

Technologie en onderwijs in de 21ste eeuw

Citation for published version (APA):

van der Wolf, A. C. H. (1989). *Technologie en onderwijs in de 21ste eeuw*. (TH Eindhoven. Afd. Werktuigbouwkunde, Vakgroep Produktietechnologie : WPB; Vol. WPA0701). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1989

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

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

[Link to publication](#)

General rights

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

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

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

www.tue.nl/taverne

Take down policy

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

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

TECHNOLOGIE EN ONDERWIJS IN DE 21ste EEUW

Lezing door Prof.dr.ir. A.C.H. van der Wolf
Kijkdag HIGH TECHNOLOGY te Eindhoven
10 april 1989

WPA-rapportnr.: 0701

TECHNOLOGIE EN ONDERWIJS IN DE 21ste EEUW

Deze toch wat uitdagende titel zou kunnen suggereren dat de begrippen "technologie" en "onderwijs" op zichzelf staande zaken zijn in de maatschappelijke ontwikkelingen van de volgende eeuw. Bovendien gaat zij voorbij aan het tijdverschil dat er in een mensenleven altijd zit tussen "het opleiden voor een beroep" en "het uitoefenen ervan". Vandaag leiden we de mensen op die in het begin van de 21ste eeuw een rol zullen spelen bij de technologische ontwikkelingen. En om het allemaal nog wat gecompliceerder te maken: de 21ste eeuw duurt - zoals u ongetwijfeld weet - precies honderd jaar; en nu heeft een hoogleraar profetische gaven maar ik heb in de afgelopen jaren geleerd om daar toch maar spaarzaam gebruik van te maken. Om met Heer Bommel tot mijzelf te spreken: "Ken je maat vriendje!".

Laat ik beginnen met te constateren dat we midden in de overgang zitten van de "industriële maatschappij" naar wat sommigen de "post-industriële samenleving" en anderen de "informatie-maatschappij" noemen. We zijn bezig om de mens steeds verder weg te halen van de fysieke arbeid die zo kenmerkend was voor zijn bijdrage aan de industriële maatschappij. Tegelijkertijd proberen we zijn produktiviteit te verbeteren waardoor hij de gelegenheid krijgt om zijn geestelijke vermogens - waaronder zijn intelligentie - vaker en intensiever te gebruiken. Bij dit alles spelen "computers" en "automatisering" een belangrijke maar niet een allesbepalende rol. Het zijn meer de "middelen waarmee" dan "het doel waarnaar". U moet begrijpen dat de geschetste overgang gepaard gaat met een sterke toename van de dienstverlenende sector, die essentieel is ter ondersteuning van de hoge levensstandaard van die post-industriële maatschappij. Dit proces is in de Verenigde Staten van Amerika [1] reeds lang aan de gang (zie dia 1). Echter: op zich leveren dienstverlenende eenheden geen bijdrage aan de economie van een dergelijke maatschappij. Deze sector kan alleen maar groeien als de echte contribuant - de technologische sector - kostenefficiënter gaat draaien. U ziet hier wederom het belang van het verbeteren van de produktiviteit van deze sector.

Ik ga voorbij aan de niet onbelangrijke ethische vraag of het verantwoord is om arbeidsplaatsen weg te automatiseren. Of zoals Ruud Overdijk [2] het enkele jaren geleden wat speelser in het

blad "De Ingenieur" stelde: "Accepteren we de robot als onze nieuwe collega?". Ik stel vast dat de rekenautomaten de wereld van de technologie met grote snelheid aan het binnendringen zijn. De ingenieurswetenschappen worden geautomatiseerd. Aan de hand van mijn eigen vak - de produktietechnologie - zal ik u dat nader toelichten. Spreken over "Computer Integrated Manufacturing" - in het vakjargon vaak getypeerd met het magische acroniem "CIM" - betekent voor mij vooral spreken over produktietechnologie; de informatica - die ik daarbij intensief gebruik - is mijn vak niet. De produktietechniek die aan de orde zal komen is de vervaardiging van discrete produkten. Zij worden ontworpen en gefabriceerd om zelfstandig of in een groter geheel een functie te vervullen. De geometrie (= de vorm) die tijdens de vervaardiging wordt gegenereerd, is een belangrijk element bij het vervullen van die functie. En om twee regionale voorbeelden te geven: u mag bij een discreet produkt denken aan de kopschijf van een videorecorder maar ook aan de remcilindersteun van een vrachtwagen. De produktie van bulkgoederen zal buiten beschouwing blijven alhoewel er zeker methodologische overeenkomsten met de discrete produktie zijn aan te wijzen.

