

TECHNISCH STUDENTEN-TIJDSCRIFT

HALFMAANDELIJKSCH TIJDSCRIFT,
ORGAAN VAN DE CENTRALE COMMISSIE VOOR STUDIEBELANGEN.

Hoofdredacteur: J. J. I. SPRENGER.

Redactie:

J. J. I. SPRENGER,
L. M. VAN DEN BERG,
G. EKAMA,
W. P. VAN ZON,
J. M. VERFF,
S. DE WAARD,
M. C. KORT,

Civiele faculteit,
Bouwkundige faculteit,
Werktuigkundige faculteit,
Scheepsbouwkundige faculteit,
Electrotechnische faculteit,
Scheikundige faculteit,
Mijnbouwkundige faculteit,

Voorstraat 101.
Oude Delft 243.
Dennenweg 5a, Den Haag.
Nieuwe Plantage 74.
Havenstraat 8a.
Van Leeuwenhoeksingel 12.
Poortlandlaan 32.

Vlaamsche Sub-Redactie:

M. STEENBRUGGE,
M. VAN DER HAEGHEN,

Werktuigkunde,
Burgerlijke Bouwkunde,

St. Machariusstraat 1, Gent.
Coupure 155, Gent.

Luchtvaart: A. G. VON BAUMHAUER, Van Leeuwenhoeksingel 5.

en met welwillende medewerking van verscheidene Hoogleraren aan de T. H.

Abonnementsprijs per jaar f 4,—.

Druk en Administratie Technische Boekhandel en Drukkerij J. WALTMAN JR., Delft.

5^e Jaargang. N^o. 10. 1 Mei 1915.

Het auteursrecht van dit tijdschrift wordt
gewaARBORGd door de Auteurswet 1912.

Alle berichten en mededeelingen zijn buiten
verantwoordelijkheid van de Redactie.

Inhoud.

Vraagstukken uit de voorgeschiedenis van den mensch,
door Prof. A. J. P. v. d. Broek, Utrecht.

Eenige trillingsproeven in verband met onderwerpen
uit de electrotechniek.

Het tegenwindwagentje.

Ingezonden.

De techniek der hoogere frequenties.

Boekbespreking.

Strikvragen.

Correspondentie.

Berichten en Mededeelingen.

Vraagstukken

uit de voorgeschiedenis van den mensch,
door Prof. A. J. P. v. d. BROEK, te Utrecht.

Naar aanleiding van eene voordracht voor de
Mijnbouwkundige Vereeniging te Delft, op 17 Februari 1915.

De studie omtrent de z.g. voorgeschiedenis van
den mensch, die zoo nauw met de vraagstukken
betreffende de afstamming van den mensch samen-
hangt, is niet van uitsluitend morphologischen aard;
integendeel, eerst de samenwerking van onder-
zoekers en beoefenaars van uiteenloopende studie-
vakken zal hier mogelijkerwijze tot het doel kun-
nen voeren.

Onder deze vakken neemt de geologie eene zeer
belangrijke plaats in.

Aan den morpholoog komt de, in dezen be-
trekkelijk bescheiden, taak toe de verschillen en
overeenstemmingen in bouw tusschen vroeger ge-
leefd hebbende en tegenwoordig levende vormen
van den mensch op te sporen en te beschrijven.

Aan deze studie knoopt zich als van zelve vast
het onderzoek naar datgene wat, hetzij bij de
skeletten, hetzij afzonderlijk daarvan, van mensche-
lijke kultuur uit overoude tijden bewaard gebleven is.

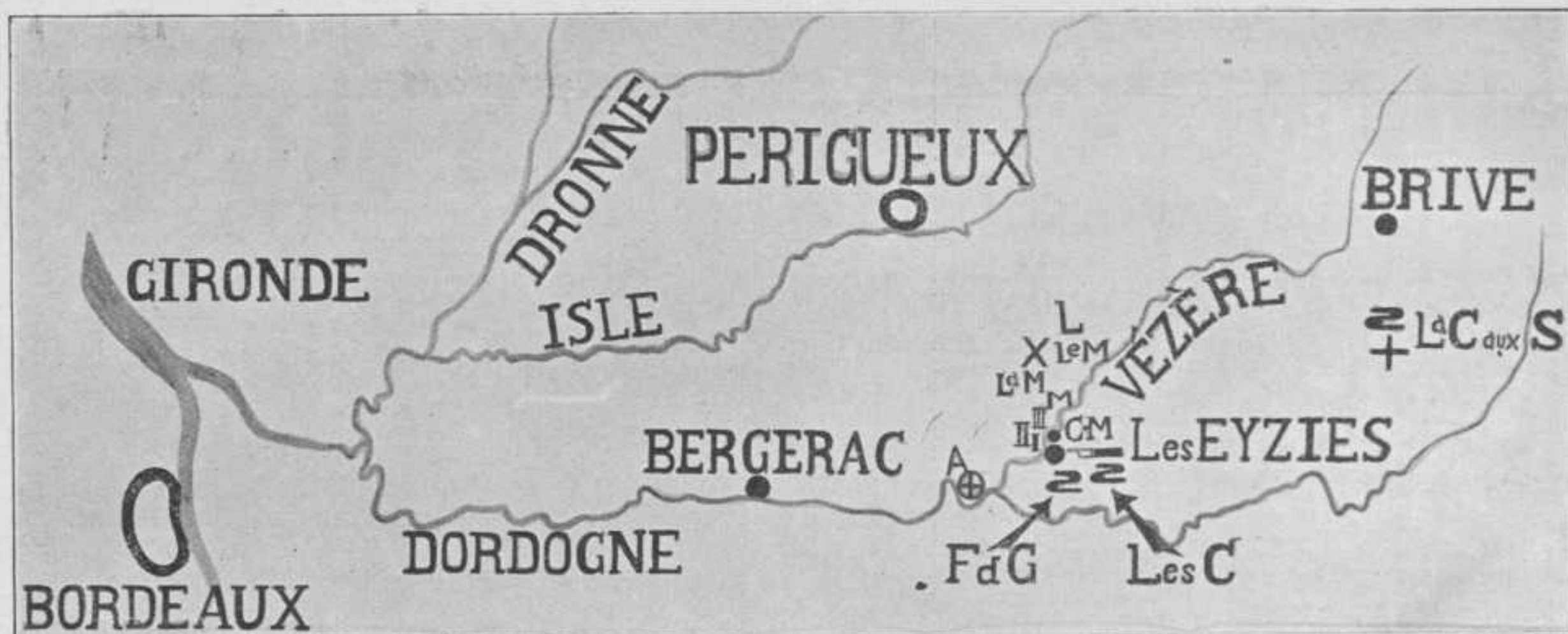


Fig. 1. Schetskaartje van de omgeving van les Eyzies, met aanduiding van plaatsen, waar skelet-, resp. kulturresten van diluviale menschen worden aangetroffen.

L. Longueruche: kultuurlaag Magdalenien.
 Le M. te Moustier, vindplaats van den *Homo mousteriensis*, (*Neanderdaltras*), en *Acheuléen* en *Moustérien* kultuurlagen.
 La M. la Madeleine.
 M. Magdalenienkultuurlaag.
 I. Lagerie haute. Magdalenien.
 II. Lagerie intermédiaire. Solutréen.
 III. Lagerie basse. Magdalenien, Solutréen.
 C. M. Vindplaats der *Cro-Magnon* skeletten.

A. Vindplaats van den *Homo Aurignacensis* Hauseri. (Zie fig. 2).
 Solutréen, Aurignacien, en *Moustérien* kultuurlagen.
 F. d. G. Grot van Font de Gaume. Grotwandschilderingen. (Zie fig. 7).
 Les C. Grot van Combarelles. Enkele dierfiguren.
 La C. aux Saints. Grot van la Chapelle aux Saints met vindplaats van een skelet van 't *Neanderdaltras*. (Zie fig. 3).

Het is de taak van den geoloog in de allereerste plaats ons in te lichten omtrent den ouderdom, zoo wel den relatieven als zoo mogelijk den absoluten, en omtrent den aard der lagen waarin overblijfselen van menschen of van menschelijke kultuur worden gevonden.

Het is verder de taak van den geoloog, zooals wij straks nog nader zullen zien, de z.g. kultuurperioden van den mensch ten opzichte der geologisch te omschrijven aardperioden (ijstijden, tusschenijstijden, enz.) nauwkeurig te bepalen en deze bepalingen voor verschillende landen met elkaar in overeenstemming te brengen.

Doch er is meer. De palaeontologie, zoo nauw met de geologie verwant, moet uit de beenstukken die bij menschelijke skeletstukken of in lagen met menschelijke kulturresten worden aangetroffen, de dieren reconstrueeren, die met die menschen gelijktijdig hebben geleefd, wier vleesch hun tot voeding, wier huid misschien hun tot dekking en wier beenderen, tanden of geweien hun wellicht tot wapen, werktuig of versiering hebben gediend. Uit die dieren- en daarnevens uit de plantenresten zijn tevens belangrijke gegevens te verkrijgen

voor de bepaling van het klimaat. Zoo zullen b.v. *Elephas antiquus*, *Hippopotamus*, enz. op een hooge temperatuur, rendier, *Elephas primigenius*, enz. op een koud klimaat wijzen.

Eindelijk zal de geologie ons bekend hebben te maken met de verdeeling van land en water in de tijden, die wij bestudeeren. De kennis der groote landverbindingen tusschen Europa en Afrika, verbinding tusschen Engeland en het vasteland van Europa, zooals die tijdens het diluvium bestonden, zijn voor de bestudeering der verbreiding en der verplaatsingen van menschen en menschenrassen in Europa van het grootste belang.

Het is mijn doel u in korte trekken bekend te maken met de voornaamste fossielen van den mensch, met het een en ander van datgene wat wij van de kultuur der oudste, ons bekende menschen zijn te weten gekomen en u een blik te doen slaan in de bewonderenswaardige uitingen hunner kunst. Dit korte overzicht moge dan een aanleiding zijn, enkele vraagstukken van meer geologischen aard op den voorgrond te brengen.

Fossiele menschenresten zijn ons uitsluitend uit de laatste aardperiode, het quartair, bekend.

Deze periode wordt, zooals bekend is, in twee deelen verdeeld, het diluvium en het alluvium. Alleen over diluviale menschen (resp. menschenresten) zal ik spreken.

Dat het diluvium gekenmerkt is geweest door eene, aan het einde der tertiaire aardperiode beginnende, verlaging der gemiddelde temperatuur, die tot eene geweldige uitbreiding der gletschers, zoo wel der arctische als van die van alpen en pyrenaeën, aanleiding heeft gegeven, mag voor u wel als bekend worden verondersteld. Evenzoo, dat in Europa ongeveer de 50° breedtegraad den zuidelijken rand der arctische gletschers gevormd heeft.

Over den duur en de indeeling der ijstijd zal ik straks spreken.

Nemen wij de evengenoemde uitbreiding der gletschers in aanmerking, dan ligt de verwachting voor de hand dat in hoofdzak midden-Europa en daarvan in het bijzonder Frankrijk, nl. die gebieden, die ijsvrij gebleven zijn, ons de resten van diluviale menschen zullen leveren.

Frankrijk vooral is het land bij uitnemendheid voor de studie van de voorgeschiedenis van den mensch; en ik wil u aan de hand van eene reisbeschrijving uit Zuid-Frankrijk een kort overzicht over de voornaamsten vondsten geven.

Het gebied, dat ik met 't oog op praehistorische vondsten eerst beschrijven wil, vindt men in het nevenstaande schetskaartje (figuur 1) afgebeeld.

Het dorpje *Les Eyzies de Tayac*, aan de, door een sterk gekronkeld dal verloopende Vézère gelegen, is daarom als uitgangspunt van belang, omdat in de buurt ervan in 1868, bij den aanleg van een spoorweg in een „abris sous roche” een vijftal skeletten is gevonden, die, door *Lartet* beschreven, sinds dien bekend zijn onder den naam van het ras van *Cro-Magnon*. (Fig. 1. C. M.)

Dit jong diluviale ras komt in het algemeen

met den tegenwoordig levenden mensch overeen. Het moet in Europa eene vrij groote verbreiding gehad hebben, want uit Frankrijk, Italië, België, Spanje en Duitschland zijn thans vondsten bekend, die de aanwezigheid van dit ras aantonen.

Zeker niet veel verschillend van het Cro-Magnonras, en evenzoo tot jong diluviale lagen beperkt is de vorm die, na de ontdekking in 1910 door *O. Hauser* als de *Homo aurignacensis hauseri* bekend is geworden (figuur 1 bij A). Het betreffende skelet werd onder een abri sous roche, waarvan figuur 2 eene schematische doorsnede vertoont, door den evengenoemden onderzoeker uitgegraven.

Voor eene, uit praehistorisch-anthropologisch oogpunt belangrijken vondst voer ik u naar eene ondiepe grot bij La Chapelle aux Saints, (fig. 1 la C. aux S.) in het Corrèze-dal; waarin in 1908 een

vrij volledig en gaaf skelet werd gevonden en zorgvuldig uitgegraven.

De intactheid der aardlagen, die het skelet bedekken, de vorm der steenen voorwerpen, die erbij werden gevonden, bewijzen den hoogen ouderdom van deze vondst.

Figuur 3 geeft eene doorsnede in

de lengte en in de breedte, van de grot van La Chapelle aux Saints, met eene aanduiding der plaats, waar het skelet werd gevonden.

Uit anthropologisch oogpunt beschouwd, kan van dit skelet gezegd worden dat het behoort tot een ras, hetwelk in zeer vele opzichten van den tegenwoordig levenden mensch verschilt. Het komt in zijne lichamelijke kenmerken overeen met een menschvorm, die als de *Homo neanderthalensis* bekend is; zoo genoemd naar een vondst in het Neanderdal.

Dit ras, dat zonder twijfel ouder dan het Cro-Magnonras is, heeft in het diluvium eene groote verbreiding in Europa gehad. Niet alleen uit Frankrijk, doch ook uit België, Duitschland, Oostenrijk-Hongarije, Spanje zijn vondsten van menschelijke overblijfselen van ditzelfde ras bekend.

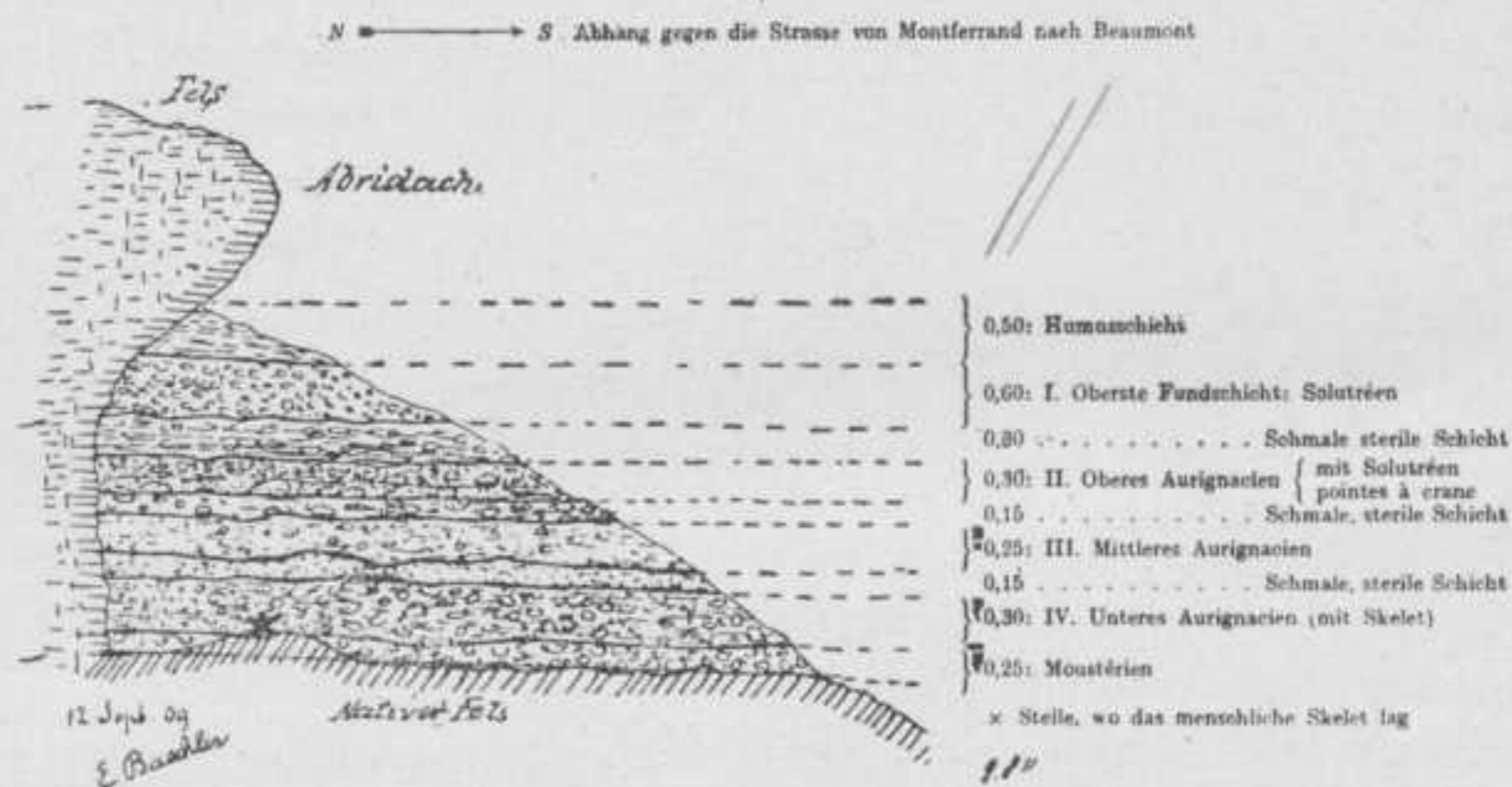


Fig. 2. Profiel van het „Abri sous roche”, waar de *Homo aurignacensis* werd gevonden (X).

