



Hist Technica Nieuws:

1987



HISTECHNICA NIEUWS

MEI '87
NUMMER 1

HISTECHNICA

Histechnica is een vereniging van vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC.

Deze vereniging, die in 1974 werd opgericht, stelt zich ten doel de belangstelling te bevorderen voor de ontwikkeling van de techniek in verleden, heden en toekomst en zijn maatschappelijke gevolgen.

De vereniging tracht dit doel in eerste instantie te verwezenlijken door het TTC zowel financieel als op alle mogelijke andere manieren te steunen bij haar activiteiten. Histechnica wil op deze wijze het TTC de mogelijkheid bieden uit te groeien tot een landelijk historisch en modern educatief centrum voor de techniek.

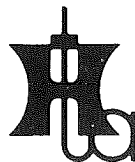
Het TTC organiseert tentoonstellingen op het gebied van de techniek voor een zo breed mogelijk publiek waarbij aan de hand van modellen en zelf te bedienen opstellingen inzicht wordt gegeven in de basisprincipes van historische- en moderne technieken. Een beter begrip van de technische ontwikkelingen in het verleden en heden zal een evenwichtige benadering van de huidige en toekomstige technische ontwikkelingen mogelijk maken.

Voorts verzamelt het TTC historische technische objecten en archivalia ten behoeve van tentoonstellingen en de studie van de geschiedenis van de techniek.

Histechnica organiseert voor zijn leden regelmatig lezingen, excursies en andere evenementen.

De vereniging kent gewone leden en beschermende leden. De contributie voor een gewoon lid bedraagt tenminste f 25,- per jaar; voor een beschermend lid tenminste f 100,- per jaar.

Secretaris: Ir. J. van Elk
Populierendreef 16
3137 CW Vlaardingen
Tel. kantoor: 015-611061
Tel. huis: 010-4747173



Postgironr. 3301027 ten name van:
Penningmeester Histechnica te Voorschoten.

Redactieadres: Fuutlaan 13, 2636 EM Schipluiden.

H-NIEUWS IN EEN "NIEUW JASJE"

Dat zal de ontvanger (en naar wij hopen lezer) ogenblikkelijk vaststellen.

Twee elementen zijn van belang:

- het formaat, dat van A4 in A5 is veranderd;
- de omslag, die sterk afwijkt van de tot dusverre gebruikelijke.

Deze verandering werd besproken tijdens de Algemene Ledenvergadering in 1986 en krijgt nu zijn beslag.

De voorzijde van de omslag vertoont bij deze editie het bekende logo en "Histechica", waaraan is toegevoegd een illustratie verband houdend met één van de artikelen in dit nummer.

Het ontwerp is afkomstig van het Audio Visuele Centrum der TU Delft. Vooral voor de leden die al veel jaren lid zijn is dat toch een hele verandering maar naar de verwachting van het bestuur, ook een verbetering, waaraan men spoedig zal wennen.

Overigens behoeft deze verandering geen lang leven beschoren te zijn, o.a. in die zin, dat men zich kan afvragen of het gewenst is het logo als onderdeel van de Histechica huisstijl te veranderen. Vandaar het verzoek aan de leden zich daarover te beraden en eventuele suggesties te doen toekomen aan de redacteur van H-nieuws:

de heer ing. A. de Bruin

Fuutlaan 13

2636 EM Schipluiden.

Hij zal die suggesties t.z.t. meezenden bij het H-nieuws om deze zodoende aan de leden ter beoordeling voor te leggen naast het huidige logo.

Aan de hand van een uit te voeren enquête kan worden nagegaan of de leden een verandering wensen en zo ja, welke van de voorstellen tot wijziging de grootste instemming krijgt.

Wij rekenen t.z.t. op het meedenken van vele leden.

Dr. T. Dijs,
Voorzitter.

Op zaterdag 11 oktober 1986 hield de heer Joh. Jansen voor een volle TTC zaal een lezing over de industrie-schilder Herman Heyenbrock (1871 - 1948). De lezing sloot aan bij de TTC - tentoonstelling "Industrie vereeuwigd. Herman Heyenbrock" die tot 8 november 1986 in het TTC te zien is geweest. Een bijzonder levendig element vormde de vertoning van een klankdiaserie, waarbij de gekozen muziek fraai harmonieerde met de beelden van Heyenbrock in overvloeiprojectie.

Vermeldenswaard is dat van meer dan 1000 schilderijen die Heyenbrock heeft gemaakt er nog vele zoek zijn.

Onderstaand artikel geeft een vrijwel letterlijk verslag van de lezing.

De illustraties zijn ontleend aan de tentoonstellingscatalogus "Herman Heyenbrock, schilder van de arbeid", die nog steeds verkrijgbaar is bij het TTC (red.).



Herman Heyenbrock (links) geeft tekst en uitleg aan bezoekers van zijn "Museum van de arbeid".

HERMAN HEYENBROCK, SCHILDER VAN LICHT EN ARBEID

door Joh. Jansen.

In 1984 mocht ik voor Histechnica een lezing geven over "Lichteffecten in schilderkunst en sculptuur", naar aanleiding van de TTC-tentoonstelling over dit onderwerp.

Nu is het onderwerp dat ik onder uw aandacht breng "Herman Heyenbrock, schilder van licht en arbeid".

Alvorens over Heyenbrock te spreken, wil ik het verband tussen de beide onderwerpen aan u voorleggen.

In beide gevallen gaat het om Techniek en Kunst. Als technicus voel ik mij persoonlijk betrokken bij de mogelijkheid tot samenhang tussen Techniek en Kunst. Ik ga hier niet mijn definities van Techniek en van Kunst presenteren. In deze kring zal ieder daar zelf wel zijn mening over hebben. Wel wil ik wijzen op de verbinding van Techniek met het maatschappelijk aspect van ons handelen en ook op de verbinding met de Natuur (met een hoofdletter) waarin de mens zich, via zijn natuurwetenschap, liefst bescheidenlijk probeert een weg te banen. De ervaringen bij die zwerftochten bieden hem de kans zich te verwonderen over de verschijnselen in die Natuur. Zo ontwikkelt zich dan zijn inzicht in zekere samenhangen in die Natuur, die hem mogelijk de bouwstenen leveren voor zijn persoonlijke levensbeschouwing.

In de inspiratie, die de technicus nu en dan uit zijn werken met de gegevens over de Natuur kan putten, kan hij zich verwant voelen met de kunstenaar.

Tussen het intuïtieve en het verstandelijke inzicht ligt een heel veld van varianten, waar kunstenaar en technicus beiden, maar ieder via een andere aanleiding, tot hun creaties kunnen komen.

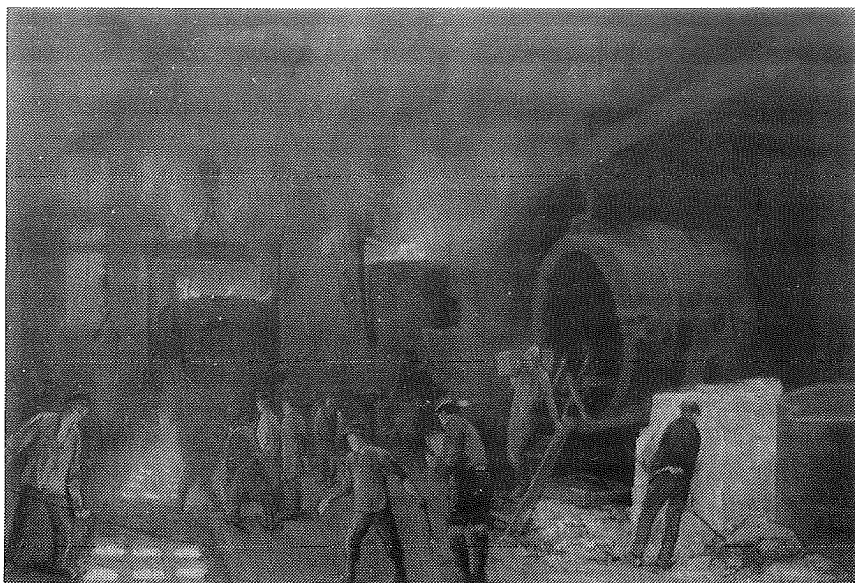
In het creatieve ligt hun verwantschap, in het exploiteren van die inspiratie ligt een groot verschil.

Het is hier niet de plaats hier verder op in te gaan, maar in het onlangs verschenen boekje "Art in Light" heb ik gelegenheid gehad hierover een beetje te filosoferen. In de in 1982 verschenen catalogus bij de Heyenbrock tentoonstelling in Helmond, komt tot uiting dat Heyenbrock zowel de Techniek als de Kunst voor maatschappij-gebonden hield, en dat een levensbeschouwelijke achtergrond voor het beleven van Kunst zowel als van Techniek onmisbaar is om op verantwoorde wijze (t.o.v. maatschappij en kosmos) daarin bezig te kunnen zijn.

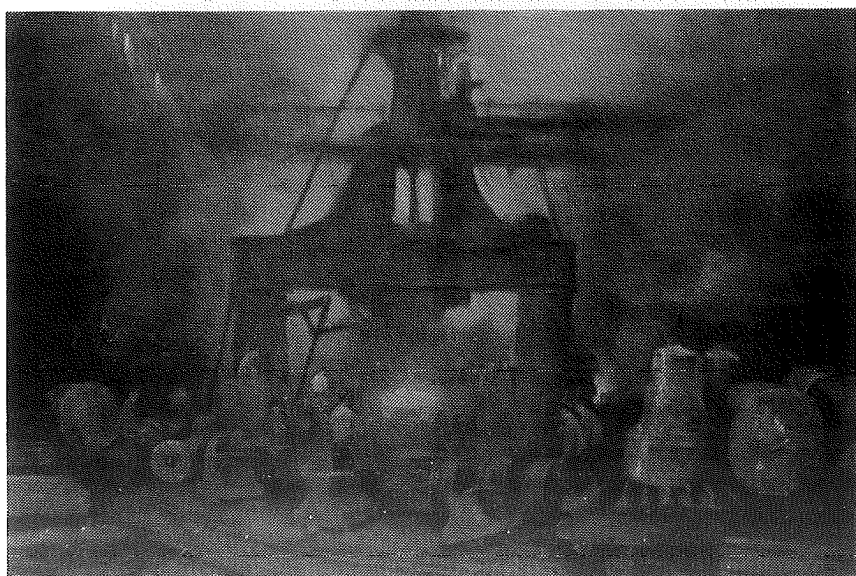
Dat klinkt allemaal een beetje zwaar, zwaarmoediger dan het in werkelijkheid is, maar het moet een enkele keer eens gezegd worden, vooral wanneer je van plan bent ten aanzien van Kunst en Techniek enige actie te voeren.

Om zo tot ons onderwerp te komen, stel ik de vraag: waarom reageren we vandaag nog op de industrie-schilderijen van Herman Heyenbrock?

In het genoemde boekje over Heyenbrock wordt uitvoerig over zijn levensgang verteld. In de uitnodiging voor deze bijeenkomst heb ik in een paar regels enkele punten daarin aangestipt. Nu wil ik met een paar citaten uit zijn eigen publikaties Heyenbrock zelf aan het woord laten. Uit een opstel uit 1919 in de Hollandsche Revue: "Leeft de kunstenaarswereld niet in te grote eenzijdigheid en wanneer ze het hebben over de al vernietigende macht van het materialisme, pleit ze zich dan niet gedeeltelijk vrij?"



Het gieten van blokken.



De stoomhamer.

"Hebben de wetenschap en techniek al de schande van de (oorlogs)verwoesting te dragen?"

"Zijn wij eigenlijk wel kunstenaars, heb ik me afgevraagd, als wij onder het onnozelste schetsje onze naam zetten? Is ooit over de verbeterde weef- en spinmachine een ophef gemaakt, zoals wanneer wij aan een zilver eierlepeltje een goede vorm geven of een versiering aanbrengen?"

"Wat weten we van de wereld buiten ons, behalve tegenwoordig op de congressen, dat er ook nog verschillende vormen van kunst zijn?"

"Wij mensen zijn van elkaar vervreemd. niet omdat we te weinig idealen hebben, integendeel, we hebben er te veel gehad, maar we kennen de ander niet, wat hen beweegt, wat hij doet, wat zijn dagelijks werk is, bij dag en bij nacht, dat weten we niet".

"De uitvinder te kennen op het ogenblik van zijn triomf, het ogenblik dat, als door zijn wil de machine tenslotte zal werken, tot verbazing van allen. De melodie, die Homerus kende en Dante, is de zijne als hij met vuile handen daar staat. De verwondering over het ding, dat er niet was en nu is, na al de bemoeiingen van zijn handen".

Nederland is nu eenmaal een domineesland, waar ook de schilder Heyenbrock toebehoort. Maar het komt er bij hem wel uit, dat hij die technische handelingen ziet als bezigheden op zich, zonder de dwang van economie en efficiency en het machtsmisbruik daarbij, waar we tegenwoordig zo mee in de narigheid zitten (toen trouwens ook al). Heyenbrock beschouwt en verheugt zich over de techniek, los van de exploitatie van de machtsverhongerende economie.

Bij het bekijken van Heyenbrock's schilderijen moeten we denken aan de vervoering waarin hij raakte bij het zien van de technische werkhandelingen. Hij beleefde de rol van de arbeider als onderdeel van de ontwikkeling van de natuur, en los van de historisch gegroeide menselijke verhoudingen van rijk of arm, van machtig of economisch afhankelijk.

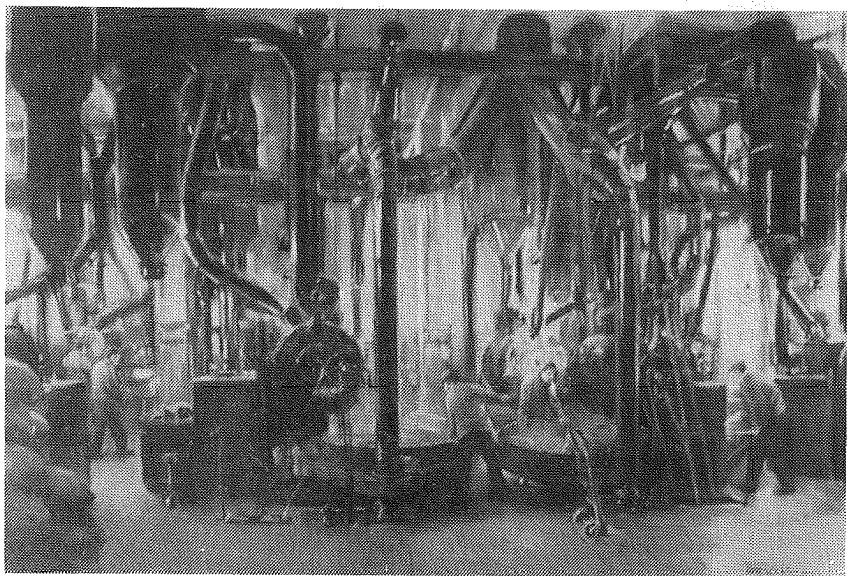
De dia-show geeft gelegenheid daar iets van mee te maken. Ook worden daarin een aantal werken getoond die niet in de expositie aanwezig zijn.

In het oeuvre van Heyenbrock zijn namelijk nog al wat werken, wel bekend uit publikaties in catalogi, boeken en kalenders, maar waarvan de originelen nog niet zijn teruggevonden.

Het zal u uit het voorgaande duidelijk zijn dat Heyenbrock met zijn idealistische achtergrond niet helemaal paste in het gemiddelde patroon van zijn medeburgers. De onderwerpen van zijn schilderijen: de fabriek, de werkplaats, "de ploeterende helden van Heyenbrock", zoals het in het tijdschrift "Kunstbeeld" van 1984 nog heette. Die kunstwerken pasten maar slecht in de huiskamer. Daar zag men liever de schaapjes op de heide van Mauve, of de eendjes van Maris.



Interieur van de gieterij van DEMKA.



Koffiebranderij van P. de Gruyter en Zoon N.V. te 's-Hertogenbosch.

Maar ongehinderd door dat onbegrip, trok Heyenbrock van fabriek naar fabriek, om zijn "helden van de arbeid" bezig te zien en te bestuderen, en uit te beelden. Hij bereisde van 1900 tot 1914 daartoe de industriële centra van heel Europa: van Zweden tot in het Saargebied, van West-Duitsland tot Wales en Noord-Engeland. Hij vond de bossen in Zweden wel mooi maar het ging hem er om vast te leggen hoe hout op vloten naar de fabrieken vervoerd werd, om er daar meubelen en papier van te maken. Berglandschappen in Noorwegen waren voor hem leveranciers van onze kasseien en trottoirbanden. De steenkolenmijnen waren voor hem de bronnen van energie uit de ingewanden van de aardbol, nodig om de machines in de fabriek draaiende te houden en het treinverkeer mogelijk te maken.

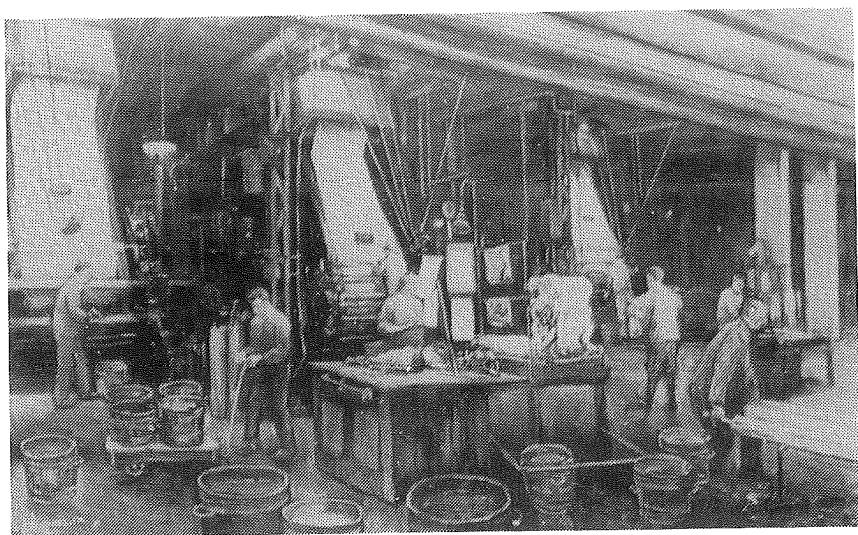
Pas na 1914, toen hij vanwege de Eerste Wereldoorlog, Nederland niet meer uit kon, zocht hij in eigen land de werkplaatsen op, meestal op eigen initiatief, zelden in opdracht.

Heyenbrock's grote bewondering, zelfs ontroering te noemen, voor de rol van de mensen in het arbeidsproces van zijn tijd, komt naar mijn smaak het sterkste tot uiting in de schilderijen van vóór 1914.

De mentale klap van die oorlog zal ook hem niet ontgaan zijn. Meer en meer verschoof zijn belangstelling naar het technische aspect van het arbeidsproces. Om allerlei redenen kwam hij meer in contact met de bedrijfsleiders dan met de arbeiders. Hij kreeg veel complimenten van de bedrijfsleiders voor de preciese, en kundige weergave van de machines. De overgang van handwerk naar gemechaniseerde werkwijze werd voor het eerst als bevrijding van moeite en zware lasten gewaardeerd. De vernieuwing van het produktieproces in Nederland in het begin van deze eeuw werd door hem in kaart gebracht.

Het begon heel romantisch, toen omstreeks 1905 de zwager van Frederik van Eeden, een zekere ingenieur van Vloten, Heyenbrock meenam naar het hoogovenbedrijf Phoenix in Dortmund, om zich daar te goed te doen aan het zicht op grote vuren en gloeiend ijzer, met wolken stoom, waar mensen onder riskante omstandigheden bezig waren stalen balken te produceren voor bruggen en spoorlijnen, het ijzeren plaatwerk voor wagons en schepen, om het verkeer tussen de volkeren te versnellen. Op zoek naar daar achtergebleven schilderijen, heb ik in Dortmund op een lezing nog een oude dame ontmoet, die zich herinnerde in de vakantie met een Nederlands meisje te hebben gespeeld, de dochter van de schilder die daar zo vaak kwam om te werken. Schilderijen hebben we daar niet gevonden, wél bij het staalbedrijf Salzgitter en Peine bij Hannover. Een paar daarvan, uit Peine en uit het naburige Ilsede, maken deel uit van de verzameling.

Na 1914, in Nederland, ging hij meer systematisch te werk met het inventariseren van het gemechaniseerde arbeidsproces, dat toen juist in



*Roldrukkerij in katoendrukkerij Van Vlissingen.
Vlisco, Helmond.*

Nederland opkwam. Hij begon ook oude en nieuwe gereedschappen te verzamelen, alsook monsters van de grondstoffen, om deze zaken aan de mensen in zijn omgeving te kunnen uitleggen.

Behalve schilder, toonde hij zich daarbij ook verzamelaar en pedagoog.

Toen in 1923 zijn vrouw overleed, hij was toen 52 jaar oud, kon hij een tijd lang niet tot schilderen komen. Op aandrang van o.a. zijn vriend ingenieur Gorter van het Veiligheidsinstituut in Amsterdam, werd een tentoonstelling opgezet van zijn verzamelingen. Zo ontstond geleidelijk het Museum van de Arbeid aan de Rozengracht in Amsterdam, dat in 1931 plechtig werd geopend. Uit de "Gids met plattegrond" lezen we dat de verzameling ca. vijfduizend objecten telde, verdeeld over 27 afdelingen en in het gebouw geïllustreerd met niet minder dan 600 schilderijen en pastels van Heyenbrock. Die illustraties waren - bij gebrek aan foto's - meer bedoeld ter toelichting dan als kunstwerken. Toch kwam de pers toen veel vaker kijken dan indertijd naar de schilder in zijn atelier. De krant schreef: "Heyenbrock's faam als museumdirecteur heeft zijn waardering als schilder overvleugeld". In de museumgids klinkt nog iets door van het oorspronkelijke idealisme, dat ook aan zijn schilderijen ten grondslag had gelegen: "Het doel van het museum is waardering te leren krijgen ook voor de geringste arbeid, die dagelijks verricht wordt door duizenden

naamlozen. Deze arbeid aan kinderen en volwassenen onder de ogen te brengen, zodat zij hun medemensen in de samenleving beter zullen begrijpen en meer liefhebben dan tot nu toe, etc."

Geen technocratische uiteenzettingen, maar opwekking tot beter begrip tussen de mensen onderling.

Door deze verstrengeling van activiteiten: kunstschilder, verzamelaar en manager van een museum werd voor de kunstcritici het beeld nogal vertroebeld. Bovendien was Nederland nog niet rijp voor een technisch museum, zoals Heyenbrock zich dat, in navolging van Engeland, Duitsland en Oostenrijk zich voorstelde.

Een paar jaar na zijn dood in 1948 werd het museum al weer opgedoekt (1951). De subsidies van Rijk, Provincie, en van de stad Amsterdam werden ingetrokken en de verzameling gereedschappen verdween in de container.

Heyenbrock's erfenis bestaat daardoor toch weer uit zijn schilderijen. Naar mijn schatting bestaat zijn oeuvre uit 1200 à 1500 werken. Ruim 800 konden worden gelocaliseerd. Nog steeds komen er stukken boven water. De laatste jaren zijn er weer een paar tentoonstellingen van zijn werk gehouden, de belangstelling neemt duidelijk toe, zowel van de kant van de techniek, als ook van de kunstcritici.

Namens de eigenaars van een paar grote verzamelingen van Heyenbrock's werk (ca. 500 stuks) is een klein werkgroepje bezig dit materiaal te inventariseren en te catalogiseren, mogelijk ook te selecteren, om zodoende te kunnen komen tot een wel meer beperkte, maar toch zeker respectabele collectie van Heyenbrock's werken, die de moeite waard is permanent onder te brengen in een daarvoor geschikt museum, hetzij een technisch, hetzij een kunsthistorisch museum met belangstelling voor de technische ontwikkeling in de maatschappij.

Ik spreek hierbij tot slot de hoop uit dat ook deze bijeenkomst, en meer nog deze tentoonstelling, iets zal kunnen bijdragen tot dit vermoedelijk nog ver gelegen doel. In het bijzonder de heer Makkink en zijn mensen dank ik van deze plaats nog eens hartelijk voor de gastvrijheid en prettige samenwerking bij deze tentoonstelling.

Ik besluit nu dit verhaal over de industrieschilder Herman Heyenbrock met de conclusie: een Technisch Museum om ook zijn werk onder te brengen, zit er kennelijk voorlopig niet in. Een reden te meer om bekendheid te geven aan deze unieke verzameling en te helpen het beste daaruit voor de toekomst ongeschonden te bewaren.

Door de grote aandacht die de mogelijke vestiging van het landelijke wetenschapscentrum "Scientopia" in Rotterdam momenteel krijgt, neemt de discussie over de rol van de kleinere technisch-wetenschappelijke musea toe.

Ir. J.H. Makkink, directeur van het TTC, geeft in onderstaand artikel zijn visie op de educatieve aspecten van technische musea. Het is een verslag van een lezing die hij hield voor de sectie Technische en Transportmusea van de Nederlandse Museumvereniging en is mede gebaseerd op een studiereis naar Engeland, die hij samen met zijn naaste medewerker de heer L. Koper in 1985 heeft gemaakt. Hierbij werden diverse technische musea bezocht.

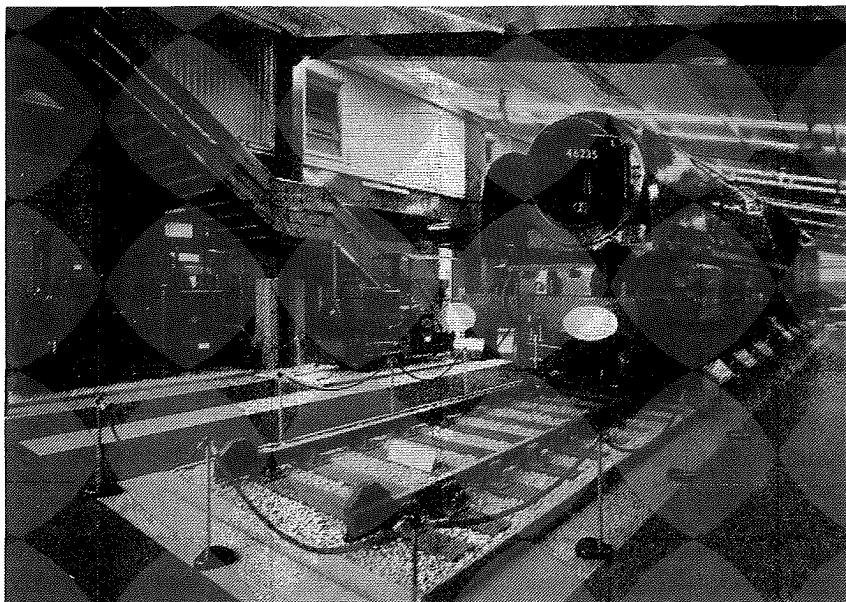
Histechnica is van plan t.g.v. haar derde lustrum een symposium aan dit onderwerp te wijden (red.).

EDUCATIEVE ASPECTEN VAN TECHNISCHE MUSEA

door Ir. J.H. Makkink

In deze korte voordracht wil ik geen enkele poging doen om het volledige spectrum van technische en wetenschappelijke musea wat hun educatieve benadering van het publiek betreft in categorieën te gaan verdelen. Ik geloof namelijk dat dat niet zo goed mogelijk is, daar we hier met een continu spectrum te maken hebben. Wel kunnen we stellen dat aan de ene kant van het spectrum zich de "musea", c.q. verzamelingen bevinden met de op tafels uitgestalde i.h.a. weinig publiek trekkende wetenschappelijke en technische artefacten en aan de andere kant de drommen mensen trekkende science centers. Beide publieke benaderingen hebben hun educatieve waarde, zij het dat die van science centers zonder meer al groter moet zijn door het grotere aantal bezoekers. Bekijkt men de gemiddelde waarden per bezoeker dan zou het best kunnen zijn dat die niet zo veel van elkaar verschillen. Onder de educatieve waarde zou men de hoeveelheid informatie kunnen verstaan die bezoekers uit een expositie kunnen opnemen. Men zou er ook onder kunnen verstaan het percentage van de zich in een tentoonstelling bevindende informatie die door het publiek wordt opgenomen.