Het is nodig om bij de vervaardiging van discrete produkten onderscheid te maken tussen massa- en seriefabricage. De eerste categorie - waarbij het vrijwel altijd starre automatisering betreft - is vanuit CIM-oogpunt minder interessant behalve in het geval van de aanmaak van de produktiemiddelen zelf. De seriefabricage daarentegen - en ik bedoel dan de seriefabricage uit de conventionele werkplaaats van de industriële maatschappij waar wij afscheid van aan het nemen zijn - kent een aantal problemen die "gefundenes Fressen" zijn voor de CIM-gedachte. Ik som er een zestal voor u op (zie dia 2):

- * hoge graad van gecompliceerdheid,
- * grote informatiedichtheid,
- * ook in onderdelen slechte voorspelbaarheid van de afloop,
- * logische stappen worden afgewisseld door heuristische,
- * het bestaan van informele systemen en
- * grote kapitale investeringen die slecht benut worden.

Wat populairder samengevat: ouderwetse seriematige fabricage van discrete produkten heeft last van routingproblemen, buffers van onderdelen bij tal van fabricageplekken en boze bankiers die van mening zijn dat hun geld niet rendabel gemaakt wordt.

Om beter te begrijpen wat CIM kan betekenen voor de aanmaak van een discreet produkt stel ik u voor te kijken naar de kenmerkende cyclus die een dergelijk produkt in de tijd doorloopt (zie dia 3):

- a. DE GEWENSTE FUNCTIE : een vaak ruwe en a-technische omschrijving van het gewenste eindresultaat.
- b. HET ONTWERPEN : tekenen, berekenen, simulatie, bouw prototype en beproeving.
- c. DE WERKVOORBEREIDING : het plannen van de processen en de produktie- en meetmiddelen.
- d. DE FABRICAGE : een in materie gerealiseerde functie met goed- en afkeur.
- e. HET GEBRUIK : reparaties, aanpassingen en service.
- f. HET EINDE : milieubelasting en recycling.

Voor dit betoog zijn in het bijzonder de delen b t/m d van belang. Zuiver technologisch kijkend zijn zij de wezenlijke delen van een bedrijf voor de vervaardiging van discrete produkten. Hier zullen in de toekomst grote CAD-systemen hun intrede doen, zal de werkvoorbereiding grotendeels geautomatiseerd gebeuren en zal de fabricage plaatsvinden met computergestuurde werktuigen. Belangrijker om op te merken is echter dat de CIM-gedachte het onderscheid tussen deze drie delen geheel zal vervagen. Met mijn collega Spur [3] stel ik u dan ook voor om van nu af aan het begrip CIM te interpreteren als: "a factory integrated by information technology" (zie dia 4).

Op dit punt in mijn betoog aangekomen zijnde, sla ik de raad van Heer Bommel voor enkele ogenblikken in de wind en voer u mee naar een dergelijk bedrijf in het jaar 2025. We zien dat het ontwerpen daar gebeurt met de computer; alleen dat wat gemaakt kan worden, wordt ontworpen. De produktiemiddelen zijn gegroepeerd in kleine fabricagecellen met automatische gereedschapswisseling. De bedrijfsleiding hanteert eenduidige definities van het prestatie-

vermogen van een dergelijke cel. Tussen de cellen vindt automatisch transport plaats zowel van materiaal als van informatie. Er zijn weinig mensen op de vloer van de fabriek, sommige delen zijn geheel onbemand. De informele systemen zijn goeddeels verdwenen. De operator bevindt zich in de computerruimte; hij bestuurt en overziet een aantal cellen.

Voor de beeldvorming is deze opsomming meer dan voldoende. Laat ik terugkeren naar vandaag door de rol van het onderwijs bij dit proces wat nader toe te lichten.