(Klaatsch und O. Hauser. *Homo Aurignacensis Hauseri*.
Praehistorische Zeitschrift, 1910).

Het Neanderdalras is thans in Europa uitgestorven.

Voor andere, belangrijke anthropologische vondsten moet ik u naar de omgeving van Mentone voeren. Hier bevinden zich de z.g. Grotten van Grimaldi, wier inhoud in den laatsten tijd op eene systematische wijze onderzocht wordt.

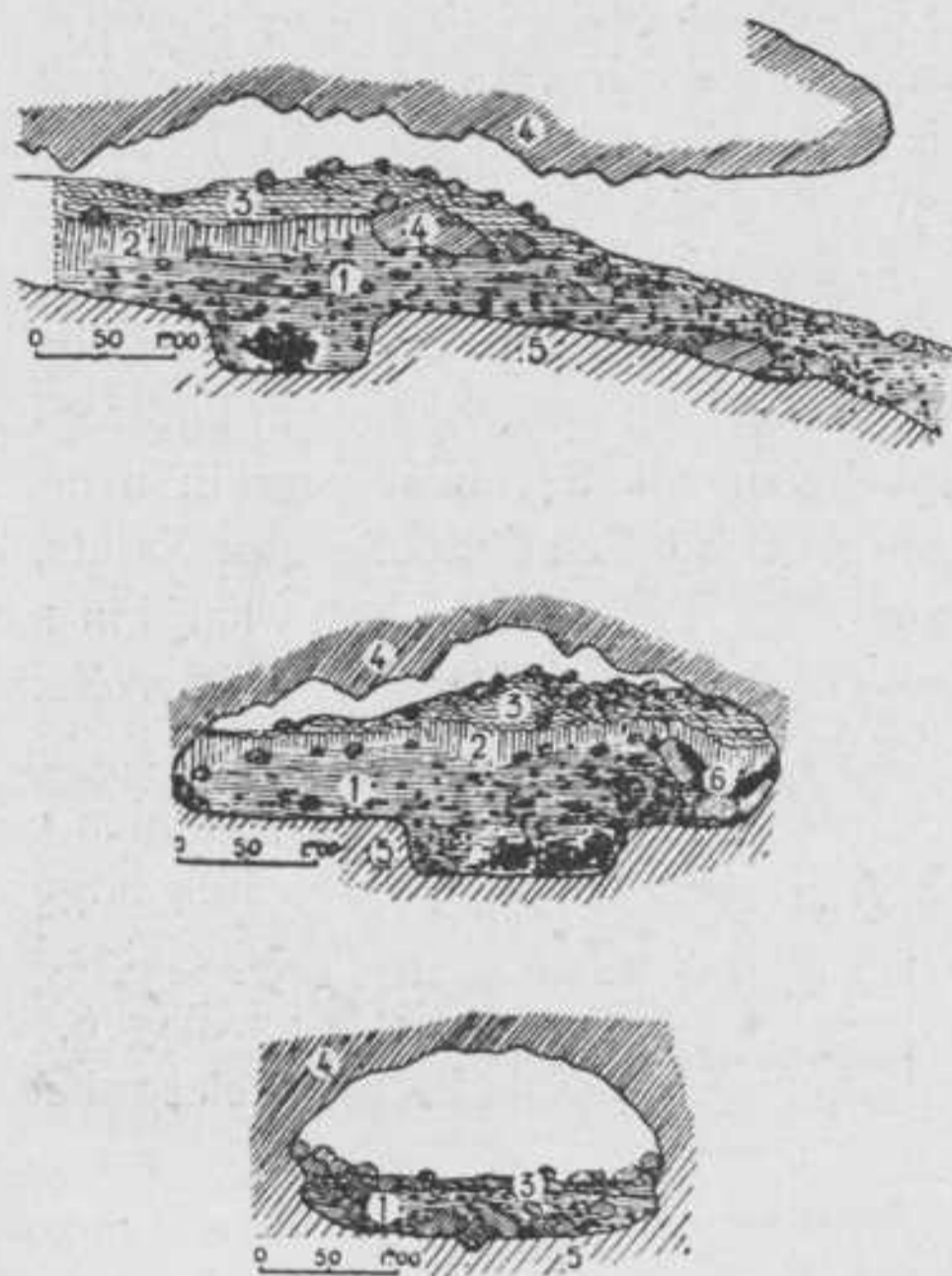


Fig. 3. Doorsneden door de grot van la Chapelle aux Saints.

1. Laag, waarin 't skelet ligt, benevens palaeolithen.
 2. Klei.
 3. Zand en klei (sablo-argileuse).
 4. Rots en rotsblokken.
 5. Bodem.
 6. Aarde met brandresten.
- (M. Boule. *L'homme de la Chapelle aux Saints*).

Bij dit onderzoek zijn een aantal skeletten gevonden, die alle tot het jong diluviale tijdperk behooren; die niettemin bijzonderheden vertoonen, welke kort vermeld dienen te worden.

Daartoe geef ik in figuur 4 eene afbeelding van een deel eener grot-inhoud, die men, als z.g. „témoin” bij de uitgraving laat staan ten einde de aardlagen, hunne opeenvolging, hunne intactheid, enz. te kunnen beoordeelen.

Op deze figuur, die aan de z.g. Grotte des Enfants ontleend is, ziet men door kruisjes aangegeven, de plaatsen waar bij de uitgraving skeletten zijn aangetroffen. Terwijl het bovenste kruisje de plek aangeeft, waar een tot het Cro-Magnonras behorend skelet werd gevonden, lagen op de plaats,

die door het onderste kruisje wordt aangegeven, \pm 8 Meter onder de andere vindplaats, een tweetal skeletten die, anthropologisch gesproken, van de tot dusver genoemde rassen, verschilden.

Het gezichtsskelet van de beide schedels herinnerde zoo sterk aan dat van het negerras, dat op grond daarvan de benaming van het *negroïde ras van Grimaldi* voor dezen menschvorm is ontstaan.

Tenslotte moet ik U, ter bespreking van nog een uiterst belangrijken anthropologischen vondst, naar het dorpje Mauer bij Heidelberg voeren.

Hier werd in eene zandgroeve, die sedert 1872 wordt afgegraven, en die reeds belangrijke fossielen (einde tertiair) had opgeleverd, in October 1907 op ruim 24 M. onder de oppervlakte een menselijke onderkaak gevonden. Figuur 5 geeft een profiel van den wand der zandgroeve, waarin de vindplaats der kaak met een kruisje staat aangegeven. De menschvorm, aan wien deze kaak heeft toebehoord, is als *Homo Heidelbergensis* bekend. Zij is op het oogenblik de oudste ons bekende fossiele menselijke rest.

Dit zeer globale overzicht der vormen van menselijke skeletresten uit het diluvium samenvattend, kan men twee jong diluviale vormen (Cro-Magnonras, negroïderas) en twee midden (resp. oud?) diluviale rassen (Neanderdalras en *Homo Heidelbergensis*) onderscheiden.

Over den samenhang dezer rassen en de vragen die zich daaraan vastknoopen zal ik straks uitwijden.

Om aan te toonen, dat menschen op bepaalde plaatsen en in bepaalde tijden geleefd hebben, is het niet strikt noodzakelijk, dat men lichaamsresten van die menschen terugvindt; want ook het aantreffen van voorwerpen, die uitdrukking zijn van menselijke kultuur, zijn geheel voldoende om tot de aanwezigheid van den mensch te besluiten.

Zulke voorwerpen nu kent men, in den vorm van werktuigen, wapens, in veel grooter aantal dan skeletresten, uit verschillende tijdperken van het diluvium. Zij bestaan in hoofdzaak uit stukken vuursteen (silex), waaraan door slag of druk bepaalde vorm is gegeven. De geheele periode wordt, met het oog op de aldus bewerkte steenen, het palaeolithicum genoemd.

Men kan aan de steenen werktuigen en wapens eene voortschrijdende verbetering in de bewerking aantoonen, indien men steenlagen van verschillenden

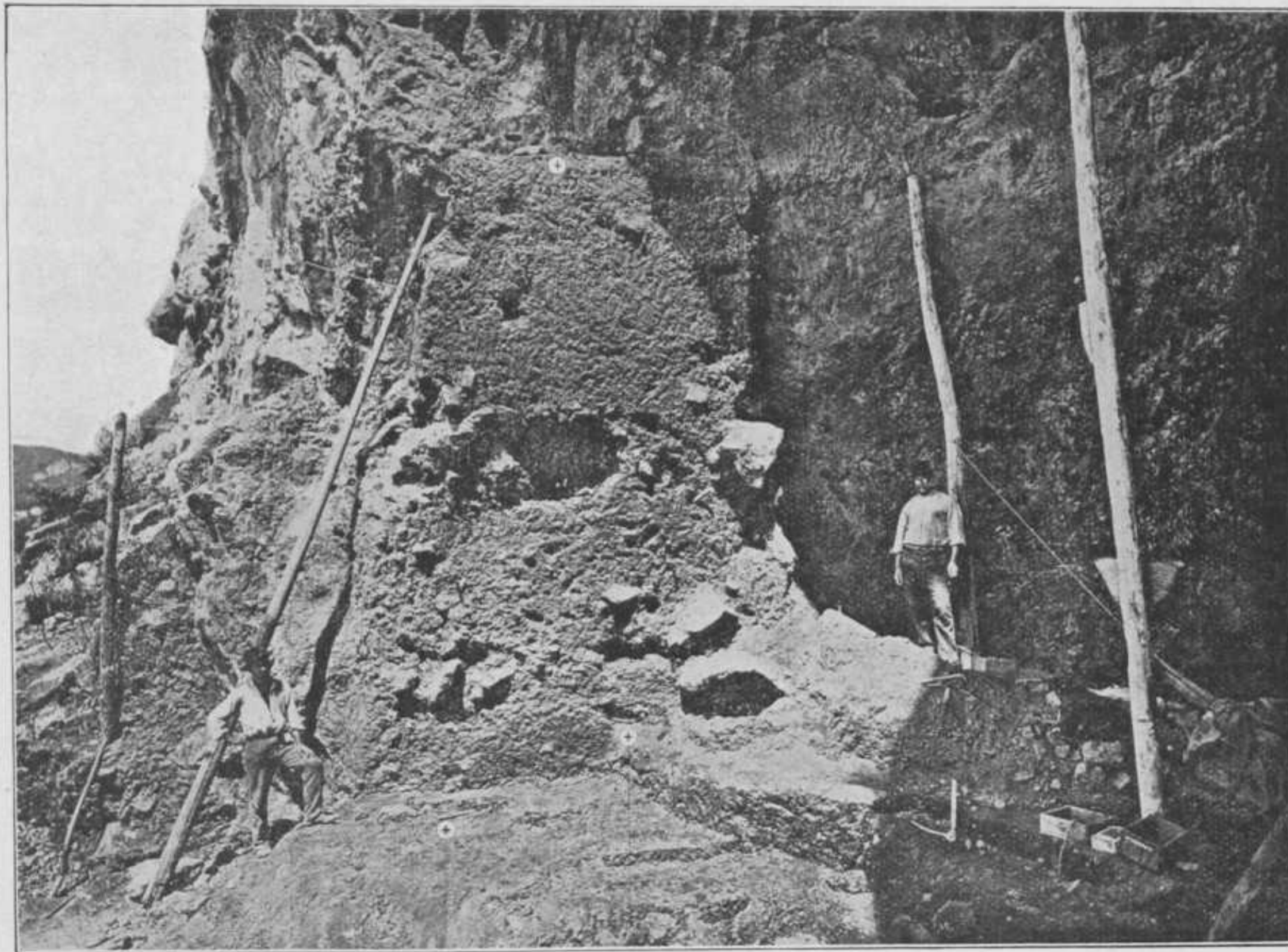


Fig. 4. Profiel der „Grotte des Enfants” bij Mentonne. (Les grottes de Grimaldi). Tome I. (M. Boule. Geologie et palaeontologie).

ouderdom onderzoekt. De verschillen in vorm, in oppervlakte, in randbewerking der steenen zijn zoo karakteristiek, en keeren, op verschillende vindplaatsen, zoo regelmatig weer, dat men er aanleiding in heeft gevonden, de aardlagen waarin zij gevonden zijn, te benoemen naar den vorm der silexwerktuigen, die er in gelegen zijn.

Het is ook in deze wijze van indeeling der tijdperken van de diluviale menschen dat Frankrijk is voorgegaan; zoodat de namen der kultuurlagen aan vindplaatsen in Frankrijk ontleend zijn. De oudste, dus het diepst onder de oppervlakte gelegen laag, waaruit dergelijke steenen, palaeolithen, te voorschijn gebracht zijn, draagt den naam van *Chelléen* (gen. n. Chelles). Het zijn groote, ruw bewerkte stukken vuursteen, waaraan eerst het geoefende oog de bewerking onmiddellijk herkent.

De op het Chelléen volgende kultuurperiode, het *Acheuléen* (St.-Acheul) vertoont een reeds belangrijk hogere kultuur in dien zin, dat de steenen voorwerpen een intensievere bewerking doen zien en een grootere verscheidenheid van vorm

vertoonen, die ze voor verschillende doeleinden geschikt maakt.

Het is niet wel mogelijk hier de verschillende kultuurperioden, die men in het palaeolithicum onderscheidt, uitvoerig te bespreken en de voor die verschillende perioden kenmerkende vormen te beschrijven. ¹⁾ Eene korte opsomming moge daarom volstaan.

Op het Acheuléen volgt het *Moustérien* (naar le Moustier); en dan achtereenvolgens het *Aurignacien* (Aurignac) *Solutréen* (le Solutré) en het *Magdalénien* (la Madeleine); die elk door bepaalden vorm en karakteristieke bewerkingswijze van de vuursteen gekenmerkt zijn.

In fig. 6 is eene verzameling karakteristieke palaeolithen uit het Solutréen afgebeeld.

Tenslotte wijs ik met een enkel woord op de

¹⁾ Vuursteenen uit verschillende kultuurperioden werden gedemonstreerd; evenals de vindplaatsen van diluviale skeletten en van groote wandschilderingen door projectie van afbeeldingen werden toegelicht.

kunstuitingen die ons van diluviale menschen zijn bekend geworden.

Menschen in jong diluviale tijden hebben de wanden hunner grotten beschilderd met een groot aantal dierfiguren, onverklaarbare teekens, enz. Reeds een vrij groot aantal (± 40) grotten zijn ons thans in Zuid-Frankrijk en Spanje bekend, die dergelijke wandschilderingen bezitten. De belangrijkste onder deze is wel de grot van Font de Gaume (fig. 1 F. d. G.), het z.g. diluviale Louvre, een bezoek overwaard. Dat inderdaad de figuren, die op de wanden dezer grotten aangebracht zijn, van hoogen ouderdom zijn; uit het diluvium stammen wordt o. a. daardoor bewezen dat onder de afgebeelde dieren er verschillende voorkomen, die karakteristiek voor het diluvium zijn en thans op de plaatsen dier grotten zijn uitgestorven.

Ter illustratie kies ik eene afbeelding van een rij van dierfiguren, waarin het niet moeilijk valt de omtrekken van bisons, mammothen en paarden te herkennen. (fig. 7).

Het voorgaande, schetsmatige overzicht dat ik U aan de hand der projecties gaf van de menschelijke skeletresten uit het diluvium, evenals van de kultuurresten in den vorm der behouwen vuurstenen (palaeolithen) was bedoeld als eene inleiding tot enkele vraagstukken, waarop ik uwe aandacht zou willen vestigen; vraagstukken waaruit, naar ik hoop, moge blijken dat de studie van de praehistorie van den mensch ook voor den geoloog van een groot belang is.

Allereerst dringt zich de vraag aan ons op, hoe lang het einde van den (laatsten) ijstijd achter ons ligt.

