

Wetenschap - techniek samenleving techniek - wetenschap

Citation for published version (APA):

Kruithof, A. A. (1962). *Wetenschap - techniek samenleving techniek - wetenschap*. Technische Hogeschool Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1962

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

WETENSCHAP - TECHNIEK
SAMENLEVING
TECHNIEK - WETENSCHAP

REDE

UITGESPROKEN BIJ HET AANVAARDEN
VAN HET AMBT VAN GEWOON HOGLERAAR
IN DE TECHNISCHE NATUURKUNDE
AAN DE TECHNISCHE HOGESCHOOL

TE EINDHOVEN

OP VRIJDAG 13 APRIL 1962

DOOR

Dr. A. A. KRUIHOF

*Mijne Heren Curatoren,
Mijnheer de Secretaris van deze hogeschool,
Mijne Heren Hoogleraren,
Dames en Heren van de wetenschappelijke, technische
en administratieve staven,
Dames en Heren studenten,
en voorts Gij allen die door Uw aanwezigheid van Uw
belangstelling voor deze plechtigheid blijk geeft,*

Zeer gewaardeerde toehoorderessen en toehoorders,

Stel U voor: de heide ten zuiden van het Sint Janskerkhof bij Laren, ongeveer halverwege de plaats waar tegenwoordig de uitspanning „Het Bluk” wordt gevonden. Omstreeks veertig eeuwen geleden stonden er op die plaats meer bomen dan nu. Een vader loopt tussen die bomen zoekend rond met zijn zoon. Eindelijk zegt hij: „Deze moet het maar zijn. We zullen wel een dag of tien werk hebben met zo'n flinke boom, maar daar hebben we dan ook wat aan voor onze nieuwe hut”. Om de beurt trekken vader en zoon op de boom van leer met hun dissel, een geslepen steen die aan het eind van een houten steel is bevestigd. Het gaat langzaam, want het gereedschap is niet erg scherp en je moet er nog voorzichtig mee zijn ook, anders springen er stukken af.

De vader is voorzichtig en gebruikt al zijn ervaring om de bijl te sparen en toch op te schieten. De zoon is minder handig en slaat er feller op los. Opeens gebeurt het ongeluk. Hij raakt een noest en er springen aan voor- en achterkant scherven van de steen. De vader bekijkt het gereedschap en zegt: „Ja, er is niets aan te doen; we moeten een andere zien te krijgen. Maar dat zal wel even duren, want onze disselsteen is op en de handelaar is pas weg naar de streken waar de zon opgaat”. De zoon heeft een ander idee: „Laten we er een kopen van de handelaar die komt uit de streek waar de zon in de middag staat. Zo een waar geen stukken afspringen. Als je op een noest slaat, verbuigt hoogstens de snede. Die kun je met een steen weer recht

slaan en met een slijpsteen scherp maken”. „Hm”, bromt de vader, „al dat nieuwerwetse goed! Ik geloof niet dadelijk dat het beter is. Bovendien zijn die dingen duur. Ze kosten wel tweemaal zoveel graan als de goede stenen dissels”. „Nou”, is het antwoord, „waar ze die dingen maken, ver in het zuiden, weten ze heus wel wat ze doen. Dat taaie, bruinachtige goedje, dat brons genoemd wordt, zal in de toekomst wel meer worden gebruikt. Het is heel wat anders dan onze disselsteen, die al van zo ver komt. En toch is die beter dan de vuursteen die hier een paar dagreizen vandaan aan de rivier de Maas wordt gevonden. Die vuursteen is nu trouwens bijna op”. „Laten we maar zien wat we het vlugst kunnen krijgen”, is het besluit van de oude. Hij gooit de beschadigde bijl weg.

Omstreeks veertig jaren geleden liepen op dezelfde plaats bij het Sint Janskerkhof weer een vader en een zoon. De vader wees op een steen en zei: „Pak die eens op”. Het was de disselsteen die hier voor me ligt. Er zijn twee scherven afgesprongen van de snede.

Van dit verhaal is het begin natuurlijk gefantaseerd. Aan de hand van archeologische gegevens deed ik het echter zo, dat het werkelijk op deze manier had kunnen gebeuren. En de beschadigde disselsteen, die wij vonden op de aangegeven plaats, is werkelijkheid!

Het was mijn bedoeling U te laten zien, dat in de periode toen in Europa het late stenen tijdperk overging in het bronzen tijdperk, de betere eigenschappen van het nieuwe materiaal maakten, dat de stenen gereedschappen in snel tempo werden vervangen door bronzen. In Spanje waren de grondstoffen voor brons aanwezig en men maakte zich de kunst eigen, dit materiaal te vervaardigen en te bewerken. Op deze uitvinding werd een hele industrie gegrondvest. De nieuwe gereedschappen werden door handelaars over heel Europa verbreed en verdrongen de stenen dissels en de vuurstenen gereedschappen uit de werkplaatsen aan de Maas, waar de vuursteenindustrie te gronde ging.

Later, toen de Hittieten in Klein-Azië het maken en bewerken van ijzer leerden, had een dergelijke omwenteling plaats, die onder andere berustte op de ervaring dat men met een ijzeren zwaard een tegenstander met een bronzen helm gemakkelijk baas kon. Ook de bronzen „ploegscharen” aan strijdwagens verbogen als blik, wanneer ze in onzachte aanraking kwamen met ijzeren exemplaren van de tegenstanders.

Het zijn natuurkundige eigenschappen van de materialen, die hun

waarde bepalen bij de voorbeelden die ik U gaf van gereedschappen en andere gebruiksvoorwerpen. Het gaat om hardheid, taatheid, buigzaamheid, brosheid. De ontdekking van nieuwe materialen met betere eigenschappen had verstrekkende sociale en economische gevolgen; het bestaan van hele industrieën was ermee gemoeid. Dezelfde gevolgen kunnen thans door de technische fysica worden veroorzaakt, het vak waarin ik aan deze hogeschool les zal geven, en waarover ik U heden mag spreken. Dit is ook de reden waarom het me zo verheugt, U hier een voorwerp te kunnen tonen, dat ervan getuigt dat steen als materiaal voor een bijl nu ook niet alles is.