Beginnen we met de "musea" met de op tafels uitgestalde complete artefacten collecties, zoals schrijfmachines, rijwielen e.d. Ze komen in Nederlandse musea niet of nauwelijks voor. Wel kan men verzamelaars vinden die op deze wijze hun collectie voor vrienden en speciaal geïnteresseerden hebben uitgesteld. Voor deze bezoekers is de uitstalling zonder meer educatief. Ze zijn zo geïnteresseerd dat ze zelfs zonder toelichting van de verzamelaar er veel van kunnen leren. Het geheel wordt educatief beter



Birmingham Museum of Science and Industry. De Locomotiefzaal.

als de verzamelaar of conservator teksten bij de objecten plaatst met een hele korte beschrijving, zoals wat het object voorstelt, eventueel tot welke categorie het behoort, wie het heeft gemaakt en wanneer het is vervaardigd. Nog beter wordt de expositie als de verzamelaar streng gaat selec-



Greater Manchester Museum of Science and Industry. Een gedeelte van het "1830 Station Building". Een van de vier grote gebouwen van het complex.

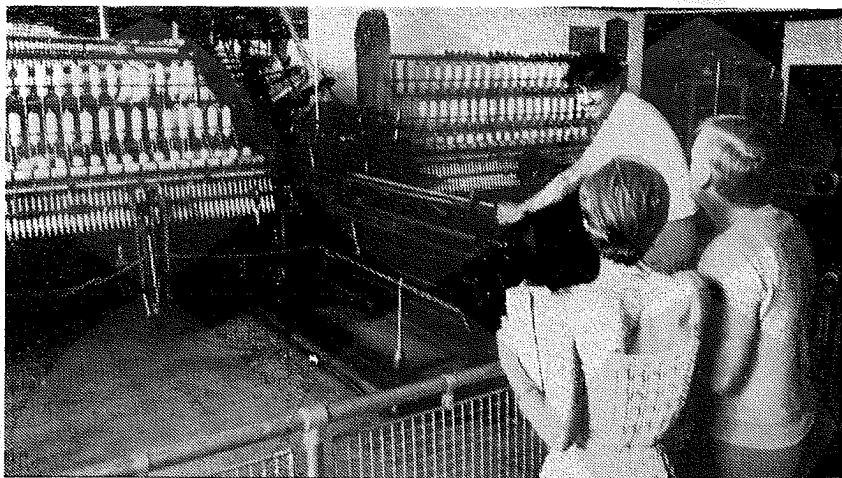
teren, een chronologie gaat aanbrengen en de objecten in groepen gaat plaatsen.

Verdere selectie en het bijplaatsen van foto's, platen en (verbindende) teksten, die ook nog informatie verstrekken over de maatschappelijke aspecten, maken het geheel nog educatiever (bijv. bij schrijfmachines foto's van oude kantoren of van typende vrouwen als begin van de introductie van de vrouw in het bedrijfsleven of bij fietsen, fietswedstrijden, informatie over de toeneming van het fietsverkeer, fietspaden, ANWB en andere organisaties). Dit soort exposities kan men reeds in musea aantreffen. Van deze groep kan een fraai voorbeeld in Engeland worden gegeven, namelijk het Aircraft Museum in Manchester met vele zeer fraai geres-taureerde, voornamelijk militaire vliegtuigen en vliegtuigmotoren met daarnaast panelen met foto's (met nadruk op de 1e en 2e wereldoorlog) en vitrines met onderdelen, medailles, uniformen en andere realia.

Hoe fraai ook, het bevredigt de meer van een museum verlangende bezoeker niet helemaal. Het geheel is noodzakelijkerwijs nogal statisch, maar dat niet alleen, het meest wezenlijke van het vliegen, namelijk het vliegen zelf en de werking van de motoren en de geëxposeerde onderdelen worden niet uitgelegd. Daarom zijn er veel musea die hun exposities aanvullen met tekeningen en teksten met uitleg over de werking van geëxposeerde technische objecten. Vaak is de uitleg zo uitvoerig dat slechts een enkele bezoeker zich de tijd kan nemen om alles staande te lezen.

Toch bestaan er veel musea in binnen- en buitenland die op deze leest zijn geschoeid en vele daarvan zijn voortreffelijk, met vaak heel mooi uitgevoerde belettering en toepassing van uitstekende expositie-technieken, waartoe ook kleurstelling en belichting kunnen worden gerekend. Ik denk daarbij ook aan openluchtmusea zoals het uitstekende Ironbridgemuseum.

Bij sommige exposities vindt men modelkamers zodat het publiek kan proeven van de sfeer in bedrijfsruimten. Bijplaatsing van poppen in contemporaine kleding kan dit effect nog versterken. Prachtige voorbeelden zijn de modelkamers van de Welcomecollectie in het Science Museum. Soms vindt men in musea ook nog een enkel object (bijv. een stoommachine) dat op een of andere wijze "in bedrijf" wordt getoond. Vaak wordt zo'n object door een elektromotor of met perslucht aangedreven, maar er zijn musea die hun motoren en machines zodanig restaureren dat ze met hun oorspronkelijke brandstof (gas, olie of benzine) of aandrijfmedium (stoom, water of perslucht) worden bedreven. Een heel



Greater Manchester Museum of Science and Industry. Afdeling Textielindustrie in het Lower Byrom Street Warehouse.



*Ironbridge Gorge Museum.
De beroemde gietijzernen brug bij Coalbrookdale, die tussen 1777 en 1781 werd gebouwd.*

fraai voorbeeld daarvan is het Greater Manchester Museum of Science and Industry, waarin alle geëxposeerde motoren en machines in bedrijf zijn te stellen en dat ook geregeld worden. Dit alles is heel indrukwekkend, temeer omdat dit alles wordt getoond in een historisch uiterst waardevolle omgeving, namelijk in het eerste station in Manchester van de beroemde Manchester-Liverpoolspoorlijn. Voor degenen die willen weten hoe die machines werken bevinden zich naast de machines klapborden met tekeningen en uitgebreide beschrijvingen. Men hoopt dat bezoekers zo geïmponeerd zijn dat ze uit zichzelf met behulp van leerboeken de basisprincipes gaan bestuderen of de moeite nemen de uitvoerige tekst te gaan lezen, waarin overigens vrijwel geen basisprincipes worden behandeld.

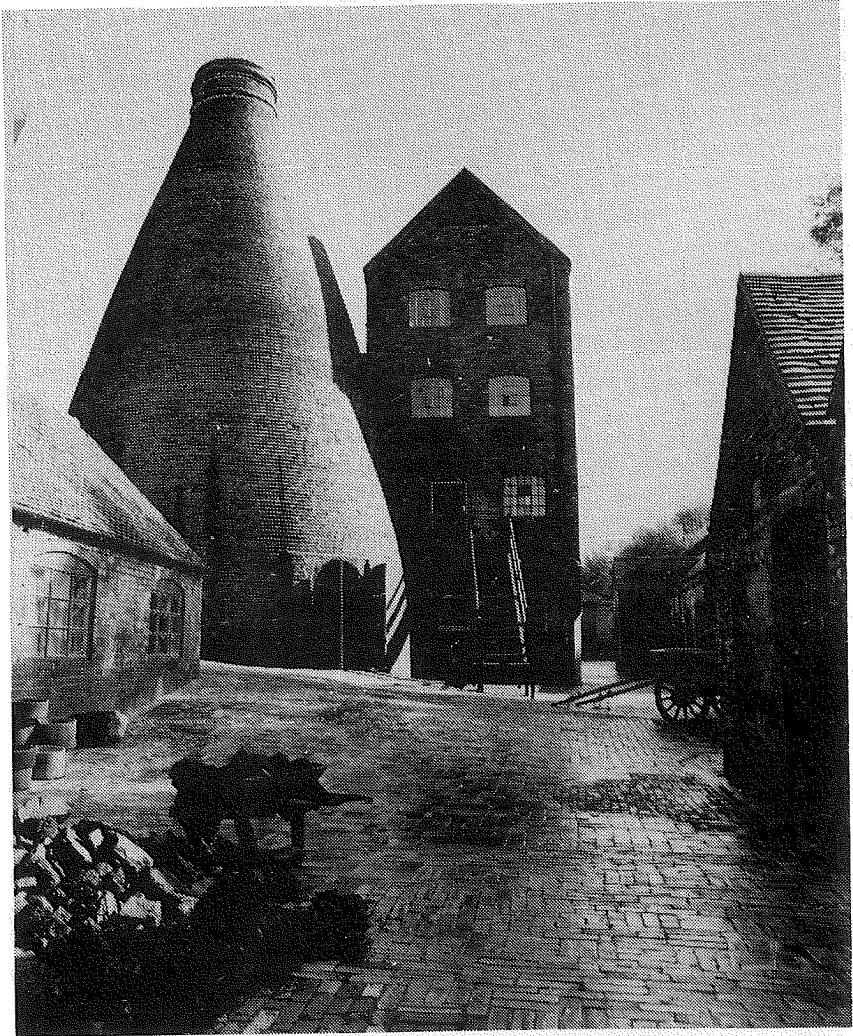
Ook in een deel van het Museum of Science and Industry te Birmingham kan men deze benadering vinden op de zogenaamde stoomdagen. Toch worden er daar ook veel machines met een aparte elektromotor aangedreven.

Bij instrumenten en apparaten wordt het in bedrijf tonen veel moeilijker, waardoor men moet overgaan tot ad-hoc demonstraties, zoals bijv. bij de stootspanningsgenerator in het Science Museum.

Er zijn musea die met hun educatieve benadering nog verder gaan. Beroemd zijn de schitterende historische diorama's van het Science Museum. Maar men kan in dit museum ook prachtige stilstaande en door het publiek te bewegen modellen aantreffen. Interessant is ook dat men in het Science Museum ontwikkelingen laat zien tot op het heden, zoals bij bijv. de ruimtevaart het geval is en dat er ook demonstraties van moderne apparatuur worden gegeven. In dit verband dienen ook de voordrachten met demonstraties te worden genoemd, waarin ook allerlei basisprincipes aan de orde worden gesteld.

Vermeldenswaard is dat in de Engelse musea AV-hulpmiddelen zeer weinig worden gebruikt. Ook rondleidingen worden er wel gehouden, maar veel heb ik er tot nu toe niet gezien.

Een 25-tal jaren geleden begon het Science Museum met reizende educatieve tentoonstellingen "to bring science and technology to the remotest parts in England". Soms liet men met deze exposities historische ontwikkelingen zien, zoals met de tentoonstelling Heat Engines (Van Stoommachine tot Straalmotor) en soms werd een bepaald onderwerp behandeld, zoals bij de expositie Light and Colour. Naast enkele waardevolle historische objecten en moderne apparaten, bevonden zich op



Ironbridge Gorge Museum. De grote oven in het Coalport China Museum.

deze tentoonstellingen vele door het publiek te bedienen educatieve opstellingen, waarmee natuurwetten en basisprincipes werden duidelijk gemaakt.

De tentoonstellingen waren een groot succes. Ze werden geplaatst in kleine musea en scholen in kleine plaatsen in afgelegen gebieden in het VK en ze brachten de lokale bevolking voor het eerst van hun leven in aanraking met wetenschap en techniek, zonder dat ze daarvoor naar het ver afgelegen Science Museum moesten reizen. De tentoonstellingen bestonden uit ca. 8 tafels met objecten en opstellingen. Deze konden in een vrachtauto worden geladen en van de ene naar de andere plaats worden vervoerd. Het TTC heeft in de loop van de tijd zeven van deze tentoonstellingen naar Nederland kunnen halen. Ze zijn hier een groot succes geweest. Het is te betreuren dat het Science Museum met de reizende tentoonstellingen is gestopt.

Op een grotere schaal, maar dan niet thematisch met elkaar verbonden, kan men ook vele door het publiek te bedienen opstellingen aantreffen in de zogenaamde Children Gallery, een van de drukst bezochte afdelingen van het Science Museum. Ook deze zal verdwijnen, maar er komt iets beters voor in de plaats dat Launch Pad wordt genoemd en dat vergelijkbaar is met Fenomena, dat vorig jaar in Rotterdam werd gehouden. Launch Pad ligt echter op een hoger niveau en het behandelt behalve natuurwetten ook nog basisprincipes van moderne technieken, die in Fenomena principieel niet aan de orde kwamen. Voorbeelden van Launch Pad zijn het uit losse onderdelen een boogbrug bouwen, het ondergaan van de Corioliskracht, maar ook computers komen uitgebreid aan de orde. Het toezicht zal veel intensiever en beter zijn dan bij Fenomena, waarbij de instructeurs-toelichters ook nog de taak hebben er voor te zorgen dat alle opstellingen weer in de beginstand worden gebracht.

Science Centers zijn Launch Pads op grote schaal, waarin veel moderne en zelfs toekomstige technieken aan de orde komen. Ze bevatten vele opstellingen die door het publiek kunnen worden bediend en de computer speelt daarbij een belangrijke rol. AV-hulpmiddelen, zoals video, film en geluid worden veelvuldig toegepast. Men kan het Evoluon ook tot deze categorie rekenen.

Interessant is dat men in de Science Centers vaak toch weer teruggrijpt op het verleden. Het Evoluon toont soms als tegenstelling historische apparatuur of komt ook nog met historische tentoonstellingen van hoge kwaliteit. Men moet het belang van historische objecten niet onderschatten. Ze tonen de basisprincipes vaak veel beter aan dan de black boxes van vandaag.



Ironbridge Gorge Museum.

Deze afbeelding geeft het openlucht karakter van het museum goed weer.

Alle behandelde museumtypen hebben tot taak informatie over te dragen of educatief te zijn. Ik wil daarbij graag nog even herhalen wat ik in het begin reeds heb gezegd. Het is de vraag of de gemiddelde educatieve waarde van de kleine eenvoudige musea echt lager ligt dan die van die grote kostbaar uitgeruste Science Centres voor de grote massa. Dit zou een interessant aspect kunnen zijn van de in het vooruitzicht gestelde discussie over educatieve aspecten van technische musea.

TTC BERICHTEN

VERKORT JAARVERSLAG 1986

Huisvesting

In het verslagjaar 1986 hebben zich enkele positieve ontwikkelingen voorgedaan, waarbij het ontstaan van een duidelijk zicht op een door de Gebouwendienst van de TU Delft ondersteunde huisvesting van het gehele TTC in het gebouw Rotterdamseweg 139a de belangrijkste is. Het voert te ver om in dit verkorte verslag een overzicht te geven van alle tussenstappen die tot deze situatie hebben geleid. Voldoende zij het te vermelden dat het in het vorige jaarverslag genoemde onderzoek naar de toekomstige behuizing van het TTC door de Architecten Gemeenschap van den Broek en Bakema geen direct resultaat opleverde en dat een fraai plan voor een wetenschapspark achter het gebouw Kanaalweg 4 en een concentratie van het TTC in het voormalige hoogspanningslaboratorium om allerlei redenen, waaronder financiële, niet zal kunnen worden gerealiseerd. Ook positief kan de toenemende belangstelling van de Gemeente Delft voor een oplossing van het huisvestingsprobleem van het TTC worden beoordeeld.

Negatief daarentegen waren de gevolgen van de verbouwing van de 1e en 2e verdieping van het gebouw Kanaalweg 4 ten behoeve van Rijkswaterstaat. De hierdoor noodzakelijke verhuizing van de kantoren van het TTC naar het gebouw Rotterdamseweg 139a heeft de medewerkers veel tijd gekost en de daardoor ontstane scheiding van tentoonstellingszaal en kantoor leidde tot vermindering van de onderlinge contacten. De verbouwing had ook een negatieve invloed op het tentoonstellingsgebeuren.

Tentoonstellingen

Het TTC heeft in 1986 in eigen huis negen tentoonstellingen georganiseerd, waarvan er vijf geheel of gedeeltelijk door het TTC waren vervaardigd en de andere werden geleend van tentoonstellingsorganisaties in binnen- en buitenland. Mede door de negatieve invloed van de verbouwing bedroeg het aantal bezoekers aan deze tentoonstellingen 11.148 tegen 13.679 in 1985. Er bestond veel belangstelling voor de door het TTC vervaardigde tentoonstelling "Offshore" en de van het Nationaal Technisch Museum te Praag geleende expositie "Sloten en Sleutels". De tentoonstelling "Ogen Bedrogen" heeft in 1986 op acht verschillende plaatsen in het land ongeveer 30.000 bezoekers getrokken, zodat eind 1986 het totaal aantal bezoekers aan deze tentoonstelling tegen de

150.000 liep. Ook bestond er reeds belangstelling voor de nog in aanbouw zijnde tentoonstelling "Van Telraam tot Chip". Op speciaal verzoek van het Omniversum te Den Haag werd besloten drie van de twaalf geplande tafels versneld klaar te maken en in het Omniversum te plaatsen. Hier hebben die tafels tegen de 200.000 bezoekers getrokken. Het Ministerie van Onderwijs en Wetenschappen is zo geporteerd voor een spoedig gereedkomen van deze tentoonstelling dat het TTC in het kader van de actie "Een Stroom van Informatie" een subsidie van 190.000 gulden heeft gekregen voor uitbreiding en versnelde voltooiing van deze expositie.

Een andere verheugende ontwikkeling was de toekenning van een subsidie van 300.000 gulden aan het TTC door het Ministerie van Economische Zaken, bestemd voor het vervaardigen van presentaties ten behoeve van vakgroepen. Met de presentaties moet de industrie duidelijk worden gemaakt wat de betreffende vakgroepen voor de industrie zouden kunnen betekenen, in de verwachting dat hieruit opdrachten voor de TU Delft kunnen voortvloeien. Voor het vervaardigen van die presentaties kon het TTC twee HTS-ers voor twee jaar aantrekken.

Collecties

In verband met een mogelijke verhuizing van de collectie naar het gebouw Rotterdamseweg 139a werd deze nog eens kritisch bekeken en uitgedund. Tevens werd besloten delen van de collectie Botanische en Zoölogische Preparaten te zijner tijd over te dragen aan de Hortus Botanicus te Leiden.

De Jonge Onderzoekers Delft

De belangstelling voor de werkgroepen Informatica en Elektronica van de Stichting De Jonge Onderzoekers Delft was het afgelopen jaar weer groot. Heel belangrijk waren ook de cursussen Basic I, Basic II, Machinetaal en Elektronica die voor beginners en gevorderden werden gegeven.

Dienst Interne- en Externe Communicatie

Op 23 juni 1986 werd de Dienst Interne- en Externe Communicatie (DIEC) door de Hogeschoolraad aanvaard. Deze DIEC is een samenvoeging van de Voorlichtingsdienst, het Transferpunt en het TTC. Verwacht wordt dat de toegevoegde waarde van een DIEC voor het Bureau van de Universiteit hoog kan zijn en dat de DIEC de algemene en duidelijke ingang tot de TU Delft kan worden, omvattende herkenbare eenheden met eigen karakter. Deze verwachting geeft het TTC vertrouwen dat bij een-

heid in verscheidenheid de eigen taak binnen de DIEC toch recht zal worden gedaan, conform de door het College van Bestuur aanvaarde nota van de Commissie van Advies "Een herwaardering van het TTC; een open huis voor wetenschap en techniek".

Personeel en Commissie van Advies

Dank zij de subsidie van het Ministerie van EZ kon het personeelsbestand van het TTC worden uitgebreid met twee nieuwe medewerkers. Het TTC beschikt thans over 8¼ formatieplaatsen, die bezet worden door 10 personen. Hiervan worden er slechts 3 door de TU Delft gefinancierd.

De Commissie van Advies, die het College van Bestuur adviseert over aangelegenheden het TTC betreffende, heeft zich in het verslagjaar vooral beziggehouden met de huisvesting en de DIEC. Ook de houding van het TTC ten aanzien van een eventueel op te richten wetenschapscentrum Scientopia in Rotterdam is aan de orde geweest, met als conclusie dat het TTC moet proberen met dit centrum een goede vorm van samenwerking op te bouwen.

Histechnica

Het bestuur van Histechnica, Vereniging Vrienden van het TTC, heeft het afgelopen jaar veel gedaan aan het vergroten van belangstelling voor het TTC bij de Gemeente Delft en het bedrijfsleven. Vermeldenswaard is het streven van Histechnica om bij TTC-tentoonstellingen passende lezingen te organiseren. Histechnica werkt met haar activiteiten nauw samen met de Afdeling Geschiedenis der Techniek van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

TTC - TENTOONSTELLINGEN

Van spierkracht naar motormacht, tot en met 16 november 1987.

Een expositie van het Nationaal Technisch Museum te Praag, die via veel modellen, prenten en tekeningen de ontwikkeling laat zien van machines en apparaten die energie van natuurlijke bronnen zoals wind, water en brandstoffen zo efficiënt mogelijk weten om te zetten in meer bruikbare en beheersbare vormen van energie.

Geprezen Staalconstructies, tot en met 20 mei 1987.

Deze tentoonstelling geeft een overzicht van de 87 inzendingen voor de Nationale Staalprijs 1986. Deze prijs wordt om de 2 jaar verleend door de Stichting Staalcentrum Nederland.

Deze keer werden de volgende projecten bekroond:

- Metrostation "Spijkenisse Centrum".
- Roll-on Roll-off brug in Hoek van Holland.
- Schuiven in de Stormvloedkering Oosterschelde.

Zes inzendingen verkregen een eervolle vermelding.

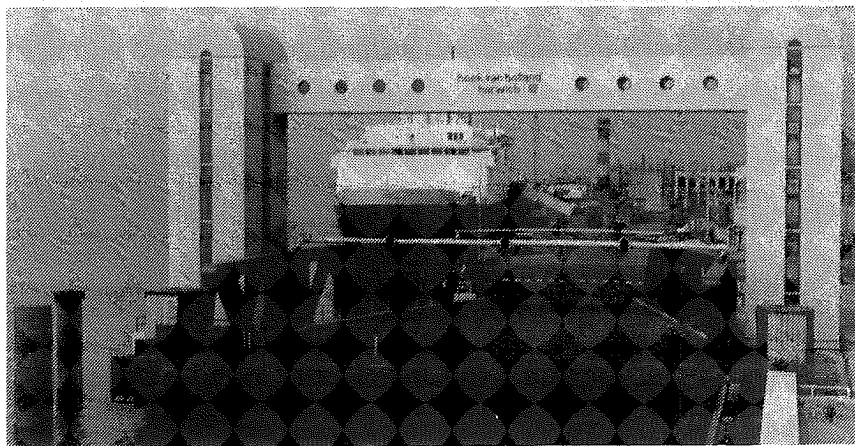
Holografie, permanent.

De tentoonstelling bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt verklaard wat holografie is, hoe hologrammen worden gemaakt, hoe de drie dimensionale beelden ontstaan, welke soorten hologrammen er zijn en de toepassing ervan in wetenschap en techniek. Een aantal opstellingen kan door het publiek zelf worden bediend.

In het tweede deel is een 30-tal hologrammen geëxposeerd. Kort geleden zijn er enkele unieke hologrammen bijgeplaatst.

Het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC, Kanaalweg 4, Delft, is dagelijks geopend van 10 - 17 uur en op zondag van 13 - 17 uur. Het is gesloten op erkende feestdagen. De toegang is gratis. Bij groepsbezoek wordt verzocht vooraf met TTC contact op te nemen. (tel. 015 - 783038).

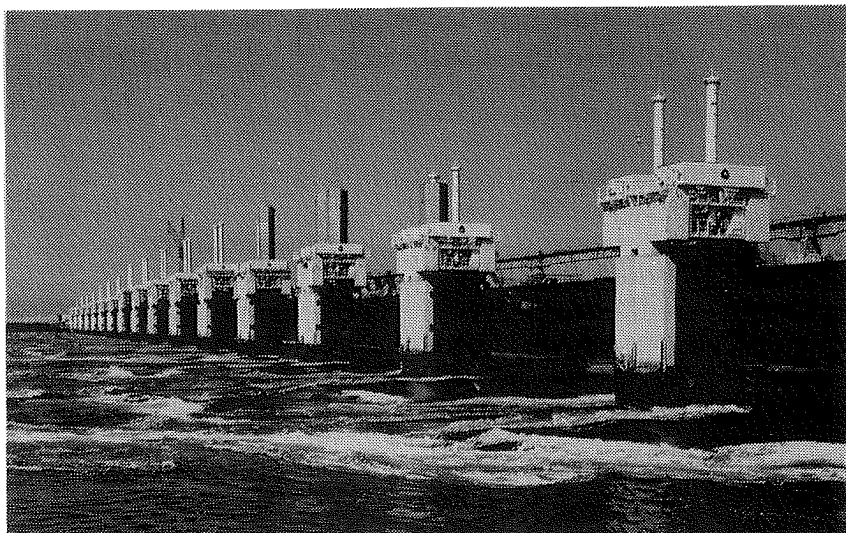
Op verzoek kunnen enige films worden vertoond.



De Derde Roll-on Roll-off brug in Hoek van Holland verkreeg de Nationale Staalprijs 1986 in de categorie C: "Bruggen".



Het Metrostation "Spijkenisse Centrum" waaraan de Nationale Staalprijs 1986 werd toegekend in de categorie A:
"Gebouwen met stalen draagconstructie".



Het project "Schuiven in de stormvloedkering Oosterschelde" verkreeg de Nationale Staalprijs 1986 in de categorie D:
"Overige staalconstructies".

VERWANTE ORGANISATIES

Er bestaat wel eens wat verwarring over de verschillende verenigingen en organisaties die momenteel op technisch museaal gebied actief zijn. Deze zijn:

TECHNISCH TENTOONSTELLINGSCENTRUM (TTC)

Een dienst van de Technische Hogeschool te Delft, die zich onder meer bezighoudt met het organiseren van tentoonstellingen op technisch historisch gebied en die tevens belast is met opsporing, registratie, beschrijving en behoud van waardevolle technisch historische objecten en collecties. Het ligt in de bedoeling dat het TTC zich zal ontwikkelen tot een museum van de techniek.

Adres: Kanaalweg 4, 2628 EB Delft.

STICHTING TECHNISCH-HISTORISCHE VERZAMELINGEN (STV)

Vereniging van organisaties (stichtingen, instituten, verenigingen e.d.) en individuele personen die een technische verzameling hebben dan wel daar nauw bij zijn betrokken, met het doel tot gezamenlijke activiteiten (zoals bijv. exposities) te komen.

Adres secretariaat: Alphons Arienstraat 15, 2037 VJ Haarlem.

SECTIE TECHNISCHE MUSEA VAN DE NEDERLANDSE MUSEUMVERENIGING (STM)

Samenwerkingsverband van technische musea in het kader van de Nederlandse Museumvereniging.

Adres secretariaat: W.F. Renaud, p/a Openluchtmuseum, Schelmseweg 89, 6816 SJ Arnhem.

Het spreekt vanzelf dat "Histechica" naar een zo hecht mogelijke samenwerking met en tussen bovengenoemde verenigingen streeft.



HISTECHNICA NIEUWS

**JAARGANG 13
NUMMER 2
JULI '87**

HISTEchnica

Histechnica is een vereniging van vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC.

Deze vereniging, die in 1974 werd opgericht, stelt zich ten doel de belangstelling te bevorderen voor de ontwikkeling van de techniek in verleden, heden en toekomst en zijn maatschappelijke gevolgen.

De vereniging tracht dit doel in eerste instantie te verwezenlijken door het TTC zowel financieel als op alle mogelijke andere manieren te steunen bij haar activiteiten. Histechnica wil op deze wijze het TTC de mogelijkheid bieden uit te groeien tot een landelijk historisch en modern educatief centrum voor de techniek.

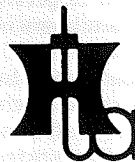
Het TTC organiseert tentoonstellingen op het gebied van de techniek voor een zo breed mogelijk publiek waarbij aan de hand van modellen en zelf te bedienen opstellingen inzicht wordt gegeven in de basisprincipes van historische en moderne technieken.

Een beter begrip van de technische ontwikkelingen in het verleden en heden zal een evenwichtige benadering van de huidige en toekomstige technische ontwikkelingen mogelijk maken.

Voorts verzamelt het TTC historische technische objecten en archivalia ten behoeve van tentoonstellingen en de studie van de geschiedenis van de techniek. Histechnica organiseert voor zijn leden regelmatig lezingen, excursies en andere evenementen.