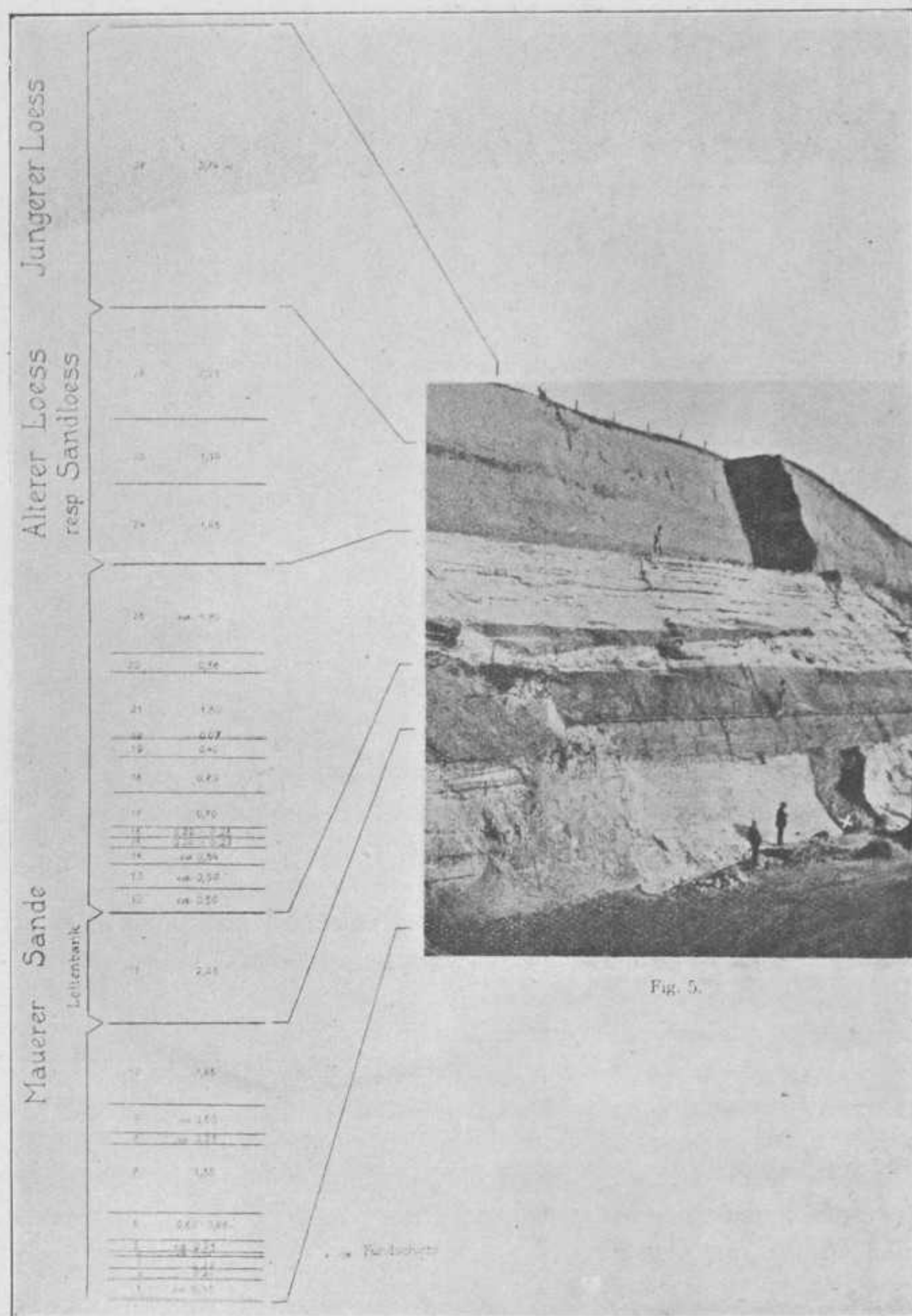


Fig. 5. Profiel eener zandgroeve bij Mauer.
(X) Vindplaats van de onderkaak van den *Homo heidelbergensis*.

Reeds bij de pogingen tot beantwoording dezer vraag, die wij in hoofdzaak aan geologisch en palaeontologisch onderzoek te danken hebben, treden groote meeningsverschillen op den voorgrond.

NUESCH en HEIM rekenen den tijd van thans tot aan het Bühlstadium (Magdalénien-kultuur) op 16000 à 20000 jaar.

OBERMAIER schat het tijdperk der Magdalénien-kultuur evenzoo ongeveer 16000 jaar geleden. Waar deze onderzoeker de lagen, waarin de

steen van Solutréen en Aurignacienkultuur worden gevonden, nog tot het postglaciaal rekent, en deze beide perioden ieder op 5000 jaren schat, zou de laatste ijstijd zeker 26000 jaar achter ons liggen. Volgens dezelfde berekening zou dan het Chelléen 50000 jaar geleden zijn, en de ouderdom van den Homo Heidelbergensis op minstens 100000 jaar zijn te stellen. Dat ook andere opvattingen bestaan, zal straks blijken.

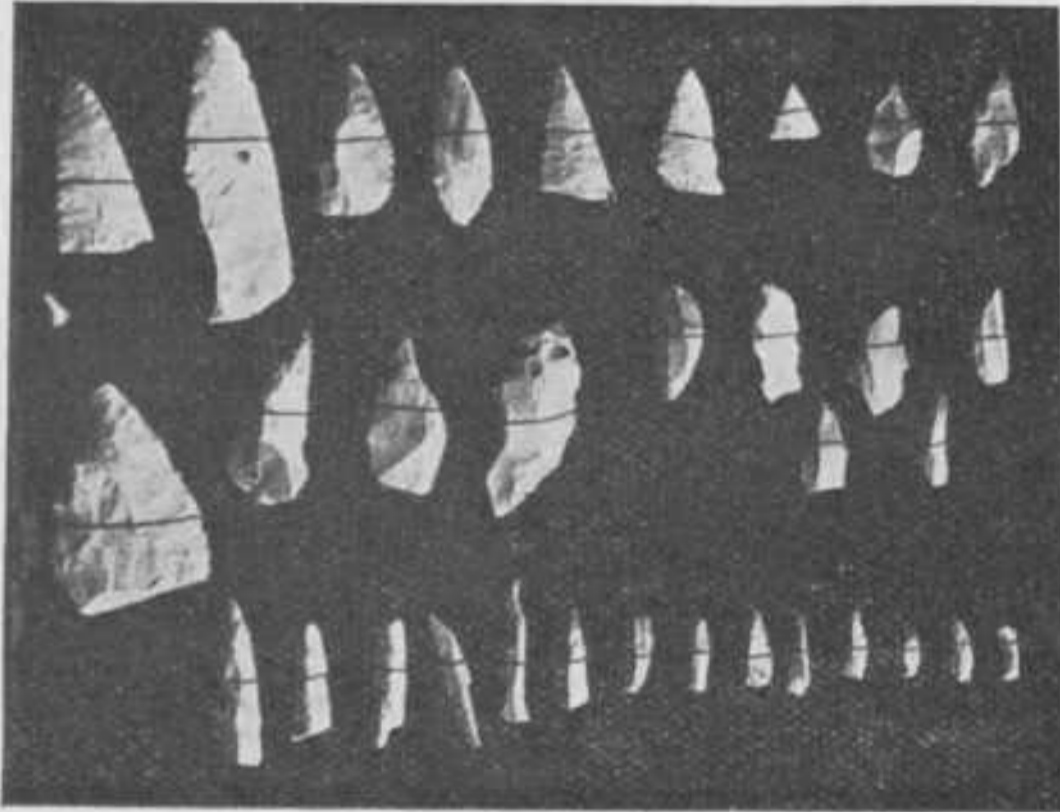


Fig. 6. Palaeolithen. Solutréen.

Moeilijker nog wellicht dan de bepaling van den tijd die verliep sinds de laatste uitbreiding der gletschers, is de berekening van den duur van den geheelen ijstijd, resp. complex van ijstijden en interglaciale perioden.

De meest bekende autoriteit op het gebied der studie van het diluvium, PENCK neemt, zooals algemeen bekend is, 4 ijstijden, gescheiden door 3 interglaciale perioden, aan.

De geheele duur dezer 4 ijstijden begroot PENCK op $\frac{1}{2}$   1 miljoen jaar.

Een korteren duur, nl. 139000 jaar, wordt door RUTOT verdedigd; doch ook grootere getallen, zooals 350000 jaar (HILDEBRANDT), 1290000 jaar (PILGRIM) worden opgegeven. Kan men eigenlijk geen denkbeeld vormen van den duur der tijden in welke menschen in Europa moeten hebben geleefd, wanneer men een der bovenstaande berekeningen tot grondslag zijner opvattingen maakt, geheel anders klinken de beweringen van HOLST, die op grond van geologisch en palaeontologisch onderzoek het einde van den ijstijd 13000 jaar terug verlegt, en, de vier ijstijden verwerpende, slechts  en enkele ijstijd aanneemt, die \pm 17000 jaar geduurd kan hebben; zoodat het einde der tertiaire aardperiode eerst 30000 jaar achter ons zouden liggen.

Een tweede vraagstuk dat zich voordoet, en waarvan wij de beantwoording van de geologie te verwachten hebben, is dat van de rangschikking der kultuurperioden van den mensch, zooals die zoo straks met enkele woorden zijn aangegeven, ten opzichte van de ijstijden en van de tusschenijstijden.

Doch niet alleen dit. De geologie zal het verband, in chronologisch opzicht, van bepaalde kultuurlagen uit landen die niet door ijs bedekt zijn geweest in 't diluvium (zooals Frankrijk) en uit landen waar dit (althans gedeeltelijk) wel het geval is geweest (zooals Duitschland) hebben vast te leggen.

Omtrent dit vraagstuk, en het belang ervan ook in een ander opzicht zal ons straks blijken, is nog in het geheel geen overeenstemming verkregen tusschen verschillende onderzoekers.

Reeds de pogingen om, sedert PENCK's opstelling van het vier-ijstijden-systeem voor de alpine-vergletschering verband te brengen tusschen de ijs-

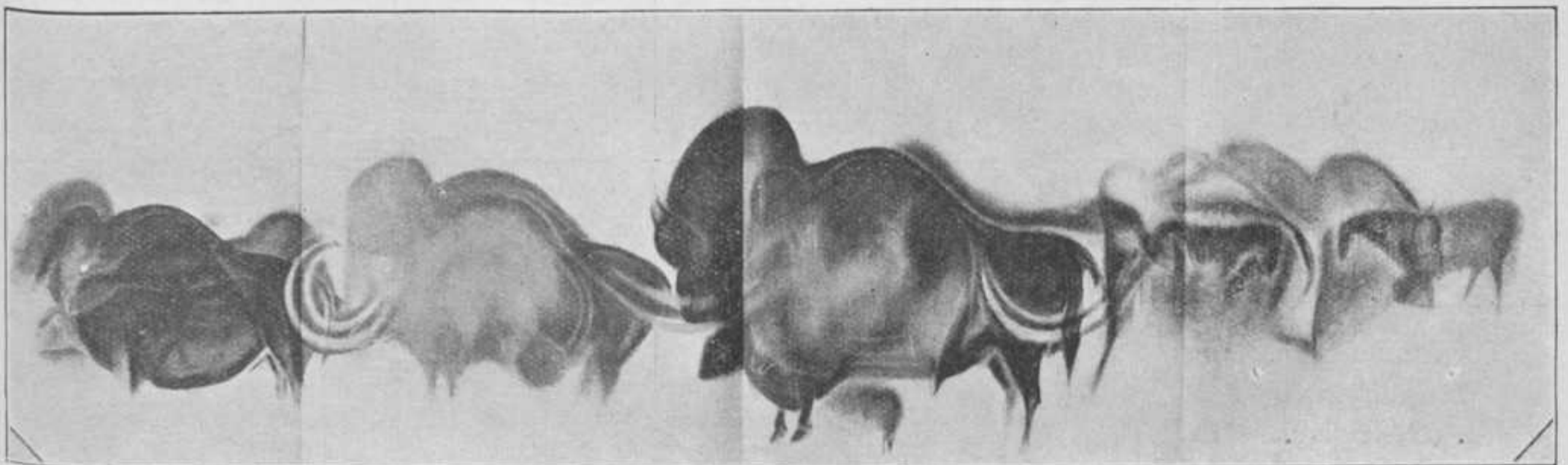


Fig. 7. Afbeelding van Elephas primigenius, Bison, Equus, etc. Grot van Font de Gaume.

bedekkingen van de alpen uitgaande en de arctische gletschers, hebben niet tot eenstemmigheid gevoerd. Zoo vindt ik in recente literatuur twee opgaven, die voor Noord-Duitschland drie ijsbedekkingen aannemen die, chronologisch gesproken met de laatste drie ijstijden van PENCK overeenstemmen (WIEGERS); of waarvan de oudste overeenkomt met de eerste en de tweede glacialperiode van PENCK (MENZEL). ¹⁾ Hoe nu de kultuurperioden met deze opvattingen in overeenstemming te brengen? Gemakkelijker dan door lange uiteenzetting moge uit eene kleine tabel blijken, dat het antwoord op deze vraag nog niet eensluidend is.

Uit deze tabel blijkt wel dat, afgezien van de opvatting der ijstijden zelve, alleen een zekere overeenstemming bestaat omtrent de oudste kultuurperiode uit het palaeolithicum, het Chelléen; doch

¹⁾ Ik wil, als leek op geologisch gebied, er allermint aanspraak op maken de geologische diluviaal-literatuur te beheerschen, het is er mij slechts om te doen, er opmerkzaam op te maken, hoe zich voor de anthropologisch-praehistorische studievraagstukken tevens vragen van geologischen aard voordoen.

dat omtrent de latere perioden nog de meest verschillende opvattingen heerschen.

Niet alleen voor de beoordeeling van de snelheid der ontwikkeling van de menschelijke kultuur in het palaeolithum ware eene nauwkeurigen kennis van het bovengenoemde vraagstuk van een groot belang, doch ook uit een ander, en voor de anthropologische studie niet minder belangrijk, oogpunt is de bestudeering der absolute en relatieve ouderdom der kultuurlagen van gewicht.

Ik heb er u reeds op gewezen, hoe de verschillende kultuurperioden uit het palaeolithicum benoemd worden naar de eerste of de belangrijkste vindplaatsen, en het zal u opgevallen zijn, dat deze namen alle ontleend zijn aan plaatsen in Frankrijk. De vraag ligt voor de hand: Is deze Fransche kultuur ook tevens eene Europeesche kultuur geweest? M. a. w. mogen wij, in Frankrijk, België, Engeland, Duitschland, Oostenrijk-Hongarije en Spanje palaeolithen vindende, die in hun vorm aan een der bovengenoemde perioden beantwoorden, nu ook tot eenzelfde ouderdom besluiten?

Het antwoord op deze vraag zal door de geologie

	<i>Penck.</i>	<i>Boule, Obermaier, Schmidt.</i>	<i>Bayer.</i>	<i>Menzel.</i>
Postglacial.	Magdalénien.	Magdalénien. Solutréen. Aurignacien.	Magdalénien.	Magdalénien.
IV. (Würm)glac.		Moustérien.	Solutréen. (III N. D. Y.) ¹⁾	Solutréen. jong Aurignacien.
3 ^e interglac.	Solutréen, warm Moustérien.	Acheuléen. Chelléen.	Aurignacien. (2. N. D. I.)	midden } Aurign. oud }
III. (Riss)glac.	koud Moustérien.		Moustérien. (II. N. D. Y.)	jong } Moustérien, oud } jong Acheuléen.
2 ^e interglac.	Chelléen.		Acheuléen. Chelléen. (1. N. D. I.)	Oud Acheuléen. Chelléen.
II. (Mindel)glac. 1 ^e interglac. I. (Günz)glac.			I. N. D. Y.	} I. N. D. Y.

¹⁾ N. D. Y. = Noord-Duitsche ijsbedekking.
N. D. I. = „ „ interglacial.

geleverd moeten worden, en het kan eerst dan gegeven worden, wanneer men in staat zal zijn, hetzij uit de lagen alleen (b.v. de dikte), hetzij uit datgene wat die lagen herbergen (dier- en plantresten) den absoluten ouderdom te bepalen. Welk belang dit hebben kan ook voor de praehistorisch anthropologische studie, moge met een enkel woord worden aangegeven.

Ik heb u een zeer globaal overzicht over de verschillende mensvormen uit het diluvium gegeven; en een vraag, die den anthropoloog bijzonder belang inboezemt, is die naar den onderlingen samenhang dier mensvormen. Hiervoor ware o. a. eene nauwkeurige kennis omtrent hun ouderdom, uit hunne kultuurresten af te leiden, zeer gewenscht. Doch tevens omtrent de wijze van verbreiding dier vormen of rassen over Europa. Zijn zij uit het zuiden gekomen (Neanderdal, Grimaldi-ras? of uit het oosten (Aurignac-ras?), en hebben zij hunne kultuur in dezelfde richting over Europa verbreid? Zoo ja, dan kunnen natuurlijk verschillende kultuurperioden in verschillende landen gelijken ouderdom bezitten, en zouden verschillen in opvatting tusschen onderzoekers uit die landen kunnen vervallen. Sommigen willen dan ook eerst afzonderlijke opeenvolging van kultuurperioden voor bepaalde landen opstellen en eerst daarna trachten door detailonderzoek tot overeenstemming in de (chronologische) beoordeeling te komen. De kennis omtrent de landverbindingen in het diluvium speelt bij de vraagstukken omtrent de verbreiding van den mensch natuurlijk evenzeer een belangrijke rol.

Ook voor dit vraagstuk ligt 't antwoord nog in nevelen gehuld.

Niet minder samengesteld wordt de vraag omtrent den ouderdom en de verbreiding van den mensch indien men zich niet, zooals ik tot nu toe deed, tot Europa beperkt, doch ook andere werelddeelen in zijne beschouwingen opneemt. Het zoude mij te ver voeren indien ik u, zelfs een oppervlakkig denkbeeld zou trachten te geven van de vondsten van menselijke skeletresten uit andere werelddeelen, en wel in het bijzonder Zuid-Amerika; en van de vraagstukken en onderzoekingen die daarmee in verband staan.

Dat ik niettemin dit onderwerp een oogenblik aanroer, vindt zijn oorzaak daarin, dat het mij de gelegenheid opent een ander vraagstuk, nauw met dit samenhangend, onder uwen aandacht te brengen,

nl. het vraagstuk omtrent den geologischen ouderdom van den door DUBOIS in de Trinillagen gevonden *Pithecanthropus erectus*. Het is voor verschillende vraagpunten in de praehistorische anthropologie van belang eene nauwkeuriger kennis omtrent den geologischen ouderdom van den *Pithecanthropus erectus* te bezitten. Is deze vorm tertiair of diluviaal? Hoe oud mogen de lagen zijn waarin hij werd gevonden?