In één opzicht is er een typerend verschil tussen het speurwerk van onze technische fysica en de voorbeelden uit het late stenen tijdperk en het vroege bronzen tijdperk. De ontdekking van de betere eigenschappen en de bereidingswijze der nieuwe materialen zullen in die oude tijden allicht veel meer aan het toeval te danken zijn geweest, dan dit nu het geval is bij het vinden van nieuwe eigenschappen en nieuwe processen. In het algemeen wordt nu het vak beoefend in grote instituten door mensen die er speciaal hun beroep van hebben gemaakt en ervoor zijn opgeleid.

Het is mijn bedoeling U eerst aan de hand van twee duidelijke voorbeelden wat meer vertrouwd te maken met het begrip technische fysica. Het eerste voorbeeld is de ruimtevaart, het tweede de techniek der lengtemeting, die al op een lange geschiedenis kan terugzien en die tot nu toe steeds werd verfijnd. Daarna wil ik U iets vertellen over mijn eigen ervaringen in het tot dit vak behorende gebied der gasontladingen. Voor deze gasontladingen wil ik tevens trachten een blik in de toekomst te werpen en U laten zien, welke ontwikkelingen te verwachten zijn. Na enige opmerkingen over de sociale consequenties van de werkzaamheid der technische fysici wil ik tot besluit een aantal gevolgtrekkingen maken voor het onderwijs aan toekomstige natuurkundige ingenieurs.

Wat voor een vak is dan wel die technische fysica, die in het verre verleden reeds, als het ware incognito, zulk een grote rol speelde en die nu zo systematisch en met toepassing van vrijwel onbeperkte middelen wordt beoefend? Is het een soort tovenarij, die het aanzien van de wereld – over lange tijden weliswaar – maar toch radicaal kan veranderen? Wij willen de zaak nuchter bekijken en eens nagaan hoe wij met de volgende definitie uitkomen:

Technische fysica treft men steeds daar aan, waar fysische wetenschapsbeoefening en techniek elkaar raken, zodat de beoefenaar van de fysica zich bewust wordt van een technisch doel van zijn werk.

Bij nadere beschouwing ziet men al spoedig twee mogelijkheden voor dit proces van bewustwording. In de eerste plaats kan de situatie zijn als volgt: zowel wetenschap als techniek schrijden op een bepaald gebied steeds voort; in het grensgebied is plaats voor technische fysica.

Het is er mee als met een nieuwe polder in de voormalige Zuiderzee. Eerst worden de dijken gelegd. De mannen der wetenschap leggen de fundamenten van de nieuwe kennis en geven de omtrekken van het nieuwe gebied aan. Als het land eenmaal is gewonnen, heerst overal grote bedrijvigheid; er worden wegen en kanalen aangelegd; er worden huizen en fabrieken gebouwd. Deze fase in ons beeld komt overeen met de technische fase van het project. Maar er is voor de polder een tussenfase geweest, waarin het water werd weggemalen, het land droog kwam en werd opengelegd. In deze periode, die toch bij het tot stand komen van de polder niet kan worden overgeslagen, zijn er op het nieuwe land nog niet veel mensen te vinden, maar degenen die er zijn, zien het stramien van de nieuwe polder al voor zich. Deze tussenfase komt overeen met die van de technische fysica.

Een voorbeeld van de geschetste gang van zaken vinden we in de ruimtevaart. Het is niet erg waarschijnlijk dat NEWTON aan ruimtevaart heeft gedacht, toen hij de wet der algemene aantrekking en het principe „actie = reactie” formuleerde. In ieder geval was er in de situatie ná NEWTON wel plaats voor technische fysica, die dan ook ijverig is beoefend. Nu wordt van NEWTON's principes in de techniek van de ruimtevaart ruimschoots gebruik gemaakt.

Een belangrijk punt is, zich te realiseren waar de grens ligt tussen fysica en technische fysica. In de definitie heb ik getracht deze aan te geven door te spreken over het doel dat de onderzoeker nastreeft. Zodra deze een duidelijk technisch doel in het oog vat, kunnen we spreken van technische fysica. Dat niet zelden de uitkomst van het onderzoek een geheel andere toepassing vindt dan de primaire doelstelling aangaf, is een ervaring die vele vakgenoten tot hun vreugde, maar ook wel tot hun verdriet hebben opgedaan.

Een tweede mogelijkheid van bewustwording van een technisch doel der fysica is deze: een bestaand technisch procédé boeit de fysicus

door de fysische grondslagen van de technische werkmethode. Deze grondslagen onderzoekend ontdekt hij geheel nieuwe mogelijkheden om het procédé uit te voeren. Zijn werk voortzettend als fysicus blijft hij toch gericht op een technisch doel, namelijk de verbetering van het procédé. Dit is technische fysica.

Als voorbeeld kiezen wij de meting van lengten. Omstreeks het jaar 200 voor Christus wist ERATOSTHENES de omtrek van de aarde te bepalen. Hij mat daartoe de afstand van Alexandrië tot Syene. Verder wist hij dat op het middaguur van de midzomerdag in Syene een gnomon, dat is een verticaal opgestelde meetstok, geen schaduw geeft, maar in Alexandrië wel. Hij kon door de lengte van deze schaduw te meten, de hoek uitrekenen, die het horizontale vlak te Alexandrië met dat te Syene maakt. Uit deze gegevens bepaalde hij de omtrek van de aarde, welke hij opvatte als een zuivere bol. Omdat zijn uitkomst, 39690 kilometer, nog niet één percent fout was, moet zijn lengtemeting ook ongeveer deze nauwkeurigheid hebben gehad. De eerlijkheid gebiedt ons te vermelden, dat onze landgenoot SNELLIUS in 1617 in een bepaling van de omtrek van de aarde nog een fout maakte van circa drie percent. MUSSEN BROEK bouwde voort op het werk van SNELLIUS en gaf in 1719 een veel beter resultaat.