De vereniging kent gewone leden en beschermende leden. De contributie voor een gewoon lid bedraagt tenminste f 25,- per jaar, voor een beschermend lid tenminste f 100,- per jaar.

Secretaris: Ir. J. van Elk
Populierendreef 16
3137 CW Vlaardingen
Tel. kantoor: 015-690174
Tel. huis: 010-4747173



Postgironummer: 3301027 ten name van:
Penningmeester Histechnica te Voorschoten.

Redactieadres: Fuutlaan 13, 2636 EM Schipluiden.

Op zaterdag 22 november 1986 hield ir. A. den Ouden een voordracht voor Histechica met als onderwerp "De stoommachine in de fabriek". De lezing sloot aan op de tentoonstelling "Onder Stoom" van het Nederlandse Textielmuseum te Tilburg, die tot 4 april j.l. in het TTC stond opgesteld. De heer Den Ouden bewerkte deze voordracht speciaal voor Histechica Nieuws tot het hierna volgende artikel, waarvoor wij hem zeer erkentelijk zijn (red.).

DE PERFECTIONERING VAN DE STOOMMACHINE VOOR FABRIEKSGEBRUIK

door ir. A. den Ouden

Inleiding

Het zal voor de lezers van dit tijdschrift waarschijnlijk geen wereldschokkend nieuws zijn wanneer ik stel dat James Watt, in de laatste decennia van de 18e eeuw, erin slaagde de stoompomp (die vooral in de mijnbouw zijn nut al had bewezen) geschikt te maken voor gebruik als krachtbron in de fabriek. Essentieel daarbij waren drie factoren:

- zijn machines leverden roterende drijfkracht
- ze hadden een redelijk vermogen en rendement
- en waren daarbij óók nog 'ns betrouwbaar.

Er is in de literatuur relatief veel aandacht besteed aan de vondsten van Watt en zijn tijdgenoten; en aan de constructieve details van hun stoommachines.

In deze samenvatting wil ik mij echter concentreren op een wat latere periode en daarbij vooral ingaan op technische ontwikkelingen.

Er is opvallend weinig gepubliceerd over de technische perfectionering van de stoommachine in de periode van zeg 1800 tot omstreeks 1930. Wel is veel onderzoek gedaan naar meer algemene economische indicatoren, zoals aantal geïnstalleerde pk's (van stoommachines) per capita, aantal m² verwarmend oppervlak (van stoomketels) per capita en dergelijke. Ik ga daar nu niet op in. Zulke indicatoren zijn mij te globaal; en ze geven iemand die in de evolutie van de techniek geïnteresseerd is te weinig bruikbare informatie.

In de periode die we nader zullen beschouwen zijn er twee drijvende krachten achter de evolutie van de stoommachine (voor fabrieksbedrijf): de ingenieur en de ondernemer. De eerste streeft naar technische optimalisatie; de tweede naar verlaging van vaste en variabele kosten. In andere woorden, naar perfectionering, respectievelijk "zuinig en goedkoop". De werkelijk succesvolle ingenieur houdt met beide gezichtspunten rekening.

**Welke hoofdontwikkelingen zijn er te onderscheiden bij de technische perfectie-
nering van de stoommachine?**

Wanneer je de ontwikkeling van de stoommachine bestudeert aan de hand van contemporaine documenten blijken er, gedurende de hele evolutie, talloze strijd-

vragen te zijn geweest. Met goede argumenten slaan de heren technici elkaar om de oren — maar soms ook worden hun stellingen met gruwelijk (en misplaatst) aplomb en een ongekennde arrogantie te berde gebracht.

Voor de huidige student, met zijn moderne theoretische achtergrond, is het tamelijk eenvoudig om een oordeel te vellen. Ook heeft de "natuurlijke selectie" intussen zijn werk gedaan: onbruikbare oplossingen en theorieën zijn inmiddels verdwenen. Maar zo makkelijk was het voor de direct betrokkenen, ingenieurs, theoretici en uitvinders, niet.

Enkele van de belangrijkste strijdvragen in de 19e eeuwse vakliteratuur waren de volgende:

- enkelwerkend of dubbelwerkend?
- optimale snelheid van de zuiger en het meest geschikte toerental?
- horizontaal of verticaal bouwen?
- hoe sterk expansief werken?
- wel of niet een condensor gebruiken?
- expansie in één of meerdere cilinders?
- de ideale stoomverdeling?
- wel of géén (automatische) expansie-instelling voor het verkrijgen van een toerental- (of vermogens-) regeling?

En met de almaar toenemende geïnstalleerde vermogens een steeds belangrijker vraag:

- welke constructie leidt tot het laagst mogelijke (specifieke) stoomverbruik?

Het is in het kader van deze samenvatting (jammer genoeg) niet mogelijk uitgebreid in te gaan op de vele verrassende constructies die in de loop der tijd zijn geschapen, en al evenzeer ontbreekt de gelegenheid om de overwegingen die aan zulke stukjes vernuft ten grondslag lagen te verduidelijken. Toch lijkt het me wel nuttig, die genoemde strijdpunten eens nader te bezien.

Immers, juist door het ontbreken van consensus over deze brandende vragen ontstond (in de door ons beschouwde periode) die verbazende variëteit aan uitvoeringen die zo kenmerkend is voor "de stoommachine". Een dergelijke variëteit vindt men bij géén ander type (productie-) machine.

Enkelwerkend of dubbelwerkend?

Dubbelwerkende stoomcilinders werden al door James Watt gebruikt (na 1782). Algemeen werd erkend dat op deze wijze (stoom beurtelings onder en boven de zuiger toelaten) bijna tweemaal zoveel vermogen werd opgewekt als bij even grote enkelwerkende cilinders.

Toch werden er ruim 100 jaar later nog steeds grote, belangrijke stoommachines enkelwerkend uitgevoerd. Het belangrijkste argument daarbij was dat in zulke machines (onder bepaalde condities) de zuigerkrachten voortdurend één kant opwijzen, waardoor ze geen last hebben van "kloppen" in de lagers. Juist bij snellopers was dit gewenst: de smering van (vooral) de hoofdligers was daar toch al zo'n groot probleem. Typische voorbeelden van zulke "constant thrust" (snellopende) machines vond men in vroege elektrische centrales. Ze werden maar incidenteel gebruikt voor het aandrijven van fabrieksmachines.

Optimale snelheid van de zuiger en het meest geschikte toerental?

Het opgewekte vermogen van een stoommachine is recht evenredig met de (gemiddelde) zuigersnelheid. Een hoge zuigersnelheid lijkt daarom gewenst, vooral ook omdat daarbij het toerental van de machine hoog uitvalt. Dan wordt immers de oneenparigheidsgraad (de fluctuatie van het toerental per omwenteling) fijn laag — een eis die bij voorbeeld bij machines voor een spinnerij of voor elektriciteitsopwekking zeer belangrijk werd geacht. Maar een hoge zuigersnelheid betekent ook een grote slaglengte, dus machines van fikse afmetingen. En verder geeft — vanzelfsprekend — een hogere snelheid extra slijtage, toenemende wrijvingsverliezen, en grotere dynamische (massa-) krachten (dus toenemend breukrisico). En, niet te vergeten, er ontstaan problemen met de stoomtoevoer. Je kunt natuurlijk de stroomsnelheid van stoom in de in- en uitlaat wel begrensd houden door hele grote openingen te gebruiken — alleen werden dan de condensatieverliezen wel erg groot . . .

Het zal duidelijk zijn dat de optimalisatie van dergelijke ontwerp-parameters niet eenvoudig was. Bovendien verschoof in de loop der tijd het optimum. Enerzijds omdat er nieuwe, sterkere, constructiematerialen beschikbaar kwamen (bij voorbeeld staal in plaats van smeedijzer). Anderzijds omdat met toenemend inzicht in statica en dynamica de ontwerpberekeningen nauwkeuriger (en relevanter, minder approximatief) werden.

De (Watt'se) balansmachines van de vroege 19e eeuw maakten zo'n 20 tot 30 omwentelingen per minuut; en de vroege horizontale machines van de jaren 1840 hadden een toerental van 50 tot 60 omwentelingen per minuut. Aan het einde van de eeuw was het gebruikelijk voor machines tot ca. 600 pk een toerental van omstreeks 100 omwentelingen per minuut en voor machines tot ca. 1200 pk ruim 75 omwentelingen per minuut te kiezen. Maar men was bereid tot driemaal zo hoge toerentalen te gaan — wél met relatief korte slag, zodat de (gemiddelde) zuigersnelheid uiteindelijk maximaal tweemaal zo hoog werd gekozen als de algemeen gebruikelijke "best practice" waarde.

Om dergelijke machines enigszins betrouwbaar te maken, moesten dan de nodige voorzieningen worden getroffen, zoals:

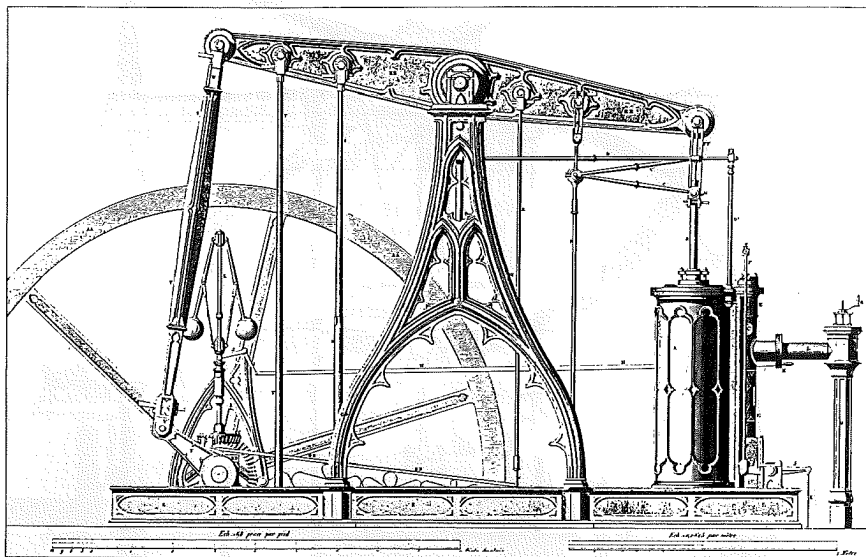
- bij voorkeur verticale bouwwijze
- een gesloten (spat-) smeersysteem (of zelfs druksmering)
- een gedwongen sturing van de stoomverdeelorganen
- een snelle en nauwkeurige reguleur voor de expansie-regeling
- zorgvuldige balancerings van de bewegende massa's — bij voorkeur door de machine met meer dan één cilinder uit te voeren.

Horizontaal of verticaal bouwen?

Zoals gezegd ontstond bij de snellopende machines een voorkeur voor de verticale bouwwijze. De constructeur moest trouwens een hele serie afwegingen maken voor hij tot een keuze van de — voor zijn geval meest geschikte — bouwwijze kon komen.

De oorspronkelijke stoommachine was van het balans-type. Dit was een erfenis van de allereerste applicatie: de stoempomp in de mijnbouw. Een typische Watt'se balansmachine bestond uit een verticale cilinder, op vloerniveau ge-

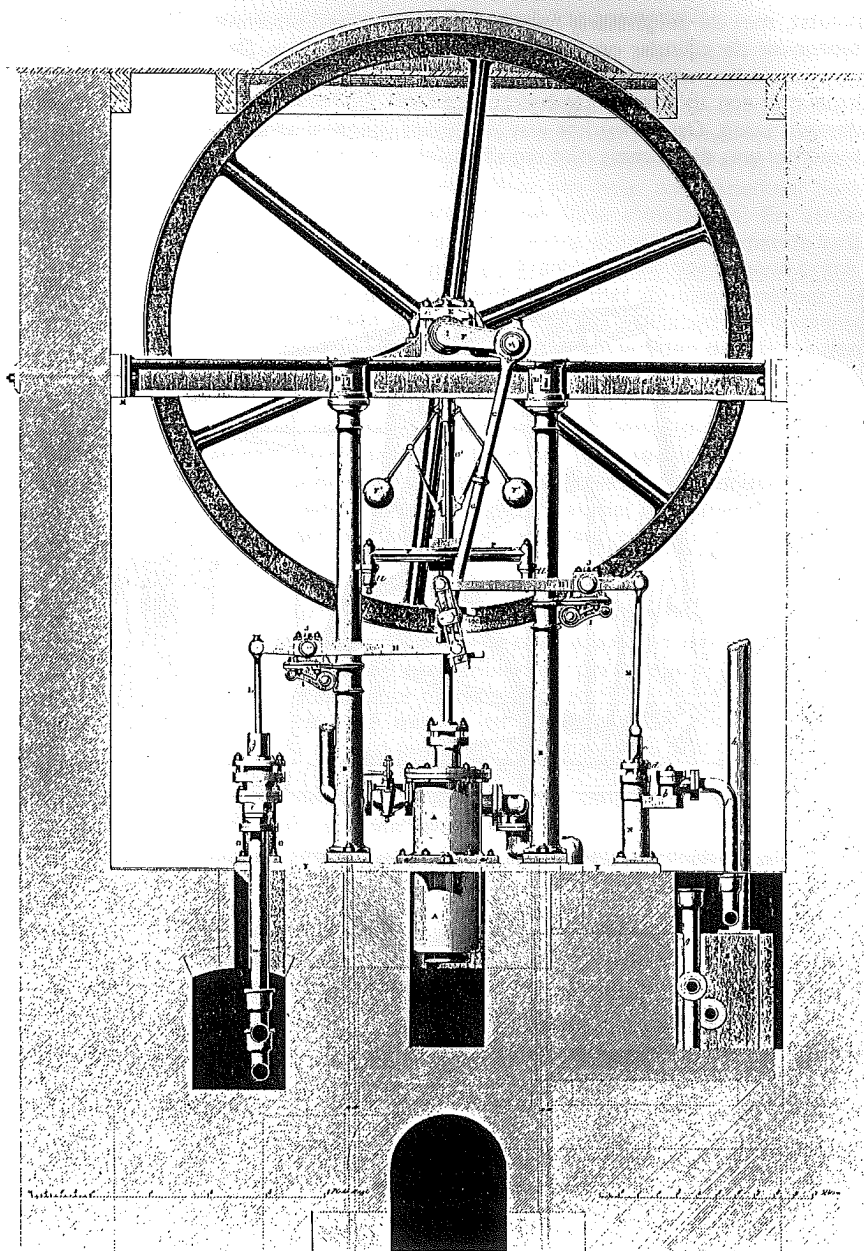
plaatst, met de zuigerstang naar boven gericht; een bovenliggende balans; en een tegenover de cilinder op vloerniveau geplaatste krukas. De zuigerstang was met een parallellogram-mechanisme aan één einde van de balans gekoppeld; en de kruk met een drijfstang aan het andere eind. De balans was zwaar en de machine daarom traag. Op de krukas was een groot vliegwiel aangebracht — door het lage toerental was dit immers niet erg effectief.



Een typische Watt'se balansmachine, omstreeks 1835. Gebouwd door Cockerill, Luik, België.

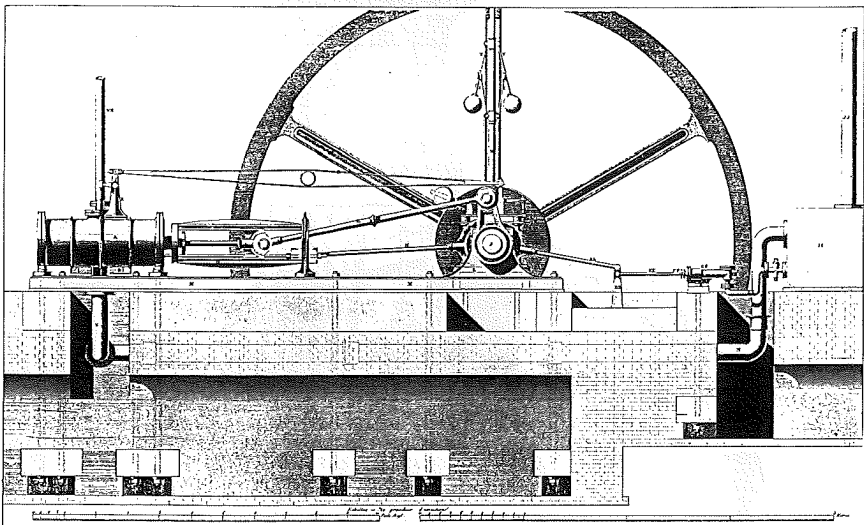
Bij de eerste poging om zonder balans uit te komen werd het vliegwiel direct boven de cilinder aangebracht. Dit wordt de (werkelijk) verticale machine genoemd. Er zijn enkele nadelen aan deze constructie verbonden: de grote massa die zo hoog boven de grond roteert maakt een stijf en zwaar frame nodig; de zijdelingse krachten die in een kruk-drijfstangmechanisme nu eenmaal optreden maakten de machine tuitelig omdat ze hoog boven de grond aangrepen; en de bouwhoogte werd onacceptabel groot. Uiteraard koos men de drijfstanglengte wel klein, om de bouwhoogte te beperken . . . , maar dan werden de zijdelingse krachten weer groter, zodat de instabiliteit toenam, de machine ging trillen en de leibaanslijtage te groot werd.

Dit type machine werd na de jaren 1860 eigenlijk nauwelijks meer gekozen omdat het ten opzichte van nieuwe ontwikkelde constructies te veel nadelen had.



Een werkelijk verticale machine, omstreeks 1840. Gebouwd door Cockerill, Luik, België.

De voor de hand liggende gedachte, zo'n machine op z'n zij te leggen (we spreken dan over een horizontale of liggende machine) werd voor het eerst in de vroege jaren 1830 in Amerika uitgevoerd. Met Amerikaans pragmatisme werd daarbij het benodigde — grotere — fundament als "constructiedeel" uitgevoerd, zodat met een zeer licht frame kon worden volstaan. Pas in de jaren 1840 komen de "zelfdragende" horizontale machines, met een frame waarin cilinder, leibanen en krukaslagers geïntegreerd waren, naar voren. Zo'n kracht-gesloten oplossing was natuurlijk wel duurder, maar de technische voordelen waren groot genoeg om die investering terug te verdienen. Overigens grepen de Amerikanen met hun gebruik van de fundering als machine-element terug op de praktijk van Watt's periode: ook bij balansmachines van voor ca. 1845 was het zeer gebruikelijk om machinefundament en de wanden van de machinekamer een constructieve functie te geven.

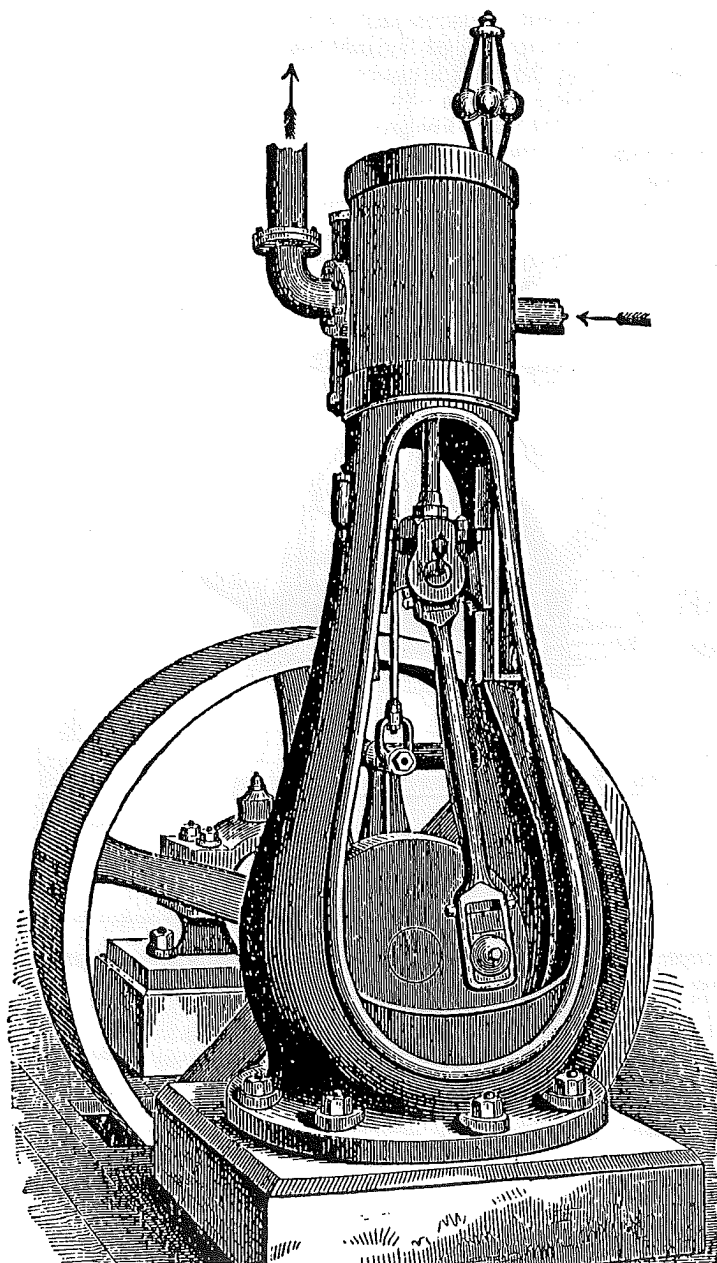


Een vroege horizontale machine met geïntegreerd frame, omstreeks 1845. Gebouwd door Cockerill, Luik, België.

Andere constructeurs zagen een andere weg om de nadelen van de balans- en verticale machines op te heffen. Zij zetten de verticale machine op z'n kop. We spreken van de (omgekeerd) verticale machine. Het nu laagliggende vliegwiel kon zonder probleem (gedeeltelijk) in de grond worden ingelaten en de machine was stukken stabiel.

Ten opzichte van de horizontale uitvoering had de (omgekeerd) verticale machine de volgende voordelen:

- zeer klein benodigd vloeroppervlak
- overwegend verticale onbalanskrachten op het fundament, waardoor dit lichter kan zijn dan bij de horizontale machine waar grote horizontale onbalanskrachten in het fundament moeten worden opgenomen



*Eenvoudige (omgekeerd) verticale één-cilinder machine, omstreeks 1865.
Gebouwd door Kelly, Howel & Ludwig, Philadelphia, Amerika.*

- minder slijtage ten gevolge van de zwaartekracht; minder snel onrond slijten van de cilinder (in een horizontale machine draagt de zuiger immers steeds op het onderste deel van de cilinder) en dus ook minder stoomlekage; en minder energieverlies in wrijving.

Nadelen waren:

- bij de noodzakelijk hogere bouw toch nog altijd meer trillingen
- problemen met het spuien van het – altijd voorkomende – condenswater boven de zuiger, en kans op "waterslag" en beschadiging van de machine.

De omgekeerd verticale machine werd meestal zeer "gedrongen" gebouwd, met een korte slaglengte, een relatief grote zuigerdiameter en een zeer korte drijfslag. Door de korte slag kon het toerental voor dezelfde (gemiddelde) zuigersnelheid hoger worden gekozen. En dat was maar goed ook, want op die wijze kon het nadeel van de grote(re) oneenparigheidsgraad (een direct gevolg van de kleine(re) verhouding tussen drijfslaglengte en slaglengte c.q. kruk-diameter) weer worden gecompenseerd.

Zowel het horizontale als het (omgekeerd) verticale type stoommachine is in fabrieken gebruikt. Had de fabriek een krachtverdeling met een drijf-as-systeem, dan was er een duidelijke voorkeur voor de horizontale machine, vanwege de voor zo'n systeem gewenste lagere snelheid. Gebruikte men in de fabriek elektrische krachtverdeling, dan werd vaak voor een verticale machine gekozen.

Het is opvallend, dat bij scheepsmachines juist de verticale machine veel vaker, ja, vanaf de jaren 1870 vrijwel uitsluitend werd toegepast. De criteria die de keuze van het meest geschikte machinetype bepalen zien er in dat geval immers heel anders uit. We kunnen daar nu niet verder op ingaan.

Hoe sterk expansief werken?

In de allereerste stoommachines werd gedurende de hele slag verse stoom toegevoerd. Dit gaf een maximaal vermogen, immers, de kracht op de zuiger is dan gedurende de hele slag gelijk aan zuigeroppervlak maal (verse) stoomdruk (minus tegendruk). Maar het stoomverbruik is óók hoog; en als we condenserend willen werken, dan moet er aan het einde van de slag een veel grotere hoeveelheid stoom worden gecondenseerd. Daarvoor is meer koelwater nodig, en de pompen voor koelwater-toevoer en condensaat-afvoer vragen meer vermogen.

Watt patenteerde al de mogelijkheid om stoom maar gedurende een deel van de slag toe te laten, en de zich in de cilinder bevindende stoom dan verder te laten expanderen. De (gemiddelde) druk achter de zuiger is in dat geval kleiner – het opgewekt vermogen dus ook – maar het stoomgebruik neemt aanzienlijk af. Nu was in Watt's tijd de haalbare keteldruk (wegens de gebrekkige constructie) maar enkele tienden bar boven de atmosferische, dus had de expansie niet zo erg veel zin. Maar met stijgende keteldruk (in de jaren 1840 werd een druk van 4 bar algemeen acceptabel geacht) kreeg het expansief werken nieuwe impulsen.

Laten we de gevolgen en mogelijkheden van expansief werken nog eens op een rijtje zetten:

- bij gelijke cilinder-afmetingen en toerental is bij expansief werken het opgewekte vermogen kleiner
- bij expansief werken is het stoomverbruik in kg stoom per pk-uur kleiner.

Streeft men in niet-condenserende stoommachines naar grotere vermogens onder behoud van het lagere specifieke stoomverbruik (en dat was meestal het geval, om economische redenen) dan zou men dus een expanderende machine met grotere cilinders moeten kiezen. Dat leidt natuurlijk tot grotere overall-afmetingen en een hogere investering . . . en dus wordt de besparing in de variabele kosten teniet gedaan door de hogere afschrijvingen.

Er is nog een andere methode: een hogere (verse) stoomdruk gebruiken. De atmosferische tegendruk speelt dan immers een minder belangrijke rol.

Verse stoomdruk (in bar)	Opgewekt vermogen (index-getal)	
	Vullingsgraad 30%	Vullingsgraad 50%
4	100	188
6	146	225
8	167	250
10	179	263
Bij verhoging van 4 tot 10 bar	1,97 maal zo groot	1,40 maal zo groot

We zien uit de tabel dat het juist bij sterk expansief werken zinvol is, naar een hogere (verse) stoomdruk te gaan. We zien echter ook, dat het geen zin heeft naar zeer hoge drukken te gaan (er is sprake van een "verminderde meeropbrengst") — nog afgezien van de technische problemen die dat meebrengt op het gebied van afdichtingen en stoomverdeelorganen.

Expansief gebruik van stoom van hogere druk was dus interessant. Wel moet daarbij bedacht worden dat zulke stoom duurder is — er is meer brandstof nodig geweest om haar op te wekken; en de ketelinstallatie wordt ook prijziger. Dit laatste argument leidde ertoe, dat hoge druk machines in de fabrieken maar zelden zijn toegepast. We zullen daarom voorbij gaan aan dit — op zichzelf overigens uiterst interessante — gebied.

En dat kan ook, want er is natuurlijk ook een andere manier om de atmosferische tegendruk op de zuiger uit te schakelen: condenserend werken.

Wel of niet een condensor gebruiken?

Stel, men laat de stoom aan het einde van een slag, dus na de gewenste expansie, uitstromen in een speciale ruimte, de condensor. Hierin laat men de stoom, bij voorbeeld door vermenging met (koel)water, condenseren. De ontstane grote volumevermindering resulteert in een vacuüm. Wanneer nu de ruimte achter de zuiger bij de retourslag in verbinding blijft met de condensor, dan is het drukverschil over de zuiger bijna één bar hoger dan bij een niet-condenserende machine mogelijk is. Dat helpt om het opgewekt vermogen te vergroten — vooral bij machines die met lage (verse) stoomdruk werken. Het is dan ook niet verwonderlijk dat juist deze vinding Watt wereldfaam bezorgde: zijn machines werkten immers maar met enkele tienden bar overdruk.