Ook dit vraagstuk is van geologischen (stratigrafisch en palaeonthologischen) aard.

DUBOIS verdedigt, in hoofdzaak op palaeonthologisch onderzoek, en den fossilisatietoestand, den hoogen ouderdom of beter het tertiaire karakter der Trinillagen (jong plioceen).

Andere onderzoekers daarentegen, en zij vormen in den laatsten tijd de meerderheid, pleiten voor een jonger zijn dier lagen.

ELBERT, SCHUSTER, BLANCKENHORN meenen dat de betreffende lagen oud-diluviaal zijn, MARTIN komt tot het besluit, dat zij hoogstens oud-diluviaal kunnen zijn; volgens de opvattingen van VOLZ en van KARTHAUS zijn zij midden-diluviaal. Ook hier dus nog geen eenstemmigheid.

Maar afgezien daarvan is ook de vraag omtrent den absoluten ouderdom der lagen, waarin deze belangrijke vondst gedaan is, allermint bekend, en het antwoord op deze vraag mag de anthropoloog met recht van den geoloog verwachten.

Ten slotte nog een enkel vraagstuk.

Waar thans uit het diluvium, hetzij alleen uit midden en jong diluvium, hetzij ook uit de oudere diluviale lagen (de *Homo Heidelbergensis* wordt tot het 2^e interglaciaal, soms nog ouder gerekend) resten van menschen of van menselijke kultuur bekend zijn; hoe staat het dan met de vraag of ook uit oudere aardlagen iets daaromtrent tot ons is gekomen. Of kort gezegd, wat weten wij omtrent den tertiairen mensch?

„L'homme tertiaire n'est encore que sur le seuil de la science” heeft BROCA eens gezegd; in het gebouw per praehistorische wetenschap is hij ook thans nog niet binnengekomen.

Lichamelijke overblijfselen van tertiaire menschen zijn ons tot op dit oogenblik nog niet bekend.

Niet met gelijke zekerheid kan men dit getuigen van de menselijke kultuurresten.

Meerdere onderzoekers, onder hen in het bijzonder RUTOT en VERWORN beschrijven silex-stukken, die volgens hen tot kultuurperioden behooren, die

veel ouder zijn dan het palaeolithicum; men noemt die periode het eolithicum; de steenen zelve eolithen.

RUTOT verdeelt het eolithicum zelfs, evenals het palaeolithicum, in een aantal perioden, en de oudste der perioden gaat terug tot het oud-eoceen, d. w. z. tot 't begin der tertiaire aardperiode.

VERWORN rekent ze tot het mioceen en plioceen; uit den vorm en de grootte der steenen besluit hij zelfs tot een handgrootte, die met dien van den tegenwoordigen mensch overeenkomt.

Mochten de opvattingen van RUTOT en VERWORN blijken waarheid te zijn, dan zoude het menschelijk geslacht zeker nog millioenen jaren ouder zijn, dan wij thans weten.

Doch veel is hier onopgelost, veel onbewezen; de strijd omtrent de beteekenis der eolithen is eerst in haar begin.

Doch hoe dit zij, indien in het tertiaire tijdvak menschen zouden geleefd hebben (en de diluviale vondsten dwingen ons bijna dit te veronderstellen) dan zal het onderzoek der aardlagen, het werk der geologen, ons hieromtrent licht kunnen verschaffen en veel er toe kunnen bijdragen ons omtrent allerlei vraagstukken van ouderdom, van afstamming, van verwantschap van den mensch het materiaal te verschaffen.

Eenige trillingsproeven in verband met onderwerpen uit de electrotechniek.

Verslag van de lezing gehouden door den Heer
DR. H. J. OOSTING voor de E. T. V. op 25 Maart 1915.

Om direct met de hoofdzaak te beginnen, zal eerst het onderscheid duidelijk gemaakt worden tusschen een *eigen* trilling en een *gedwongen* trilling.

Nemen wij als voorbeeld een veer, die aan het eene einde vastgezet is, buigen deze veer en laten ze dan los, dan ontstaat een trilling met een trillingstijd of periode, die geheel afhangt van de veer, n.l. van de afmetingen en het materiaal, waaruit de veer bestaat. Geheel hetzelfde hebben wij bij een stemvork, die aangestreeken wordt. Zulke trillingen noemt men eigen- of natuurlijke trillingen. Bij deze 2 voorbeelden werkten er inwendige krachten welke zich verzetten tegen de vormverandering. Bij de gewone slinger heeft men te doen met een uitwendige kracht: n.l. de zwaartekracht. Ook hier vertoont de slinger een eigen trilling, een bepaalde slingertijd.

Een lichaam kan echter ook in trilling komen en in trilling gehouden worden door een uitwendige periodieke kracht en dan gedwongen worden te trillen met de periode der kracht. In zoo'n geval spreekt men van een *gedwongen* trilling. De amplitude van de gedwongen trilling zal groot worden, wanneer de periode der uitwendige kracht overeenkomt met de periode der eigen trilling van het lichaam, of met een der mogelijke eigentrillingen. In dit geval van sterk meetrillen spreekt men van *resonantie*. Een bekend voorbeeld hiervoor zijn frequentiemeters van Frahm.

Verder behandelde spreker eenige apparaten, welke dienen om de bekende figuren van Lissajous te demonstreeren. Deze apparaten bestaan uit een systeem met 2 graden van vrijheid, d.w.z. er zijn 2 coördinaten noodig om den stand op zeker oogenblik te definieeren. De figuren van Lissajous, welke ontstaan door de samenstelling van 2 loodrecht op elkaar staande trillingen, zijn ook voor de electrotechniek van groot belang. Men denke slechts aan de kathodestralenbuis van Braun, waarbij men aan een lichtvlekje, door de kathodestralen op een schermpje veroorzaakt, een afwijking kan geven door een magnetisch veld. Heeft men 2 periodiek veranderende velden met de veldrichtingen loodrecht op elkaar en loodrecht op op de kath. stralenbuis, dan beschrijft de lichtvlek een gesloten figuur, welke overeenstemt met de figuren van Lissajous. (Ofschoon spreker dit niet vermeldde, is het toch van belang hier te zeggen, dat het ontstaan van magnetische *draai*-velden door 2 loodrecht op elkaar staande *wissel*-velden op geheel analoge manier geschiedt. Wanneer de frequenties en de amplituden der beide wisselvelden gelijk zijn en het faseverschil 90° is, ontstaat een zuiver cirkelvormig draaiveld; bij ongelijke amplitude of ander faseverschil (bij dezelfde frequentie) ontstaat een elliptisch draaiveld. Toepassing hiervan zijn o.a. de Ferraris-meters, K.W.U. meters, terugstroomrelais, etc.)

Ter demonstratie van de samenstelling van 2 loodrecht op elkaar staande trillingen heeft spr. een toestelletje geconstrueerd (fig. 1), bestaande uit een draadraampje, dat om een horizontale as kan draaien, doordat de staaldraadjes, die de as vormen, getordeerd worden. In het draadraampje is een verticaal staaldraadje (het raampje staat verticaal) dat als draaiingsas dient van een met gewichtjes bezwaard staafje. Dat staafje draagt

een spiegeltje, dat dus de bewegingen om de beide draaiingsassen meemaakt en een lichtstraal terugkaatst op het scherm, waar dus het lichtvlekje een der figuren van Lissajous beschrijft. De baan van het lichtvlekje is dus afhankelijk van de trillingstijden der systemen, welke naar willekeur vergroot kunnen worden door vergroting van het traagheidsmoment door verplaatsing of vergroting der gewichtjes.

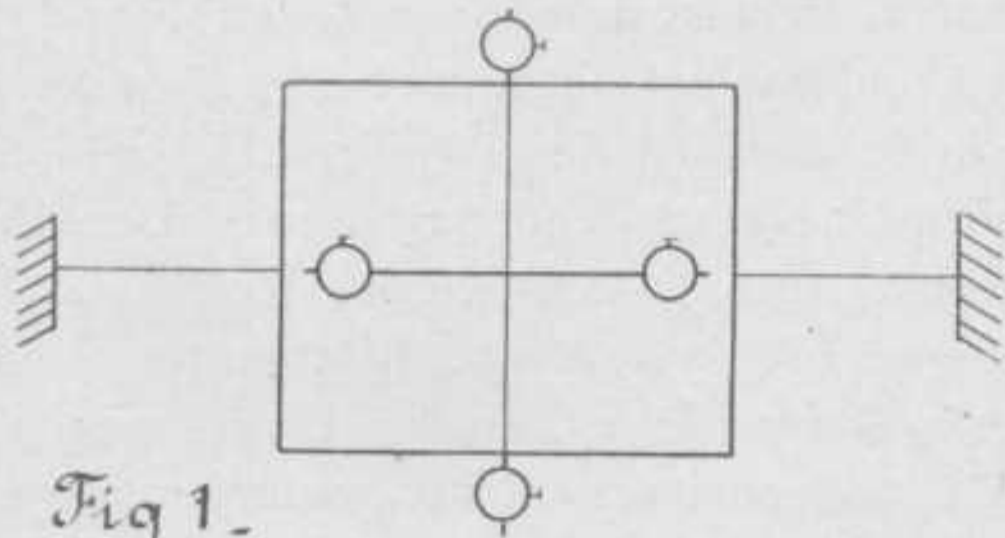


Fig 1.

De beide trillende systemen oefenen in dit geval geen invloed op elkaars bewegingen uit; ieder trilt onafhankelijk van de bewegingen van de ander.

Van grooter belang voor de electrotechniek en meer speciaal voor de draadloze telegrafie is echter een ander systeem, waarvoor spr. ook demonstratie-toestelletjes heeft geconstrueerd en waarbij de beweging van het eene systeem wél invloed op het andere uitoefent n.l. z.g. gekoppelde systemen. (van toepassing op draadloze telegrafie en transformatoren).

Figuur 2 vertoont direct de constructie van het toestelletje. Blijkbaar is ook dit een systeem met 2 graden van vrijheid. De stand op een zeker oogenblik is bijv. bepaald door de hoeken, die het vlak van het raampje en het er binnen gelegen staafje met de verticaal maken. Wij kunnen het echter ook beschouwen als twee gekoppelde systemen. Houd ik het raampje vast, dan kan het staafje daarbinnen trillen, dit is het eene systeem. Houd ik het staafje vast, dan kan het raampje alleen trillen, dit is het andere systeem. Brengt men nu eerst het eene deel in trilling en dan

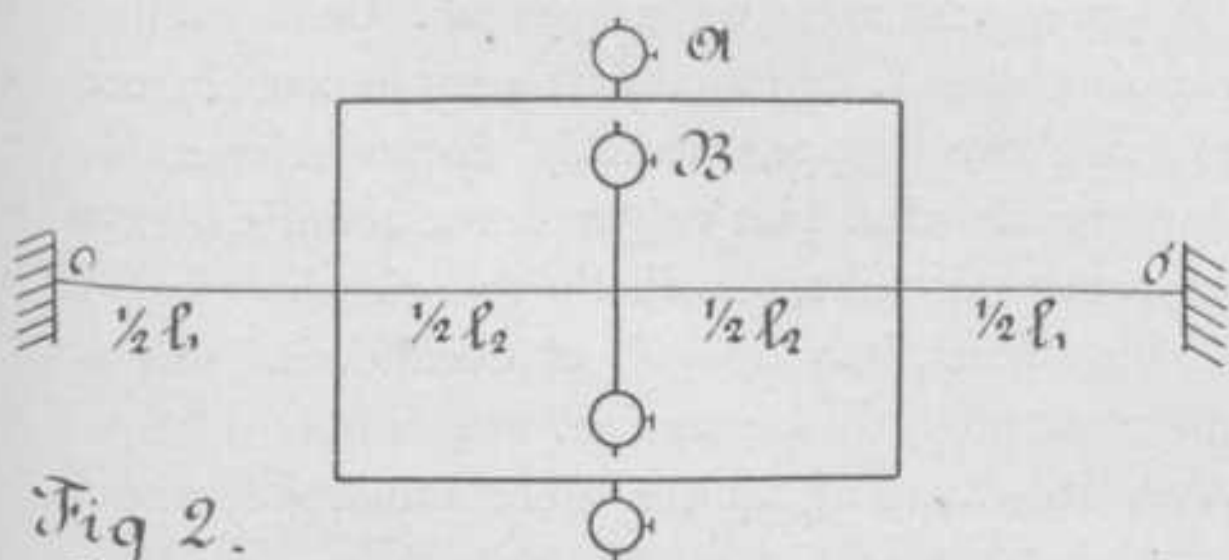


Fig 2.

ook het andere, dan krijgt elk deel in het algemeen een samengestelde trilling, bestaande uit 2 enkelvoudige trillingen. Bij een oppervlakkige beschouwing zouden we kunnen denken, dat de twee componenten de twee zoeven genoemde waren. Om echter de zaak nader te onderzoeken, is het noodig de theorie ervan te beschouwen. Wij gaan het eenvoudigste geval na en laten de demping buiten rekening.

Om de bewegingsvergelijkingen op te stellen, kan men bij systemen met 2 graden van vrijheid in 't algemeen uitgaan van de vergelijkingen van Lagrange, die in de theoretische mechanica behandeld worden. De torsie-apparaten van den spr. hebben nu het voordeel, dat de bewegingsvergelijkingen daarvan direct op te schrijven zijn. We gaan uit van de verg. $x = A \sin \omega t$, waarin $\omega = \frac{2\pi}{T}$ of $T = \frac{2\pi}{\omega}$ dan is:

$$\frac{dx}{dt} = A \omega \cos \omega t \text{ en}$$

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -A \omega^2 \sin \omega t = -\omega^2 x.$$

of: $m \frac{d^2 x}{dt^2} + m \omega^2 x = 0.$

Hierin is blijkbaar $m \omega^2$ de kracht naar de nulstand voor $x = 1$.

Bij draaiing om een as is analoog:

$$I \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + a \varphi = 0$$

waarin $a =$ koppel, dat het lichaam naar de nulstand terug wil draaien voor $\varphi = 1$.

Past men dit toe op het toestelletje van fig. 2 en noemt men het traagheidsmoment van $A : I_1$ en van $B : I_2$ en het torsiemoment bij een hoek van 1 radiaal resp. a en b . (waarbij $\frac{a}{b} = \frac{l_2}{l_1}$) dan krijgt men de volgende bew. vergelijkingen:

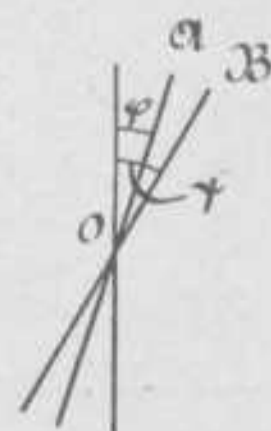
$$I_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -a \varphi + b(\psi - \varphi).$$

$$I_2 \frac{d^2 \psi}{dt^2} = -b(\psi - \varphi)$$

of:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{(a+b)}{I_1} \varphi - \frac{b}{I_1} \psi = 0. (1)$$

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{b}{I_2} \psi - \frac{b}{I_2} \varphi = 0 \dots (2)$$



Lossen we ψ op uit de eerste vergelijking en zetten de gevonden waarde in de tweede, dan krijgen we de diff. vergel. van de 4^{de} orde:

$$\frac{d^4 \varphi}{dt^4} + \left(\frac{a+b}{I_1} + \frac{b}{I_2} \right) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{ab}{I_1 I_2} \varphi = 0 \dots (3)$$

Door oplossing van φ uit de 2^e verg. en substitutie van de gevonden uitdrukking in (1) krijgen we voor ψ dezelfde verg. (3). De oplossing van verg. (3) kan geschreven worden in de vorm:

$$\varphi = A \sin \omega_1 t + B \cos \omega_1 t + C \sin \omega_2 t + D \cos \omega_2 t$$

en voor ψ een dergel. vorm met andere coëfficiënten

$$\psi = p(A \sin \omega_1 t + B \cos \omega_1 t) + q(C \sin \omega_2 t + D \cos \omega_2 t).$$

De beweging van het raampje A en van het staafje B zijn dus beide samengesteld uit 2 enkelvoudige trillingen, waarvoor

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} \text{ en } T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}.$$

De amplituden dezer beide enkelvoudige trillingen zijn echter bij A en B verschillend.

Voor de frequenties in 2π sec. vinden wij:

$$\omega^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{a+b}{I_1} + \frac{b}{I_2} \right) \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{a+b}{I_1} + \frac{b}{I_2} \right)^2 - \frac{4ab}{I_1 I_2}} \dots (4)$$

Van deze theorie heeft spreker gebruik gemaakt om een paar apparaten te construeeren, waarbij tusschen de trillingstijden der 2 enkelvoudige trillingen een eenvoudige verhouding bestaat, om daarmede de samengestelde trilling te kunnen demonstreeren.

Maakt men $l_1 = l_2$, dus $a = b$ dan heeft de verhouding tusschen de frequenties: $\frac{\omega_1}{\omega_2} = z$ voor dit apparaat een minimum waarde van $z_{min.} = 1 + \sqrt{2} = 2,414$. Door geschikte keuze van I_1 en I_2 kan men dus $z = 3$ maken. Om echter z nog kleiner, bijv. $= 2$ te maken moet de verhouding $\frac{l_1}{l_2}$ anders genomen worden. Spr. berekende de uiterste waarde, die deze verhouding moest hebben, en vond dat $\frac{a}{b} = \frac{l_1}{l_2} > 2,78$ moest zijn. Spr. heeft nu een appar. geconstrueerd waarbij $\frac{a}{b} = 3$ dus $l_2 = 3 l_1$. Door een geschikte keuze der

traagheidsmomenten I_1 en I_2 is dus een verhouding 2 der frequenties te verkrijgen; maar ook de verhouding 3 en we kunnen voor beide gevallen de traagheidsmomenten berekenen.