Een nieuw tijdperk brak aan, toen de Franse Constituante in 1791 besloot een nieuwe eenheid van lengte in te voeren die gelijk zou zijn aan één veertigmiljoenste deel van de meridiaan die over Parijs loopt. Men noemde deze eenheid de meter. De lengte ervan werd met de beste ter beschikking staande middelen bepaald en in een materiële standaard vastgelegd. Men heeft enige malen deze standaard vervangen door een andere waarvan de lengte zo goed mogelijk aan die van de vorige werd gelijkgemaakt. Daarbij maakte men telkens doelbewust gebruik van de betere fysische eigenschappen der materialen, die men inmiddels had leren kennen. In 1875 heeft een groot aantal landen de meterconventie gesloten, waarbij Nederland zich voegde — in 1929. De standaardmeter, die in 1889 door de algemene conferentie over maten en gewichten werd goedgekeurd, is gemaakt van platina-irridium. De doorsnede heeft de vorm van de letter X. Op de neutrale vezel van de staaf zijn de strepen aangebracht, die begin en einde van de lengte-eenheid aangeven. Kopieën van deze standaardmeter berusten in de bij de conventie aangesloten landen en het bepalen van lengten door vergelijking met deze substandaarden is geworden tot een technische aangelegenheid, waarbij een precisie van 1 op 10^7 wordt behaald. Het is gebleken dat de standaardmeter afwijkt van de

oorspronkelijke door de Constituanten gegeven definitie. De afwijking bedraagt bijna twee honderdste percent. Men heeft zich echter gehouden aan de materiële standaard, die bewaard wordt in het Bureau des Poids et Mesures te Sèvres bij Parijs.

Op den duur was men niet tevreden met de verkregen precisie van 1 op 10^7 . Bovendien achtte men het niet juist, dat de lengte-eenheid was vastgelegd door middel van een materiële standaard die wel heel goed wordt bewaard, maar die toch verloren kan gaan of in het ongereede kan raken. Men is daarom gaan speuren naar een lengte die zeer nauwkeurig vastligt in de natuur. Zo'n lengte moet overal en altijd terug te vinden zijn. Dergelijke lengten waren reeds lang bekend in de spectroscopie. Wanneer men gassen of dampen die niet uit moleculen, maar uit enkele atomen bestaan, aan het lichten brengt, bijvoorbeeld door middel van een elektrische ontlading, bevat de uitgezonden straling een discreet aantal zeer smalle spectraallijnen. Met elke lijn is een bepaalde golflengte verbonden, en hoe minder het atoom bij het uitzenden van de straling wordt gestoord, hoe scherper de golflengte van de straling is bepaald. De storingen worden in hoofdzaak veroorzaakt door botsingen met andere atomen. Men kan deze botsingen beperken in aantal en heftigheid door de druk en de temperatuur van het gas in de te gebruiken ontlading beide laag te kiezen. Een tweede reden om de temperatuur laag te kiezen is, dat door het Doppler-effect bij hoge temperatuur een extra verdoezeling van de lijn wordt veroorzaakt. Om dit effect klein te houden, zal men bij voorkeur zware atomen kiezen, die zich bij gegeven temperatuur langzaam bewegen. Tenslotte is het nog van belang, dat het gas uit één enkele atoomsoort bestaat. Vele elementen bestaan namelijk uit een aantal isotopen, die spectraallijnen geven welke zeer dicht bij elkaar liggen, maar nog ver genoeg uit elkaar om bij nauwkeurige lengtemeting storingen op te leveren.

In 1927 heeft de Conferentie over maten en gewichten besloten, te doen onderzoeken of de golflengte van een spectraallijn voor de definitie van een lengte-eenheid kan worden gebruikt. Zou dit gelukken, dan zou deze eenheid van lengte in elk daartoe ingericht laboratorium gereproduceerd kunnen worden, zodat de standaard niet meer verloren kan gaan.

Aanvankelijk dacht men voor het gestelde doel aan een rode spectraallijn van het metaal cadmium, die vele gunstige eigenschappen in zich verenigt. Er was echter één bezwaar: de gasontlading die nodig is om

de straling op te wekken, kan men in cadmiumdamp pas onderhouden bij een temperatuur van enige honderden graden Celsius. Het zou beter zijn bij een veel lagere temperatuur te werken. Dit is mogelijk met een ontlading in een edelgas, die men zonder bezwaar met vloeibare stikstof tot -190° C kan afkoelen. Helaas bestaan de edelgassen die zware atomen hebben, krypton en xenon, in de vorm waarin zij in de natuur voorkomen, uit een aantal isotopen. Zij waren in deze vorm dus niet bruikbaar. In het afgelopen decennium echter kreeg men de beschikking over een zuiver isotoop van krypton. Hiermee had men het ideale gas voor het maken van een lengtestandaard in handen.

Op 14 oktober 1960 besloot de Conferentie voor maten en gewichten, de oranje spectraallijn van krypton-86 voor de definitie van de lengteenheid te gebruiken. De meter kan nu met behulp van interferometrische methoden worden vastgelegd met een nauwkeurigheid van 1 op 10^9 , dat is honderd maal zo nauwkeurig als met een materiële standaard.

De vraag rijst onwillekeurig of men hiermee nu is gekomen aan het einde van de ontwikkeling van een steeds nauwkeuriger lengtestandaard. In ieder geval heeft het internationale comité voor maten en gewichten – evenals het tevoren trouwens telkens deed – besloten de studie voort te zetten. Er zijn ook wel degelijk mogelijkheden: de in een gewone gasontlading opgewekte spectraallijnen behouden steeds een eigen natuurlijke breedte, die blijft bestaan, ook als men alle storende invloeden zou wegnemen en alle atomen zou stil zetten. Beschouwingen van EINSTEIN en BOHR, gepubliceerd in 1916 en 1923, hebben enkele jaren geleden geleid tot de conclusie dat het mogelijk moet zijn, een geschikt gekozen gasontlading en een interferometer te combineren tot een zogenaamde optische maser of laser. Met behulp van dit instrument, dat kan worden beschouwd als een trilholte van zeer goede kwaliteit voor elektromagnetische straling van zeer korte golflengte, kan men in principe de golflengte van zo'n straling vastleggen met een nauwkeurigheid die duizend à honderdduizend maal beter is dan die van de kryptonlamp. Het instrument dat men voor deze proeven nodig heeft, is uiterst delicaat, maar de gasontladingslaser heeft op enkele plaatsen in de wereld al gewerkt. En dat men in deze richting grote mogelijkheden verwacht, blijkt wel uit het feit dat een grote firma in de Verenigde Staten een speciaal laboratorium wil bouwen op 160 kilometer van elke grote verkeersweg om ongestoord proeven te kunnen doen met deze gasontladingslaser.