Door het condenseren verder in een aparte ruimte te laten plaats vinden (en niet

in de cilinder, zoals dat voorheen gebeurde) verminderde Watt de begin-condensatie aan de inmiddels afgekoelde cilinderwanden bij het opnieuw vullen van de cilinder voor de volgende slag . . . en dat verbeterde het brandstofverbruik in één keer met een factor drie.

Natuurlijk moet het condensaat uit de condensor worden weggepompt: het zou anders snel gedaan zijn met het vacuüm. Is er sprake van meng-condensatie (het koelwater wordt geïnjecteerd in de condensor) dan zal het koelwater mee afgepompt moeten worden. Is er sprake van oppervlakte-condensatie (in een warmte-wisselaar) dan hoeft alleen het condensaat te worden afgepompt. Dit kan dan trouwens uitstekend worden gebruikt als ketelvoedingswater: het is nog warm, en de ketelsteen-vormende bestanddelen zijn er al uit neergeslagen. Maar een oppervlakte-condensor is een stuk duurder dan een meng-condensor: en we zien dan ook dat het laatste systeem in de fabriek het meest werd gebruikt. Het afpompen van condensaat en (eventueel) koelwater gebeurde met een door de machine zelf aangedreven pomp. Het hiervoor benodigde vermogen gaat natuurlijk ten koste van het door condenserend werken extra opgewekte vermogen.

Hoe bepaalde de constructeur of zijn machine condenserend moest werken of niet?

1. Hoe lager de keteldruk, hoe groter het effect van condenserend werken op het maximaal op te wekken vermogen.

Bij een vullingsgraad van 40% :

Verse stoomdruk (in bar)	Opgewekt vermogen (index-getal)	
	niet condenserend	wel condenserend
4	100	192 1,92 maal zo groot
8	228	399 1,75 maal zo groot

2. Hoe groter de expansie, hoe groter het effect van condenserend werken op het maximaal op te wekken vermogen.

Bij een verse stoomdruk van 8 bar:

Vullingsgraad (in %)	Opgewekt vermogen (index-getal)	
	niet condenserend	wel condenserend
40	199	280 1,41 maal zo groot
20	100	194 1,94 maal zo groot

3. Hoe lager de keteldruk, hoe groter het effect van condenserend werken op het specifiek stoomverbruik.

Bij een vullingsgraad van 40% :

Verse stoomdruk (in bar)	Specifiek stoomverbruik (index-getal)	
	niet condenserend	wel condenserend
4	100	64 1,56 maal zo klein
8	76	60 1,27 maal zo klein

4. Hoe groter de expansie, hoe groter het effect van condenserend werken op het specifiek stoomverbruik.

Bij verse stoomdruk van 8 bar:

Vullingsgraad (in %)	Specifiek stoomverbruik (index-getal)	
	niet condenserend	wel condenserend
40	120	95 1,26 maal zo klein
20	100	75 1,33 maal zo klein

Naast de zo te realiseren besparingen op vaste kosten (investering in de machine) en variabele kosten (brandstof c.q. stoom) speelde natuurlijk een hele serie argumenten een rol: complexiteit van de condenserende machine, al aanwezige apparatuur, en, vaak heel belangrijk: kon de afgewerkte stoom van de machine niet beter nuttig worden gebruikt in het fabrieksproces, bij voorbeeld voor verwarming.

Expansie in één of in meerdere cilinders?

Toen men (vanwege het lagere specifieke stoomverbruik) steeds hogere (verse) stoomdrukken ging gebruiken, kwam er een nieuw probleem om de hoek kijken.

Verse stoomdruk (in bar)

3
5
7

Vullingsgraad voor gelijk
opgewekt vermogen in (%)

50
18
9

Bij een hogere (verse) stoomdruk moet de expansie fors vergroot worden. Hierbij ontstaan twee problemen:

- Omdat de stoom zeer ver expandeert daalt haar temperatuur aanzienlijk. De cilinderwand koelt dan ook vrij ver af, en van de voor de volgende slag instromende verse stoom condenseert relatief veel tegen de koude wand. Dit is een direct verlies.
- Het gebruikelijke eenvoudige mechanisme voor de stoomverdeling (een schuif) laat een lage vullingsgraad niet zomaar toe. Door de geometrie van zo'n schuif betekent een vroege sluiting van de stoominlaat automatisch ook een vroege sluiting van de uitlaat aan de andere zijde van de zuiger. De daar achtergebleven stoom kan dan niet meer ontsnappen en wordt gedurende de rest van de slag samengeperst. Wanneer de dode ruimte klein is — en elke constructeur streefde daarnaar — wordt de einddruk hoog, soms zelfs hoger dan de (verse) stoomdruk. Dit leidde tot allerlei ongewenste verschijnselen.

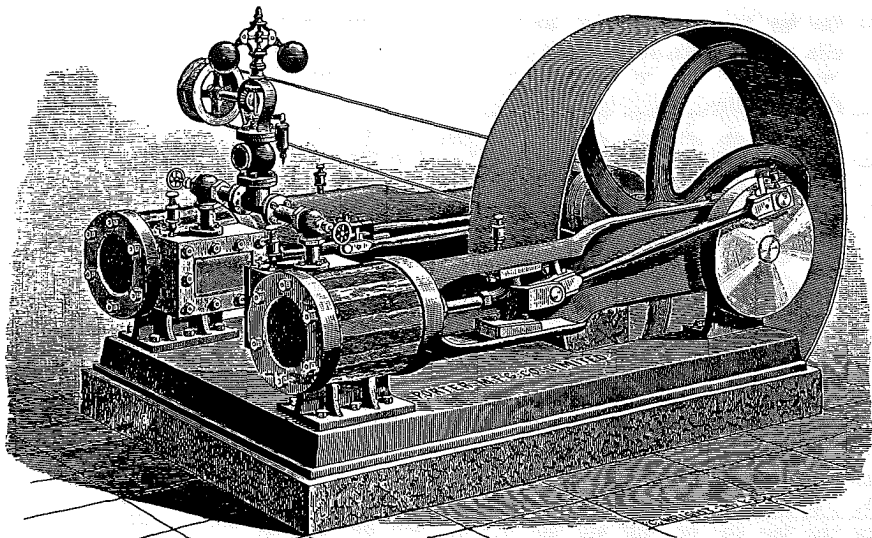
Een betere werkwijze is, de expansie van de stoom niet in één cilinder te doen plaats vinden. Wanneer men in een eerste cilinder de expansie gedeeltelijk laat verlopen en vervolgens de stoom overbrengt naar een tweede cilinder, voor verdere expansie, dan zijn de verschillen tussen begin- en eindtemperatuur per cilinder kleiner. Zo ontstaan minder condensatie-verliezen.

Het tweede probleem is een constructie-probleem. Door gebruik te maken van gescheiden in- en uitlaatorganen kon men de te hoge eindcompressie voorkomen. Er moest een prijs worden betaald: de constructie was gecompliceerder en dus duurder. Maar, eerlijk gezegd, de schuif was voor hogere (verse) stoomdruk toch al niet zo geschikt. Hij is niet "gebalanceerd", dat wil zeggen, aan de ene kant stond de volle (verse) stoomdruk, aan de andere kant de uitlaatdruk (atmosferisch, of condensor-vacuüm) en dat drukverschil zorgde voor een grote wrijving op de schuifspiegel. Vooral bij relatief droge, hete, stoom kwam vreten van de schuif veel voor.

Machines met meervoudige expansie werden oorspronkelijk vooral als scheepsmachines gebouwd. Vanaf omstreeks 1880 begon men ze ook in fabrieken te gebruiken. In eerste instantie waren het "compound" machines, dat wil zeggen, twee-cilinder machines. Vanaf omstreeks 1885 kwamen ook de "triple-expansie" types op. Deze hadden drie of vier cilinders (hoge druk — middendruk — één of twee parallele lage druk).

Bij (omgekeerd) verticale machines werden de cilinders meestal in een rij opgesteld; bij liggende machines waren er tal van opstellingen mogelijk — elk met hun fervente voorstanders. Zo kende men tandem-compounds (twee cilinders achter elkaar, op dezelfde kruk werkend) en kruis-compounds (twee cilinders naast elkaar, dus met twee krukken). Bij triple-expansie machines waren er uitvoeringen met drie krukken (alle cilinders naast elkaar); en met twee krukken (waarbij minstens twee cilinders in tandem werden gebouwd).

Bij machines met meerdere krukken was de onderlinge positie van de krukken belangrijk. Wanneer men bij een kruis-compound de krukken onder 180° plaatst (de zuigers bewegen dan in tegenfase) is het overstromen van de gedeeltelijk ge-expandeerde stoom heel eenvoudig. Er is geen buffervat nodig en de aansturing van de in- en uitlaatorganen van beide cilinders is niet gecompliceerd. Een ander voordeel van deze bouwwijze is dat het (primair) balanceren uiterst eenvoudig is, omdat de hoofdbewegingen in de machine in tegenfase zijn. Maar zo'n machine



*Horizontale tweelingmachine van uiterst eenvoudige bouw, circa 1885.
Gebouwd door Porter Mfg Co., Syracuse, Amerika.*

heeft wel twee dode punten, net als een één-cilinder machine (en een tandem-compound). Een goed machinist kon de machine meestal wel in de juiste startpositie laten stoppen; maar als dat niet lukte, dan moest er worden getornd: niet alleen de machine, maar ook het hele drijf-as-systeem dat er vast aan was gekoppeld moest dan in beweging worden gebracht. Dat was nogal een zware klus.

Wanneer de twee krukken van een kruis-compund onder 90° worden geplaatst is de machine altijd zelfstartend. De overstroming van stoom van de hoge drukcilinder naar de lage druk is bij een dergelijk fase-verschil echter vrij gecompliceerd. Er moet een receiver (buffervat) worden gebruikt. Dit was voor sommige constructeurs aanleiding om tussenverwarming van de gedeeltelijk geëxpandeerde stoom toe te passen. Ze gebruikten daarvoor dan een verwarmingsspiraal in de receiver waar de verse stoom voor de hoge drukcilinder doorheen werd geleid. Zulke thermodynamisch gecompliceerde ideeën duiden erop, dat ook in de theorie van de stoommachine aanzienlijke vorderingen waren gemaakt (eerlijkheidshalve moet echter wel worden vermeld, dat de uitgevoerde constructies lang niet altijd de geclaimde verbeteringen opleverden).

Bij triple-expansie machines met drie parallelle cilinders werden krukken onder 120° gebruikt — met receivers — en bij twee-kruks triple-expansie machines vond men beide al voor kruis-compounds genoemde opties.

Een volgend onderwerp waar zeer veel oneenigheid over bestond was de verdeling van de expansie over de opvolgende cilinders. De eerste proeven met compounds werden al in de jaren 1850 gedaan, maar het duurde tot ongeveer 1890 eer men het eens werd over "best practice". Veel onderzoek ging daaraan vooraf. Het uitgangspunt was dat elke cilinder ongeveer evenveel vermogen moest leveren. Dit bleek bij fabrieksgebruik, met zijn typische grote belastingswisse-

lingen, al helemaal niet zo eenvoudig. Immers, wanneer de belasting sterk terugloopt, zal de reguleur — of de machinist — de stoomtoevoer aan de hoge drukcilinder knijpen. De begin-condities voor de expansie zijn dan anders, de situatie in de hoge drukcilinder aan het eind van de slag óók; en daardoor verloopt de verdere expansie in de opvolgende cilinder(s) op zijn beurt weer anders. Men kon natuurlijk de uit- en inlaatorganen (automatisch) anders aansturen. Het zal duidelijk zijn dat zo'n sturing van de stoomverdeling moeilijk te ontwerpen was. Bedenk daarbij dat de constructeur niet over computer-aided technieken beschikte: hij had alleen een hele serie grafische technieken, maar die waren voor deze opgave eigenlijk ontoereikend. Dus was praktisch experimenteren onvermijdelijk.

Als illustratie van het genoemde probleem kan het volgende tabelletje dienen:

Kruis-compound machine, met krukken onder 90°. Hoge druk (HD) en lage druk (LD)-cilinders hebben gelijke slaglengte

Gekozen vullingsgraad (in %)	Optimale volumeverhouding (HD/LD)	Optimale diameter- verhouding (HD/LD)
10	0,52	0,72
5	0,36	0,60

Wanneer de benodigde vullingsgraad omlaag gaat — omdat er (tijdelijk) minder vermogen geleverd hoeft te worden — wijkt de optimale bouw van de machine nogal af van de werkelijke, met andere woorden, de machine is niet zo zuinig als we hoopten.

Het is misschien nuttig, erop te wijzen dat het gebruik van meer cilinders in één machine niet per definitie samenhangt met meervoudige expansie. Het is immers ook mogelijk, twee, drie of zelfs meer identieke cilinders parallel te gebruiken. We spreken dan over tweeling, drieling, etc., machines. Omdat in zo'n opzet elke cilinder volledige expansie heeft, en een identieke set stoomverdeelorganen, is het bovengenoemde probleem veel eenvoudiger op te lossen. Ten opzichte van de zeer grote één-cilinder machine hebben ze de voordelen zelfstartend en eenvoudiger balanceerbaar te zijn.

Je vond "meer-ling machines dan ook vooral daar, waar zeer sterke belastingswisselingen te verwachten waren. Een goed voorbeeld is de wals-machine in de staalwalserij. In de fabriek kwamen ze niet zo vaak voor, althans, niet voordat de gelijkstroommachine was uitgevonden. Op deze machine komen we later terug.

Met de opkomst van meervoudige expansie nam het maximaal op te wekken vermogen per machine snel toe. Eenheden van 1500 tot 2500 pk waren in de jaren na 1895 niet echt bijzonder meer, ook niet voor de grotere Nederlandse machinebouwers als Backer & Rueb/machinefabriek Breda, Stork, Werkspoor/Jaffa, en dergelijke. Hoe snel deze ontwikkeling gegaan was wordt duidelijk wanneer je kijkt naar het eerste orderboekje van Stork (1869-73). Daarin is regelmatig sprake van — voor fabrieksaandrijving — locomobielen van 3, 4 en zelfs 6 pk. Stationaire machines van meer dan 100 pk zijn uitzonderlijk.

De nieuwe grote machines stelden hoge eisen aan het technisch kunnen van zowel produktiemensen als ontwerpers. De moeilijke gietstukken van steeds toenemende afmetingen; de meest samengestelde grote smeedstukken; de hogere geëiste nauwkeurigheid en bewerkingskwaliteit; de nieuwe, sterkere, lastiger te bewerken materialen: het waren allemaal uitdagingen voor de producenten en hun arbeiders. Ook in deze periode vierden innovatie en high-tech hoogtij . . . alleen heetten ze toen anders. Ontwerpers begonnen steeds meer de beschikking te krijgen over geavanceerde technieken en ontwerp-hulpmiddelen; over gegevens uit materiaalbeproeving en constructie-onderzoek; ze konden putten uit een steeds groeiend reservoir van know-how en ervaring. De stoom-machine-bouw was volwassen geworden.

De ideale stoomverdeling en wel of géén (automatische) expansie-instelling voor het verkrijgen van een toerental- (of vermogens-) regeling?

Het proces van volwassen-wording van de stoommachine-bouw kan heel treffend worden geïllustreerd aan de hand van voorbeelden uit de evolutie van de stoomverdeling. Dit is het gebied waarop vrijwel iedere constructeur wel z'n stokpaardje had. Ook bekende Nederlandse ingenieurs hebben hun partijtje meegeblazen — toch is hun rol eigenlijk nergens gedocumenteerd.

De meeste latere patenten die betrekking hebben op stoommachines handelen over stoomverdeling en machine-regeling, dat wil zeggen, over stoomschuiven, -kleppen, -kranen en hun aansturing; en over regulateurs. Dit zijn dan ook leuke onderwerpen — maar voor de persoon die niet in "al die technische details" geïnteresseerd is vrij taai — de verbeteringen waren soms zo marginaal; de argumentatie is vaak zo samengesteld.

Laten we ons — in dit kader — niet teveel verdiepen in de pro's en contra's van die tientallen uitvoeringen. Laat ons wel memoreren welke uitgangspunten in dit specialisme van belang waren.

Aannemend dat een stoommachine altijd met expansie werd uitgevoerd, is een belangrijke vraag hoe de machine op belastingswisselingen wordt ingesteld. We zagen dat probleem al eerder. Drie mogelijkheden waren beschikbaar:

- niets doen
- met de hand de vullingsgraad opnieuw instellen
- met een reguleur de vullingsgraad automatisch aanpassen.

In het eerste geval wijzigt zich het toerental van de machine zodanig dat het surplus vermogen volledig wordt omgezet in de bij hogere snelheid horende extra wrijving. Het was niet onmogelijk dat de machine "op hol sloeg" en uit elkaar vloog — daarom was de aanwezigheid van een machinist die in zo'n geval bijtijds de hoofdstoomafsluiter (gedeeltelijk) sloot onvermijdelijk. Voor kleine machientjes was deze aanpak niet onmogelijk (ze waren in ieder geval zo goedkoop als maar kon, omdat ze eenvoudig waren). Voor grotere machines was het risico niet acceptabel.

In het tweede geval was de machinist al evenzeer nodig. Het voordeel schuilt hier in de economie. De aanpassingen in de constructie waren niet zo moeilijk, dus vrij goedkoop — bovendien zijn dit éénmalige kosten. Het energieverlies dat op-

trad bij het smoren van de stoom in de hoofdafsluiter, zoals boven omschreven, kon nu worden voorkomen door de vullingsgraad aan te passen. En besparing op stoomverbruik verlaagt de terugkerende kosten. Deze opzet werd gekozen voor machines waar grote belastingswisselingen niet snel achter elkaar voorkwamen. Stoompompen voor gemalen (waar zuinigheid uiterst belangrijk was — denk aan de meestal afgelegen ligging) vormen een goed voorbeeld voor deze categorie. In het derde geval waren de extra investeringen in de machine het hoogst en de besparingen op variabele kosten het grootst. Zulke machines vond je daar waar regelmatig grote belastingsvariaties voorkwamen: dus (ook) in fabrieken.

Het belangrijkste uitgangspunt bij de stoomverdeling is efficiënt gebruik van (expanderende) stoom. Het meest eenvoudige verdeelorgaan, de schuif, is (natuurlijk) ook het oudste. Al omstreeks 1800 werd de grondvorm gepatenteerd die gedurende de hele 19e eeuw gebruikt zou worden. Er kleefden nogal wat nadelen aan:

- kleine vullingsgraden waren niet te realiseren in verband met de te hoge eind-compressie die daaraan onverbrekkelijk verbonden was
- vooral bij hoge (verse) stoomdruk veel wrijving en kans op vreten op de spiegel
- een relatief groot afkoelend wandoppervlak voor gegeven poort-oppervlakte
- een vrij grote dode ruimte.

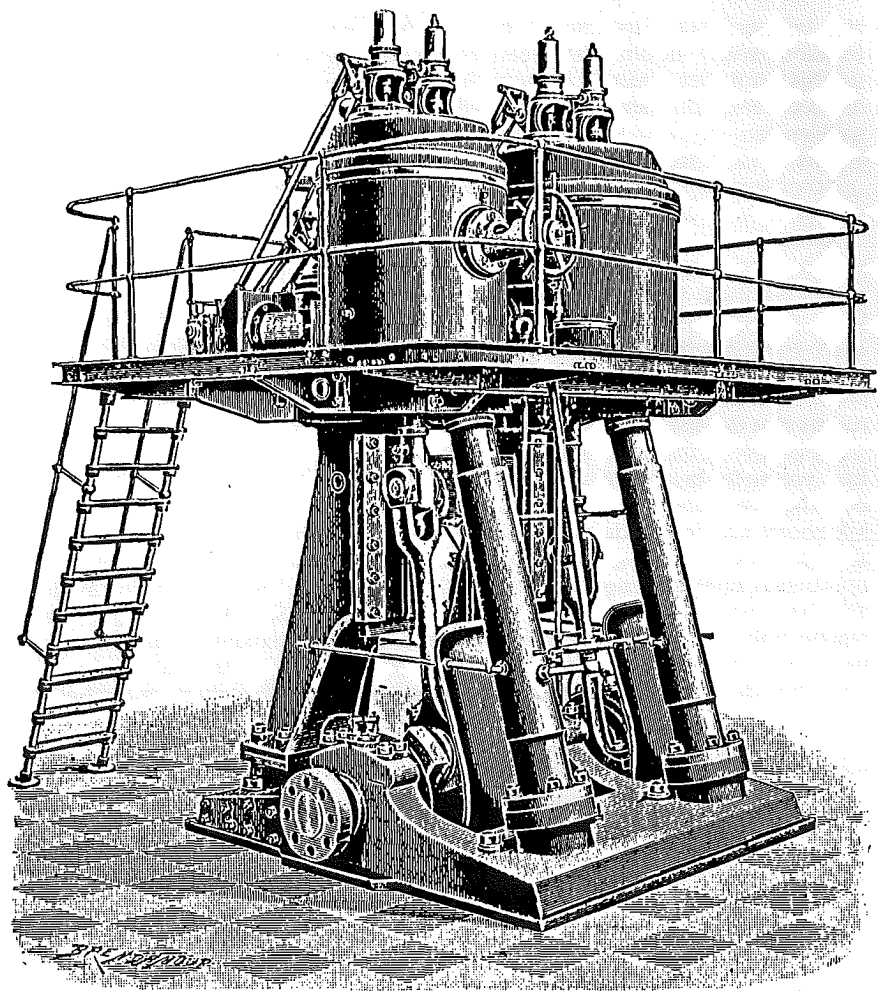
Deze nadelen konden slechts gedeeltelijk worden gecompenseerd. Zo werden, zoals al eerder werd geschetst, (gedeeltelijk) "gebalanceerde" schuiven ontwikkeld. Vooral zuigerschuiven (door hun geometrie automatisch perfect gebalanceerd) brachten een verbetering — maar ja, deze hadden een nog grotere dode ruimte dan de vlakke schuif...

Een volgende belangrijk punt in de keuze van de optimale constructie is het benodigd vermogen voor het aansturen van de verdeelorganen. Dit speelt natuurlijk vooral een rol bij de automatische "load-matching" van een volledige expansie-regeling door de reguleur. Immers, de reguleur moet het stuur-vermogen op kunnen brengen, zonder dat instabiliteit optreedt. Het is overigens aardig te zien hoe snel de in deze periode (omstreeks 1910) tot ontwikkeling komende regeltechniek dergelijke problemen oppakte. De eerste expansie-regelaars vroegen teveel van de reguleur, en leidden niet tot bruikbaar automatisch ingrijpen (men liet de machinist daarom de expansie naar wens instellen), maar het probleem bleek vrij eenvoudig op te lossen door slimme schuif-constructies.

Een ander criterium was de snelheid waarmee de stoom-poorten werden geopend en (vooral) gesloten. Dit probleem vroeg met toenemend toerental steeds meer aandacht. Het bleek heel wat lastiger op te lossen. Men moest geheel nieuwe wegen inslaan en ging over op kranen en kleppen. Deze hadden relatief kleine te versnellen massa's, zodat ze snel konden reageren. Een zeer belangrijk bijkomend voordeel — vooral voor machines met meervoudige expansie — was dat in- en uitlaat nu gescheiden konden worden uitgevoerd. Dit maakte het afstemmen van de verschillende cilinders op elkaar een stuk makkelijker.

Opvallend is dat in Nederland (net als in het noord-oostelijk deel van Europa) vooral werd gekozen voor veersluitende kleppen, met een uitklinkmechanisme op de inlaat. In zuidwestelijk Europa, en de meeste Engels-talige landen kozen de constructeurs vaker voor (roterende) kranen. Dit hangt misschien samen met het

feit dat het eerste type in aanleg werd ontwikkeld door ingenieurs van het Zwitserse Sulzer; en het tweede door de Amerikaan Corliss. Maar, eerlijk gezegd, er vonden zoveel (detail-) verbeteringen plaats, op zoveel verschillende plaatsen, dat het niet mogelijk is om de ontwikkeling zo sterk te schematiseren. Uiteindelijk waren de verschillen tussen deze twee hoofdtypen niet zo dramatisch groot. Elk had z'n voorstanders — die bestookten elkaar en de kopers met massa's resultaten van vergelijkende (vooral zuinigheids-) onderzoeken . . . en elk van de twee systemen bleek "het beste" te zijn.



Een (omgekeerd) verticale compoundmachine, met de cilinders in lijn, omstreeks 1885. Gebouwd door Gebr. Sulzer, Winterthur, Zwitserland.

Voor zeer snelle stoommachines is de traagheid van veersluitende uitklinkende kleppen nog te groot. Men had ondertussen de doorlaat van de klep flink kunnen vergroten door de klep twee- of zelfs viervoudig openend te maken. Uiteraard maakte dat de constructie wel aanmerkelijk gecompliceerder. Natuurlijk gold: hoe groter de doorlaat, hoe zwaarder de kleppen en hoe vervelender het effect van de massatraagheid. De kern van het probleem was dat de beschikbare tijd voor de klepbeweging ontoereikend was voor een vrije beweging. Je kunt de sluitbeweging natuurlijk ad absurdum versnellen door steeds zwaardere veren te kiezen, maar de klep stoot dan zo hard op z'n zitting dat de levensduur te sterk achteruit loopt — vooral toen men ook nog eens overging op oververhitte stoom, met z'n hogere temperatuur. Roterende kranen hebben dat nadeel niet. Ze zijn immers krachtgesloten. Helaas hebben ze ándere problemen: een relatief grote dode ruimte en, vooral, een groot afkoelend oppervlak.

In grote machines die werkelijk snel moeten zijn (stel, bij meer dan 600 pk, toerentallen van meer dan 250 tot 300 omwentelingen per minuut) werden daarom contour-gestuurde kleppen toegepast. Dit systeem werd omstreeks 1906 geïntroduceerd, na eerdere experimenten met schommelarm-mechanismen (waarin met een afrollende beweging werd gewerkt). De positieve aansturing maakt het mogelijk een harmonische versnelling én vertraging, zowel bij het openen als bij het sluiten van de klep, te genereren. Er is dan geen sprake van hameren op de klepzitting. Ook geeft het (relatief) geleidelijke openen van de klep een betere mogelijkheid om de druk eronder en erboven snel in evenwicht te laten komen.

Een jaar of tien later werd er veel energie gestoken in het ontwikkelen van olie-hydraulische kleppen, een onderwerp waar ook Stork veel werk aan heeft besteed — met (voor zover ik kan nagaan) matig succes. Ook in dit geval is er sprake van een positieve sturing van de klep.

Economische impulsen bij de perfectionering van de stoommachine

Zoals al eerder werd gememoreerd heeft de ingenieur bij het ontwerpen van stoommachines (en andere machines) niet alleen te streven naar maximalisering en perfectionering. De tweede partij, degene die de uiteindelijke aankoop van een machine moet financieren, heeft een niet onaanzienlijke invloed op de bepaling van wat een geslaagde constructie is.

Het meest voor de hand liggende criterium dat daarbij werd gehanteerd is het (specifiek) stoomverbruik, in kg stoom per pk-uur. Daarnaast spelen natuurlijk de investering c.q. afschrijving en de onderhouds-, bedienings- en andere variabele kosten een bijzonder belangrijke rol.

Welke constructie leidt tot het laagst mogelijke (specifieke) stoomverbruik?

Laten we vooropstellen dat zuinigheid in stoomverbruik maar één helft van optimaal krachtopwekken vormt. De ketelinstallatie toch is minstens zo belangrijk. Het is treffend dat voor veel ondernemers de machine het visitekaartje van het bedrijf vormde, en er uitgebreid werd gestudeerd op rendementsverbetering; terwijl de ketelinstallatie als een ondergeschoven kindje werd beschouwd. Al even treffend is het verschil in niveau tussen machinist en ketelhuisbaas of stoker. In het kader van deze samenvatting wil ik niet ingaan op het ketelhuis en de ketelinstallatie: dat is een (fascinerend) onderwerp op zichzelf.

Overwegingen van stoom-zuinigheid zijn alleen van belang bij grote machine-installaties. Kleine stoommachines hebben zonder meer al een laag mechanisch en thermisch rendement — of ze zouden in aanschaf veel te duur zijn. Voor een grote installatie is de meerprijs voor perfectionering (in termen van stoomverbruik) relatief klein.