Dit apparaat stelt ons dus in staat een samengestelde trilling te demonstreeren, waarbij de frequenties der componenten de eenvoudige verhouding 2 of 3 hebben. Tevens is het een mooie illustratie voor de algemeene theorie der gekoppelde systemen, zooals deze door *Max Wien* in 1897 ontwikkeld is in een bijzonder belangrijke verhandeling in de *Annalen der Physik*: „Ueber die Rückwirkung eines resonirenden Systems.“ Deze theorie, toegepast op ons toestelletje, leert, wat bij dit samengestelde systeem te beschouwen is als de beide gekoppelde systemen. Deze zijn: 1^o. het staafje trillende, terwijl het raampje vastgezet is en 2^o het raampje trillend, terwijl het staafje vaststaat.

Ook stelt de theorie van Wien ons in staat den koppelingscoëfficiënt te vinden. Het resultaat is:

$$K = \sqrt{\frac{b}{a+b}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{a}{b}}}.$$

De koppelingscoëfficiënt is kleiner en de koppeling dus lossier, als $\frac{a}{b}$ grooter is. Voor het apparaat

met $a = b$ is de kopp. coëff. $\sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ en voor $\frac{a}{b} = 3$ is de kopp. coëff. $\sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$ dus kleiner dan bij de eerste.

Wien heeft verder in 't bijzonder nagegaan het geval der *resonantie*, d.i. het geval, dat de eigentrillingen der twee gekoppelde systemen gelijk zijn. Het blijkt dan, dat, wanneer $z = \frac{\omega_1}{\omega_2}$ een minimum waarde heeft, resonantie optreedt.

Bij bovengenoemde apparaten was de koppeling sterk, zoodat spr. een apparaat heeft geconstrueerd met zwakkere kopp., waarbij de zwevingen te demonstreeren zijn. Het volgende toestelletje (fig. 3) is daarvoor geschikt, terwijl de theorie algemeener is. Dit systeem kan op geheel dezelfde wijze behandeld worden als de vorige.

Weer de demping buiten beschouwing latende, krijgt men:

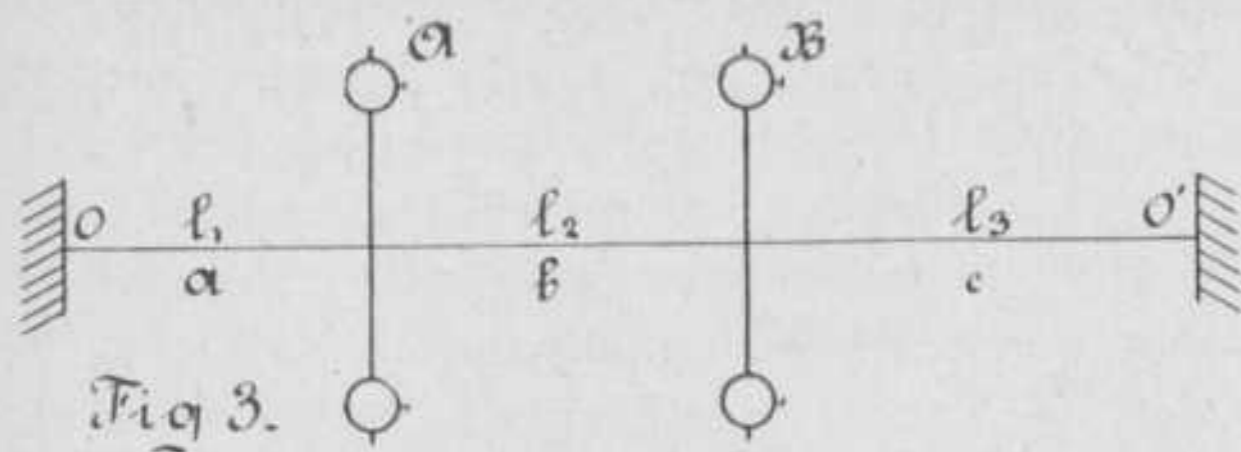


Fig 3.

$$I_1 \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = -a\varphi + b(\psi - \varphi)$$

$$I_2 \frac{d^2 \psi}{dt^2} = -c\psi - b(\psi - \varphi)$$

of:
$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{a+b}{I_1} \varphi - \frac{b}{I_1} \psi = 0.$$

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{c+b}{I_2} \psi - \frac{b}{I_2} \varphi = 0.$$

De eerste 2 termen der vergelijkingen geven de beide eigentrillingen aan der beide aparte systemen. Deze constructie is algemeener dan de andere. Immers deze vergelijkingen komen overeen met de vroegere, behalve dat er nu nog c in zit, doordat we met 3 draden te rekenen hebben.

Voor $c = 0$ gaan de nieuwe vergelijkingen in de vroegere over. En dit heeft een eenvoudige beteekenis. $c = 0$ zegt, dat het torsiekoppel van de draad l_3 nul wordt, m.a.w. $l_3 = \infty$ of l_3 geheel afwezig. Dit geeft dus het systeem zooals fig 4 aangeeft. We zouden dan voor OPQ een staaf

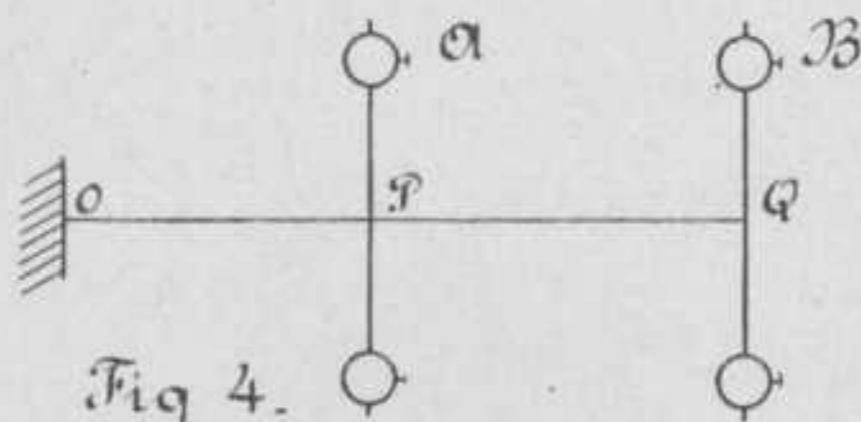
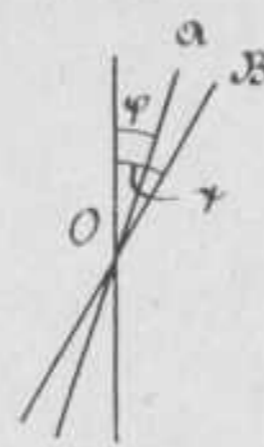


Fig 4.

moeten nemen of de draad in O verticaal ophangen. Maar het blijkt nu ook, dat de constructie der reeds behandelde instrumenten overeenkomt met dit laatste geval, waarvan het eenvoudig een verdubbeling is. Bij de reeds behandelde apparaten is toch het heele systeem symmetrisch ten opzichte van een vlak, gaande door het staafje en loodrecht op de draad.

Het zou te ver voeren een overzicht der geheele theorie van Wien te geven, waarom dan ook hier alleen behandeld wordt, wat op dit geval betrekking heeft. Wien onderscheidt 3 soorten van koppelingen:



de krachtkoppeling

(= elektrische kopp.)

de versnellingskoppeling

(= magnetische „)

en de wrijvingskoppeling

(= galvanische „)

We zullen zien, dat we bij de torsie-apparaten te doen hebben

met een krachtkoppeling. In dat geval vindt hij als de demping verwaarloosd wordt, de vergel.:

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} + k_1^2 x_1 + \tau_1 k_1^2 x_2 = 0.$$

$$\frac{d^2 x_2}{dt^2} + k_2^2 x_2 + \tau_2 k_2^2 x_1 = 0.$$

Het eerste deel stelt weer de eigen trilling voor. Daarbij zijn x_1 en x_2 twee algemeene coördinaten behoorende bij de twee vrijheids-graden, dus twee coördinaten, die den stand van het systeem op een zeker oogenblik bepalen; k_1 en k_2 zijn de cirkelfrequenties der eigen trillingen van de beide gekoppelde systemen. Wien noemt τ_1 en τ_2 de koppelingscoëfficiënten, maar volgens het tegenwoordige gebruik van dezen naam is $\sqrt{\tau_1 \tau_2}$ de kopp. coëff. Daar in de vergel. bij het torsieapparaat φ en ψ de twee coördinaten zijn, blijkt met één oogopslag, dat zij van denzelfden vorm zijn als die van Wien. We kunnen onze vergelijkingen brengen in den vorm:

$$\frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{a+b}{I_1} \varphi - \frac{b}{a+b} \times \frac{a+b}{I_1} \psi = 0.$$

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + \frac{c+b}{I_2} \psi - \frac{b}{c+b} \times \frac{c+b}{I_2} \varphi = 0.$$

Door gelijkstelling van de vereenvoudigde coëfficiënten in deze vergel. en die van Wien, vinden wij in de eerste plaats:

$$k_1^2 = \frac{a+b}{I_1} \text{ en } k_2^2 = \frac{c+b}{I_2}.$$

Dus de trillingstijden der eigen trillingen van de twee gekoppelde systemen zijn: $\frac{2\pi}{k_1}$ en $\frac{2\pi}{k_2}$ of:

$$2\pi \sqrt{\frac{I_1}{a+b}} \text{ en } 2\pi \sqrt{\frac{I_2}{c+b}}.$$

Het eerste is de trillingstijd van het staafje A als B vastgezet is, en het tweede is de trillingstijd van B als A vastgezet is. Dat zijn dus de 2 gekoppelde systemen.

Verder is $\tau_1 = -\frac{b}{a+b}$ en $\tau_2 = -\frac{b}{c+b}$ dus de koppelingscoëfficiënt:

$$K = \sqrt{\tau_1 \tau_2} = \frac{b}{\sqrt{(a+b)(c+b)}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{a}{b}\right)\left(1 + \frac{c}{b}\right)}}$$

K heeft dus een kleine waarde (dus losse koppeling) als b klein is ten opzichte van a en c , of daar a , b en c omgekeerd evenredig zijn met de lengten der draden, als l_2 groot is in vergelijking met l_1 en l_3 .

Bij het door spr. geconstrueerde apparaat is $l_3 = l_1$ gemaakt, dus $c = a$. de kopp. coëff. is dan:

$$\frac{b}{a+b} = \frac{1}{1 + \frac{a}{b}} = \frac{1}{1 + \frac{l_2}{l_1}}$$

Nu is $l_1 = 2,5$ c.M. en $l_2 = 15$ c.M. zoodat de kopp. coëff. is: $K = \frac{1}{1+6} = \frac{1}{7} = 0,143$ m.a.w. we hebben hier een koppeling van ruim 14% . Dit is een waarde zooals tegenwoordig in de draadlooze telegrafie gebruikt wordt.

Gaan wij nu nog na het geval der resonantie, dus de gelijkheid van de eigen trillingen der twee systemen. Dan hebben we $k_1 = k_2$ of: $\frac{a+b}{I_1} = \frac{c+b}{I_2}$ en in ons geval voor $c = a$ heeft dit $I_1 = I_2$.

De gemeenschappelijke eigentrill.tijd is nu:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{a+b}}$$

Dit eenvoudige apparaat kan dus dienst doen ter vervanging van de twee gekoppelde slingers (proef van Obderbeck). Houd ik nu het eene staafje vast, geef aan het andere een uitwijking en laat dan beide op hetzelfde oogenblik los, dan ontstaan zwevingen met de overdracht der energie van het eene deel van het samengestelde systeem op het andere. De minima zijn volkomen in rust. Dit geldt theoretisch niet alleen voor het geval, dat de demping buiten rekening gelaten wordt, maar ook als de demping bij de beide gekopp. systemen gelijk is, en dit is bij dit apparaat het geval.

Maar nu doet zich de vraag voor: Is het alleen een mathematische kwestie, dat wij de zwevingen kunnen beschouwen als uit twee enkelvoudige

trillingen te bestaan of kunnen, wij de physische beteekenis ervan aangeven? Dit laatste is werkelijk het geval. Om dat aan te toonen moeten wij onze vergel. verder op dezelfde wijze behandelen, zooals dat bij de andere soort aangegeven is en kunnen dan berekenen de cirkelfrequenties ω_1 en ω_2 van de beide koppelingstrillingen, dat zijn de componenten der samengestelde trilling. Het resultaat der berekening is:

$$\omega_1^2 = \frac{a+2b}{I_1} \text{ en } \omega_2^2 = \frac{a}{I_1}$$

wat geeft:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{a+2b}} \dots \dots \dots (1)$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{a}} \dots \dots \dots (2)$$

En hiervan is nu de physische beteekenis dadelijk duidelijk.

Geven wij aan de beide staafjes gelijke uitwijkingen naar *denzelfden* kant, dan wordt de draad tusschen de beide staafjes niet gewrongen en het is hetzelfde alsof deze draad afwezig was en elk staafje trilde onder de torsie van het buitenste draadstuk. Dit geeft de trillingstijd T_2 .

Geven wij echter aan de twee staafjes gelijke uitwijkingen naar *tegengesteld* kant, dan is dat hetzelfde alsof het punt van den draad in het midden tusschen de twee staafjes vastgeklemd was en alsof elk staafje trilde om het stuk erbuiten en de helft van den draad tusschen de twee staafjes. Dit geeft den trillingstijd T_1 .

Prof. Korteweg te Amsterdam heeft in een verhandeling in de Kon. Acad. v. Wetensch. 28 Oct. 1905, over Huygens' sympatische uurwerken en verwante verschijnselen voor een soortgelijk geval de namen *parallelle* en *antiparallelle* bewegingswijze ingevoerd. De eerste dus bij uitwijking naar denzelfden kant, de tweede naar tegengestelden kant. Dus het resultaat is in 't kort geformuleerd:

De zwevingen ontstaan door interferentie van de trilling van de parallelle bewegingswijze en de antiparallelle bewegingswijze met gelijke amplituden.

Het apparaat leent zich niet alleen goed voor demonstratie, maar, doordat het een zuiver gedefinieerd systeem vormt, ook als goed voorbeeld voor de verduidelijking der algemeene theorie.

We vonden reeds:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{a+b}} \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{a+2b}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{a}}$$

Daaruit volgt:

$$T_1 = T \sqrt{\frac{a+b}{a+2b}} \quad \text{en} \quad T_2 = T \sqrt{\frac{a+b}{a}}$$

Bij dit apparaat is $\frac{a}{b} = 6$ en dus is:

$$T_1 = T \sqrt{\frac{7}{8}} \quad \text{en} \quad T_2 = T \sqrt{\frac{7}{6}}$$

Uit de metingen van T , T_1 en T_2 heeft spreker een goede bevestiging van de formules gevonden.

In de draadloze telegrafie wordt voor de kopp. coëff. gerekend met een benaderde waarde: $\frac{n_1 - n_2}{n}$

waarbij n de frequentie van de eigen trillingen, n_1 en n_2 die van de koppelingstrillingen zijn. Daarbij is:

$$n = \frac{1}{T}, \quad n_1 = \frac{1}{T_1}, \quad n_2 = \frac{1}{T_2}$$

en we kunnen dus uit de gemeten waarden der T 's de koppelingscoëfficiënt berekenen, of ook kunnen wij den duur der zwevingen meten, deze is

$$\frac{1}{n_1 - n_2}$$

Evenals de twee gekoppelde slingers kan ook dit apparaat dienen voor de demonstratie der „Stosserregung.“

In de draadloze telegrafie zijn de twee gekoppelde systemen wel op elkaar afgestemd (of in resonantie), maar zij zijn niet gelijk. Bij de trillingskring is de capaciteit groot, de zelfinductie klein en de demping gering, bij den luchtdraad is de capaciteit klein, de zelfinductie groot en de demping groot. Bij het torsie-apparaat kan ook wel resonantie verkregen worden, zonder dat de systemen geheel geheel gelijk zijn, we moeten slechts zorgen dat

$\frac{I_1}{a+b} = \frac{I_2}{c+b}$ wordt, dus verschillende torsie-koppels en traagheidsmomenten. Ook kan gemakkelijk een dempingsinrichting aangebracht worden.

Gedwongen trillingen bij gekoppelde systemen.

Belangrijk is het ook nog eens na te gaan het geval, dat op een systeem met 2 graden van

vrijheid of op een stelsel van 2 gekoppelde systemen een periodieke kracht werkt. Ter demonstratie had spr. daartoe een apparaat als hierboven beschreven doch de getordeerde draad was verticaal gespannen, zoodat de staafjes in horizontale vlakken slingerden. Verder had spr. 3 slingers opgehangen. De slingertijd van de middelste kwam overeen met de beide delen van het systeem, dus de trillingstijd, die men krijgt als men het eene staafje vasthoudt en het andere laat bewegen. De slinger-tijden van de langste en de kortste slinger komen overeen met de beide koppelingstrillingen, wat, zooals wij gezien hebben, zijn de trillingen bij de parallelle en antiparallelle beweging bij gelijke amplituden. De drie trillingstijden zijn bij dit apparaat, waarbij $a = b = c$ is:

$$\text{middelste: } T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{a+b}} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{2a}},$$

$$\text{kortste: } T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{a+2b}} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{3a}},$$

$$\text{langste: } T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{a}},$$

$$\text{dus } T_2 = T_1 \sqrt{3} = 1,732 T_1.$$

Op het systeem kan men nu eenvoudig een periodieke kracht laten werken door met een bepaalde periode tegen een der staafjes te tikken. De maat wordt daarbij aangegeven door één der drie opgehangen slingers. Was elk der twee systemen afzonderlijk aanwezig, dan zou een krachtig meetrillen, dus resonantie optreden, als de periode der tikken overeenkomt men de T van de middelste slinger.