De geschiedenis van de lengtemeting laat duidelijk zien, dat telkens verbeteringen worden gevonden, als men de grondslagen van een technische meetmethode of van een technisch produkt nader bestudeert. In de zin van onze definitie heeft men dan steeds te maken met technische fysica.

De gegeven bepaling voor het begrip technische fysica leidt er al toe, enige typische kenmerken van het vak naar voren te halen. Deze kenmerken laten naar mijn gevoelen ook niet na, hun stempel te drukken op de beoefenaren ervan.

Allereerst vergt het verwijlen in het zich steeds verplaatsende grensgebied van wetenschap en techniek een dynamische instelling. Zou een technisch fysicus op een bepaald punt „op zijn lauweren gaan rusten”, dan zou hij alras merken, dat hij midden in de techniek is beland en geen fysicus meer is. Overigens is dit een ontwikkeling die zich in de praktijk van het leven niet zelden voordoet en die zo zeer in de lijn der dingen ligt, dat menigeen dit als geheel normaal ervaart en er ook wél bij vaart. Ik meen echter dat aan een technische hogeschool de technische fysicus verplicht is, zichzelf te blijven en derhalve de ontwikkeling van de wetenschap op de voet te blijven volgen.

Een ander kenmerk van de technische fysicus komt tevoorschijn bij het onderzoek van de fysische grondslagen van produkten of procédés die allang bekend zijn. Heel vaak is het zo, dat men in het begin al iets vermoedt van het mechanisme en van de samenhang tussen allerlei verschijnselen. Na enige tijd wordt gevonden, dat in werkelijkheid de verhoudingen toch anders liggen en het is dan nodig, de oude en de nieuwe inzichten uiterst kritisch te vergelijken met de uitkomsten van proeven. Hierbij komt het vooral aan op minutieus detailwerk en consequent volhouden. Toch ontbreekt ook in deze tak van de technische fysica de dynamiek niet, juist door het soms snel wisselen der inzichten.

Voor het derde aspect, het laatste dat ik wil bespreken, knoop ik aan bij de in het begin gemaakte opmerking dat de beoefening der technische fysica in de tegenwoordige tijd zo vaak plaats vindt in grote instituten, waar velen tezamen werken. Het is bijna steeds de bedoeling dat dit tezamen werken ook samenwerken betekent. Aan één onderwerp werken dan een aantal mensen van verschillende aard en met verschillende opleidingen.

In het voorgaande heb ik getracht U een beeld te geven van het begrip technische fysica en van de beoefenaar van dit vak aan de hand van twee voorbeelden, de ruimtevaart en de meting van lengte. Vooral bij het laatste voorbeeld speelde de historie een belangrijke rol. Ik wil U nu laten zien aan een voorbeeld, dat ik als het ware van binnen uit heb meegemaakt, hoe het vak en zijn beoefenaar in de tegenwoordige tijd hun rol spelen. Het zal blijken dat deze rol niet eens zo veel afwijkt van hetgeen wij opmerkten voor het stenen tijdperk.

Het gebied waarop wij nu nader zullen ingaan, is dat der gasontladingen. Men geeft wel eens de volgende definitie: *een gasontlading is een deel van een elektrische stroomkring waar de stroom niet door een metaal-draad loopt, maar door een gas.*

Tot omstreeks 1910 beperkte zich de toepassing van gasontladingen vrijwel tot die van de bekende Geissler-buisjes, die in allerlei artistieke krullen gemaakt kunnen worden, en die eigenlijk behoren tot het rariteitenkabinet van de Physique Amusante. Wanneer men met een elektriseermachine of Rhumkorff-klos een elektrisch stroompje door zo'n buisje stuurt, licht het op in een of andere prachtige kleur, zodat de toeschouwers – net als bij vuurwerk – „ohh” zeggen.

In de zeer grote steden vond men reeds enige tienduizenden koolbooglampen voor de openbare verlichting, maar het onderhoud van deze lampen was zo tijdrovend, dat zij geen verdere verbreiding vonden.

In 1912 werden in Engeland door WATSON voor het eerst praktisch bruikbare glimlampen vervaardigd. Ongeveer tezelfder tijd als de eerste glimlampen, verschenen de lampen van Cooper-Hewitt. Zij bestonden uit buizen van circa 1,5 meter lengte. Aan één uiteinde was een flinke bol geblazen. In de bol bevonden zich enige kilo's kwik. Als de buis ontstoken was, gaf deze een hoeveelheid kwiklicht waarmee een niet te grote kamer helder verlicht kon worden. Volgens onze tegenwoordige inzichten was de druk van de kwikdamp in deze lampen echter nog te laag om een hoog lichtrendement te verkrijgen. De lampen waren door de grote glasbol met kwik nogal kwetsbaar en kwamen niet in algemeen gebruik. Toch kreeg ik er kort na het einde van de laatste wereldoorlog nog wel ter reparatie. Zij werden toen gebruikt voor het maken van lichtdrukken.