De overgang op meervoudige expansie was een belangrijke stap in het verlagen van het (specifiek) stoomverbruik. De volgende resultaten van bepalingen aan werkelijk in fabrieken opgestelde machines tonen dit aan:

Proeven met door Sulzer gebouwde machines, 1872-91

Periode	Type machine	Specifiek stoom- verbruik (in kg/ipk-uur)	Stoom- druk (in bar)
1872-78	Eén-cilinder, condenserend	8,6	5,0-6,7
1882-91	Twee-cilinder compound, condenserend	6,5	6,0-7,5
1888-89	Drie-cilinder triple-expansie, condenserend	5,5	7,5-11

Let ook op de verschuiving in de periode; en op de stijging in de (verse) stoomdruk.

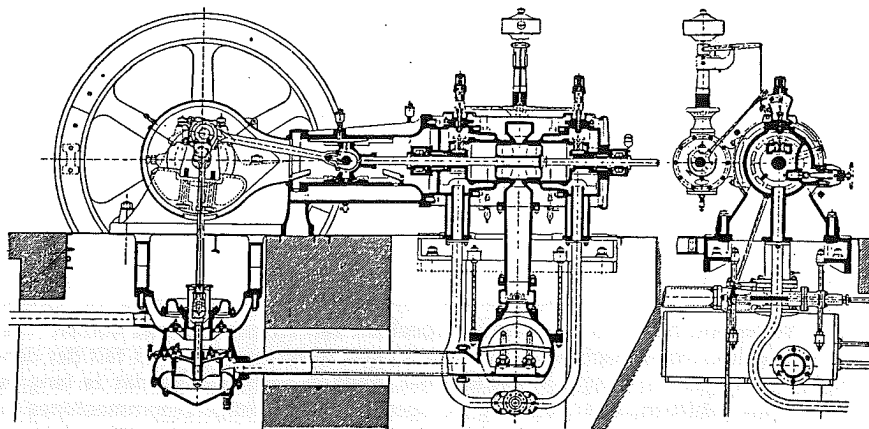
In de jaren rond 1900 richtten ingenieurs hun aandacht op het gebruik van oververhitte stoom. In eerste instantie was de gedachte dat vooral leidingverliezen door condensatie konden worden teruggebracht. De stoom zou dan op hogere druk en temperatuur in de machine belanden, waardoor het te leveren vermogen toenam.

Maar natuurlijk konden condensatieverliezen in de machine zelf ook worden teruggebracht. In de praktijk bleken er echter veel problemen te ontstaan. Natte stoom heeft in de machine een zekere "smerende" werking — droge (oververhitte) stoom zeker niet, en dat leidde tot slijtage-problemen in de stoomverdelingsorganen en de stopbussen. Dergelijke problemen bleken wel oplosbaar en de Duitser Schmidt introduceerde verschillende goed bruikbare constructies.

Helaas, het nadeel dat voor de ondernemer aan het gebruik van oververhitte stoom kleefde — de benodigde extra investering in het ketelhuis — bleek minder oplosbaar. Immers, de installatie moest worden voorzien van een oververhitter. Deze kon natuurlijk worden verhit met de afgewerkte rookgassen van de ketels — maar als het bedrijf al over ketels beschikte, dan moest men vaak ertoe overgaan, apart gestookte oververhitters op te stellen, zodat extra brandstof werd gebruikt.

Al met al kan worden gesteld dat oververhitte stoom pas een grote vlucht nam in installaties voor centrales, en in fabrieken geen rol van groot belang heeft gespeeld.

Omstreeks 1910 kwam Stumpf in Duitsland met een tamelijk revolutionaire ontwikkeling, die ook in Nederland grote gevolgen had voor de bouw van stoommachines. Hij slaagde erin, de zogenaamde "gelijkstroom" stoommachine te ontwerpen. Dergelijke machines waren al in de jaren 1820 en, opnieuw, in de jaren 1880 uitgeprobeerd, maar nooit had men de aanzienlijke technische problemen bevredigend op kunnen lossen. Dit lukte Stumpf wel en zijn machines werden binnen een jaar na het patent in vrijwel heel Europa in licentie gebouwd, ook in Engeland en Amerika, bastions van de Corliss-machines met roterende kranen.



Doorsneden van een gelijkstroommachine, omstreeks 1918. Ontwerp van Machinefabriek Jaffa, Utrecht, Nederland.

Het grootste voordeel van de gelijkstroommachine is de besparing op het stoomverbruik bij relatief lage belastingen. De volgende tabellen (opgesteld door een Amerikaanse fabrikant van gelijkstroommachines), voor stoommachines van ongeveer 200 pk, werkend met verzadigde stoom van 10 bar, tonen dat aan:

Niet-condenserende machines:

Machinetype	Specifiek stoomverbruik (in kg/ipk-uur)			
	Belasting 25%	Belasting 50%	Belasting 75%	Belasting 100%
Eén-cilinder met schuif	15	12	11,8	12
Kruis-compound met roterende kranen	13,4	9,9	9,2	9,1
Gelijkstroom	9,6	9,0	8,9	9,1

Condenserende machines:

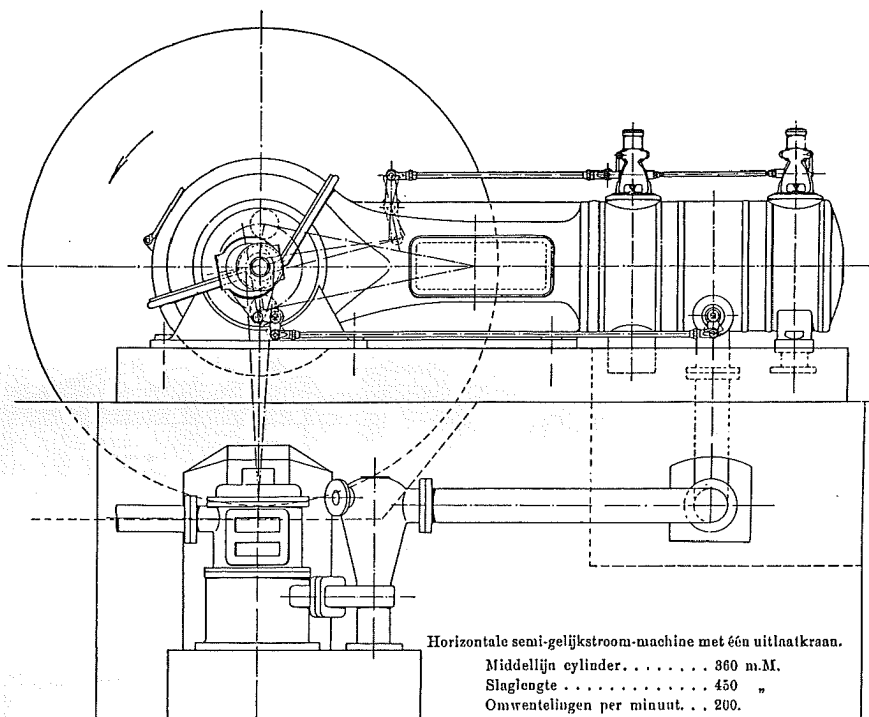
Machinetype	Specifiek stoomverbruik (in kg/ipk-uur)			
	Belasting 25%	Belasting 50%	Belasting 75%	Belasting 100%
Eén-cilinder met schuif	12,1	10,3	9,8	10,3
Kruis-compound met roterende kranen	8,5	7,1	6,7	6,7
Gelijkstroom	6,8	6,4	6,3	6,6

Vergelijking met de voorgaande tabel van Sulzer machines toont, dat triple-expansie machines nog wat lager uitkwamen in stoomverbruik (en onze Amerikaanse fabrikant heeft deze dan ook niet in de vergelijking betrokken) maar deze waren véél gecompliceerder dan gelijkstroommachines en dus duurder. Uiteindelijk waren de uurkosten van de gelijkstroommachine het laagst.

Nederlandse machinebouwers als Stork, Jaffa/Louis Smulders en Nering-Bögel voegden de gelijkstroommachine al snel aan hun leveringsprogramma toe. Onder de in Nederland bewaard gebleven voorbeelden van stoommachines komen relatief veel gelijkstroommachines voor. Dat is deels te verklaren uit het feit dat dergelijke machines vrij jong zijn — maar het duidt er toch wel op, dat ze lang in bedrijf zijn gebleven, ook nadat — in algemene zin — zuigerstoommachines in fabrieken als krachtbron achterhaald bleken te zijn. Maar ze waren dan ook erg efficiënt.

Als studie-object voor een technicus is een gelijkstroommachine iets om zich de vingers bij af te likken. Het is eigenlijk niet verwonderlijk dat het zo lang duurde eer de technische problemen van dit ontwerp waren opgelost. Ze waren aanzienlijk. De zuiger, die in dit type machine gelijk dient om de stoomuitlaat te regelen (daartoe is in het midden van de cilinder een ring uitlaatpoorten aangebracht) is erg lang (ongeveer 90% van de slaglengte) en dus zwaar. Dit geeft grote massakrachten, want de gelijkstroommachine was geconcipeerd als een echte sneller. Dat moest ook wel, wilde hij de vergelijking met de toen al vrijwel "uit"-ontwikkelde triple-expansie machines kunnen doorstaan. De cilinder is óók veel langer dan bij een conventionele machine (netto 190% van de slaglengte, met inbegrip van de cilinderkoppen wel 300% van de slaglengte) en de uitzetting ervan dus veel groter. En — de essentie van het gelijkstroomprincipe — de inlaat vindt afwisselend aan de twee cilinderkoppen plaats, terwijl de uitlaat altijd in het midden van de cilinder gebeurt. Dát levert natuurlijk de grote besparing op de condensatie-verliezen, waardoor de machine zo zuinig omspringt met zijn stoom. Maar het resulteert ook in het technische probleem, de cilinder onder werkomstandigheden netjes cilindrisch te houden — door de grotere uitzetting aan de (hetere) einden zou immers lekkage langs de zuiger gaan optreden. Men kotteerde daarom de cilinder (in koude toestand) tonvormig uit.

Lang niet elke constructeur was ervan overtuigd dat de Stumpf gelijkstroom-machine een perfecte oplossing vormde. De grote Nederlandse ingenieur Brouwer bij voorbeeld, heeft veel energie gestoken in het ontwerpen (en invoeren) van de zogenaamde "kortgebouwde" gelijkstroommachine. In deze constructie werd het fundamentele principe (uitlaat in het midden; inlaat aan de einden van de cilinder) gehandhaafd, maar werd de zuiger niet meer gebruikt voor het regelen van de uitlaat. Onder de ring van uitlaatpoorten bouwde Brouwer een roterende kraan. De zuiger kon dan de normale lengte hebben, de cilinder ook. Het extra verlies door condensatie aan de wanden van de uitlaatkraan moest voor lief worden genomen: de besparing op begin-condensatie bij de stoominlaat door de altijd hete cilinderkoppen was belangrijker. En natuurlijk waren de technische problemen beter beheersbaar, en de machine (dus) goedkoper. In de jaren 1910 en 1925 werden zo tal van uitvoeringen van kortgebouwde gelijkstroommachines opgezet.



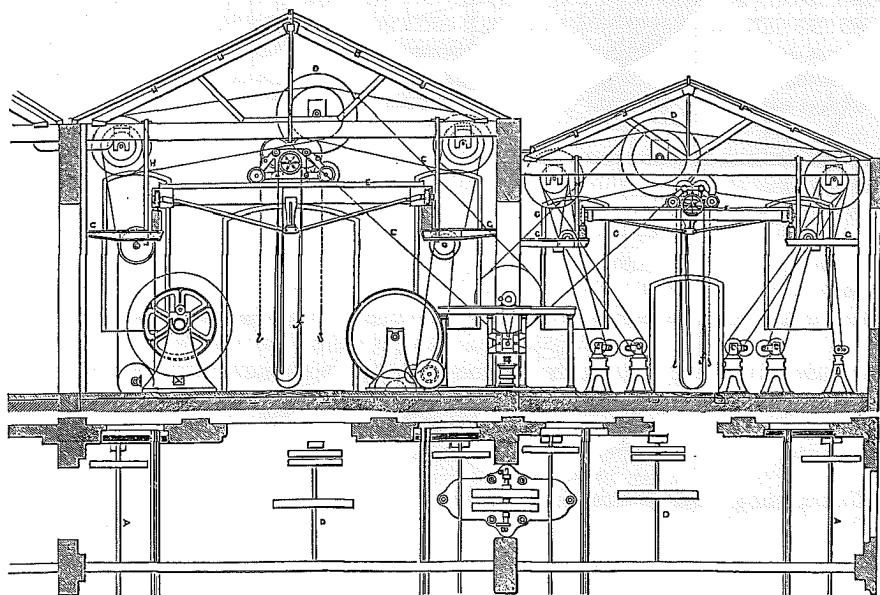
*Zijaanzicht van een kortgebouwde gelijkstroommachine, omstreeks 1923.
Ontwerp ir. Brouwer.*

In de praktijk schijnen ze toch niet erg aangeslagen te zijn — misschien kwam de ontwikkeling te laat, en besloten steeds meer ondernemers om liever te investeren in elektrische aandrijving van hun fabriek — met ingekochte, in centrales opgewekte energie.

Het einde van een era

Stoommachineinstallaties (met inbegrip van de ketels) hebben een laag overall rendement, ze springen (thermodynamisch gezien) niet efficiënt met de gebruikte brandstof om. Technische verbeteringen hadden weliswaar geleid tot uitstekende mechanische rendementen, maar het was niet mogelijk om de technologie fundamenteel te verbeteren. Daartoe moest immers het kringloop-proces van de stoom op een veel hogere temperatuur beginnen dan in stoommachines verantwoord en/of mogelijk was. Dit was geen nieuws voor de 19e eeuwse ingenieur: Carnot publiceerde al in 1824 zijn beschouwingen over warmtemachines. Niet dat de – praktisch ingestelde – constructeurs in die tijd zijn theorie lazen of begrepen.

Daarnaast was er een tweede nadeel aan het gebruik van stoommachineinstallaties verbonden. De noodzaak een ketel aan te schaffen, zelfs indien maar zeer kleine vermogens nodig waren, leidde tot relatief hoge prijzen voor kleine vermogens. Natuurlijk waren locomobielen voor zulke situaties beter geschikt; en omdat ze in serie, universeel, gemaakt konden worden waren ze niet eens erg duur. Maar met de opkomst van (stads-) gasmotoren en verbrandingsmotoren begon het kleinbedrijf de stoommachine snel te verlaten. Deze trend werd verder versterkt toen elektromotoren en centraal opgewekte elektriciteit algemeen beschikbaar kwamen.



Doorsneden van een typische fabriek van omstreeks 1870, met tal van drijfassen, riemoverbrengingen en, dwars daardoorheen, voorzieningen voor het intern transport.

In de grote fabrieken was het opwekken van de drijfkracht in sterke mate gecentraliseerd. Zoals al is gezegd, kleine stoommachines zijn niet efficiënt. Hoe groter de machine, hoe zuiniger. Om de centraal opgewekte energie te distribueren over het fabrieksgebouw maakte men oorspronkelijk gebruik van een drijf-as-systeem. Dit draaide de hele dag door — al was er maar één produktiemachine in gebruik. En de energieverliezen in zo'n drijf-as-systeem, met z'n tientallen (glij-) lagers en z'n vele leren riemen of katoenen snaren waren aanzienlijk. Toen het mogelijk werd om te beschikken over kleinere elektromotoren werd dan ook in vele bedrijven besloten om het drijf-as-systeem te vervangen door elektrische distributie. In de periode 1920 tot 1930 werden zo in veel machinekamers generatoren geïnstalleerd en aangedreven door de eigen stoommachine. Maar ook hier speelde de schaalvergroting met zijn verhoging van het thermisch rendement mee. Elektriciteit opwekken in grote centrales, met oververhitte stoom en stoomturbines, bleek voordeliger, en geleidelijk ging men in de fabrieken ertoe over elektriciteit in te kopen.

En zo kwam het dat in de jaren 1950 het merendeel der stoommachines uit onze fabrieken was verdwenen. In zeer bepaalde, zeker niet representatieve gevallen echter werden toen zelfs nog wel nieuwe machines gekocht. Feitelijk werden deze dan gebruikt als grote reduceer-apparaten, om de ketelstoom zover te reduceren in druk dat ze gebruikt konden worden in de bestaande, vaak nog niet afgeschreven procesmachines — een toepassing die immers altijd al had bestaan. Dat de stoommachine dan ook nog energie leverde (men liet hem een generator aandrijven) was eigenlijk mooi meegenomen.

Alex den Ouden studeerde werktuigbouwkunde en natuurkunde aan de HTS te Rotterdam en de TU te Eindhoven. Zijn belangstelling voor de geschiedenis van de techniek en de industriële archeologie omvat in het bijzonder de studie van oorspronkelijke technische bronnen en bewaard gebleven relikten, documentatie en veldwerk. In 1980 besloot hij zich full-time aan dit werk te wijden. Hij vestigde zich als free-lance adviseur en is veel bij (museum-)projecten betrokken.

TTC BERICHTEN

OPENING TENTOONSTELLING "RUIM TE ZIEN"

Op 27 mei j.l. werd onder grote belangstelling de tentoonstelling "RUIM TE ZIEN" officieel geopend door de heer H. Wigbold, hoofd van de Dienst In- en Externe Communicatie (DIEC) van de TU Delft.



De heer H. Wigbold verricht de openingshandeling van de tentoonstelling "Ruim te Zien".

De tentoonstelling is door het TTC zelf vervaardigd in samenwerking met de heer J. van Dijk uit Den Haag. Bij de opening gaf mevrouw prof.dr. G.J.F. Smets van de Faculteit van het Industrieel Ontwerpen van de TU Delft een inleiding over stereoscopie, die hierna volledig zal worden afgedrukt.

De heer Dieter Lorentz, medewerker van het Duitse onderzoeksinstituut DFVLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt) en auteur van het boek "Anaglyfen" hield een korte toespraak waarbij hij inging op het tot stand komen van de tentoonstelling "Das Stereobild in Wissenschaft und Technik", die in 1985 door DFVLR werd gemaakt. Dit leidde tot de samenstelling van een catalogus van de tentoongestelde stereo-opnamen.

In Nederland ging het net andersom. Aramith Uitgevers in Amsterdam liet het boek van Lorenz in de vertaling van Jan van Dijk verschijnen. Dit heeft geleid tot de huidige tentoonstelling, waarvan het "Kaiserpanorama" van DFVLR deel uitmaakt. Ook noemde hij de uitnemende wijze, waarop de Nederlandse uitgave, vooral door toedoen van de heer Van Dijk, werd verzorgd. Het correct drukken van anaglyfen is nu eenmaal geen eenvoudige zaak.

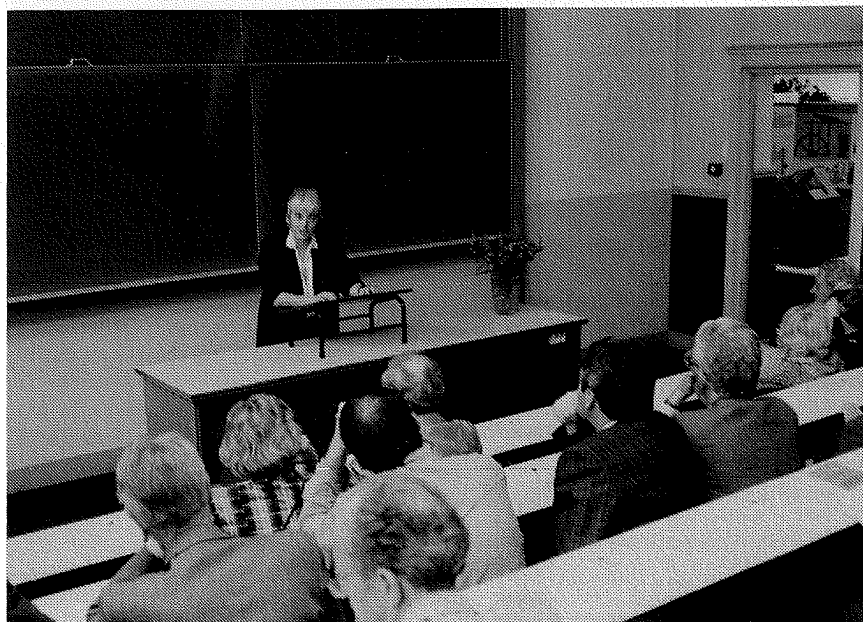
Tot slot bedankte de heer Lorenz de betrokkenen voor de goede samenwerking bij het tot stand komen van de Nederlandse uitgave van zijn boek, waarna hij het eerste exemplaar hiervan overhandigde aan de heer Wigbold (red.).

INLEIDING BIJ DE OPENING VAN DE TENTOONSTELLING "RUIM TE ZIEN"

door mevrouw prof.dr. G.J.F. Smets

Geachte toehoorders,

De meeste belangrijke ideeën in wetenschap en techniek zijn in wezen eenvoudig en kunnen meestal in een taal worden uitgedrukt, die voor iedereen begrijpbaar is. Toch dreigen velen, door de bomen van wetenschap en techniek, het bos van de werkingsprincipes, die tot nuttige toepassingen kunnen leiden, uit het oog te verliezen. Zo ook bij het ruimte zien. Daarom alleen al is deze educatieve tentoonstelling nuttig. Zij maakt duidelijk hoe en met welke methoden en technieken we een ruimtelijke indruk kunnen uitlokken op basis van twee-dimensionale afbeeldingen. Zij maakt een stukje technische wetenschap wat toegankelijker met behulp van verschillende opstellingen die zelf uitgetoet kunnen worden én met een groot aantal illustraties uit kunst en wetenschappen.



Mevrouw prof. dr. G.J.F. Smets geeft haar inleiding bij de tentoonstelling "Ruim te Zien".

Maar er is meer. Deze tentoonstelling is ook interessant omdat zij aanknoopt bij onderzoek, dat hier aan de TU Delft wordt verricht. Ik zou dit willen toelichten aan de hand van lopende onderzoeksprojecten. Ik zal daarbij geenszins volledig zijn – en daarom zal ik ook geen namen van individuele onderzoekers vermelden. Ik zou ongetwijfeld mensen vergeten. Eerst zal ik onderzoeken vermelden die direct met het onderwerp van deze tentoonstelling te maken hebben. Daarna zal ik aanduiden op welke drie categorieën van theorieën en werkingsprincipes die (toepassingsgerichte) onderzoeken gebaseerd zijn. Daarmee zijn we dan terug bij deze tentoonstelling, want die werkingsprincipes worden hier geïllustreerd.

De bomen: toepassingsonderzoek aan de TU Delft

Denk u eens in. Wat is het probleem van het ruimte zien? Ruw geschetst wordt het meestal als volgt geformuleerd. De fysische wereld rondom ons heeft drie dimensies. Ons netvlies heeft er maar twee. De drie-dimensionale wereld vormt een vlakke afbeelding op ons netvlies. En toch zien we in drie dimensies. Hoe kan dat? Hoe kun je op basis van vlakke projecties op het netvlies tot een drie-dimensionale waarneming komen? Als we dat h^oe kunnen achterhalen wordt een hele reeks toepassingen mogelijk, want dan kan dat werkingsprincipe toegepast worden op andere vlakke presentaties, bij voorbeeld op beeldschermen. Misschien vindt ik dan een weg om die beeldscherm-informatie, die ofwel gewoon wordt opgenomen ofwel met de computer gegenereerd, ruimtelijk te kunnen zien, zo goed dat ik op basis ervan nauwkeurige afstandsschattingen kan maken. Ik geef een paar voorbeelden.

Je zou een elektronenmicroscop kunnen maken waarmee microscopische structuren direct ruimtelijk inzichtelijk zijn. Een drie-dimensionaal microscopisch beeld in plaats van een twee-dimensionaal. Daar zoekt men naar bij de Faculteit der Metaalkunde.

Je zou ook drie-dimensionale foto's kunnen maken van gevels, of van archeologische opgravingen. Dat gebeurt bij de Faculteit der Bouwkunde.

Je zou een goede drie-dimensionale indruk kunnen krijgen van landschappen en drie-dimensionale kaarten kunnen maken – zelfs van landschappen onder water. Dat gebeurt bij de Faculteit der Geodesie. Bij voorbeeld bij boringen kan dat belangrijk zijn.

Als je beeldscherm-informatie drie-dimensionaal kunt zien kun je op grote afstand makkelijk stuurtaken verrichten, zij het onder water, in de ruimte of in gevaarlijke ruimten. Daar is men mee bezig bij Meet- en Regeltechniek.

Je zou een reeks dwarsdoorsneden van het menselijk lichaam – bij voorbeeld verkregen door C.T.-scans – kunnen samenvatten in één drie-dimensionaal beeld van een lichaamsholte, een orgaan of een tumor. Dat is erg belangrijk. Stel dat een chirurg een hersentumor moet verwijderen. Dan moet hij onder meer weten waar hij precies tussen de bloedvaten langs moet. Hij heeft een drie-dimensionaal beeld nodig. Deze medische toepassingen worden in verschillende faculteiten

onderzocht. Waar allemaal kunt u vernemen bij het Centrum voor Medische Techniek.

Ik hoop dat met deze voorbeelden duidelijk is hoezeer we aan de TU Delft bezig zijn met het onderwerp van deze tentoonstelling. Dat komt omdat het praktisch relevant is én theoretisch interessant. Over dat laatste vertel ik nu iets meer.



In volle aandacht voor het paneel over toepassing van stereoscopie in de plastische chirurgie.

Het bos: werkingsprincipes

Hoe zien we diepte? Daarover zijn de meningen verdeeld. Ik zal ze u niet schetsen. Dan zou ik vervallen in het euvel dat ik u alleen maar bomen toon en geen bos. En dat kan hier niet het doel zijn. Ik beperk mij tot het schetsen van drie groepen van theorieën en – in dit geval – ook drie soorten werkingsprincipes.

1. De eerste groep zijn leertheorieën. We hebben geleerd een aantal diepte-aanwijzingen, zoals schaduwwerking, lichtval, perspectief . . . te interpreteren.

Een aantal toepassingen sluiten hierbij aan. Ik denk aan diverse CAD-systemen en aan het presenteren van medische beelden met behulp van schaduwwerking (shaded graphics). Hierover zult u in deze tentoonstelling niet veel vinden.

2. Naast al die aangeleerde diepte-aanwijzingen is er nog een heel belangrijk direct diepte-gegeven: het verschil tussen de afbeeldingen van dezelfde scene op de twee netvliezen. Dat verschil komt voort uit het feit dat onze ogen zowat 6 cm uit elkaar staan. Deze factor wordt erg belangrijk geacht. Als het diepte-zicht van kinderen, van piloten of van kapiteins wordt getest, gebeurt dat door na te gaan of zij diepte zien op basis van verschillen tussen hun twee netvlies-beelden. Daarover is het meeste onderzoeksmateriaal verzameld. En de meeste technologische toepassingen van het ruimtelijk waarnemen zijn erop gebaseerd. Ook in deze tentoonstelling vormt dit werkingsprincipe de hoofdmoot.

3. En toch is dit niet het hele verhaal over het diepte-zicht. Ook met één oog kun je diepte zien, zelfs zonder dat je dat moet leren. Dat betekent dat de waarnemer minder nodig heeft om diepte te kunnen zien dan in de meeste drie-dimensionale beeldsysteem zit ingebouwd. Dat betekent dat je een systeem kunt ontwerpen waarmee je diepte kunt zien op een vlak scherm, zonder allerlei brilletjes en met behulp van beelden die door één gewone camera zijn opgenomen. Ons onderzoek bij de Faculteit der Industrieel Ontwerpen gaat daarover. We hebben daarbij vooral twee toepassingsgebieden voor ogen gehad: medische beelden en moeilijke of gevaarlijke stuurtaken. Ook hiervan vindt u op de tentoonstelling een illustratie.

De meeste belangrijke ideeën in wetenschap en techniek zijn in wezen eenvoudig en zij kunnen meestal in een taal worden uitgedrukt die voor iedereen begrijpbaar is. Onderzoekers hebben de plicht om dat te doen. Het is een kwestie van beleefdheid naar de gemeenschap die hun onderzoek financiert om niet alléén in het Engels te publiceren en niet alleen in internationale wetenschappelijke tijdschriften maar ook in wat makkelijker toegankelijke Nederlandse tijdschriften. A fortiori is het goed dat de Universiteit als geheel een eigen TTC heeft, een centrum dat een breder publiek duidelijk maakt waar de Universiteit inhoudelijk zoal mee bezig is. Ik hoop dat het TTC en dan vooral de initiatiefnemers van tentoonstellingen zoals deze daar verder de ruimte voor krijgen — de ruimte om aan velen duidelijk te maken hoe boeiend het is dingen te mogen leren en onderzoeken.