Nu is dat anders. We krijgen nu resonantie bij het tikken in de periode van de langste of de kortste slinger, waarbij resp. de parallelle of de antiparallelle beweging optreedt. De theorie hiervan is ook door Wien behandeld, maar het is eigenlijk vanzelfsprekend dat het *systeem* nooit alleen de trilling van *elk gedeelte* apart zal uitvoeren. De twee koppelingstrillingen zijn eigenlijk de eigentrillingen van het systeem. Deze belangrijke zaak van de draadloze telegrafie is nu door de voorafgaande theorie duidelijk en eenvoudig geworden. (Deze laatste proef is ontleend aan de E. T. Z. 1912. 13 Juni, Dr. L. Fleischmann: „Ueber den Einfluss von Torsionsschwingungen von Wellen bei Parallelbetrieb von Wechselstromgeneratoren.“)

(Spreker wijst bij de bespreking van dit stuk op de belangrijkheid van deze theorie ook voor de sterkstroomtechniek).

Om de analogie na te gaan van de koppeling bij de torsie-apparaten en de koppeling op electricch gebied, kan de volgende uitwijding gemak opleveren. Zooals bekend, rekent men in de D. T. met de uitdrukking voor de trillingstijd: $2\pi\sqrt{LC}$, welke geldt als de weerstand niet te groot en dus te verwaarloozen is. Voor den beginner lijkt het nu eenigszins lastig, dat deze formule in vorm verschilt van die bij andere trillingen, bijv. onder de werking der zwaartekracht, veerkracht, schommeling van een magneet in een magnetisch veld, enz. In al deze gevallen hebben wij voor den trillingstijd of de periode der trillingen een uitdrukking van den vorm:

$$2\pi\sqrt{\frac{\text{massa}}{\text{kracht voor afwijking } 1}} \text{ of}$$

$$2\pi\sqrt{\frac{\text{traagheidsmoment}}{\text{koppel voor hoek } 1}}.$$

Nu is de coëfficiënt voor zelfinductie analoog te beschouwen aan een massa, echter *niet* de capaciteit analoog aan de kracht, maar dit geldt *wel* voor het *omgekeerde* van de capaciteit. Immers de capaciteit van een condensator is omgekeerd evenredig met de diëlectrische veerkracht van het diëlectricum. Voor de analogie van de electriche trillingen en de daarstraks genoemde trillingen zou het gemakkelijker zijn, een letter in te voeren voor $\frac{1}{C}$ en deze zou dan een grootheid voorstellen evenredig met de diëlectrische veerkracht.

Vroeger is reeds aangetoond, dat de koppeling bij de torsie-apparaten behoort tot de soort, waaraan Wien den naam krachtkoppeling gegeven heeft. We kunnen nu gemakkelijk aantonen, dat het analogon op electricch gebied te vinden is in de electriche- of capaciteits-koppeling. Deze kan weergegeven worden als in fig. 5, dus twee ketens met capaci-

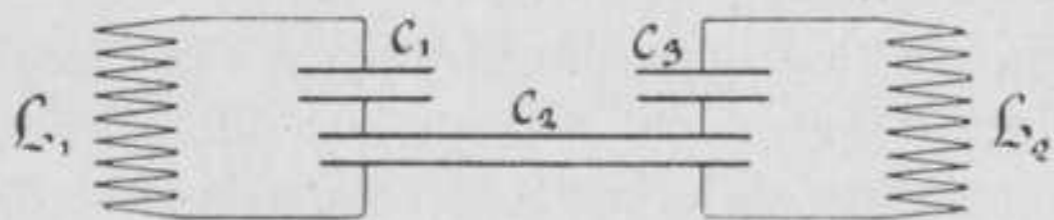


Fig 5.

teit en zelfinductie. Wordt een der ketens verboden dan is daarin de trilling onmogelijk. Dit is hetzelfde als wanneer bij het torsieapparaat één der

staafjes wordt vastgehouden. We krijgen dan bij de andere trillingsketen de eigentrilling. Daarvoor geldt in 't algemeen: $2\pi\sqrt{LC}$ maar nu wordt de zaak duidelijker als we schrijven:

$$2\pi\sqrt{\frac{L}{\frac{1}{C}}}.$$

Voor de linker en rechter keten hebben we dan resp.

$$2\pi\sqrt{\frac{L_1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}} \text{ en } 2\pi\sqrt{\frac{L_1}{\frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_2}}}.$$

Bij het torsieapparaat hadden wij voor de eigentrillingen:

$$2\pi\sqrt{\frac{I_1}{a+b}} \text{ en } 2\pi\sqrt{\frac{I_2}{c+b}}.$$

Dus bij het torsieapparaat zit de koppeling in de torsie van de staaldraad tusschen de staafjes en bij de electriche inrichting in de gemeenschappelijke capaciteit, dus in de daarin optredende diëlectrische veerkracht. Bij het torsieapparaat bestaat losse koppeling als b klein is ten opzichte van a en c of I_2 groot ten opzichte van I_1 en I_3 . Bij de electriche inrichting bestaat losse koppeling als C_2 groot is ten opzichte van C_1 en C_3 . De capaciteiten zijn analoog met de lengten der draden. Dit is nog aldus te verduidelijken: Bij een groote capaciteit hebben we een groote lading noodig om een zeker bedrag van de diëlectrische veerkracht te verkrijgen; een lange draad moeten wij over een grooten hoek draaien om een zeker torsiemoment te doen ontstaan.

Uit het voorgaande volgt nu echter tevens, dat het torsieapparaat geen goed analogon is voor de de in de D. T. toegepaste koppeling, n.l. de inductieve of magnetische koppeling. Deze behoort tot de versnellingskoppeling. Voor demonstratie is dit geen bezwaar, daar de verschijnselen bij de versnellings- en de krachtkoppeling in hoofdzaak gelijk verlopen.

Spreker noemde nog enkele inrichtingen, waarbij krachtkoppeling bestaat, zooals een dubbele slinger, waarvan de theorie uitvoerig te vinden is in: Föppl's „Vorlesungen über technische Mechanik” en ook in H. Lorenz's „Technische Physik”.

Ook is zij reeds te vinden bij: W. Veltmann: „Ueber die Bewegung einer Glocke” in Dingler's Polytechnisches Journal van 1876. Deze schreef zijn verhandeling naar aanleiding van het bijzondere

verschijnsel, dat een toen nieuwe klok van de Keulsche Dom, de „Kaiserglocke”, niet luiden wou. De klepel bewoog zich niet ten opzichte van de klok, maar bleef steeds in het midden van de klok.

Een werkelijk nauwkeurig analogon met de inductieve koppeling der D. T. is aangegeven door Thomas R. Lyle in „Philosophical Magazine”, April 1913: „On an exact mechanical analogy to the coupled circuits in Wireless Telegraphy”, welke spreker behandelde.

Voor al de theorie van Wien vormt voor al deze beschouwingen de grondslag. Hen, die zich minder diep hierin willen begeven, kan aanbevolen worden het stuk van Max Wien getiteld: „Schwingungen gekoppelter Systeme”, in het het vorig jaar verschenen deel „Physik” van „Die Kultur der Gegenwart”, een fraaie verzameling van monografiën over verschillende onderwerpen.

J. M. B.

Het tegenwindwagentje.

Er zijn nog vele personen, die de meening zijn toegedaan, dat het tegenwindwagentje tot de onmogelijkheden behoort. De volgende regels mogen een poging zijn om deze hardnekkige personen voor goed te bekeeren.

Als object kiezen wij een wind- of een koren-molen.

Geval I.

Op deze molen oefent de wind een kracht K uit, die in de richting van de as werkt. Verder levert de wind een arbeidsvermogen A . Het fundament van de molen geeft de reactie-kracht van $K_1 = K$. Het arbeidsvermogen A kan men aanwenden om water op te voeren of koren te malen. Juister is gezegd een gedeelte, b.v. A_1 (wanneer men verliezen door wrijving etc. in aanmerking neemt.)

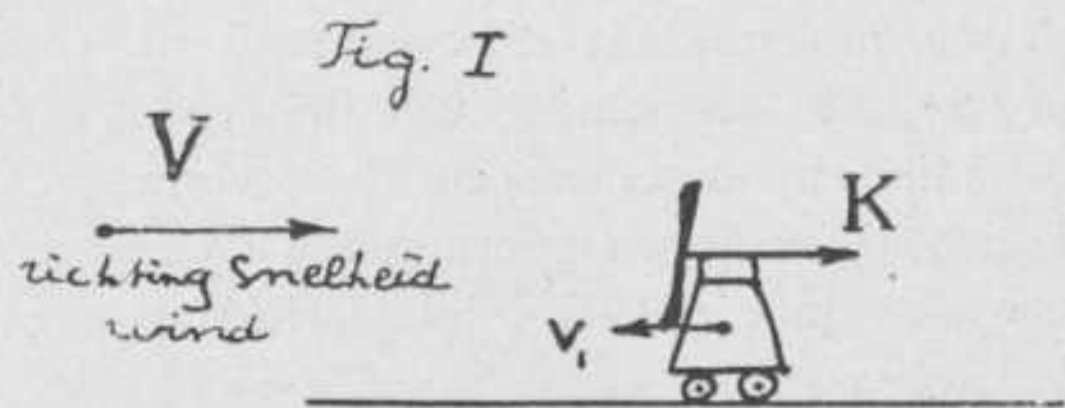
Geval II.

Het arbeidsvermogen A_1 kan men, wanneer men niet malen wil, gebruiken om de reactiekracht te leveren en ontvangt men een snelheid v_1 , die men b.v. in een richting tegen den wind in, de molen kan mededeelen.¹⁾

¹⁾ Door gepaste overbrenging van het geleverde arbeidsvermogen op de wielen, die wij onder de molen aangebracht denken.

Een kleine opheldering verdient deze zin:

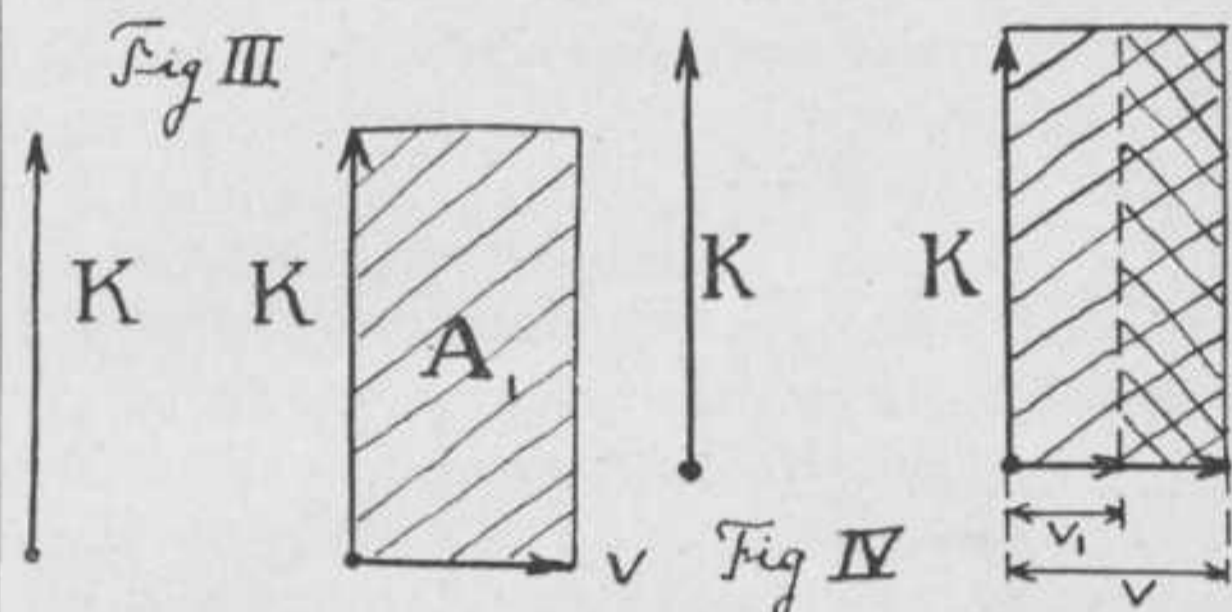
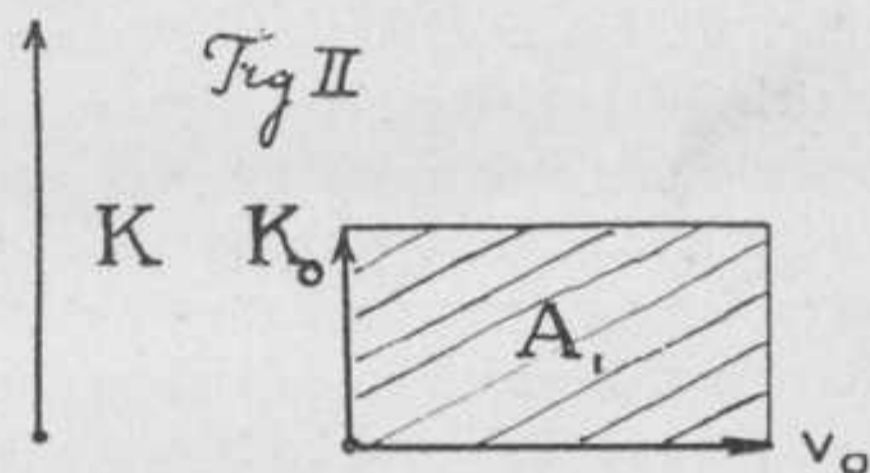
Eerste opheldering. Zie fig. I.



Is K de kracht, die de wind op de molen in de richting van de as uitoefent. Men wil nu de molen tegen de richting van K in een snelheid v_1 geven.

Beweegt zich de molen tegen de richting van K in met een snelheid van v_1 , dan levert dit een hoeveelheid negatieve arbeid/sec. = $K \cdot v_1$ op. Deze arbeid/sec. wordt nu door den wind geleverd en is (door wrijving e.k.) een gedeelte van A_1 .

Tweede opheldering. Zie de fig. II, III en IV.



De wind levert een kracht K en het arbeidsvermogen A_1 . Zie fig. II; wat wij ook als in fig. III kunnen voorstellen, indien de inhoud van de rechthoeken even groot zijn ($K_0 v_0 = K v$). En daar nu bij de overbrenging van het arbeidsvermogen volgens de 2^{de} wet van de thermodynamica, weer aan God Entropie geofferd moet worden, krijgen wij de voorstelling in Fig. IV afgebeeld. De offerande is $K(v - v_1)$.

De reactie-kracht K is geleverd, de molen kan men, b.v. tegen den wind in, een snelheid v_1 mededeelen.

Geval III.

Velen trachten nu op de volgende wijze het bovenstaande te weerleggen.

Stel de molen staat stil op de wielen. Op de molen werkt in de richting van de as een kracht K , bovendien ontvangt deze een arbeidsvermogen A_1 .

Dit arbeidsvermogen gebruiken wij eens niet.

De molen gaat zich dan in de richting van de wind bewegen.

Eindtoestand is, dat de molen zich beweegt met een snelheid = snelheid wind. De wind oefent dan geen druk meer op de wieken uit, kracht K is niet aanwezig en wordt ook geen arbeidsvermogen geleverd.

Om de molen tot stilstand te brengen, redeneeren zij, is *arbeidsvermogen noodig* en wel $A_1 =$ arbeidsvermogen wat de molen kan leveren. Wij houden nu nog een *kracht K over*, zeggen zij. Deze kracht zal de molen in de richting van de wind voortbewegen.

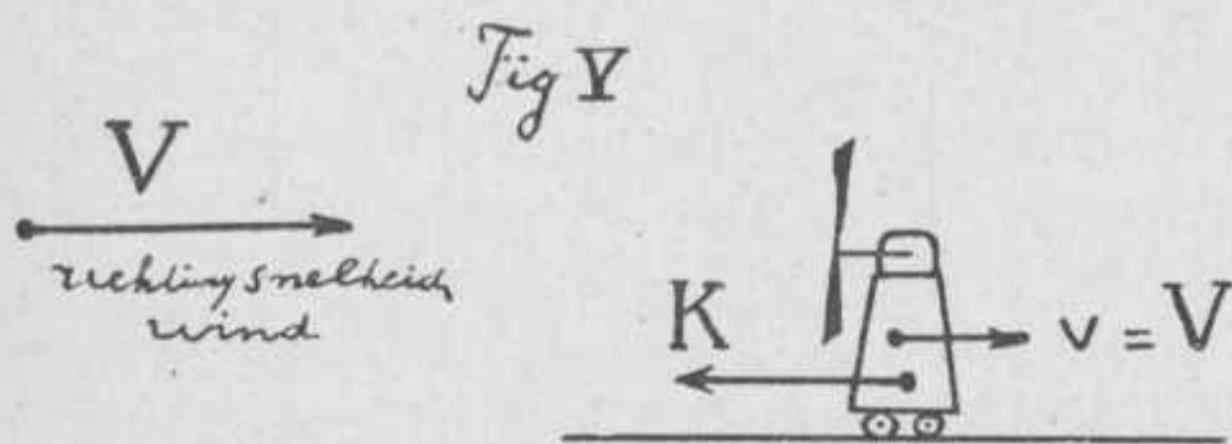
Zij komen tot het resultaat dat het tegenwindwagentje zich in de richting moet gaan bewegen.

