Cuba, waar de kust eenige kleinere trappen en ten slotte een steile daling van 600 M. vertoont. Hierheen werden de toestellen van Ougrée Marihaye getransporteerd, benevens de stukken der buis, die in Frankrijk gemaakt en in Cuba bekleed en gemonteerd werden.

De buis bestaat uit stukken van een paar meter, die saamgevoegd werden tot gedeelten van 22 M., welke tezamen een lengte van 2 K.M. hebben. De doorsnee heeft een middellijn van 2 M.

Bij het monteren van de buis in den zomer van 1929 ondervond men veel hinder van het slechte weer, waardoor de zee onrustiger dan normaal was. Het moest opgegeven worden de buis in de baai te monteren, zelfs nadat men deze beschut had door het bouwen van een paalwerk, 500 M. lang. Dit toch beschermde wel tegen de golven aan de oppervlakte, maar niet tegen de diepere stroomingen.

Het gewichtige moment vóór de proef



Montage ter plaatse

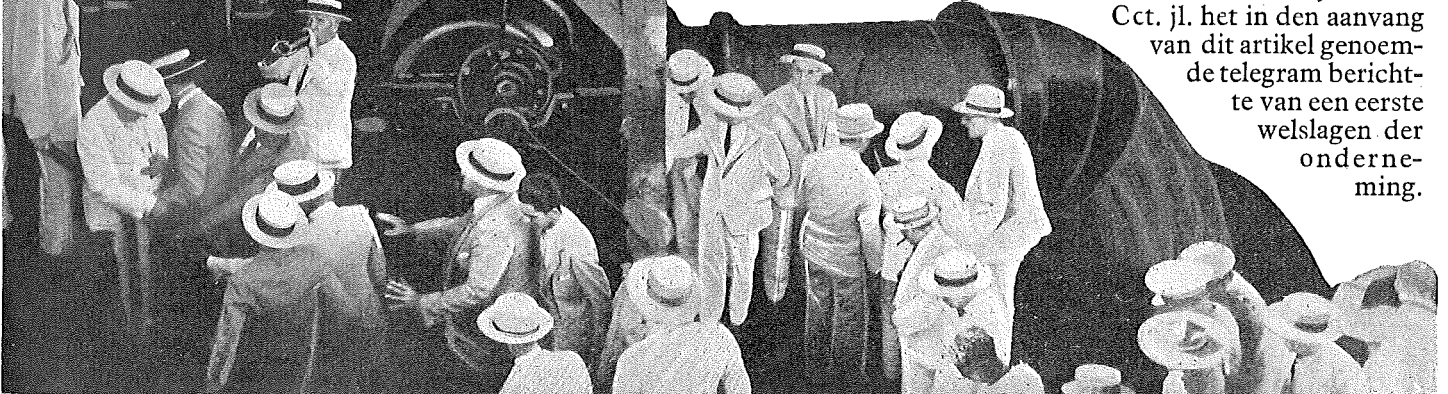
Er werd daarop besloten de buis in elkaar te zetten een eind stroomopwaarts in de rivier de Rio Canimar.

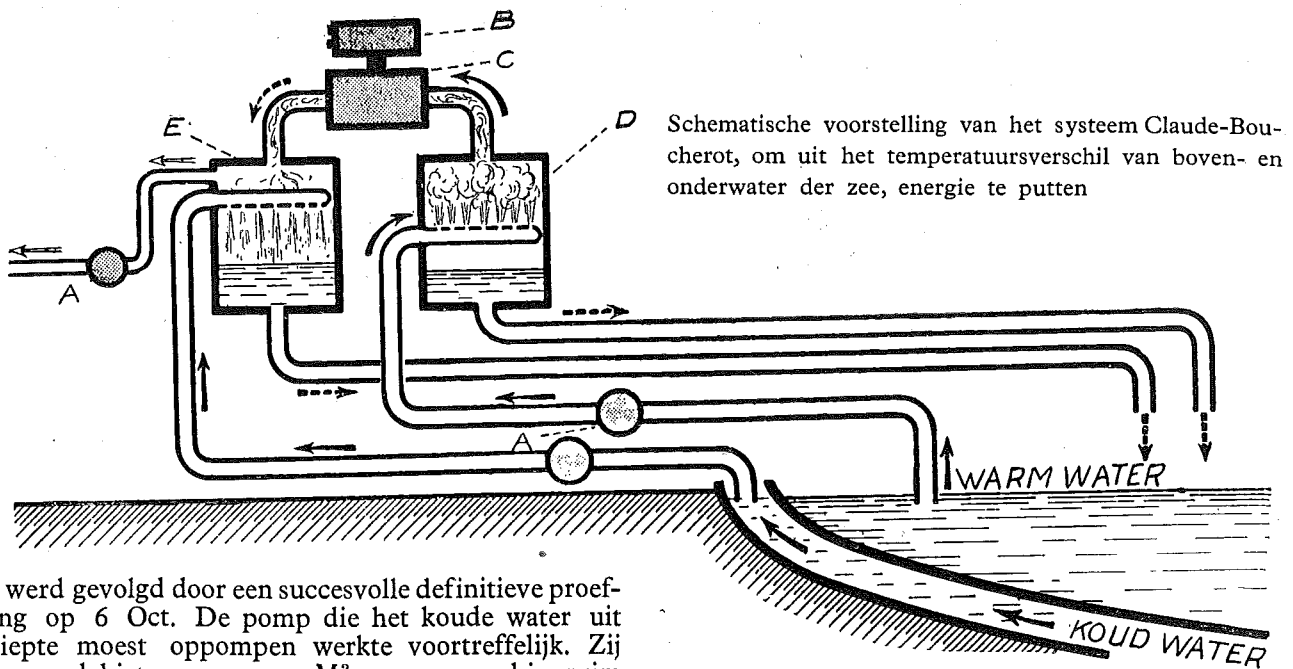
De buis zou nu in haar geheel uit de rivier in zee geslept moeten worden, terwijl men de monding van de Rio Canimar van zandbanken bevrijden moest. De kronkelingen van de rivier leverden niet het minste bezwaar voor het sleepen van de buis. Deze toch is vervaardigd uit plaatijzer 2 m.M. dik en in de dwarsrichting gegolfd. Hierdoor is zij in de lengterichting zeer buigzaam, terwijl zij toch zoo sterk is, dat tijdens de werkzaamheden verscheidene arbeiders erop konden staan zonder haar in te deuken. Aan de buitenzijde werd een bekleeding aangebracht ter voorkoming van verwarming van het opstijgende koude water door de omgeving.