AGENDA HISTECHNICA

- Donderdag 3 september 1987: Lezing door mevrouw prof. dr. G.J.F. Smets van de Faculteit van het Industrieel Ontwerpen van de TU Delft, met als onderwerp "Diepte op een vlak scherm".
Aanvang: 19.00 uur
Plaats: TTC, Kanaalweg 4, Delft.

TTC-TENTOONSTELLINGEN

- **Ruim te Zien**, tot en met 30 augustus 1987.
Een tentoonstelling over stereoscopie met een aantal demonstratie-opstellingen en vele voorbeelden van toepassingen in wetenschap, techniek en beeldende kunst.
- **Van Spierkracht naar Motormacht**, tot en met 16 november 1987.
Een expositie van het Nationaal Technisch Museum te Praag, die met behulp van veel modellen, prenten en tekeningen de ontwikkeling laat zien van machines en apparaten, die de energie van natuurlijke bronnen zoals wind, water en fossiele brandstoffen zo efficiënt mogelijk weten om te zetten in meer bruikbare en beheersbare vormen van energie.
- **Holografie**, permanent.
De tentoonstelling bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt aan de hand van tekeningen en modellen verklaard wat holografie is en hoe hologrammen worden gemaakt, welke soorten er zijn en hoe holografie wordt toegepast in wetenschap en techniek. Een aantal opstellingen kan door de bezoekers zelf worden bediend. Het tweede deel bestaat uit een verzameling van ca. 30 hologrammen, waaronder zeer unieke.
Regelmatig worden hologrammen toegevoegd.

Het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC, Kanaalweg 4, Delft, is dagelijks geopend van 10-17 uur en op zondag van 13-17 uur. De toegang is gratis. Bij groepsbezoek wordt verzocht vooraf contact op te nemen (tel. 015-783038). Op verzoek kunnen enige films worden getoond.

VERWANTE ORGANISATIES

Er bestaat wel eens wat verwarring over de verschillende verenigingen en organisaties die momenteel op technisch historisch gebied actief zijn. Deze zijn:

TECHNISCH TENTOONSTELLINGSCENTRUM (TTC)

Een dienst van de Technische Universiteit te Delft, die zich onder meer bezighoudt met het organiseren van educatieve tentoonstellingen om inzicht te geven in recente en historische technische ontwikkelingen en hun maatschappelijke gevolgen.

Adres expositiezaal: Kanaalweg 4, 2628 EB Delft

Adres kantoor: Rotterdamseweg 139a, 2628 AL Delft.

AFDELING VOOR DE GESCHIEDENIS DER TECHNIEK VAN HET KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS (KIVI)

Deze afdeling stelt zich ten doel de belangstelling voor de geschiedenis van de techniek te bevorderen door het organiseren van voordrachten, excursies en symposia.

Adres secretariaat: Ir. J. Deiman, p/a Universiteitsmuseum Utrecht, Postbus 13021, 3507 LA Utrecht.

STICHTING TECHNISCH-HISTORISCHE VERZAMELINGEN (STV)

Vereniging van organisaties (stichtingen, instituten, verenigingen, e.d.) en individuele personen die een technische verzameling hebben dan wel daar nauw bij zijn betrokken, met het doel tot gezamenlijke activiteiten (zoals b.v. exposities) te komen.

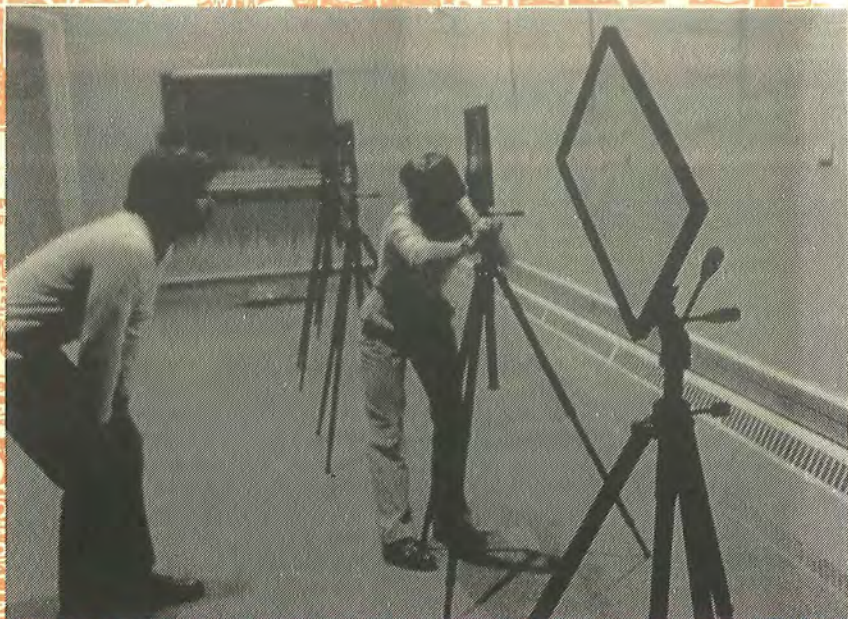
Adres secretariaat: Alphons Ariënstraat 15, 2037 VJ Haarlem.

SECTIE TECHNISCHE MUSEA VAN DE NEDERLANDSE MUSEUM-VERENIGING (STM)

Samenwerkingsverband van technische musea in het kader van de Nederlandse Museumvereniging.

Adres secretariaat: W.J. van Kuilenburg, p/a Het Nederlands Postmuseum, Zeestraat 82, 2518 AD Den Haag.

Het spreekt vanzelf dat "Histotechnica" naar een zo hecht mogelijke samenwerking met en tussen bovengenoemde verenigingen streeft.



HISTECHNICA NIEUWS

**JAARGANG 13
NUMMER 3
OKTOBER '87**

HISTECHNICA

Histechnica is een vereniging van vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC.

Deze vereniging, die in 1974 werd opgericht, stelt zich ten doel de belangstelling te bevorderen voor de ontwikkeling van de techniek in verleden, heden en toekomst en zijn maatschappelijke gevolgen.

De vereniging tracht dit doel in eerste instantie te verwezenlijken door het TTC zowel financieel als op alle mogelijke andere manieren te steunen bij haar activiteiten. Histechnica wil op deze wijze het TTC de mogelijkheid bieden uit te groeien tot een landelijk historisch en modern educatief centrum voor de techniek.

Het TTC organiseert tentoonstellingen op het gebied van de techniek voor een zo breed mogelijk publiek waarbij aan de hand van modellen en zelf te bedienen opstellingen inzicht wordt gegeven in de basisprincipes van historische en moderne technieken.

Een beter begrip van de technische ontwikkelingen in het verleden en heden zal een evenwichtige benadering van de huidige en toekomstige technische ontwikkelingen mogelijk maken.

Voorts verzamelt het TTC historische technische objecten en archivalia ten behoeve van tentoonstellingen en de studie van de geschiedenis van de techniek. Histechnica organiseert voor zijn leden regelmatig lezingen, excursies en andere evenementen.

De vereniging kent gewone leden en beschermende leden. De contributie voor een gewoon lid bedraagt tenminste f 25,- per jaar, voor een beschermend lid tenminste f 100,- per jaar.

Secretaris: Ir. J. van Elk
Populierendreef 16
3137 CW Vlaardingen
Tel. kantoor: 015-690174
Tel. huis: 010-4747173



Postgironummer: 3301027 ten name van:
Penningmeester Histechnica te Voorschoten.

Redactieadres: Fuutlaan 13, 2636 EM Schipluiden.

*Voorafgaand aan de Algemene Ledenvergadering op 28 maart 1987 zou de heer Bruno Ernst een lezing houden over holografie. Helaas werd de heer Ernst kort voor deze datum ziek. Gelukkig vond Histechnica de heer R.L. van Renesse bereid in te springen. Aan de hand van vele dia's gaf hij een heldere uiteenzetting van de ontwikkeling van de holografie en de toepassingen hiervan in wetenschap en techniek. Het hierna volgend artikel, dat eerder verscheen in Ziekenhuistech-
niek van maart 1987, geeft deze lezing inhoudelijk goed weer.*

HOLOGRAFIE

door R.L. van Renesse

Een inleiding op enkele principes en toepassingen

Holografie is een techniek om ruimtelijke beelden te scheppen. Voor de vervaardiging van een hologram is coherent licht noodzakelijk, dat wil zeggen licht afkomstig van een puntlichtbron met een nauwe spectraalband. In het algemeen gebruikt men lasers als puntlichtbron, daar deze een hoge coherentie paren aan een groot uitgangsvermogen. In een holografische inrichting wordt de fotografische plaat getroffen door twee bundels; één is direct afkomstig van de puntbron (de referentiebundel), de ander vindt zijn weg via de diffuse verstrooiing van het laserlicht door het te holografieren object (de objectbundel). De interferentie tussen de lichtgolven van deze beide bundels veroorzaakt een fijn interferentiepatroon, dat op de fotografische plaat wordt vastgelegd. Wanneer wij deze fotografische opname — het hologram — onder de juiste verlichting waarnemen, ontvouwt zich een ruimtelijk beeld van het oorspronkelijke object, de reconstructie. Een hologram is dus een fotografische opname van het interferentiepatroon van twee trillingsbronnen. De fotogevoelige plaat kan ten opzichte van deze beide bronnen slechts op drie principiële onderscheiden manieren worden geplaatst:

- (1) beide bronnen staan "in lijn" ten opzichte van de fotoplaat (Gabor 1948),
- (2) de fotoplaat ziet beide bronnen onder een hoek (Leith & Upatnieks 1964),
- (3) beide bronnen staan aan weerszijden van de fotoplaat (Denisyuk 1963).

Ieder van deze posities geeft aanleiding tot een holografische techniek met zijn eigen toepassingen.

Holografie volgens Gabor

In 1948 publiceerde de Engelse fysicus Dennis Gabor een nieuw fotografisch principe, waaraan hij de naam "holografie" gaf: holos = geheel, grafein = schrijven. Het doel van dit nieuwe principe was de constructie van een elektronenmicroscop zonder sferische aberratie. De elektronenlens zou moeten worden vervangen door een fotografisch tweestapsprocédé: de opname van een buigingsbeeld van het object — het hologram —, in een coherente elektronenbundel en de reconstructie van dat object in een coherente lichtbundel. De vergroting van de reconstructie is dan gelijk aan de golflengteverhouding van de beide bronnen: circa een factor 100.000. Technische problemen hebben de praktische toepassing van deze vinding echter tot op heden onmogelijk gemaakt. Het belang

van het principe is echter gelegen in de onvermoede licht-optische mogelijkheden. Zoals Gabor het zelf uitdrukt: "Waarschijnlijk is het interessantste aspect van de nieuwe methode, voor de toepassing in de lichtoptica, de mogelijkheid in één opname de informatie vast te leggen van driedimensionale objecten".

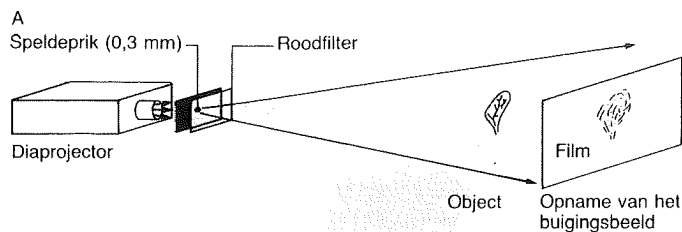


Fig. 1a Opname van een Gabor-hologram.

Figuur 1a toont hoe met behulp van een voldoende coherente bron van een object een buigings-interferentiebeeld wordt vastgelegd. Dit beeld, het hologram, ontstaat door interferentie van de door alle objectpunten verstrooide lichtgolven met het ongestoord doorvallend golfvront. Daar de wegverschillen tussen het verstrooide licht (de objectbundel) en het rechtdoorvallende licht (de referentiebundel) hier gering zijn, worden geen zeer hoge eisen aan de coherentie van de bron gesteld (Gabor gebruikte een kwiklamp met een kleurfilter).

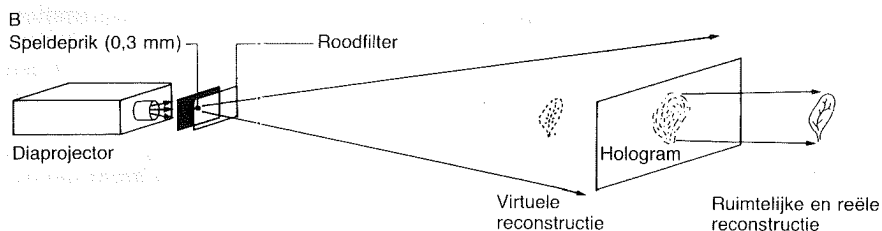


Fig. 1b Reconstructie van een Gabor-hologram.

Door verlichting van dit buigingsinterferentiepatroon met de oorspronkelijke lichtbundel ontstaan nu zowel een reële, als een virtuele ruimtelijke reconstructie van het oorspronkelijke object (figuur 1b). De verschillende stappen van het proces worden in figuur 2 gedemonstreerd. De techniek is uiterst eenvoudig, maar heeft het nadeel dat beide reconstructies op de optische as liggen en dus optisch niet te scheiden zijn. Gabor's techniek wordt hierom ook wel "in-line" genoemd; men zou ook van "schaduwholografie" kunnen spreken. De kwaliteit van de reconstructie lijdt altijd enigermate door de aanwezigheid van het onscherpe "tweelingbeeld" op de achtergrond.

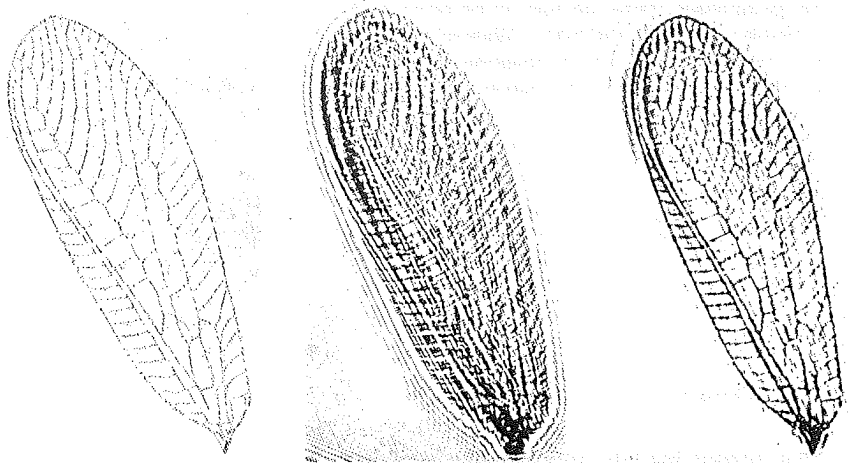


Fig. 2 Links het vleugeltje van een gaasvliegje als object; in het midden het buigingsbeeld als hologram; rechts de reconstructie van het vleugeltje.

Desondanks vormt de techniek een bijzonder waardevol hulpmiddel in de studie van aerosolen, sprays en andere ruimtelijke verdelingen van kleine deeltjes, daar deze volledig in hun ruimtelijke verhoudingen worden gereconstrueerd. Zo is ook holografische micrografie mogelijk. De reële reconstructie kan bij voorbeeld met behulp van een microscoop worden geanalyseerd. De scherptediepte is enorm. "Het is", zoals Gabor zegt, "een verrassende eigenschap van deze diagrammen, dat zij een registratie vormen van zowel driedimensionale als vlakke objecten. Het ene vlak na het andere van ruimtelijk uitgebreide objecten kan met een loupe worden waargenomen, juist alsof het oorspronkelijke object werkelijk daar is".

Het wonderlijke van Gabor's uitvinding is blijkbaar, dat de buiging van het licht aan een buigingspatroon van een object wederom resulteert in een beeld van het oorspronkelijke object.

Holografie volgens Leith en Upatnieks

Na de uitvinding van de laser (1960), een lichtbron met een buitengewoon hoge coherentiegraad, is in 1964 door de Amerikaanse fysici Leith en Upatnieks een schitterende uitbreiding van Gabor's principe gevonden: de zogenaamde "buiten-assige" (off-axis) holografie. In figuur 3 is de methode van opname en reconstructie weergegeven. De fotografische plaat neemt nu beide bronnen onder een zeer verschillende hoek waar.

Overall waar beide bundels elkaar ontmoeten, treedt interferentie op. Er ontstaat dan een interferentiepatroon dat kan worden beschouwd als opgebouwd uit een enorm aantal deelrasters, ieder tot stand gebracht door interferentie tussen een bundel afkomstig van een bepaald objectpunt en de referentiebundel. Verwacht

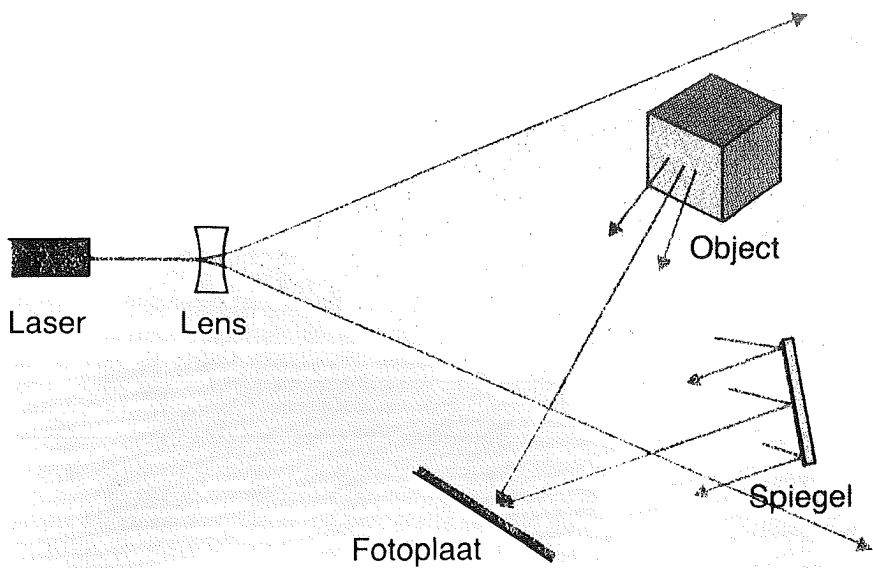


Fig. 3a Opname van een buitenassig hologram.

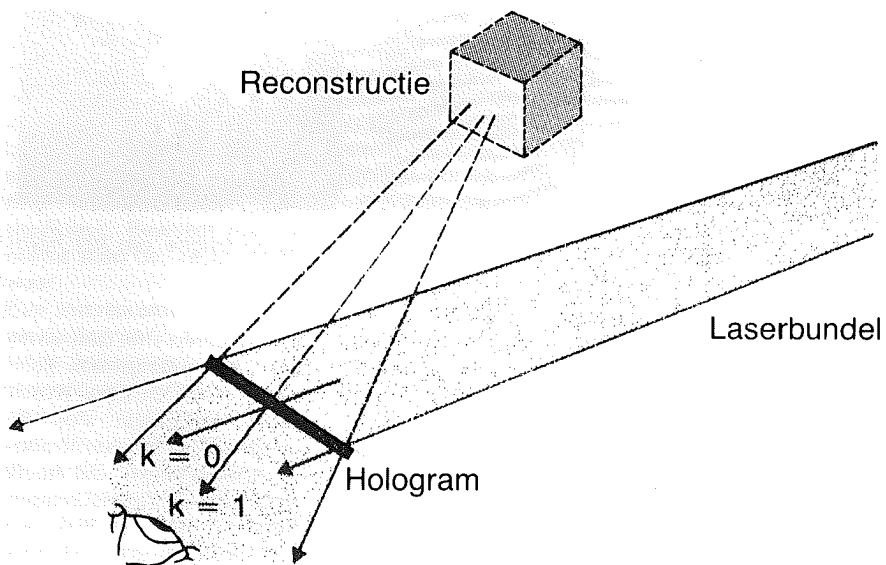


Fig. 3b Reconstructie van een buitenassig hologram.

mag dus worden, dat het vastgelegde interferentiepatroon ingewikkeld is: iedere gelijkenis tussen object en interferentiepatroon blijkt in feite verloren. Figuur 4 toont een dergelijk – nog betrekkelijk eenvoudig – interferentiepatroon en de reconstructie van het oorspronkelijke diffuse object daaruit. Wanneer men, zoals in figuur 3 aangegeven, het oog in het door een dergelijk raster afgebogen licht brengt, neemt men (buiten de as van de invallende lichtbundel, vandaar de naam) achter het platte hologram een ruimtelijk beeld van het oorspronkelijke object waar. De ruimtelijkheid van de waarneming is verrassend; diepte en parallax, dus alle essentiële optische eigenschappen van het object zijn compleet in de holografische reconstructie aanwezig en verlenen deze een fascinerende aanblik. Het is alsof men door het hologram als venster het oorspronkelijke object zelf waarneemt. Het hologram wordt dan ook wel een venster met geheugen genoemd.

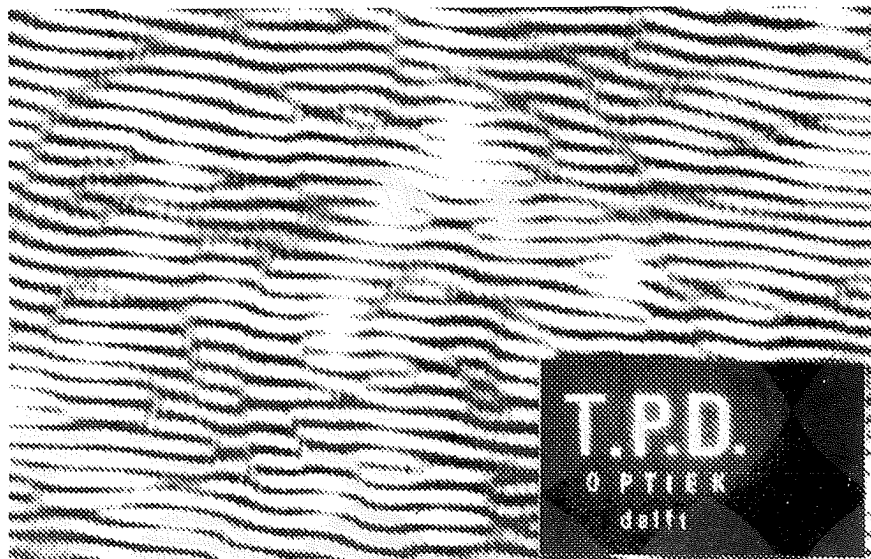


Fig. 4 Holografisch patroon. De inzet toont de reconstructie van het hologram.

Wanneer men nu een dergelijk hologram tracht te reconstrueren met een witte lichtbron, waaiert het gereconstrueerde beeld, doordat de buigingshoek golflengte-afhankelijk is, in alle kleuren van de regenboog uiteen. Daardoor wordt het gereconstrueerde beeld onscherp en meestal vrijwel onherkenbaar. Voor de reconstructie van dergelijke buitenassige hologrammen is dus altijd een monochromatische puntbron, zoals bij voorbeeld een laser, noodzakelijk. Dit heeft uiteraard zo z'n bezwaren, want een simpele laser kost al gauw enige duizenden guldens.

De uitvoering van dit holografische experiment is overigens veel minder eenvoudig dan dat van Gabor. Ten eerste ontstaan er in een buitenassige opstelling,

door de ruimtelijke uitgebreidheid van het object, aanzienlijke wegverschillen tussen object- en referentiebundel. De coherentie van de lichtbron dient dus voldoende te zijn om deze wegverschillen te overbruggen. Terwijl de coherentielengte van het natuurlijke witte licht slechts circa 3 micrometer bedraagt, varieert de coherentielengte van de gebruikelijke laserbundels van enige decimeters tot wel 10 meter. Een laser wordt dus welhaast onontbeerlijk.

Ten tweede neemt de hoek tussen object- en referentiebundel met de uitgebreidheid van het object toe, en daarmee de vast te leggen ruimtelijke lijnfrequentie van het interferentiepatroon. Deze frequentie bedraagt al gauw enige honderden tot wel duizenden lijnen per millimeter. Het scheidend vermogen van de fotografische laag dient dus ook wel zeer hoog te zijn, waardoor slechts speciale holografische emulsies met een geringe lichtgevoeligheid bruikbaar zijn.

De mechanische stabiliteit van de opstelling is tenslotte zeer kritisch; bewegingen van spiegel of object tijdens de opname, in de orde van de golflengte van het licht, doen het interferentiepatroon zo sterk over de fotoplaat bewegen dat de opname door bewegingsonscherpte mislukt. Let wel, de reconstructie wordt niet onscherp; er is in het geheel geen reconstructie meer, daar het lijnenpatroon is uitgewist. Tenzij pulslasers met een pulsduur in de orde van nanoseconden worden gebruikt, zijn opstellingen op trillingsvrije tafels dan ook noodzakelijk. Dergelijke voorwaarden maken de holografie tot een dure en daarom specialistische techniek. Er bestaan echter toch vasthoudende amateurs die, met zelf geknutselde opstellingen, goede resultaten in een achterkamer weten te bereiken.

Het regenbooghologram

De vereiste toepassing van een laser voor de opname en de reconstructie van buitenassige hologrammen heeft geleid tot de benaming laser-transmissiehologram. Een slimme variatie op dit type hologram werd in 1960 door de Amerikaan Stephen Benton uitgedacht: het "regenbooghologram", waarvan het beeld met een eenvoudige witte puntbron (bij voorbeeld een halogeenspotje) kan worden gereconstrueerd. Deze verlossing van het hologram uit het laserlicht werd bereikt ten koste van de parallax in verticale richting. Daar ons ruimtelijk zien echter vrijwel volledig wordt bepaald door horizontale parallax is deze opoffering niet storend. Het resultaat is een scherpe reconstructie in een enkele spectraalkleur. Beweegt men de ogen verticaal ten opzichte van het hologram, dan neemt men de reconstructie successievelijk in "alle kleuren van de regenboog" waar.

Een interessante toepassing van de regenboogtechniek is het zogenaamde "multiplexhologram". Dit bestaat uit een aaneenschakeling van zo'n duizend verschillende hologramstroken. Iedere strook is afkomstig van een gewone filmopname van een object dat op een draaitafel heeft geroteerd. Tijdens deze rotatie kan zich een korte scène afspelen. Wanneer het multiplexhologram wordt bekeken, zien beide ogen het object door een verschillende strook en dus, tengevolge van de oorspronkelijke rotatie, onder een verschillende hoek. Dit resulteert in een stereoscopisch effect, waardoor men het object ruimtelijk achter het hologram ziet. Wanneer men het hoofd horizontaal langs het hologram beweegt, speelt zich voor het oog de opgenomen scène af. Hier vinden wij de eerste aanzet tot de holografische bioscoop. De toekomstkansen op een hoofdvoorstelling voor groot publiek lijkt echter voorlopig gering.

Men is er recentelijk in geslaagd een stempeltechniek te ontwikkelen waarmee het fijne interferentiepatroon van een regenbooghologram als oppervlakte-reliëf in een plastic film wordt gedrukt (embossed hologram). Deze film is aan de achterzijde voorzien van een uiterst dunne spiegelende aluminiumlaag, waardoor deze witlicht-transmissiehologrammen in reflectie kunnen worden beschouwd. Bij grote oplagen worden de produktiekosten van dergelijke stempelhologrammen zeer gering. In maart 1984 verscheen de National Geographic voor de eerste maal met zo'n hologram op de omslag; de oplage bedroeg elf miljoen! Er ontstond een internationale stormloop om een exemplaar te bemachtigen. In november 1985 deed National Geographic het nog eens dunnetjes over en verscheen, in dezelfde oplage, met een schitterend 10 x 13 centimeter hologram op de omslag, van het 1 tot 2 miljoen jaar oude schedeltje van het beroemde in Afrika gevonden "Taung-kind".