Omstreeks 1920 nam de wetenschappelijke belangstelling voor gasontladingen toe. Het intensieve onderzoek werd voortgezet tot 1940,

waarna het door de oorlogsomstandigheden werd vertraagd. Van 1934 tot 1939 heb ik onder de bezielende leiding van dr. F. M. PENNING mogen leren hoe men op dit moeilijke gebied betrouwbare experimenten kan doen. Het fascinerende van ons onderzoek in die tijd was, dat verontreinigingen van de orde van één miljoenste reeds een merkbare uitwerking hadden op de resultaten van metingen, bijvoorbeeld van de doorslagspanning van neon- of argongas. Al spoedig vernamen wij dat de gasmengsels die wij bestudeerden, in Amerika Penning-gas werden genoemd. Het tekent PENNING dat hij ons altijd afraadde die naam te gebruiken. Een merkwaardige samenloop van omstandigheden heeft gemaakt dat in het laboratorium van de sectie technische fysica van deze hogeschool op dit ogenblik de belangstelling weer is gericht op kleine onzuiverheden van het Penning-gastype, nu echter in de zuilontlading.

De vruchten van het gasontladingsonderzoek kwamen in hoofdzaak na 1930 tot rijping als technische produkten. De produkten die toen ontstonden, zijn in grote lijn te verdelen in twee soorten: schakelbuizen en gasontladingsslampen.

De schakelbuizen werden en worden nog steeds in vele soorten en maten vervaardigd. Er zijn diodes die slechts twee elektrodes bevatten: een negatieve, de kathode, en een positieve, de anode; triodes of thyatronen met een derde elektrode; ignitrons met een kwikplaskathode en een speciale ontsteekinrichting; met gas gevulde fotocellen; Geiger-Müllertellers voor het onderzoek van onder andere de straling van radioactieve stoffen en nog vele andere soorten buizen. Sommige van deze schakelbuizen zijn nauwelijks groter dan een rijstkorrel, andere, zoals de gelijkrichters voor het spoorwegbedrijf, zijn ondergebracht in stalen vaten die op een boerderij geen slecht figuur zouden slaan als voerketel.

Elk buistype is gemaakt voor een bepaalde toepassing. Het werd aan die toepassing geheel aangepast binnen de mogelijkheden van de beschikbare materialen en de natuurwetten; de grenzen van de toepassingsgebieden werden bepaald; verbeteringen werden aangebracht. Dit alles berust op doelbewust fysisch onderzoek, technisch-fysisch onderzoek dat nog steeds intensief wordt voortgezet.

Sinds 1948 ontwikkelde zich voor de schakelbuizen een situatie die analoog is aan wat wij gezien hebben bij het verdringen van de stenen werktuigen door de bronzen. De in dat jaar geboren transistor, die

toen nog maar een klein ventje was, heeft grotere broers gekregen, de thyristor en nog andere, die wij tezamen met de naam schakelkristallen zullen aanduiden. Deze schakelkristallen bezitten twee belangrijke voordelen boven de schakelbuizen. Terwijl in de schakelbuizen veelal een gloeikathode op een temperatuur van 800 à 1000° C gehouden moet worden, zolang er kans is dat de buis gebruikt zal worden, is dit bij het schakelkristal niet het geval. Vooral bij intermitterend gebruik levert dit voor de schakelkristallen een merkbare besparing van energie op. De levensduur van de buizen bedraagt vaak tienduizenden uren; maar die van de schakelkristallen is nog niet bekend en wordt wel geschat op zeventig jaar.

Natuurlijk geven de ontwikkelaars van gasontladingsbuizen de strijd niet zo maar op. Zij hebben buizen in petto met extreem lange levensduur; bovendien is een gloeiende kathode in lang niet alle buizen werkelijk onontbeerlijk.

Het tweede gebied waarop het tot technische toepassingen van gasontladingslampen kwam, was dat van de lichtbronnen. Er ontstonden vele soorten gasontladingslampen: de glimontladingslampen; de lagedruk zuilontladingslampen, zoals de fluorescentielamp en de natriumlamp; de hogedruklampen, zoals de hogedrukkwiklamp, de kwiklamp met korte boog, de watergekoelde super-hogedrukkwiklamp, de xenonlamp met zuilontlading en die met korte boog.

Maar ook op het gebied van de lichtopwekking is er een kans dat de situatie van het late stenen tijdperk zich zal herhalen. De fysica van de vaste stof, in het bijzonder de opto-elektronica, heeft tenminste één mogelijkheid in petto, waarvan niet is bewezen dat deze niet de lichtbron van de toekomst zal leveren. Maar dit eventuele gevaar voor de gasontladingslamp ligt nog ver in de toekomst.

Ook hier, bij de twee technische toepassingen van gasontladingslampen – de schakelbuizen en de lampen – vonden wij de telkens optredende samenwerking van wetenschap en techniek, waaruit de technische fysica wordt geboren. Ook bespeurden wij de dynamische instelling die in deze situaties telkens wordt vereist.

Wij hebben ons nu bezig gehouden met het verleden van een gebied der fysica, dat eigenlijk pas in de laatste eeuw tot ontwikkeling kwam. Het is altijd verleidelijk eens te trachten een blik in de toekomst te werpen, maar anderzijds is er ook niets hachelijkers. Een manier om

tot uitspraken over de toekomst te komen, is bepaalde tendenties uit het jongste verleden op te sporen en over het heden heen te extrapoleren. In het voorgaande merkte ik al op dat het wetenschappelijk gasontladingsonderzoek door de omstandigheden van de laatste wereldoorlog was vertraagd. Kort na 1945 heerste er zelfs een zekere malaise; het leek of de belangrijke problemen – afgezien van de technisch-fysische – waren uitgeput. Bij een bezoek aan Oxford en Cambridge in het jaar 1948 waren echter de eerste tekenen van nieuw leven waar te nemen. In Oxford was GILL, een oud-leerling van de pionier TOWNSEND, begonnen met metingen over het opwekken van gasontladingen met microgolven en in Cambridge zocht THONEMAN naar een nieuwe, efficiënte ionenbron. De ontwikkeling is daarna snel gegaan. Er werd een bescheiden begin gemaakt met conferenties over gasontladingen, die nu in Europa en de Verenigde Staten tezamen bijna duizend deelnemers trekken.