Deze redeneering is onjuist.

De fout schuilt daarin, dat deze personen *arbeidsvermogen met kracht verwisselen!*

Om de molen, die zich in de richting van den wind beweegt, tot stilstand te brengen is *alleen een kracht noodig*. Men *ontvangt*, in tegendeel met hun bewering, *arbeidsvermogen*.

Met behulp van fig. V zal dit duidelijk gemaakt worden.



De molen beweegt zich in de richting van de wind met snelheid $V =$ windsnelheid V .

Wenden wij nu een remkracht K aan en is de rem weg S dan wordt er door K een *negatieve* arbeid KS verricht. M a. w. men ontvangt een hoeveelheid arbeid KS en wendt aan een kracht K .²⁾

Is de molen tot stilstand gebracht dan moet

²⁾ K zal afnemen doordat de snelheid van de molen minder wordt, maar toenemen doordat de wind weer een kracht in de richting van de as doet optreden.

men om de molen op zijn plaats te houden een reactie kracht K_1 aanwenden en levert de molen het arbeidsvermogen A_1 .

Wij hebben nu het geval II weer.

Mogen deze regels de halsstarrigen overtuigen van de mogelijkheid van het tegenwindwagentje.

G. M.

Naschrift van de Redactie.

Ofschoon door het bovenstaande het vraagstuk principiëel is opgelost, helpt men zijn voorstellingsvermogen door zich een tegenwindwagentje te denken, waarbij door een of andere overbrenging (b v. snaarschijven) de wieken met de wielen zijn verbonden. Indien nu de wind het wagentje zou achteruit duwen, gaan de wieken in tegengestelde draairichting dan die door den wind roteeren, en oefenen daardoor een grooten weerstand uit. Ergo hangt alles af bij een bestaande overbrenging van de hellingshoek van de schroef; er is een grens, waarbij het toestelletje stilstaat. Neemt men die hoek nu nóg grooter, zoo heeft, zooals ook proefondervindelijk is gebleken, beweging tegen wind in plaats. In theorie is dus ook zeilen recht tegen wind in mogelijk; praktisch kunnen wij dit niet denken zonder een of andere klappende beweging der zeilen loodrecht op de vaarrichting.

INGEZONDEN.

Geachte Redactie,

Laat ik beginnen met mijne vreugde uit te spreken over het artikel: „Eene directe draadloze verbinding met Indie.” Het is voor ons Delftsche studenten eene voldoening dat ons T. S. T. het eerste tijdschrift is, dat met trots van deze grootsche instelling mag spreken. Alleen wilde ik nog eenige opmerkingen maken. Zou niet eens nader uitgelegd kunnen worden, waarom de krachtlijnen van het eigen veld bij deze hooge frequenties naar binnen worden gedreven. Waar gezegd wordt, dat de stroomdichtheid in de kern het grootst is, lijkt het nog niet onmogelijk, een zoodanige doorsnede te vinden, waarbij de stroomdichtheid voor elk punt van de doorsnede dezelfde is, wat de verliezen ten goede zou komen. Ook het uitstooten der electronen, (zie blz. 146), waar later van gesproken wordt, zou verminderen, wat dan

tegelijker tijd vermindering van verliezen beteekent. Ten slotte zou ik ook gaarne het een en ander willen hooren over de hulpantena, die zouden moeten gediend hebben om boven-harmonische weg te dempen. Wellicht is in een volgend nummer daartoe wel gelegenheid om nader over te spreken.

Bij voorbaat dankzeggend met de meeste hoogachting,

G. BIRNIE.

De Redactie moet tot haar spijt bekennen, dat zij de uitlegging van deze zeer ingewikkelde technische kwestie's niet volkomen heeft kunnen volgen; zij zal den heer Birnie een toegangkaart zenden, opdat hij bij den bedrijfsingenieur zijn licht kan opsteken.

De techniek der hogere frequenties.

Uitgewerkt verslag van de lezing van den heer H. W. L. BRÜCKMAN, E. I., op 10 Februari 1915, voor de E. T. V.

Het hiermee bedoelde gebied der wisselstroomfrequenties ligt in tusschen de meest voorkomende frequentie van 50 per./sec. der sterkstroomtechniek, en die der draadlooze telegrafie welke in de nabijheid van 500.000 per. sec. gelegen is.

De hier tusschen liggende frequenties vinden allereerst hun toepassing bij de telefonie, waar immers het gesproken woord is te analyseeren in trillingen met frequenties van 100 tot 2500 per./sec. Verder hebben trillingen die in dit gebied vallen hun nut voor de draadlooze telegrafie (toon-zenders) en draadlooze telefonie.

De opwekking van ongedempte trillingen is te splitsen in

- 1^o. methoden berustende op resonantie, en wel
 - a. langs electrischen weg (b.v. met den lichtboog).
 - b. langs mechanischen weg (b.v. met de microfoon-zoemer).
- 2^o. snaar- en stemvorkonderbrekers.
- 3^o. wisselstroommachines voor hoge frequenties.

Voor kleinere energiehoeveelheden biedt de opwekking met den lichtboog voordeelen; door gebruikmaking van resonantie kan slechts een enkele frequentie op den voorgrond treden; bovendien

zijn hier geen bewegende deelen. Een nadeel is echter het slechte rendement, en de slechts geringe energie die ze kunnen leveren. Zoo verbruikt de generator van Vreeland aan gelijkstroom 7 amp. bij 110 V., en de aan wisselstroom

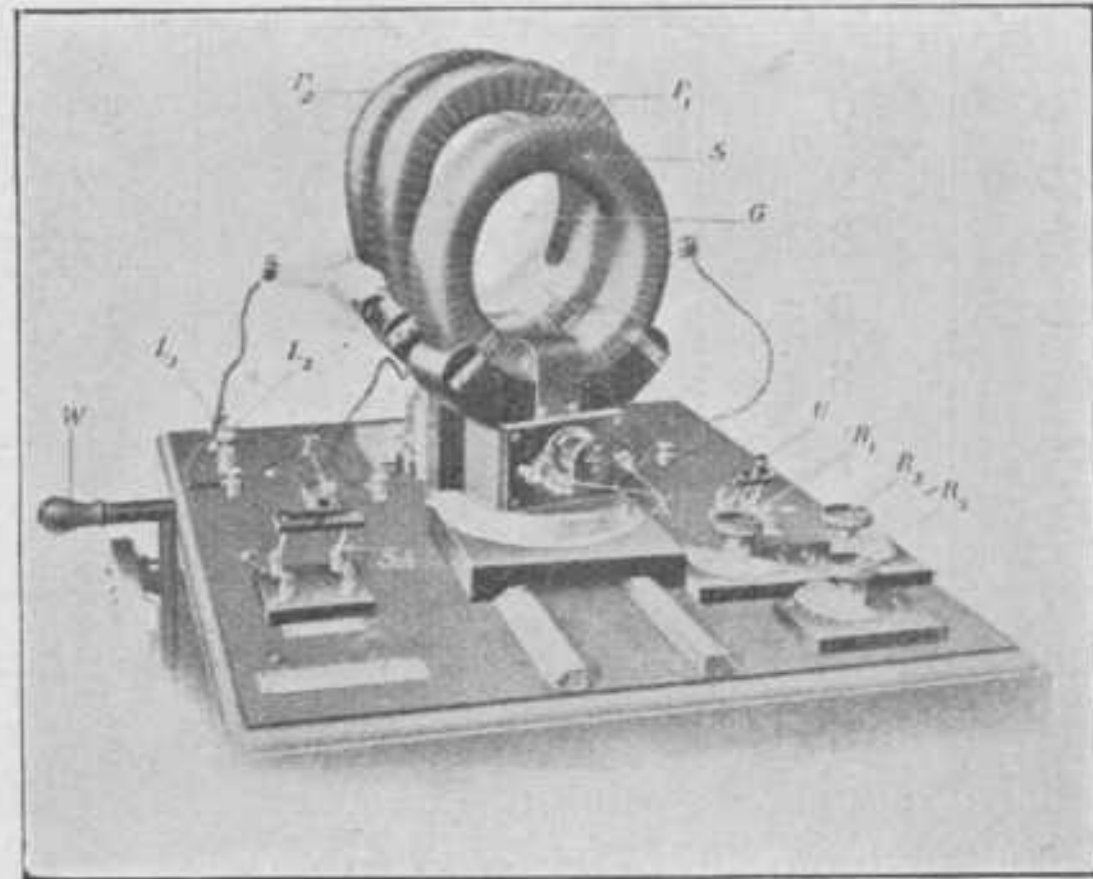


Fig. 1. Generator van Vreeland.

verkrege energie is hoogstens 3 Watt. Dit apparaat bevat een kwikbooglamp met 2 positieve polen *A* en *B* en een negatieve electrode *K*.

Is de boog ontstoken, dan zal door de symmetrische bouw en schakeling er een boog branden tusschen *A* en *K*, zoowel als tusschen *B* en *K*, terwijl tusschen *A* en *B* geen potentiaalverschil zal bestaan. Wordt echter door het scheefbrengen van de lamp bij het ontsteken een asymmetrie in de weerstanden gebracht, dan ontstaat wel een potentiaalverschil tusschen *A* en *B*, en door de hooge frequentie-keten gevormd door de spoelen *P*₁ en *P*₂ en een condensator *C* zal een stroomvloeien. Is deze keten eenmaal aangestooten, dan blijft de electriciteit daarin in slingering met een frequentie welke bepaald wordt door capaciteit en zelfinductie. Voor de beide spoelen in *P*₁ en *P*₂ is een derde spoel *S* geplaatst, waarin dus een wisselspanning van dezelfde frequentie wordt opgewekt, en welke men voor het onderzoek kan bezigen. Een omschakelaar *U* maakt het mogelijk de spoelen *P*₁ en *P*₂ in serie of parallel te schakelen, waarmee de frequentie dus kan worden verdubbeld. Verdere regeling der frequentie geschiedt met de regelbare condensatoren *R*₁, *R*₂ en *R*₃. Door meer of minder windingen van de spoel *S* te nemen is de spanning aan de klemmen nog te regelen; hetzelfde wordt beoogd met het verschuiven van deze spoel op een slede.

Bij een verbruik van 7 amp. bij 110 Volt gelijkstroom kan men aan de machine de stroomen uit onderstaande tabel ontnemen.

Stroom in m. A.	spanning in volts.			
	200 per.	1000 per.	2000 per.	3000 per.
0	9	25	45	50
40	9	23,5	43,5	47
80	8,8	20,6	33,5	37,5
120	8,5	15,8	20,5	19,0
160	8,2	10,0	5,0	—
200	7,5	—	—	—
280	5	—	—	—

Men kan het apparaat dus geen groote hoeveelheden energie ontnemen. Bovendien mag de secundaire spoel S geen merkbare reactie op het primaire systeem uitoefenen, daar dan de zelfinductie van de spoelen P_1 en P_2 wordt beïnvloed, en daarmee frequentie.

De bepaling van de frequentie kan geschieden met behulp van een telefoon en een serie stemvorken, waarvan de toonhoogte, (dus de trillingstijd) bekend zijn, of wel langs electrischen weg door meting van de spanning aan een zelfinductie-normaal met een electrometer met te verwaarloozen capaciteit.

Een goedkoop toestel om hogere frequenties op te wekken is de microfoonsummer; grootte eischen mogen echter aan dit toestel niet worden gesteld. Het bestaat uit een transformatortje waarvan de primaire wikkeling met een microfoon in serie op 4 volt gelijkstroom wordt aangesloten; aan de secundaire wikkeling van het transformatortje is een telefoon met weerstand R in serie aangesloten. Telefoon en microfoon rusten op elkaar met de trilplaten naar elkaar toe gekeerd. Door een stoot (b.v. bij het inschakelen) raakt de telefoontrilplaat in beweging; dit doet het microfoon-membraan reageeren, en een doorlopende trilling ontstaat. Aan de secundaire zijde van het transformatortje ontstaat dan een wisselstroom en men kan van de weerstand R eenige wisselspanning afnemen. Siemens en Halske bouwen dit apparaat met een micro-telefoon met gemeenschappelijke trilplaat; de wisselstroomfrequentie is 550 per./sec.

In dit toestel is dus eigenlijk ook een resonantieketen, maar de condensator is vervangen door een

opzamelaar van mechanische energie (de trilplaat).

Van de in dit toestel circuleerende energie gaat veel door geluid verloren; een geluiddempende kast is, vooral bij metingen met brug van Wheatstone en telefoon, aan te bevelen.

Voor dezelfde doeleinden als bovengenoemd apparaat kunnen ook de stemvorkonderbrekers en snaaronderbrekers worden gebruikt. Hierbij onderhoudt een magneetspoeltje de trilling, waarbij telkens een contact gesloten en verbroken wordt. Hierbij is de frequentie natuurlijk ook zeer zuiver; de stroom is echter niet sinusvormig. Dit laatste nadeel is eenigszins te ondervangen door gebruik te maken van een resonantieketen.

De eigenlijke machines voor hogere frequenties zijn onder te verdeelen in

1. Gewone wisselstroomgeneratoren, maar speciaal voor hogere frequenties ingericht.
2. Machines van het inductortype, en machines met periodiek variabele impedantie.
3. Collectormachines
4. Machines welke een lage grondfrequentie opwekken, doch doch door kunstmiddelen een hogere harmonische doen domineeren.
5. Cascademachines.

De constructieve moeilijkheden die men ontmoet bij het ontwerpen van gewone wisselstroomgeneratoren voor hooge frequentie vindt men duidelijk aangegeven in de volgende formules, welbekend uit de gewone wisselstroomtechniek:

$$\text{de frequentie } \sim = \frac{p n}{60}$$

$$\text{de poolsteek } \tau = \frac{\pi D}{2 p}$$

$$\text{de omtreksnelh. van den rotor } v = \frac{\pi D \cdot n}{60}$$

$$\text{Uit deze drie formules vindt men } \tau = \frac{v}{2 \sim}$$

Hierin schuilt nu de moeilijkheid; wil men polen van mogelijke afmetingen behouden, en \sim groot maken, dan moet v worden opgevoerd. Neemt men als grens van het practisch uitvoerbare $\tau = 1$ cm en $v = 50$ M/sec., dan ziet men dat \sim zich hier laat opvoeren tot 2500 per./sec. Het is echter dan al bijna niet mogelijk om deze pooltjes van 0,5 à 0,7 cm. met 0,5 à 0,3 cm. tusschenruimte van een bekrachtigingswikkeling te voorzien om b.v. 110 V. op te wekken. Bij 3000 omw./min. wordt de rotordiameter dan

$D = \frac{2 \rho \cdot \tau}{\pi} = \frac{120 \cdot \sim \cdot \tau}{\pi n} = 32 \text{ cm.}$ Uit $CD^2 ln = K.V.A.$ volgt dat het vermogen dus niet te klein kan zijn.

In ieder geval is τ klein, en hierdoor wordt de lekfactor groot, wat met de excitatie moeilijkheden geeft. Deze lekfactor hangt samen met de factor $\frac{\delta}{\tau}$, als δ de grootte van de luchtspleet is. Deze is niet kleiner dan 0,5 m.m. te maken; toch wordt hier bij bovenstaande afmetingen $\frac{\delta}{\tau} = 0,05$, wat overeenkomt met de lekfactor van een machine met een poolsteek van 40 cm. en een luchtspleet van 20 m.m. Dergelijke buitengewone afmetingen, welke de machine geheel doet afwijken van normale typen, maken dat ervaringsgegevens voor de gewone alternatoren slechts met groote voorzichtigheid kunnen worden benut.

De ijzerverliezen nemen verder met de frequentie toe, en wel met meer dan de eerste macht van het periodental, zoodat de inducties hier veel lager genomen moeten worden, zal het mogelijk zijn een machine met behoorlijk rendement te construeeren.

Wat het hysteresisverlies aangaat, de afhankelijkheid hiervan van de inductie is theoretisch nog onopgelost, zoodat de ervaring hier moet helpen.

Bij de lage inductie is echter in het oog te houden

- 1^o. dat de elektrische hoeksnelheid groot is,
- 2^o. de voor de excitatiewikkeling beschikbare ruimte is gering.

Het eerste feit neemt de moeilijkheden, die men met de wisselstroomwikkeling zou krijgen, weg, want ook daar wordt de wikkelruimte klein. De vraag is echter of bij de lage inductie het benodigde koper op den stator nog kan worden ondergebracht.

Uit $E = 4 f \cdot w \cdot N \sim \cdot 10^{-8} \text{ Volt}$, ziet men dat, ofschoon N klein is door het kleine pool oppervlak en de lage inductie, \sim dit nadeel door zijn grootte weer compenseert, en zoo het aantal windingen w binnen het constructief mogelijke blijft.

Tenslotte moet ook experimenteel de grootte van μ bij deze frequentie bepaald worden.