Steeds weer steekt de vraag naar de mogelijkheid van holografische televisie de kop op. Echter de hoeveelheid informatie die voor een enkel holografisch interferentiebeeld moet worden overgezonden is dermate groot, dat het met de huidige stand van TV-techniek verscheidene dagen zou kosten om het over te zenden; maar het zou in 1/30 seconde moeten gebeuren! Afgezien hiervan zou een TV-scherm met een scheidend vermogen van zo'n duizend lijnen per millimeter moeten worden ontwikkeld. Deze technologische kloof lijkt, zelfs in een wat verwijderde toekomst, onoverbrugbaar.

Holografische interferometrie

Met de ontwikkeling van de buitenassige holografie werden enkele unieke holografisch-interferometrische meetmethoden mogelijk:

- (1) de dubbelopname ("double-exposure") techniek,
- (2) de momentane ("real time") techniek en
- (3) de tijdgemiddelde ("time-average") techniek.

Dubbelopname holografische interferometrie

Deze methode berust op de kleine verandering, die het vastgelegde interferentiepatroon ondergaat, wanneer het object in geringe mate in vorm of positie verandert. Maakt men nu een holografische opname zowel voor als na een dergelijke verandering op dezelfde fotoplaat, dan legt men in feite twee ietwat verschillende interferentiepatronen over elkaar vast. Beide patronen zullen tengevolge van het bekende "moiré-effect" in een derde, veel grover interferentiepatroon resulteren, dat kenmerkend is voor de mate en de aard van de verandering in het object. In feite ziet men het gereconstrueerde beeld van het object met de lijnen van dit "vervormingspatroon" hierop gesuperponeerd. Men heeft dan een direct beeld van de mate en plaats van de veranderingen over het gehele object. De "meetlat" van deze methode voor het meten van veranderingen in plaats en vorm van willekeurige objecten is de golflengte van het licht zelf. De holografisch interferometrische techniek is dus uiterst gevoelig. Figuur 5 toont een op deze wijze verkregen interferentiepatroon van een kogelinslag op de achterzijde van een keramische plaat. De eerste opname werd voor de inslag genomen, de tweede werd 1 microseconde daarna genomen. De interferentielijnen op de schijf zijn in feite hoogtelijnen die de doorbuiging tengevolge van de inslag representeren. Dui-

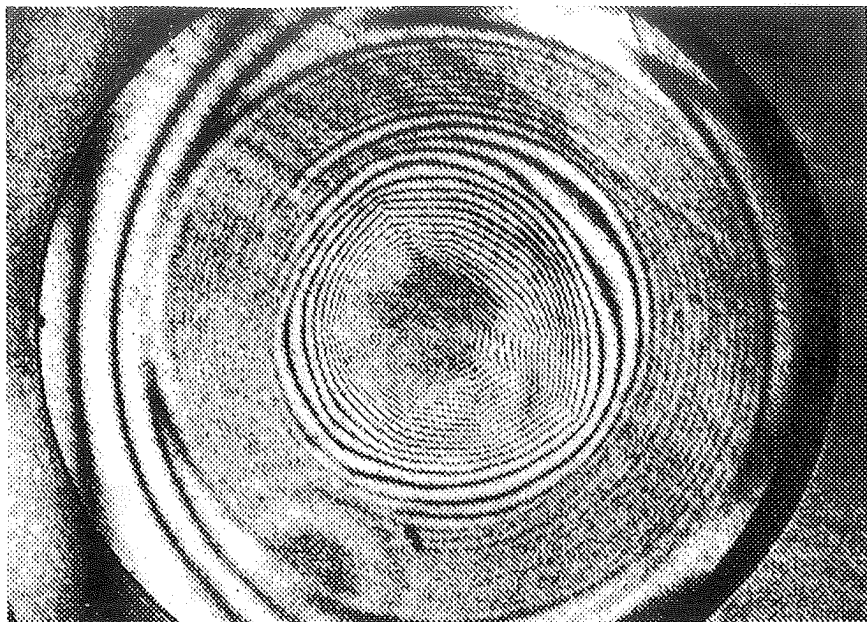


Fig. 5 Reconstructie van een dubbelopname-hologram van een kogelinslag op een keramisch plaatje.

delijk is ook aan de knikken in het interferentiepatroon te zien, dat op dit moment reeds scheurvorming optreedt. De voor dergelijke ultrasnelle verschijnselen noodzakelijke korte belichtingstijd werd verkregen met behulp van een robijn-puls laser met een flitsduur van 30 nanoseconden.

Momentane holografische interferometrie

Deze techniek komt overeen met de dubbelopnametechniek, maar biedt het voordeel dat de optredende veranderingen in het object "du moment" in de tijd kunnen worden bestudeerd. De werkwijze is als volgt: na de opname van het object wordt het afgewerkte hologram nauwkeurig op zijn oorspronkelijke positie in de opstelling teruggeplaatst. Het gereconstrueerde beeld komt nu exact tot dekking met het oorspronkelijke object. Het met de referentiebundel gereconstrueerde beeld en het met de objectbundel verlichte object interfereren dan met elkaar, met de gevoeligheid van de golflengte van het licht komen nu "real-time" afwijkingen in vorm en plaats van het object tot uitdrukking in het interferentiepatroon dat zich over het object aftekent. Een dergelijke opstelling is te bezichtigen in de permanente holografische expositie van het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC van de Technische Universiteit, Kanaalweg 4 te Delft. Daar kan de bezoeker een stroom door een magneetspoel regelen, waardoor een metaal membraan een variabele vervorming ondergaat; dit membraan is in een holografische interferometer opgenomen, zodat de vervorming ervan kan worden waargenomen aan het interferentiepatroon over het membraan.

Tijdgemiddelde holografische interferometrie

Deze techniek ten slotte wordt gewoonlijk gebruikt voor het visualiseren van de trillingspatronen van trillende objecten. De resultaten zijn verwant aan de bekende zandpatronen die Ernst Chladni reeds in de 18e eeuw op trillende platen verkreeg, die hij met een vioolstok aanstreek na er zand over gestrooid te hebben. Het zand trilde van de buiken weg en verzamelde zich op de in rust verkerende knopen, waardoor het trillingspatroon zichtbaar werd. De holografische techniek is echter aanzienlijk gevoeliger dan die van Chladni en onthult nog trillingen met amplituden van circa 1/5 micrometer. De tijdgemiddelde techniek bestaat uit het opnemen van een hologram van het voorwerp terwijl dit in trilling is. De belichtingstijd zal in het algemeen vele trillingencycli beslaan. Het trillingspatroon wordt in de reconstructie zichtbaar, doordat de knopen zich door hun helderheid van de donkere buiken onderscheiden. Daarenboven kenmerken de buiken zich door een patroon van interferentielijnen waaruit de plaatselijke trillingsamplitude kan worden afgeleid. Figuur 6 toont twee verschillende trillingsmodi van een membraan die door de tijdgemiddelde holografische techniek zijn zichtbaar gemaakt.

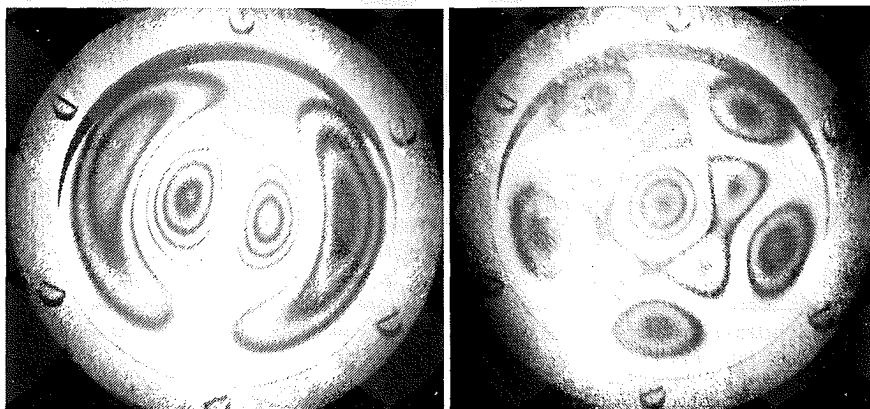


Fig. 6 Twee reconstructies van tijdgemiddelde hologrammen van een membraan in resonantie bij respectievelijk 1900 Hz (links) en 2700 Hz (rechts).

Volume-reflectieholografie

De methode waarbij object- en referentiebundel van weerszijden de fotoplaat treffen werd in 1963 door de Russische fysicus Yuri Denisjuk gevonden. In figuur 7 is de eenvoudigste manier weergegeven waarop deze techniek kan worden uitgevoerd. De referentiebundel wordt door de fotoplaat doorgelaten en verlicht zo het object, dat vervolgens de bundel weer diffuus in de richting van de fotoplaat verstrooit. In het volume van de gebruikelijke holografische emulsielagen van 7-15 micrometer dikte kunnen zich zo, min of meer evenwijdig aan de oppervlakte daarvan, vele tientallen interferentievlakken vormen. De afstand tussen

A

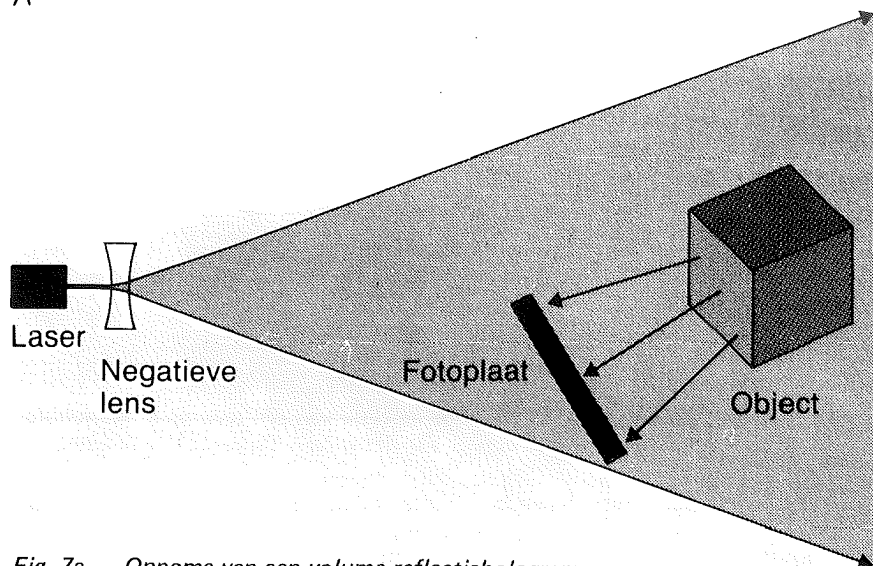


Fig. 7a Opname van een volume-reflectiehologram.

B

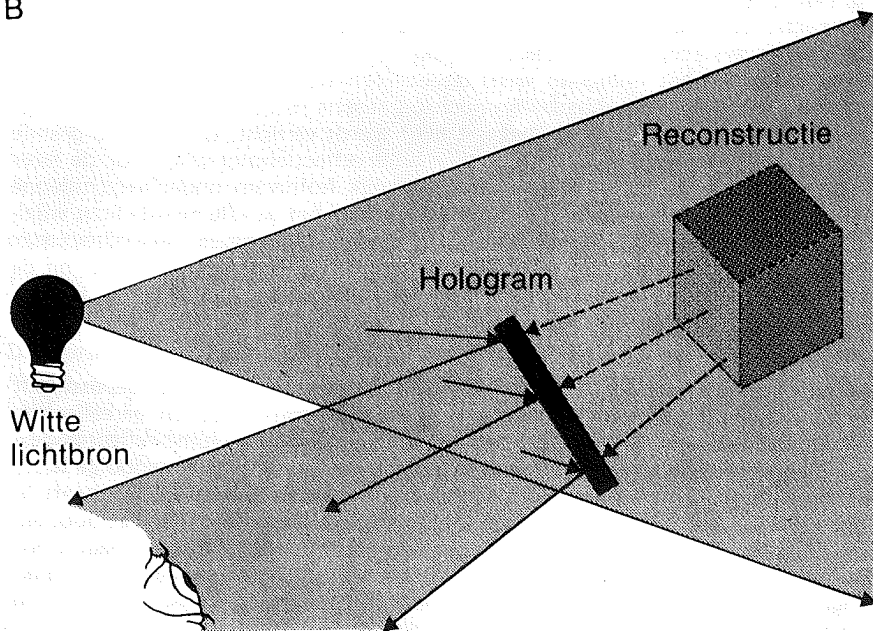


Fig. 7b Reconstructie van een volume-reflectiehologram.

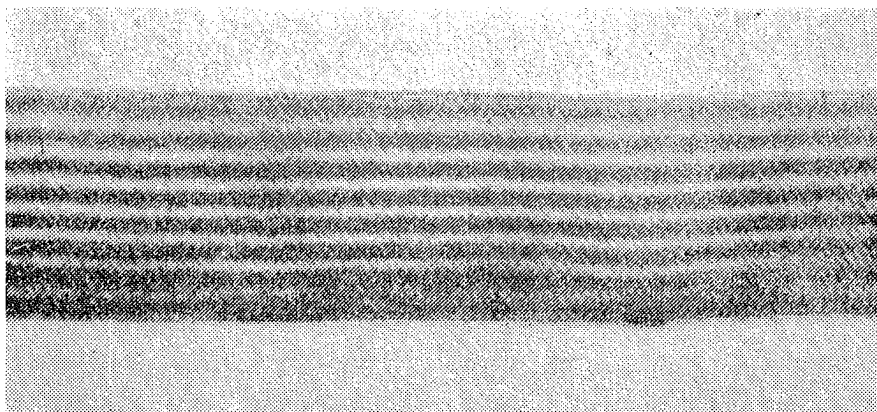


Fig. 8a In deze dwarsdoorsnede van de emulsie van een volume-reflectiehologram is de submicronstructuur van het interferentierooster te zien.

deze vlakken bedraagt een halve golflengte. Figuur 8 geeft daarvan een voorbeeld. Wanneer men nu een dergelijk systeem van equidistante vlakjes met een witte puntbron (bij voorbeeld een halogeenlampje) verlicht, dan zullen deze vlakjes achtereenvolgens het invallende licht reflecteren. Echter slechts die reflecties die onderling in fase zijn interfereren constructief met elkaar en zullen daardoor kunnen uittreden; alle andere reflecties doven elkaar uit. Het gevolg is dat de golflengte van het gereflecteerde licht wordt bepaald door de periode van het vastgelegde systeem van interferentievlakken: slechts de oorspronkelijke golflengte waarmee het hologram werd opgenomen wordt gereflecteerd. Voor de waarnemer zal dus een scherpe monochromatische reconstructie worden opgeroepen wanneer het hologram met wit licht wordt verlicht. Uit het voorgaande mag de zin van de gebruikelijke term volume-reflectieholografie voor de lezer duidelijk zijn geworden. Wanneer een dergelijk hologram onder verschillende hoeken wordt waargenomen, zal zich de kleur van het gereflecteerde licht wijzigen, omdat de optische afstand tussen de interferentievlakken met de hoek verandert. Een overeenkomstig effect neemt men bij voorbeeld fraai waar bij de veren van een pauw, die eveneens een submicronstructuur van vele equidistante keratinelaagjes vertonen.

De in de vorige paragraaf geschetste holografisch-interferometrische toepassingen kunnen ook met behulp van volume-reflectieholografie worden gerealiseerd. Daarenboven spreekt het vanzelf, dat de mogelijkheid om volume-reflectiehogrammen en regenbooghogrammen te reconstrueren met een eenvoudige witte lichtbron de presentatiekosten aanzienlijk heeft kunnen reduceren. Dit heeft in hoge mate bijgedragen aan de verspreiding van de holografie onder het publiek. Het hologram is niet langer een zuiver wetenschappelijk curiosum, maar vindt zijn weg als artistiek medium, relatiegeschenk, snuisterij, reclame-object en blikvanger op tijdschriftomslagen. In ons land zijn twee hologrammengalerieën: te Amsterdam, Leidsestraat 32 en het eerder genoemde TTC te Delft. Een bezoek is alleszins de moeite waard.

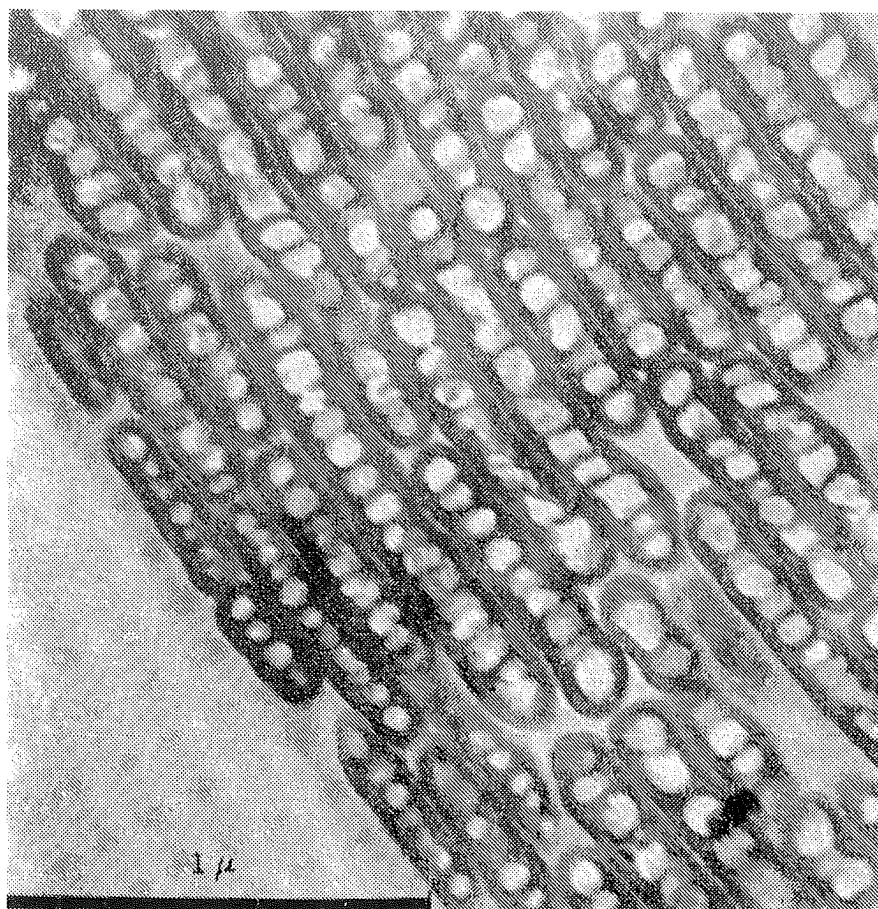


Fig. 8b De dwarsdoorsnede van een pauweveer toont een dergelijke submicron-structuur van keratinelaagjes.

Dit korte overzicht mist uiteraard volledigheid. De lezer die zich nader wil informeren, zij verwezen naar de onlangs verschenen uitgave "Holografie, toveren met licht" van Bruno Ernst, waarin naast een fraai hologram op de omslag, veel interessante informatie is opgenomen. De bibliografie in dit werk kan de lezer zeker verder helpen.

Op 14 juni 1987 bracht Histechica een bezoek aan het Nederlands Textielmuseum in Tilburg. Bij uitzondering was de excursie deze keer op een zondag gepland, hetgeen een verrassend gevolg bleek te hebben: verscheidene leden werden vergezeld door hun vrouw en kinderen. Na een inleiding door de conservator van het museum drs. T. Wagemakers over de geschiedenis van de textielindustrie in Tilburg, volgde een uitgebreide rondleiding door de voormalige fabriekshallen van de Fa. Mommers. Op diverse machines werden hierbij demonstraties gegeven. In onderstaand artikel, dat eerder verscheen in "Industriële Archeologie" nr. 22 1987, wordt nader ingegaan op de geschiedenis van het fabriekscomplex en de restauratie hiervan tot het huidige museum.

VAN WOLFABRIEKJE TOT MUSEUMCOMPLEX

door drs. H. van Doremalen en drs. T. Wagemakers

In het voorjaar van 1986 werd in Tilburg in het oudste gedeelte van het "Mommerscomplex" het Nederlands Textielmuseum heropend. Dit complex bestond uit een twaalftal gebouwen gelegen in het centrale gedeelte van wat historisch gezien de belangrijkste fabrieksstraat was van Tilburg. De gebouwen, waarvan er elf gerestaureerd zijn of worden en er één helaas is afgebroken, zijn genoemd naar Christiaan Mommers. Hij was een van de eerste wolfabrikanten in dit gebied.

De vier gebouwen, in gebruik door het museum, zijn gebouwd in opdracht van de firma C. Mommers & Co.

We zullen hier met name ingaan op de oudste industriële bebouwing in dit gebied en de bouw- en bewoningsgeschiedenis van de vier gebouwen van het museum beschrijven. Ten slotte wordt ingegaan op de visie van de restauratie tot een museumcomplex.

Fabrieksstraat

De Goirkestraat is een typisch voorbeeld in Tilburg van een voornamelijk in de 19e eeuw ontstane lintbebouwde structuur, een verbindingsweg tussen twee kernen, waarbij de religieuze en industriële bebouwing bepalend waren. De aanwezigheid van de huisnijverheid, de verkoop van de landbouwgronden bij een kasteel (in 1858) en de gunstige ligging waren factoren die de vestiging van fabriekjes aan de verbindingsweg van het centrum met het noordelijk stadsdeel gunstig beïnvloedden. De sterke vraag naar wol in de jaren '60, door de Amerikaanse Secessie-oorlog liep de invoer van katoen sterk terug, speelde ook een belangrijke rol. Deze groei van de vraag versnelde de verdere toepassing van stoomkracht en zorgde voor de eerste aanzet tot mechanisatie van het weefproces. Al deze factoren tezamen bepaalden dat er kleinere en grotere fabrieksgebouwen verrezen aan de Goirkestraat. Bij de verdichting van deze verbindingsweg ontstonden kavels met een smal straatfront en een grote diepte. Op de kop van de kavel stond de bebouwing, een woning of klein fabriekshuis, en erachter een moestuin of landbouw-

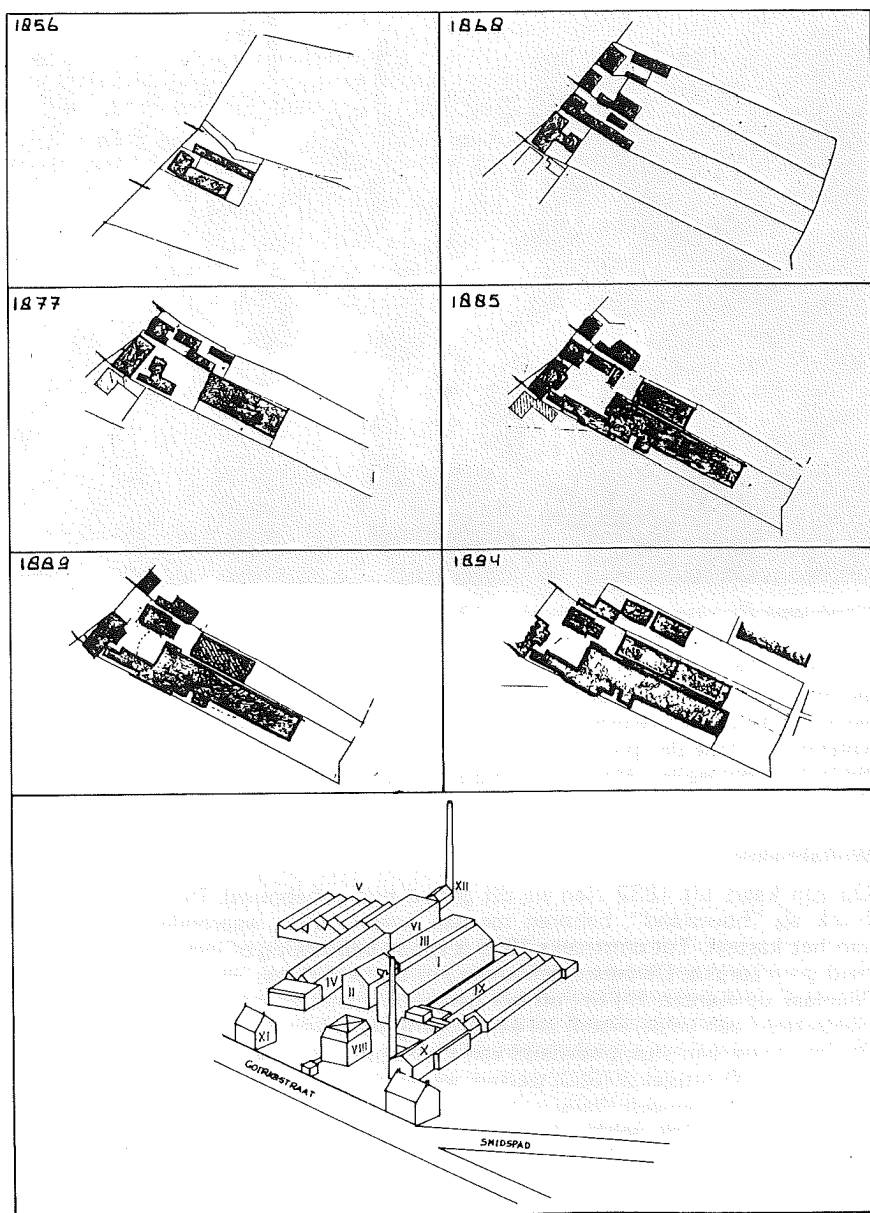


Panorama Goirkestraat omstreeks 1900.

gronden. Deze achterliggende grond zou veelal benut gaan worden voor het bouwen van lange, smalle en hoge fabrieken in het laatste kwart van de vorige eeuw. Deze ontwikkelingen in de Goirkestraat hebben zich in nauwelijks 50 jaar voltrokken. Hoe dat precies verliep, gaan we nader bekijken met betrekking tot het gebied dat nu het Mommerscomplex wordt genoemd.

Wolfabriekjes

Op een kaart uit 1832 zien we dit gebied nog onbebouwd. De gronden, in gebruik als "bouwland", behoren toe aan twee families, waaronder de eigenaren van het kasteel. Tot omstreeks 1855 is er van bebouwing of industriële bedrijvigheid geen sprake. De eerste bebouwing in dit gebied was van leerlooier Norbert Nicolaas de Kanter. Hij liet op het perceel een huis en twee bedrijfsgebouwtjes neerzetten: een velbereiderij en een looierij. In 1856 koopt Andreas Pessers, een wolfabrikant, een stuk bouwland van De Kanter. Hij bouwt hierop een "huis en werkhuis". Omstreeks 1860 treffen we in dit gebied nog een fabrikant aan: Knitel. Hij had er een "huis, schuur en erf", en een "wollenfabriek, schuur en erf". De wolfabriek achter de woning van Knitel is ongeveer 10 meter lang en 2,5 meter breed. Ook De Kanter bouwt achter op het erf een "wollenfabriek" groot 60 el (ongeveer 60 m²), die vrijwel vierkant van vorm was. Op dit fabriekje komen we direct terug. In 1862 verschijnt er nog een fabrikant op de terreinen van het huidige Mommerscomplex. Het is Franciscus de Wijs, die een stuk "bouwland" van Knitel overneemt. Omstreeks 1870 bevindt zich op dat perceel een "wollenstoffenfabriek met stoom", die weer enige tijd later als "magazijn" wordt omschreven.



Ontwikkelingen van het Mommerscomplex.

Kenmerkend voor de eerste fase van bebouwing tot 1870 is het herkavelen en steeds van eigenaar en bestemming wisselen van percelen. Ook de benamingen hebben verschillende betekenissen. De aanduiding "fabriek" hoeft zo niet altijd te duiden op een groot en speciaal gebouw. Fabrikanten werkten in veel gevallen in het eigen woonhuis of in kleine half-gemechaniseerde bedrijfjes die als "aangelegene gebouwen" of "fabrieksgebouw" werden omschreven. Daarnaast kwamen ook handwerk-bedrijfjes voor, die in loodsen of achterhuizen gevestigd waren. Welke werkzaamheden in de als wolfabrieken of werkhuizen omschreven gebouwen van Pessers, De Kanter, Knitel en De Wijs plaatsvonden, is niet precies te beschrijven. Gezien de omvang van de gebouwen, betrof het vermoedelijk voor- of nabewerkingen en op kleine schaal weven op enige houten getouwen.