Is nu deze sterk toegenomen activiteit alleen een gevolg van zuiver wetenschappelijke interesse? Of hebben de onderzoekers een bepaald doel voor ogen en moet men hen tot de technische fysici rekenen?

Wie zijn ogen en oren de laatste jaren heeft open gehad, zal geneigd zijn te concluderen, dat hier in de verte een prijs lokt die de moeite van het binnenhalen dubbel en dwars waard is: energiewinning door kernfusie. Fusie van lichte atoomkernen is mogelijk en kan reusachtige hoeveelheden energie opleveren uit grondstoffen die ruimschoots ter beschikking staan. Bovendien zijn de afvalprodukten van dit fusieproces veel minder gevaarlijk dan die van de kernsplijting in kernreactoren. Al met al lokt hier een toepassing op grote schaal en van eminent belang omdat wij weten, dat de voorraden fossiele brandstof, waarop wij nu in hoofdzaak teren, niet onbeperkt zijn. Er ontbreekt aan dit toekomstvisioen nog maar één tussenstap. Er moet een manier gevonden worden om de kernfusie op gecontroleerde manier te doen plaatsvinden. Zoals het nu wordt gedaan, in de waterstofbom, is het een voor de gehele mensheid levensgevaarlijke bezigheid. De noodzakelijke tussenstap ligt, verwacht men, verborgen op het gebied der gasontladingen.

Dit toekomstperspectief is echter niet het enige, waarbij de gasontladingen een rol spelen. In de ruimtevaart heeft men voor de voortstuwing van de „vaartuigen” – nog steeds volgens NEWTON'S wet, „actie = reactie” – behoefte aan een kanon dat deeltjes met zo groot mogelijke snelheid wegschiet. De deeltjes mogen bovendien niet al te

licht zijn, zodat elektronen voor dit doel niet deugen. Beter geschikt zijn de ionen, die in een gasontlading van nature steeds aanwezig zijn. Zij zijn tweeduizend à vierhonderdduizend maal zo zwaar als de elektronen. Deze ionen kunnen met veel grotere snelheden weggeschoten worden dan de verbrandingsprodukten van de raketbrandstoffen die men nu gebruikt. Maar ook naar dit visioen ontbreekt een tussenstap: het lukt nog niet, zo veel van deze ionen tegelijk uit te stoten, dat een noemenswaardige kracht wordt verkregen.

Wanneer wij nu de bestaande tendenties naar de toekomst willen extrapoleren, zien wij dat een machtige stroom van gedachten en van experimenten gericht is op het onderzoek van het ontladingsplasma. Omdat de beide zojuist gesignaleerde toepassingen uitgaan van ontladingsplasma's, zal deze richting in het onderzoek zeker nog wel enige tijd de heersende zijn.

Aan vele ontladingen kan men drie duidelijk te onderscheiden onderdelen herkennen. Wordt de ontlading door een gelijkstroom onderhouden, dan heeft men in de ruimte om de kathode, dat is de negatieve elektrode, een bijzondere toestand omdat daar als het ware van buiten af elektronen in de ontlading worden gepompt. Evenzeer is er in de ruimte om de anode, de positieve elektrode, iets bijzonders te verwachten omdat daar abnormaal veel elektronen worden weggenomen. Tussen deze beide bijzondere ruimten vindt men een gebied waar de toestand stationair is. Zulk een gebied, waarin bijvoorbeeld geen sterke elektrische velden voorkomen, noemt men een ontladingsplasma.

Bij het onderzoek van het ontladingsplasma kan men nu weer een aantal richtingen onderscheiden naar de vragen waarop zij antwoorden proberen te vinden. Deze vragen zijn:

- Ten eerste: hoe maakt men een plasma met bepaalde gewenste eigenschappen?
- Ten tweede: hoe zorgt men ervoor dat een plasma dat men gemaakt heeft, enige tijd kan blijven bestaan?
- Ten derde: hoe onderzoekt men de eigenschappen van het gemaakte plasma?
- Ten vierde: hoe verklaart men deze eigenschappen?

Op de derde richting wil ik nader ingaan. Voor het onderzoek van de eigenschappen der gemaakte plasma's staan al sinds lang vele methoden ter beschikking, bijvoorbeeld metingen met sonden. Men steekt

in het plasma metalen draadjes en meet de elektrische stroom die onder allerlei omstandigheden naar zulk een draadje vloeit. De interpretatie van de verkregen gegevens moet met de nodige voorzichtigheid gebeuren en de methode is alleen te gebruiken in relatief koude plasma's. Het moeilijkst smeltende metaal, wolfram, kan maar tot hoogstens 3600° K worden gebruikt.

Een tweede middel voor het onderzoek van plasma's is de meting van de door het plasma uitgezonden straling. Voordelen zijn dat men nu het plasma zelf niet hoeft te storen en dat een hoge temperatuur van het plasma geen beletsel hoeft te zijn voor de metingen.

Een derde middel vormen metingen met van buiten af opgewekte elektromagnetische straling, zoals microgolven van enkele millimeters of centimeters golflengte, maar ook absorptiemetingen met infrarode, zichtbare of ultraviolette straling. Bij deze metingen kan men de storingen die men in het plasma veroorzaakt, klein houden. Men hoeft, evenmin als bij de hiervoor genoemde metingen, vreemde stoffen in de ontlading te brengen, die daarin zouden kunnen smelten of zelfs verdampen.

Het komt mij voor, dat aan een technische hogeschool als die te Eindhoven een arsenaal van middelen voor deze diagnostiek der plasma's zeer op zijn plaats is. Het zal voor de toekomstige ingenieurs van belang zijn, deze middelen te leren gebruiken en de verkregen resultaten te leren interpreteren. Vanzelfsprekend zal men ook bepaalde plasma's moeten opwekken teneinde ze te kunnen onderzoeken.

U ziet, de beloofde blik in de toekomst heeft meer een programma van toekomstig werk opgeleverd dan een voorspelling van de uitkomsten daarvan.