Wat de vorm van de stroomkromme aangaat, krijgt men, als men door het betrekkelijk gering aantal statorwindingen overgaat tot een ééngatswikkeling, een afgeplatte kromme, doordat de kleine geponste pooltjes niet meer goed af te

werken zijn. Dit wil dus zeggen: in de spanningskromme is een derde harmonische aanwezig, die met de grondtoon aangroeit. Neemt men 2 gleuven per pool, dan is het mogelijk om met afwisselend ongelijke gleuven de stroomkromme spits te maken, d.w.z. er treedt een derde harmonische op, tegengesteld aan die bij een platte kromme.

Iedere eenfase machine geeft nu echter bij inductievrije belasting een armatuurreactie die de kromme afplat. Een belasting op een inductievrije weerstand kan dus hier de kromme de goede vorm geven.

Een ander middel is nog het toepassen van capaciteiten en zelfinducties op de wijze van een kunstmatige kabel.

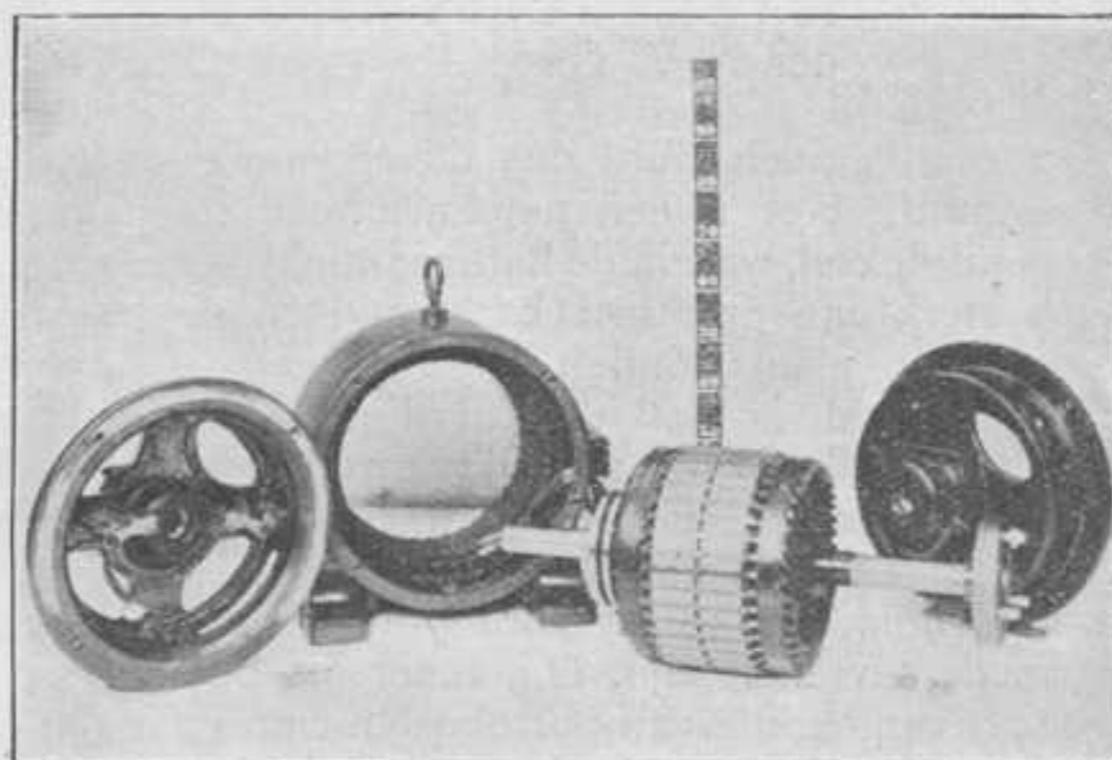


Fig. 2. Hoogfrequentiemachine van de N.V. Electrotechn. Industrie.

Naar verhouding van de poolsteek wordt de luchtspleet hier groot; dit werkt echter gunstig op de reactantiespanning en de foucaultverliezen in de poolschoenen. Om de eerste klein te houden, moeten open tanden gebruikt worden; de rotor moet men dan echter ook lamelleeren.

Met het oog op de beperkte wikkelruimte heeft de N.V. „Electrotechnische Industrie” te Slikkerveer een zeer gunstige wijze van wikkelen der rotoren toegepast, nl. een gewone gelijkstroomwikkeling, waarvan om den anderen de wikkeling is omgekeerd.

Sommige hoogfrequentie machines, welke in de radiotelegrafie gebruikt worden, behooren ook tot deze groep, en wel o. a. de machine van Alexanderson. Hierbij staan magneet- en wisselstroomwikkeling stil, en draait een vliegwiel met een krans van afwisselend magnetisch en niet-magnetisch materiaal. Eigenlijk behoort deze machine dus reeds tot het inductor type.

Een machine van dit laatste type is ook de machine van Dolezalek, waarbij een tandrad van gelamelleerd ijzer roteert over een gelamelleerde electromagneet met 3 wikkelingen; 2 hiervan dienen ter excitatie, de derde levert de hoogfrequente wisselstroom. Frequenties tusschen 750 en 5000 per. sec. kunnen hiermee worden bereikt.

De aflezing van deze frequentie geschiedt door een frequentiemeter welke door een onderbreker op de as van gelijkstroomstooten wordt voorzien.

De laatstgenoemde machine levert slechts zeer weinig energie — hoogstens 7 Watt.

BOEKBESPREKING.

KAARTSYSTEEM-CATALOGUS
der N.V. GEBR. STORK & Co., Hengelo.

Op ons verzoek werd ons bovengemelden catalogus toegestuurd. Het is een net kartonnen bakje met opklappend deksel, waarin de halfmaandelijksche berichten, welke sterk aan prentbriefkaarten doen denken, systematisch een plaats vinden.

Ongetwijfeld is het een aardige reklame, waartoe ook het aesthetische uiterlijk mede werkt; evenwel geeft de inhoud niets meer dan een gewone catalogus, zelfs niet een beschrijving, zoodat wij betwijfelen, of de studenten, welke er voor $f 1,-$ op intekenden, daarmee tevreden zijn. O.i. moet dit bedrag dan ook meer als vergoeding van portokosten worden beschouwd.

Wij zouden de firma Stork een deugdelijker verpakking in overweging willen geven.

J. J. I. S.

STRIKVRAGEN.

Strikvraag No. 7. Een glazen ballon, met wijde kraan, staat op de linker schaal van een balans, en wordt door gewichten op de andere schaal in evenwicht gehouden. Door de open kraan vliegt een insekt den ballon binnen; blijft er nu evenwicht? En als het insekt gaat zitten? De kraan wordt gesloten, en het insekt vliegt weer rond in den ballon, wat is nu de toestand?

(Ingezonden door B. G.)

Oplossingen.

No. 6. De huisnummers zijn:

$$1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \dots (x-1) \cdot (x) \cdot (x+1) \dots a.$$

de som van alle nummers boven $x =$ die van alle nummers beneden x .

Reeks: $1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (x+1).$

$$\text{Som} = \frac{x-1}{2} x.$$

Reeks: $(x+1)(x+2)\dots a.$

$$\text{Som} = \frac{a-x}{2}(x+a+1),$$

dus $\frac{x-1}{2} x = \frac{a-x}{2}(x+a+1)$

$$2x^2 = a^2 + a.$$

$$x = \sqrt{\frac{a^2+a}{2}} = \sqrt{\frac{a(a+1)}{2}} = \sqrt{\frac{a}{2}} \times \sqrt{a+1}$$

a moet liggen tusschen 50 en 500. Aangezien er dus feitelijk 1 gegeven te weinig is, *) mogen we er nog één aannemen, en neem ik, dat zoowel de wortel uit $\frac{a}{2}$, als die uit $(a+1)$ te trekken is.

Stel $a = 2p$, dan moet dus te trekken zijn \sqrt{p} en $\sqrt{2p+1}$,

$$50 < a < 500,$$

dus $25 < p < 250.$

En laten we nu eventjes probeeren.

$p = 5 \times 5 = 25$	$2p + 1 = 51$	$\sqrt{2p+1} = ?$
$6 \times 6 = 36$	73	
$7 \times 7 = 49$	99	
$8 \times 8 = 64$	129	
$9 \times 9 = 81$	163	
$10 \times 10 = 100$	201	
$11 \times 11 = 121$	243	
$12 \times 12 = 144$	289	$\sqrt{2p+1} = 17.$
$13 \times 13 = 169$	339	
enz.		

dus voor $p = 144$ is zoowel \sqrt{p} als $\sqrt{2p+1}$ te trekken,

$$\text{dus } a = 2p = 288.$$

$$x = \sqrt{\frac{a^2+a}{2}} = \sqrt{p} \times \sqrt{2p+1} = 12 \times 17 = 204.$$

G. MD.

*) Deze gevolgtrekking is onjuist, evenals het vervolg onvolledig is.

RED.

Oplossingen.

No. 6. Noem aantal huizen in de straat = x , huisnummer des vriends y .

De gegevens zijn dan: $50 < x < 500$

en $1 + 2 + 3 \dots$

$$+ (y-2) + (y-1) = (y+1) + (y+2) + \dots + (x-1) + x.$$

$$y(y-1) = (x-y)(x+y+1)$$

$$y^2 = x^2 - y^2 + x$$

$$y^2 = \frac{x(x+1)}{2} \quad (1) \text{ hetgeen te schrijven is:}$$

$$a) \quad y^2 = \frac{x}{2}(x+1) \quad \text{en} \quad b) \quad y^2 = x \frac{x+1}{2}.$$

We hebben te doen met geheele getallen; y^2 is een volkomen vierkant. In geen van beide gevallen hebben de twee factoren van het 2^e lid een gemeenschappelijken deeler, m.a.w. ieder dier factoren moet een volkomen vierkant zijn.

Dit voor a uitwerkende krijgen we:

$$\frac{x}{2} = p^2 \quad x+1 = q^2 \quad p \text{ en } q \text{ geheel; } \sqrt{51} < q < \sqrt{501} \\ \text{of } 7 < q < 23.$$

$$\text{Verder is } 2p^2 = q^2 - 1$$

$$2p^2 = (q+1)(q-1) \quad (2)$$

$$\text{en } p^2 = \frac{q^2}{2} - \frac{1}{2},$$

$\frac{1}{2}q^2$ is dus geen geheel getal, q^2 dus niet even

q dus ook niet. *)

De oplossing is nu door zoeker n . gemakkelijk te vinden; q kan n.l. zijn (zie grenzen): 9, 11, 13, 15, 17, 19 of 21; verder moet [zie (2)]: $(q-1)(q+1)$ het dubbele van een volk. \square zijn, dus alle deulers, behalve 2, dubbel bevatten. Men ziet alras, dat slechts 17 voldoet. Hieruit volgt:

$$x = q^2 - 1 = 288, \quad y = \sqrt{144 \cdot 289} = 12 \cdot 17 = 204.$$

Houdt men niet van zoeken, dan kan men op. (2) dezelfde redenatie toepassen als op (1); men komt dan op een enkele mogelijkheid.

De gegeven oplossing is niet zeer fraai; wie weg b inwandelt loopt dood. Ook bij de voortgezette oplossing bestaat zoo'n slop.

M. DE B.

*) Uit $\frac{x}{2} = p^2$ volgt reeds $x = \text{even}$,
dus $x+1$ oneven = q^2 , $q = \text{oneven}$.
RED.

Onze oplossers hebben moeite gehad met de onbepaalde vergelijking:

$$x = \frac{1}{2} \sqrt{2(n+1)n},$$

waarin n moet liggen tusschen 50 en 500.

De getallenleer weet voor onbepaalde vergelijkingen van den tweeden graad wel niet veel beter te doen dan probeeren (Opl. de B.), maar toch kan men in dit bijzondere geval een meer systematischen weg inslaan.

Aangezien de vorm onder het wortelteeken een volkomen vierkant moet zijn, is een der volgende gevallen te onderscheiden:

$$a) \quad 2n = \text{vierkant} \quad n+1 = \text{vierkant.}$$

$$b) \quad n = \text{vierkant} \quad 2(n+1) = \text{vierkant.}$$

$$c) \quad \frac{2n}{n+1} \text{ of } \frac{2(n+1)}{n} = \text{vierkant.}$$

Is n even, zoo is te stellen $n = 2p$. Nu kunnen $n+1$ en p geen faktor meer gemeen hebben, want dan zou deze ook in n en $n+1$ moeten voorkomen. Eene dergelijke redeneering voor het geval dat n oneven is (stel $n+1 = 2q$) toont aan, dat de gevallen c) zijn terug te brengen tot a) of b).

Geval a (n is even). Stel $n = 2\alpha^2$ $n+1 = \beta^2$

$$x = \alpha\beta \quad n = 2\alpha^2 = \beta^2 - 1.$$

Op te lossen: $2\alpha^2 = \beta^2 - 1$

$$(\beta + \alpha\sqrt{2})(\beta - \alpha\sqrt{2}) = 1.$$

Daaraan voldoen als kleinste waarden $\beta = 3$ $\alpha = 2$; dan voldoen dus ook de waarden $\beta = B$ en $\alpha = A$, welke worden verkregen, door de vergelijking:

$$(3 + 2\sqrt{2})^m (3 - 2\sqrt{2})^m = 1$$

te schrijven in den vorm:

$$(B + A\sqrt{2})(B - A\sqrt{2}) = 1.$$

De getallenleer bewijst, dat buiten de reeks, welke men verkrijgt door $m = 1, 2, 3 \dots$ enz. te substitueeren, met positieve getallen geen andere wortels mogelijk zijn.

Geval b) wordt op dezelfde wijze behandeld en leidt tot de vergelijking:

$$(1 + \sqrt{2})^n (1 - \sqrt{2})^n = -1,$$

waarin n oneven is.

Het blijkt, dat beide categorieën zijn samen te vatten in:

$$(1 + \sqrt{2})^m (1 - \sqrt{2})^m = (-1)^m.$$

$$(1 + \sqrt{2})^1 = 1 + \sqrt{2} \quad n = 1^2 = 1$$

$$(1 + \sqrt{2})^2 = 3 + 2\sqrt{2} \quad = 3^2 - 1 = 8$$

$$(1 + \sqrt{2})^3 = 7 + 5\sqrt{2} \quad = 7^2 = 49$$

$$(1 + \sqrt{2})^4 = 17 + 12\sqrt{2} \quad = 17^2 - 1 = 288$$

$$(1 + \sqrt{2})^5 = 41 + 29\sqrt{2} \quad = 41^2 = 1681$$

$$50 < n < 500,$$

dus $n = 288$ is de eenige oplossing.

x wordt gevonden als te zijn $12 \times 17 = 204$.

RED.

Oplossingen.

No. 5. De oplossingen, die Jonathan geeft, zijn niet fraai. In de eerste gebruikt hij het lagere-schoolmaniertje: stel het leger legt 1 K.M. per uur af; in de tweede werkt hij met niet minder dan drie onbekenden. Het getal 40, dat den oplossing in de war moest brengen, heeft hem leelijk te pakken gehad. De lengte van de colonne kan bij de berekening geheel buiten beschouwing gelaten worden; juist de vraag: *welk gedeelte* van 40 K.M. heeft de troepenmacht afgelegd, was daarvoor een duidelijke aanwijzing.

Het vraagstuk, ontdaan van zijn verwarrend element, was (ik herhaal voor den vergeetachtige): Een koerier aan het hoofd van een marcheerende colonne moet

een bericht brengen naar den staart. Hij doet dit, keert oogenblikkelijk weer terug en ziet, als hij aan het hoofd is, dat de colonne dan juist een weg gelijk aan zijn eigen lengte heeft afgelegd. Welk gedeelte hiervan had de troepenmacht afgelegd, toen hij aan de staart was?

De volgende oplossing ligt nu voor de hand. We kiezen de eenheden en wel zóó, dat:

$$\text{lengte leger} = 1,$$

tijd noodig om den weg = eigen lengte af te leggen = 1,

$$\text{dan is de snelheid} = 1.$$

Het gevraagde nemen we x ($x < 1$); dan is ook het tijdsverloop tot de koerier aan den staart was: x (1). De koerier rijdt den afstand

$$(1-x) + (1-x) + 1 = 3 - 2x.$$

Tijd hiervoor noodig = 1; snelheid koerier: $3 - 2x$; dus tijd voor hem noodig om de staart te bereiken

$$= \frac{\text{weg}}{\text{snelheid}} = \frac{1-x}{3-2x}.$$

Dit nu is gelijk aan x [zie (1)].

$$\frac{1-x}{3-2x} = x$$

$$1-x = 3x - 2x^2$$

$$2x^2 - 4x + 1 = 0$$

$$x = \frac{2 - \sqrt{2}}{2} \quad (+ \text{vervalt}).$$

M. DE B.

CORRESPONDENTIE.

Den heer M. d. B. — Inderdaad wil de naam „Strikvragen” ons ook niet volkomen bevredigen; kunt gij ons voor den volgenden jaargang een beter hoofd verschaffen?

Den heer M. G. — Uwe oplossing van Strikvraag No. 5 brengt niets nieuws, zoodat wij die ter zijde moesten leggen.

Den heer V. A. M. — Zie opmerking aan den heer M. G. Indien gij uwe kritiek over den inhoud van het T. S. T. in een meer parlementairen vorm wilt inkleeden, zullen wij ons daartegen, ook met andere oordeelvellingen, verdedigen.

BERICHTEN EN MEDEDEELINGEN.

Bij beschikking van den Minister van Staat, Minister van Binnenlandsche Zaken, van 30 Maart 1915, No. 3477, Afdeling O., is met ingang van 1 April 1915 benoemd tot machinist voor het gebouw voor Werktuigen en Scheepsbouwkunde aan de Technische Hoogeschool te Delft, E. J. Adamse, thans tijdelijk machinist aldaar.