Vanaf 1870 begint er een stabilisatie in het gebied te ontstaan. Drie firma's weten op de verdergaande mechanisatie en veranderende markten goed in te spelen, de firma's A. Pessers Azn, J.A. de Wijs en C. Mommers, de rest verdwijnt. Van hen zal vooral Mommers een sterk stempel gaan drukken op het gebied waar kleine leerlooierijen, wolfabriekjes, huizen en schuren tot dan toe het beeld bepaalden.

Christiaan Mommers

In de jaren zestig van de vorige eeuw verschijnt de naam Chr. Mommers voor het eerst in de Goirkestraat. Vijfentwintig jaar later vertelde hij tijdens een verhoor voor de arbeidsenquête van 1887 in het kort zijn levensloop als fabrikant: "Mijn stoomwolfabriek bestaat 14 jaren en mijne handwerkfabriek 25 jaren. Getrouwd zijnde had ik van mijne vrouw fl. 300,—. Die heb ik besteed om wol te koopen. Ik heb gelegenheid gevonden om een associé te krijgen voor de eerste 10 jaren." Deze uitspraken hebben als uitgangspunt gediend voor een archiefonderzoek.

Christiaan Mommers, geboren in 1836, stamde uit een oud weversgeslacht dat al in de zeventiende eeuw in Tilburg voorkomt. In 1860 trouwt hij en gaat wonen in de wijk Stokkasselt. Op dat moment noemt hij zich nog werkman. In 1863 verhuist hij en laat hij zich voortaan vermelden als "fabrikant". Enige jaren later, in 1866, gaat hij wonen aan de Goirkestraat, met de al genoemde Andreas Pessers en de bakker Antonie Molenschot als burenen.

Mommers woonde nu weliswaar op het Goirke, maar hij had daar tot omstreeks 1870 geen eigen grondbezit. De grond was eigendom van herbergier Willibrordus Cools. Cools heeft echter niet aan de Goirkestraat gewoond. De gegevens wijzen erop dat Mommers in de door De Kanter opgerichte wolfabriek zijn handwerkbedrijf heeft gestart. Volgens deze hypothese is Mommers dan de producent in een fabriekje waarvan leerlooier De Kanter en later (na 1867) herbergier Cools de eigenaren waren. In de mondelinge overlevering wordt Cools (soms verbasterd tot Kolen) dan de associé genoemd, waarover Mommers tijdens zijn verhoor sprak.

Na 1870 verwerft Mommers voor het eerst grond op het Goirke. Hij heeft ze overgenomen van W. Cools. Het betreft dan een "huis, erf en werkhuis" van 5 are 10 (510 m²) en een tuin van 26 are 70 (2670 m²).

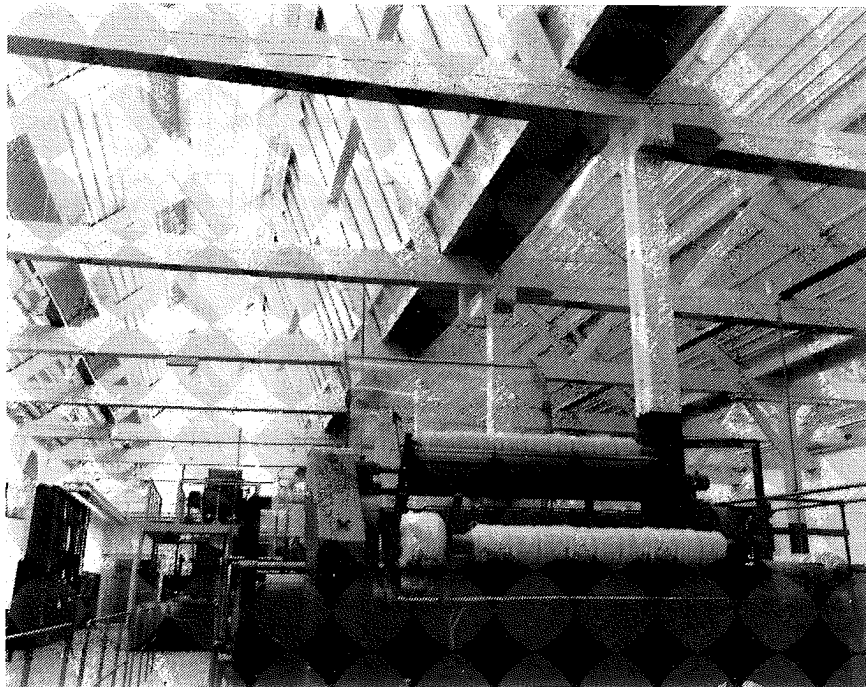
Welke werkzaamheden werden er verricht in het "werkhuis" of de "handwerkfabriek", zoals Mommers ze noemde? We weten dat er houten getouwen stonden

en er een wolspoel lag. Vermoedelijk hebben er ook nabewerkingen plaatsgevonden. Omstreeks 1875 gaat Mommers dit gebouwtje uitbreiden. Het is het begin van grote veranderingen.

Shedbouw en stoomkracht

Eind 1875 dient de firma C. Mommers & Co een aanvraag in bij het gemeentebestuur van Tilburg om een wollenstoffenfabriek met stoommachine te mogen stichten in de tuin achter de handwerkfabriek. In januari kreeg Mommers toestemming om het gebouw op te richten en de stoommachine te plaatsen. Blijkbaar had Mommers in die tijd de beschikking over voldoende kapitaal om een machinekamer met stoommachine van 30 pk, een ketelhuis met "Fransche ketel" en machinale weefgetouwen aan te kunnen schaffen. Bovendien moest hij ook het omvangrijkste gebouw financieren dat tot dan toe in het centrale deel van de Goirkestraat gebouwd was. Het bouwwerk, maximaal 42,5 meter lang en 15 meter breed, bestond uit een weverij met houten zaagdak-constructie met op de kop de machinekamer en het ketelhuis en daarnaast een 19 à 20 meter hoge schoorsteen.

Deze shedbouw had grote voordelen: vloerbelasting speelde geen rol, er viel beter en meer gespreid daglicht binnen en er was vrij snel uit te breiden. Het was precies wat Mommers nodig had voor zijn machine weverij.



De houten constructie van de shedbouw.

Ongeveer gelijktijdig, tussen 1875 en 1878, wordt een "uitbouw" aan het oorspronkelijke wolfabriekje gerealiseerd. Tussen 1880 en 1885 verdwijnt het fabriekje en wordt de "uitbouw" zodanig uitgebreid dat er een verbinding ontstaat met de shedbouw.

Tijdens de eerste grote uitbreidingen werkten er zestig arbeiders op de fabriek. Van de eerste stoommachine is bij opgravingen het funderingsblok gevonden. Dat was 1,35 m bij 1,10 m met ankerbouten, die een halve meter van elkaar gescheiden waren. Daaruit viel op te maken dat hier sprake was van een verticale machine. De fundering van de ketel werd niet teruggevonden, maar uit de conform de hinderwet van 1875 ingezonden tekening is op te maken dat het hier een waterpijpketel of "Fransche ketel" betrof. De ketel was 6,90 m lang en had een diameter van 1,20 m. Het verwarmd oppervlak was ongeveer 37 m².

Op 15 oktober 1884 vroeg Mommers vergunning aan om een tweede ketel, een Backer & Rueb, met een verwarmd oppervlak van 54 m² en een toegestane druk van 6,2 atmosfeer, te mogen plaatsen in een tegen het eerste ketelhuis te bouwen nieuw ketelhuis. Hiertegen maakte zijn buurman leerlooier Martinus Klijsen bezwaar. Hij meende niet alleen dat er ontploffingsgevaar was, maar ook dat zijn voorraad leer en huiden door de warmte kon bederven. B. & W. deelden die bezwaren niet en verleenden de gevraagde vergunning. Mommers kocht overigens al spoedig de grond en de gebouwen van Klijsen.

Hoogbouw en kantoor

Terwijl de nieuwe ketel geplaatst werd, de shedbouw uitbreiding onderging en er een verbinding kwam tussen de shed en de "handwerkfabriek" was Mommers dus ook tot aankoop van de aanliggende percelen overgegaan.

Op 15 juni 1885 werd op het voormalige terrein van Klijsen de eerste steen gelegd voor een 4,5 bouwlaag hoog fabrieksgebouw, dat als spinnerij dienst moest gaan doen. Er werkten toen 117 arbeiders op de fabriek, daarnaast had hij 50 thuiswerkers.

De bouw moet opzien gebaard hebben, want het werd het hoogste fabrieksgebouw van Tilburg. Het werd overigens in twee fasen gerealiseerd. In 1894 werd het eerste gedeelte met ongeveer 25 meter verlengd, waarbij stijl en vormgeving met de eerste fase overeenkwamen. In 1889 had Mommers bovendien een kantoor met magazijn en pakkamers laten bouwen op de plaats waar Klijsen een leerlooierij had gehad.

Wanneer Mommers in 1899 toestemming vraagt om een 13 pk stoommachine te mogen plaatsen bij twee gebouwtjes naast de hoogbouw, blijkt dat de benodigde stoom via een pijpleiding uit het ketelhuis wordt aangevoerd. Duidelijkheid over de aandrijving in de hoogbouw krijgen we via een tekening uit 1904. De firma C. Mommers & Co gaat dan over tot de bouw van een nieuwe machinekamer en de plaatsing van een ééncilinder horizontale stoommachine van 255 pk, die gebruikt gaat worden "... tot het drijven van de werktuigen benodigd in de spinnerij, vollerij, weverij en ververij en tot het bekomen van elektrisch licht".

"De overbrenging van de drijfkracht zal plaats vinden door middel van snaren". Vanuit de machinekamer werd de begane grond en de eerste verdieping van de hoogbouw aangedreven, terwijl er eveneens een overbrenging was naar de shed waar de weverij gevestigd was. Vanaf de eerste verdieping van de hoogbouw ten slotte werd over een lengte van 24 meter een overbrenging gerealiseerd over de

De hoogbouw.



openbare weg naar de beide eerder genoemde gebouwtjes. De machinekamer, waarvoor een deel van de oorspronkelijke shedbouw gesloopt moest worden, was opgetrokken uit steen met een gedeeltelijk glazen dak zodat licht en lucht in voldoende mate toegang hadden.

De belangrijkste bouwkundige veranderingen die de fabriek nu nog onderging vonden plaats aan de beide uiteinden van de shedbouw, die op zijn beurt uitgebreid werd met een vierde overkapping. Zo werden de beide ketelhuizen vergroot en werd een aanbouw gerealiseerd die dienst deed als lijmerij.

Situatie omstreeks 1920

Juni 1920 vraagt de firma C. Mommers & Co vergunning aan om "een ketelhuis met economiser en schoorsteen met de nodige rookgeleiding" te mogen bouwen. De vergunning wordt verleend en in november laat Mommers via "een kennisgeving van voltooiing" weten dat de werkzaamheden gereed zijn. Architect was C.J. van Meerendonk uit de Goirkestraat! De firma Peters uit Breda was met de bouw van de schoorsteen belast. Interessant is dat bij deze aanvraag voor wat de technische eisen betreft wordt verwezen naar in Duitsland geldende voorschriften voor de schoorsteenbouw.

Het nieuwe ketelhuis dat qua bouwstijl moest aansluiten bij het al bestaande was via een dubbel rookkanaal, dat zich bovengronds verenigde in een tunnel met economiser, verbonden met de schoorsteen. Bij de opgravingen zijn deze rookkanalen blootgelegd. Met de bouw van deze schoorsteen in 1920 (oudere schoorstenen uit 1876 en 1889 zijn in het verleden gesloopt) is het gebouwencomplex zoals we dat nu kennen grotendeels voltooid.

Uit de bij een van de bouwprojecten geleverde tekeningen kunnen we afleiden waarvoor Mommers omstreeks 1920 de diverse ruimtes van zijn fabriek gebruikte. De oorspronkelijke "handwerkfabriek" diende als magazijn en decatiseerlokaal. In het verbindingsstuk met de shedbouw was een smederij met daarachter een bergplaats. Op de bovenverdieping was een ruimte die voor het appreteren gebruikt werd. Voor de shedbouw lagen ook nog een perskamer, de ketelhuisen en de machinekamer. In de shedbouw die uit vier daken bestond, was een aparte ruimte voor de droogmachines, het vollen en het ruwen. De rest (het grootste deel) diende als weverij.

Op de begane grond van de hoogbouw bevonden zich de zwaardere spinassortimenten voor het voorspinnen, die aangedreven werden vanuit de machinekamer. Op de eerste verdieping stonden de spinmachines of selfactors. Hier was ook de twernerij gevestigd, waar garens ineen werden gedraaid tot sterkere draden of kleurencombinaties. Op de tweede verdieping stonden eveneens selfactors. De derde en vierde verdieping werden als wolmagazijn gebruikt.



Overzicht C. Mommers & Co., 1920 (achterzijde).

Achter de shedbouw en de hoogbouw was een aanbouw die als kettinglijmerij en garendrogerij dienst deed. In de naast de hoogbouw gelegen gebouwen, die niet als museum in gebruik zijn, had Mommers nog duivellokalen, een ververij, ruimtes voor de afwerking, een garenmagazijn en een bergplaats voor wol, katoen en lommen.

Museumcomplex

Zoals in elke fabriek werden er bij C. Mommers & Co zonder esthetische overwegingen ramen en deuren dichtgemetseld of vergroot, gaten gemaakt (voor drijfriemen) of gedicht, indien een wijziging in het produktieproces dat vereiste. Dit ging door, nadat Mommers in de jaren '50 het complex had verlaten en diverse ondernemingen de gebouwen in gebruik namen. Grote wijzigingen hebben na 1920 echter niet meer plaatsgevonden.

De gebouwen kwamen eind jaren '70 vrijwel leeg te staan. Deze ontwikkeling sloot zich aan bij een algemeen beeld van de stad: vele verlaten fabriekscomplexen door de neergang van de wollenstoffenindustrie. De gemeente kwam voor de vraag te staan: slopen of behouden. Alles behouden was onmogelijk, er moesten keuzes gemaakt worden. De gemeentelijke monumentencommissie bracht in 1979 een inventarisatierapport uit over "De industriële gebouwen van de wolnijverheid in Tilburg". In totaal onderzocht zij 52 fabrieken en kwam tot de conclusie dat het behoud en de restauratie van het Mommerscomplex de sterkste voorkeur verdiende. Dit advies leidde mede in 1980 tot aankoop van het complex door de gemeente. De gebouwen werden eerst geplaatst op de gemeentelijke monumentenlijst en vanaf 1982 viel het geheel onder de werking van de landelijke Monumentenwet. In de redengevende omschrijving werd het meer dan lokale belang onderkend: "Als representant van één der eerste grootschalige en gemechaniseerde takken van onze nationale nijverheid is dit complex dan ook van nationaal belang uit een oogpunt van de geschiedenis der nijverheid en techniek".

Vanaf 1978 bestonden er serieuze plannen om bij eventueel behoud en restauratie van het Mommerscomplex dit in hergebruik te nemen als museum. Uiteindelijk, "na jaren praten, rekenen, besluiten nemen en terugdraaien", nam in 1983 de gemeenteraad het besluit om de gebouwen I, VIII, IX en X te restaureren voor het Nederlands Textielmuseum.

Er werd een begeleidingscommissie en een bouwcommissie geformeerd waarin o.a. zitting namen de wethouders (opeenvolgend) Van Puijenbroek en Krosse, de architectenbureaus Van Oers en De Boer, Gijsbers (Publieke Werken), Van Bergeijk (Nederlands Textielmuseum), Kruijsen (vormgever) en Wagemakers (Monumentencommissie). Gaandeweg tussen 1983 en 1986 zijn er in de commissies uitgangspunten geformuleerd en weer bijgesteld en oplossingen gevonden voor soms tegengestelde belangen of eisen. Achteraf zou de visie op de restauratie als volgt geformuleerd kunnen worden:

- niet terugrestaureren naar één bepaalde tijd, maar juist bouwhistorische ontwikkelingen laten zien;
- het is legitiem voor nieuwe activiteiten nieuwe elementen toe te voegen, mits herkenbaar en niet in een historische stijl;



Nieuwe ingang voor het museum.

- het behoud van de interieurs van de gebouwen I en IX in verband met het industrieel-archeologische belang zeer hoge prioriteiten geven;
- alle kleine tekens zowel aan het exterieur als in het interieur welke verwijzen naar het textielindustriële verleden behouden, ook al is op dat moment de functie soms nog niet duidelijk;
- bij de inrichting het gebouw als grootste museumobject beschouwen, zoveel mogelijk los van het gebouw inrichten (geen schotten tegen de muren) en de ruimtes laten beleven.

Binnen de omvang van dit artikel is het ondoenlijk om alle discussiepunten in de respectievelijke commissies te bespreken. We zullen, ter afsluiting, ons beperken tot enige belangrijke kwesties.

Entree. De entree tot het museum was lange tijd een twistpunt. In eerste instantie wilden men de voorgevel doorbreken. Uiteindelijk viel het besluit om de entreeruimte als een nieuw element in een eigentijdse stijl aan de gebouwen toe te voegen. Materiaalkeuze (veel glas) en situering zorgde er tevens voor dat de aandacht op de kopgevel van gebouw 1 versterkt werd.

Kantorenvilla (VIII). Van begin af aan werd besloten om er dezelfde functie aan te geven nl. kantoren van het museum. Aan het exterieur, vrijwel geheel authentiek, werd niets veranderd. Van het interieur was vooral de pakkamer interessant. Deze bleef intact, evenals in grote lijnen de begane grond. Voor de eerste verdieping werd een nieuwe indeling gemaakt. Helaas moest de open zolder (magazijnfunctie voorheen) opgedeeld worden in enige werkruimtes. In de gekozen oplossing bleef de kap geheel zichtbaar, waardoor men de ruimte als zolder bleef ervaren.

"Handwerkfabriek" (X). Dit gebouw had tussen 1920 en 1980 de meeste verbouwingen ondergaan. Om hier donkere ruimtes te creëren voor het bewaren van oude boeken werd besloten om de vergrote ramen te dichtten of in de oude staat terug te brengen en om de kapconstructie van 1920 in ere te herstellen. Hier kwamen praktische problemen zoals klimaat- en lichtbeheersing in botsing met uitgangspunten. De gekozen oplossing versterkte het eigen karakter van het gebouw.

Shedbouw (IX). Vanwege zijn geheel houten sheddakconstructie — waarschijnlijk uniek in Nederland — werd dit gebouw industrieel-archeologisch en bouw-historisch als uiterst waardevol aangemerkt. Vandaar dat er zo min mogelijk mocht worden gewijzigd. Alleen, uit oogpunt van licht- en klimaatbeheersing, werd besloten UV-verende dubbele beglazing aan te brengen. Een toevoeging uit de jaren '50, een verhoogd kantoor ("bazenhok") om toezicht te houden op de weverij, werd gehandhaafd.

Machinekamer. Uit onderzoek was gebleken, zoals hiervoor beschreven, dat verschillende ruimtes gebruikt waren voor de ketel en de stoommachines. Behalve de ruimtes was daar niets meer van overgebleven. Het museum wenste weer een machinekamer in te richten, waarvoor de ruimte van de machinekamer uit 1904 werd gekozen. Bij de inrichting werd bewust afgezien van een reconstructie, maar werd gekozen voor een lay out passend bij de verworven stoommachine.

Hoogbouw (I). Zowel het exterieur als het interieur wilde men intact houden vanwege het bijzondere industrieel-archeologisch belang. Aan het exterieur (authentiek) werd vrijwel niets veranderd. Brandweervoorschriften en in mindere

mate het museale gebruik dwongen tot enige wijzigingen in het interieur. Zo dienden er twee afgescheiden trappehuizen te komen. Door ze aan de "koppen" van de gevels te plaatsen en ze transparant te houden, bleef de kenmerkende ruimtelijke ervaring (langgerekt en smal) van een dergelijk gebouw behouden. Halverwege het gebouw, precies bij de uitbreiding van 1894, werd een kleine goederenlift vervangen door een grotere personenlift, ook geschikt voor gehandicapten. Ten slotte werd in het oudste gedeelte uit 1885 een nieuw drijfassysteem aangebracht dat werd aangesloten op de stoommachine. Om te laten zien dat het hier om een toevoeging gaat, werd besloten om de elektromotor, die alles draaiend houdt, zichtbaar aan te brengen.

In hoeverre het behoud, restauratie en hergebruik van het "wolfabriekje tot museumcomplex" geslaagd kan worden genoemd kan uiteindelijk het best beoordeeld worden door een bezoek te brengen aan het Nederlands Textielmuseum te Tilburg!

AGENDA HISTECHNICA

- Dinsdag 10 november 1987: Voordracht door drs. A.N. Hesselmans, getiteld: "Prof. dr.ir. Clarence Feldmann (1867-1941), grondlegger van de Nederlandse elektriciteitsvoorziening". Deze voordracht wordt georganiseerd door de afdeling Geschiedenis van de Techniek van het KIVI in samenwerking met NIRIA en HISTECHNICA. Aansluitend volgt een rondgang door de historische verzameling van de Faculteit der Elektrotechniek.
Deelname is gratis, aanmelding niet nodig.
Plaats: Gebouw van de Faculteit der Elektrotechniek TU Delft, Mekelweg 4 te Delft,
aanvang: 19.00 uur.
- Zaterdag 21 november 1987: Excursie naar de Electriche Museumtramlijn te Amsterdam (EMA). Deze excursie wordt georganiseerd in samenwerking met de afdeling Geschiedenis van de Techniek van het KIVI en de STHV.
Het programma luidt:
 - 10.00 uur: Ontvangst
 - 10.30 uur: Rondrit in een historische tram
 - 11.30 uur: Rondleiding met uitleg in de remise. Hier staat een collectie van ongeveer 70 oude trams opgesteld, en vinden tevens onderhouds- en restauratiewerkzaamheden plaats. Ook wordt het ontstaan van de EMA toegelicht
 - 13.00 uur: Einde.

De Electriche Museumtramlijn Amsterdam is te vinden aan de Amstelveenseweg 264 te Amsterdam, nabij het Haarlemmermeerstation. De kosten bedragen f 5,00 per persoon, ter plaatse te voldoen.

TTC-TENTOONSTELLINGEN

— **Van Spierkracht naar Motormacht**, tot en met 16 november 1987.

Een expositie van het Nationaal Technisch Museum te Praag, die met behulp van veel modellen, prenten en tekeningen de ontwikkeling laat zien van machines en apparaten, die de energie van natuurlijke bronnen zoals wind, water en fossiele brandstoffen zo efficiënt mogelijk weten om te zetten in meer bruikbare en beheersbare vormen van energie.

— **Ontwikkelingen in de Keuken**, tot en met 10 december 1987.

Een tentoonstelling samengesteld door het Unilever Research Laboratorium te Vlaardingen in nauwe samenwerking met verschillende grote en kleine bedrijven, instellingen zoals musea, universiteiten, opleidingen- en research-centra. Aan bod komen de veranderingen in de inrichting en vormgeving van de keuken als gevolg van de maatschappelijke ontwikkelingen en de parallel daaraan lopende technische mogelijkheden. Behalve aan keukens wordt ook nog aandacht geschonken aan de ontwikkeling van het keukengerei, aan opleidingen in de huishoudkunde en aan verandering van eetgewoonten door buitenlandse invloeden.

— **Holografie**, permanent.

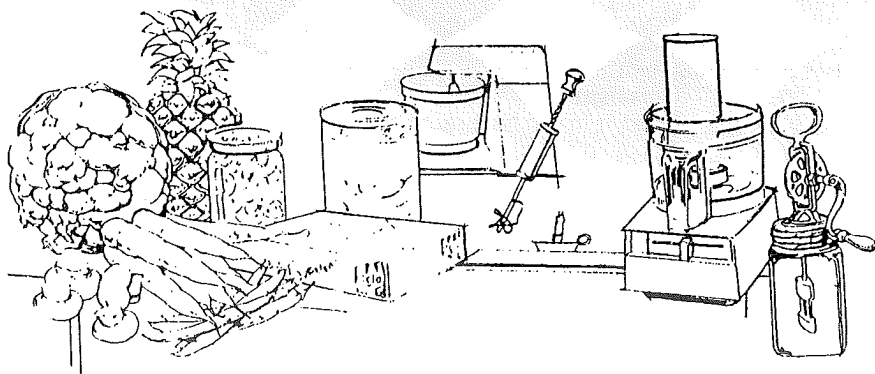
De tentoonstelling bestaat uit twee delen. In het eerste deel wordt aan de hand van tekeningen en modellen verklaard wat holografie is en hoe hologrammen worden gemaakt, welke soorten er zijn en hoe holografie wordt toegepast in wetenschap en techniek. Een aantal opstellingen kan door de bezoekers zelf worden bediend. Het tweede deel bestaat uit een verzameling van ca. 30 hologrammen, waaronder zeer unieke.

Regelmatig worden hologrammen toegevoegd.

Het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC, Kanaalweg 4 te Delft, is dagelijks geopend van 10-17 uur en op zondag van 13-17 uur. De toegang is gratis.

Bij groepsbezoek wordt verzocht vooraf contact op te nemen (tel. 015-783038).

Op verzoek kunnen enige films worden vertoond.



VERWANTE ORGANISATIES

Er bestaat wel eens wat verwarring over de verschillende verenigingen en organisaties die momenteel op technisch historisch gebied actief zijn. Deze zijn:

TECHNISCH TENTOONSTELLINGSCENTRUM (TTC)

Een dienst van de Technische Universiteit te Delft, die zich onder meer bezighoudt met het organiseren van educatieve tentoonstellingen om inzicht te geven in recente en historische technische ontwikkelingen en hun maatschappelijke gevolgen.

Adres expositiezaal: Kanaalweg 4, 2628 EB Delft

Adres kantoor: Rotterdamseweg 139a, 2628 AL Delft.

AFDELING VOOR DE GESCHIEDENIS DER TECHNIEK VAN HET KONINKLIJK INSTITUUT VAN INGENIEURS (KIVI)

Deze afdeling stelt zich ten doel de belangstelling voor de geschiedenis van de techniek te bevorderen door het organiseren van voordrachten, excursies en symposia.

Adres secretariaat: Ir. J. Deiman, p/a Universiteitsmuseum Utrecht, Postbus 13021, 3507 LA Utrecht.

STICHTING TECHNISCH-HISTORISCHE VERZAMELINGEN (STHV)

Vereniging van organisaties (stichtingen, instituten, verenigingen, e.d.) en individuele personen die een technische verzameling hebben dan wel daar nauw bij zijn betrokken, met het doel tot gezamenlijke activiteiten (zoals b.v. exposities) te komen.

Adres secretariaat: Alphons Ariënstraat 15, 2037 VJ Haarlem.

SECTIE TECHNISCHE MUSEA VAN DE NEDERLANDSE MUSEUM-VERENIGING (STM)

Samenwerkingsverband van technische musea in het kader van de Nederlandse Museumvereniging.

Adres secretariaat: W.J. van Kuilenburg, p/a Het Nederlands Postmuseum, Zeestraat 82, 2518 AD Den Haag.

Het spreekt vanzelf dat "Hist Technica" naar een zo hecht mogelijke samenwerking met en tussen bovengenoemde verenigingen streeft.

MEDEDELINGEN VERWANTE ORGANISATIES

Op zaterdag 12 december 1987 organiseert de Historische Commissie van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging een symposium, getiteld: "200 Jaar Moderne Scheikunde in Nederland". Dit symposium wordt gehouden ter gelegenheid van de heruitgave van de "Schets van de Leere van Lavoisier", die Van Marum in 1787 publiceerde.

Plaats: Teylers Museum, Spaarne 16 te Haarlem.

Aanvang: 10.00 uur.

Sprekers:

prof. dr. H.A.M. Snelders: "Scheikunde in Van Marum's Tijd",

prof. dr. G. Dijkstra: "Apparatuur van Van Marum",

dr. Jan W. van Spronsen: "200 Jaar Moderne Nomenclatuur",

drs. A. Wiechmann: "Martinus van Marum, Méér dan een Elektriserende Geleerde".

Tevens wordt een bezoek gebracht aan de tentoonstelling "Martinus van Marum (1750-1837), Elektriserende Geleerde in Tijden van Verlichting en Revolutie" in de Vleeshal.

Inlichtingen bij: Bureau KNCV, Burnierstraat 1, 2596 HS 's-Gravenhage, tel. 070-469406.