Onlangs maakte ik het mee, dat een student zichzelf en zijn vrienden afvroeg: „Heeft ons vak wel zin?” Het is een vraag die in elke generatie leeft en het zijn gewoonlijk niet de minst-begaafden, die de vraag stellen en durven uitspreken. Te beantwoorden is de vraag alleen door de steller ervan zelf. Toch wil ik een paar opmerkingen maken, die met mijn persoonlijke kijk op het vraagstuk te maken hebben.

Het is al gebleken, dat de ontwikkeling van de techniek leidt tot grote verschuivingen in de industrie. Dit gold zowel voor de overgang van steen op brons en later voor die van brons op ijzer, alsook voor de

aanval van de schakelkristallen op het toepassingsgebied van vacuüm- en gasontladingsschakelbuizen. Deze laatste aanval is juist bezig zich te ontplooiën.

Bij de lichtbronnen zijn de verschuivingen al langer dan honderd jaar aan de gang en zij gaan nog steeds door. De waskaars werd vervangen door de petroleumlamp, die op zijn beurt moest wijken voor de gasvlam en later voor het gasgloeilicht. De elektrische gloeilamp is ongeveer tachtig jaar geleden gaan branden en in de laatste dertig jaar verschenen vele soorten gasontladingslampen. In het bijzonder de fluorescentielamp heeft zich een grote plaats veroverd.

Hebben deze verschuivingen nu rampzalige gevolgen? Opmerkelijk is, dat de vroegere omschakelingen veel radicaler waren dan de tegenwoordige verschuivingen. Niemand zal nog een stenen dissel of een bronzen ploegschaar gebruiken. Maar het ziet er naar uit dat gloeilampen die voor allerlei toepassingen bij uitstek geschikt zijn, nog lang in gebruik zullen blijven, ook al is het lichtrendement van gasontladingslampen wel drie tot zes maal zo groot. Men kan zelfs zeggen dat de produktie van gloeilampen nog steeds toeneemt. En wie neemt voor sfeervolle verlichting op een feestelijk gedekte tafel niet graag de inconveniënten van de kaarsverlichting op de koop toe? Er bestaat in ons land nog steeds een bloeiende kaarsenindustrie, die trouwens de eerste klant was van een ruim zeventig jaar geleden opgerichte fabriek van elektrische gloeilampen.

Werden vroeger de repercussies van de radicale omschakeling verzacht door de lange tijd die ermee was gemoeid, tegenwoordig zijn de gevolgen van de verschuivingen niet zo ernstig als men wel eens vreest omdat het oude produkt, mits het in zijn soort goed is, wel altijd een eigen gebruiksgebied overhoudt.

Tot zover over enige gevolgen van techniek en fysica. Hoe verhouden beide zich nu tot de samenleving, hoe is de wisselwerking daarmee?

Voorop zij gesteld, dat een verfijnde techniek en zeker ook technische vooruitgang gebonden zijn aan sociale voorwaarden. De samenleving moet een genuanceerde functieverdeling kennen om de specialisten voort te brengen en in stand te houden die onder meer onmisbaar zijn voor een hoog ontwikkelde techniek. Een zekere omvangrijke en geschakeerde behoefte moet anderzijds de inspanning der technici stimu-

leren. Maar nog blijft hun streven onmachtig indien de experimentele wetenschap niet beschikt over uitgebreide technische hulpmiddelen.

Daaruit volgt: de samenleving maakt de techniek mogelijk en deze weer de wetenschap. Toch is dit slechts één zijde van de medaille waarop de betrekkingen tussen de drie grootheden: samenleving, techniek en wetenschap staan uitgebeeld. De andere zijde – maar niet de keerzijde – toont ons deze relaties: de technische ontwikkeling die voortvloeit uit doelbewust wetenschappelijk onderzoek, heeft het op den duur mogelijk gemaakt dat een groot aantal mensen op een betrekkelijk klein aardoppervlak kunnen bestaan. Een simpel voorbeeld: alleen door immense transportmiddelen – een technische aangelegenheid – kan een bevolking van 12 miljoen zielen het dagelijks brood verwerven, wanneer het eigen land maar voor 4,8 miljoen zielen graan oplevert.

Zo komen wij tot deze rangorde: wetenschap is nodig om techniek te kunnen bedrijven en deze is weer nodig om de samenleving in stand te houden. Vatten wij de beeltenissen van beide kanten van de medaille nu samen, dan vinden wij:

wetenschap – techniek – samenleving – techniek – wetenschap,

waarbij bewust de samenleving in het centrum is geplaatst. Zo gezien, is ons werk in een wereld waarvan de bevolking zich vooralsnog beangstigend snel vermeerdert, een daad van naastenliefde. Voor mij ligt hier de zin en het „nut” ervan.

Nadat wij aan de hand van enige voorbeelden hebben nagegaan wat onder technische fysica moet worden verstaan, is nu de tijd gekomen om te recapitulieren, welke de belangrijkste eisen zijn die aan de beoefenaar van dit vak worden gesteld. Het zal blijken, dat deze eisen in het algemeen goed parallel lopen met hetgeen het studieprogramma voor natuurkundig ingenieur biedt.

Ten eerste is meermalen ter sprake gekomen de dynamische instelling die van de technische fysicus wordt gevraagd. Deze instelling kan alleen tot resultaten leiden als een gedegen algemene grondslag aanwezig is. Voor de opleiding wil dit zeggen, dat vooral in het begin een te sterke specialisering niet juist is, maar dat een brede basis moet worden gelegd. Tot deze basis behoort tegenwoordig ook een gron-

dige kennis van de atoomfysica, want van deze tak van de fysica zijn reeds vele toepassingen in gebruik en er komen telkens nieuwe bij.

De dynamische instelling zelf is ten dele een aangeboren eigenschap, maar eerst door oefening zal men zich de nodige flexibiliteit kunnen verwerven. Deze oefening verkrijgt men door in de latere jaren van de studie op een aantal onderwerpen dieper in te gaan. Het is verstandig deze onderwerpen zo te kiezen, dat zij tezamen een ruim gebied van de fysica bestrijken. Ik hoop dan ook in de gelegenheid te zijn, enige onderwerpen die verkeren in het stadium van de technische fysica, zoals ik dat heb uitgelegd, in het laboratorium te doen bestuderen.