30 Aug. 1929 ligt de buis voor de riviermonding klaar en wacht men op een gunstig oogenblik om in zee te steken. Helaas moet men, daar het slechte jaargetijde voor de deur staat, het erop wagen met een ietwat onrustige zee te vertrekken. Bovendien schijnen enkele misgrepen begaan te zijn bij het sturen van het lange gevaarte, waardoor het een knak krijgt, die zich eerst weer geheel schijnt te herstellen, maar die in volle zee toch de oorzaak wordt van een schipbreuk.

Claude en Boucherot lieten zich echter niet ontmoedigen. Wijzer geworden door deze ondervinding zetten zij de werkzaamheden voort. Met de neerlating van de buis moest tot het volgende mooie jaargetijde gewacht worden. Doch 8 Juni 1930 telegrafeerde Claude aan de Parijsche academie van wetenschappen, dat het hem gelukt was het eerste gedeelte van de buis te doen zinken.

Gedurende den zomer hoorde men geen nieuws uit de baai van Matanzas, totdat 2 Oct. jl. het in den aanvang van dit artikel genoemde telegram berichtte van een eerste welslagen der onderneming.





Deze werd gevolgd door een succesvolle definitieve proefneming op 6 Oct. De pomp die het koude water uit de diepte moest oppompen werkte voortreffelijk. Zij had een debiet van 4000 M<sup>3</sup>. per uur, d.i. ruim 1000 L. per sec. Het water had, bovengekomen, een constante temperatuur van 13°; terwijl op 600 M. diepte de temperatuur 11° bedroeg. De temperatuur van het bovenwater bedroeg 26° en met dit temperatuurverschil van 15° had de turbine een rendement van ongeveer 20 K.W., terwijl iets meer dan 200 L. lauw water per sec. doorstroomde.

Het is niet te verwonderen, dat menigeen een gevoel van teleurstelling niet kon onderdrukken, toen de berichten van een zoo klein rendement spraken.

Deskundigen echter, waaronder niemand minder dan prof. d'Arsonval, de leermeester van Claude, die zooals gezegd, reeds lang geleden op dit gebied werkte, meenen dat men zelfs niet van een slechts gedeeltelijk succes van Claude en Boucherot mag spreken. Volgens hen is het geringe rendement geheel te verklaren en zal de onderneming zeker aan de verwachtingen beantwoorden.

Een der redenen van den geringen geleverden arbeid is, dat véél meer water naar boven gepompt werd, de pompen dus veel meer arbeid verrichtten dan noodig was voor de voorloopig kleine fabriek. Om de toestellen in de fabriek te drijven zou een buis van 70 à 80 c.M. middellijn voldoende geweest zijn. In een zoo nauwe buis zou echter het water veel te veel verwarmd worden op zijn weg naar boven. Bovendien was het van veel waarde ondervinding op te doen met de bij de grootere fabriek te gebruiken buis.

Claude meent te kunnen rekenen op



Geslaagd! — Dr. Claude spreekt zijn helpers toe

een netto rendement van 180 K.W. met een debiet van 1000 L. per sec. en met een temperatuurverschil van 24°, zooals men dat aantreft dicht bij de Zuidkust van Cuba. Daarom is hij druk bezig met plannen voor een grootere fabriek dicht bij Santiago.

De geheele wereld zal zeker met belangstelling uitzien naar het verdere welslagen van de onderneming van Claude en Boucherot, die van zoo groot economisch belang belooft te worden.

#### MERKWAARDIGE JACHT

In „Der zoologische Garten” vertelt O. Antonius, dat in den dierentuin in Weenen-Schönbrunn men de Pelikanen in een deel van den grooten vijver had ondergebracht. Voor een korten tijd liet men de dieren in den geheelen vijver rondzwemmen, die 1½ M. diep is en behalve de watervogels ook ettelijke honderden karpers, zeelten en alen herbergt.

Dit jachtterrein van 1½ M. was hen blijkbaar te diep om te visschen; zij begonnen daar pas mee toen tengevolge van de droogte het water tot op 1,30 M. was gedaald. Bij deze diepte was echter het succes nog nihil. Toen men toevallig dezen zomer een kuifduiker in dien zelfden vijver liet zwemmen, nam men de volgende eigenaardige vertooring waar.

De pelikanen zwommen naast elkaar op een rij met een onderlingen afstand van ongeveer 2 M.; 3 à 4 M. voor hen uit zwom de kuifduiker. Kwam een der pelikanen hem te na, dan dook hij onder en nu bleek de rede dezer opstelling: onmiddellijk begonnen de pelikanensnavels te happen naar de vanden bodem opgejaagde visschen en veelal met succes. Dagelijks kon men dit schouwspel gadeslaan totdat de kuifduiker met 'n wond aan den kop in den vijver dreef.