Ten tweede: de technische fysicus zal in staat moeten zijn bepaalde belangrijke problemen tot op de bodem uit te zoeken. Op het gebied van de plasmafysica, in het bijzonder van de diagnostiek der plasma's, hoop ik in het laboratorium tot een zodanige uitrusting en specialisering te komen, dat deze oefening er verkregen kan worden bij het werken aan problemen, die in de brandpunten der belangstelling staan.

Ten derde is ter sprake gekomen, dat samenwerking met anderen, met collega's, met fysici pur sang en met ontwikkelaars nodig zal zijn. Uit het voorgaande is deze eis als vanzelf naar voren gekomen. De tijden liggen echter nog niet zo ver achter ons, dat een „uitvinder” vaak een achterdochtig persoon was, die steeds leefde met de vrees dat zijn ideeën hem ontstolen zouden worden. Deze mentaliteit voert onder de tegenwoordige omstandigheden zeker niet meer tot het optimale resultaat. Loyale samenwerking in een groep, die aan een probleem werkt, is daarvoor beslist nodig. Voor het aanleren van deze samenwerking is echter geen post in het huidige studieprogramma van de natuurkundige ingenieur gereserveerd. En men kan zich afvragen: is zoiets wel te leren? Spelen hier levenshouding en karakter geen hoofdrol? Mijn ervaring is echter dat een omgeving waar gezonde menselijke verhoudingen heersen, het vermogen tot goed samenwerken aankweekt. Essentieel is daarbij dat de mens zich thuis voelt op de plaats die hij inneemt in de werkgemeenschap waartoe hij behoort. Op deze plaats behoort men loyaal mee te werken.

Een belangrijk punt voor hen die later leiding zullen moeten geven, is dat het vaak nodig kan zijn anderen te helpen bij het zoeken van de voor hen passende plaats. Dit helpen bevat opnieuw een element van praktische naastenliefde.

De gelegenheid om in de werkgemeenschap van deze technische hogeschool mede te werken aan de vorming van technische fysici en anderen, wordt mij geboden door de opdracht, mij gegeven door *Hare Majesteit de Koningin*. Hier moge ik mijn eerbiedige dank daarvoor uitspreken.

Mijne Heren Curatoren,

Het vertrouwen dat U in mij hebt gesteld door Uw voordracht tot mijn benoeming, hoop ik mij door loyale samenwerking in het verband van deze technische hogeschool waardig te tonen.

Mijne Heren leden van de Senaat,

Het is mij een eer in Uw midden te worden opgenomen en het verheugt mij te gaan samenwerken met degenen onder U, wier vakgebied aan het mijne grenst. In de toekomst zullen zeker vele en vruchtbare contacten tot stand komen.

*Mijne Heren leden van de afdeling der Algemene Wetenschappen,
in het bijzonder de leden van de onderafdeling der Technische Natuurkunde,*

Een groot voorrecht is het, in Uw gezelschap te overleggen over de toekomst van de nog jonge loot der technische natuurkunde aan de stam van deze hogeschool. De samenwerking met U belooft nog vele resultaten in het belang van de toekomstige ingenieurs.

Wanneer ik nu mijn dank wil uitspreken aan hen die in het bijzonder tot mijn vorming hebben bijgedragen, ben ik mij pijnlijk bewust, dat nog slechts één hunner in leven is.

Allereerst herdenk ik mijn vader, die indertijd tezamen met mijn moeder de grondslagen legde. Hoezeer zou hij zich hebben verheugd als hij deze dag, die hij nog in het verschiet heeft gezien, had mogen beleven.

Vervolgens gaan mijn gedachten uit naar mijn leermeester ORNSTEIN, wiens leerlingen men ontmoet in de gehele Nederlandse fysica, ook onder de medewerkers van deze hogeschool.

Een belangrijke bijdrage tot mijn ontwikkeling, zowel in geestelijk als in wetenschappelijk opzicht, dank ik aan mijn oudere collega PENNING. Hij was het, die mij in het bijzonder de moeilijke techniek leerde van het experimenteren met ontladingen in gassen met gedoseerde verontreinigingen.

Ook gaat mijn dank uit naar mijn vriend en collega, BOUMA. Onze samenwerking in de verlichtingskunde en de kleurenleer leerde mij, dat ook op de grensgebieden van de fysica met andere wetenschappen als fysiologie en psychologie vele interessante problemen liggen.

Waarde PLAS, Uw lessen hebben er toe bijgedragen bij mij de belangstelling voor de fysica te wekken.

Mijne Heren leden van de Raad van Bestuur en van de directie van de Lichtgroep van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken,

De geest van samenwerking in de Lichtgroep en de steun die mij bij de keuze en de uitvoering van het werkprogramma van het Fysisch Laboratorium en van de afdeling Automation steeds werd gegeven, heb ik zeer op prijs gesteld. Het is mij daarom een genoegen, ook in de toekomst als adviseur van de Lichtgroep te kunnen optreden. In het bijzonder zijn deze woorden gericht tot U, waarde ELENBAAS. De vriendschap, die ons reeds lang verbindt, zal door het ophouden van het dagelijks contact, naar ik verwacht, niet verminderen.

Waarde vrienden en collega's van het Natuurkundig Laboratorium, het Zentrallaboratorium te Aken, het Fysisch Laboratorium, de Ontwikkelafdelingen en de afdeling Automation van de Lichtgroep van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken,

Steeds zullen Uw vriendschap en de goede samenwerking, die ik in mijn werk en daarbuiten van U mocht ondervinden, mij bijblijven. Het is mijn hoop dat persoonlijke, zowel als wetenschappelijke contacten zullen voortduren.

Dames en Heren studenten,

Nu het voorrecht mij ten deel is gevallen, een bijdrage tot Uw opleiding te mogen geven, kan ik U verzekeren dat het mijn bedoeling is, dit te doen op de manier die in het voorafgaande is aangegeven.

Ik heb gezegd.