Beschouwingen over het technisch onderwijs voor de toekomst beperken zich vaak tot wat algemene opmerkingen in de trant van: "Leer in alle situaties jonge mensen werken met computers en software!". Op zich een uitstekende gedachte mits niet voorbij gegaan wordt aan de nog steeds aanwezige noodzaak om deze jonge mensen tegelijkertijd technologische domeinkennis van een bepaald vakgebied mee te geven. Invoering van computergestuurde werkvoorbereiding en fabricage in een verspanende werkplaats - de delen c en d van de genoemde produktcyclus - vereist ook nog altijd een gedegen kennis van verspaningsprocessen. Uit een in 1987 gepubliceerd onderzoek uitgevoerd door Van Mal e.a. [4] naar de introductie van numeriek bestuurd werktuigen bij een zestal middelgrote bedrijven in de omgeving van Eindhoven, blijkt dat de beste resultaten verkregen werden met werknemers die al een langere tijd ervaring hadden opgedaan met conventionele machines en die zich daarna de computertechnieken via een speciale cursus hadden eigen gemaakt. Deze werknemers hebben hun - vaak lagere - beroepsopleiding geruime tijd geleden op een zeer degelijke wijze ontvangen. Ik vraag mij met grote zorg af of het huidige lagere beroepsopleiding deze zo noodzakelijke technologische kennis aanbrengt bij de thans in opleiding zijnde jonge mensen. In ieder geval zullen zij die kennis nodig hebben bij de uitoefening van hun beroep dat toch gesitueerd moet zijn in die geautomatiseerde fabricage in het begin van de 21ste eeuw.

Een tweede misverstand zou kunnen zijn dat deze geautomatiseerde fabricage slechts universitair opgeleide bollebozen nodig heeft. Niets is minder waar! Kijken we naar het niveau van taken in de bovengenoemde delen van de produktcyclus en betrekken we tevens - zoals Hijink dit vorig jaar in een artikel in MB-Produktie-techniek [5] gedaan heeft - de beheerstaken van een werkplaats erbij, dan krijgen we het volgende beeld (zie dia 5).

In deze figuur is het verband aangegeven tussen de gewenste kennis en ervaring en het soort opleiding van een pas afgestudeerde. U ziet dat alle soorten opleiding nodig zijn, alleen de plaats van inzet verschilt. Met Hijink pleit ik er voor om de scholingstijd die in de diverse programma's voor de onderdelen gereserveerd is, in relatie te brengen met het werk dat later moet worden uitgevoerd.

U mag uit dit beeld tevens afleiden dat ik een voorstander ben van het zo dicht mogelijk naast elkaar zetten van de diverse technische opleidingen. Daar bedoel ik niet mee dat elke opleiding zijn identiteit maar moet opgeven; ik bedoel alleen dat de opleidingen gezamenlijk de werkelijke situatie van de geautomatiseerde fabricage van discrete produkten in de 21ste eeuw thans zo dicht mogelijk moeten benaderen en dat betekent: samenwerken. Ik vind het in dit verband fijn om op te kunnen merken dat hier in Eindhoven op het gebied van het onderwijs in de geautomatiseerde fabricage van discrete produkten reeds geruime tijd een goede samenwerking bestaat tussen de Pedagogisch Technische Hogeschool Nederland, het Regionaal Centrum Werktuigbouwkunde en de Faculteit Werktuigbouwkunde van de Technische Universiteit. We gebruiken elkaars kennis, vaardigheden en outillage en we zijn gezamenlijk trots op de inrichting van de laboratoria die U straks kunt bezoeken.

Deze trots geldt in het bijzonder de laatste aanwinst van het Regionaal Centrum Werktuigbouwkunde: de flexibele fabricage cel. Deze cel bestaat uit twee bewerkingscentra die met elkaar verbonden zijn door een transport- en opslagsysteem voor pallets, een gereedschapvoorinstelapparaat en een overkoepelende computer (zie dia 6). Voor de bewerkingsmachines zijn twee elkaar aanvullende machines gekozen: een horizontaal bewerkingscentrum MAHO MC 50 S en een bewerkingscentrum dat zowel horizontaal als verticaal kan bewerken, een MAHO MH 600 S. Door deze combinatie is het mogelijk een produkt zonder om te spannen aan vijf zijden te bewerken.

Door de computerkoppeling van de bewerkingsmachines, het transport- en opslagsysteem en het gereedschapvoorinstelapparaat vindt er automatisch transport van materiaal en informatie plaats zoals eerder geschetst is bij het bedrijf van het jaar 2025. Ook zijn hierdoor de eerder genoemde informele systemen helemaal verdwenen. Dit wil wel zeggen dat, wanneer een produkt gemaakt

moet worden binnen de cel, een strak schema doorlopen moet worden om tot een produktieopdracht te komen. Dit geldt zowel voor complexe als voor eenvoudige produkten.

Wat zijn nu de verschillende stappen die uitgevoerd moeten worden om tot een dergelijke opdracht te komen?

Allereerst worden aan de hand van het produktontwerp de bewerkingsprogramma's voor de machines gemaakt. Dan moet de koppeling gelegd worden tussen een bewerkingsprogramma en een machine of een groep machines. De volgende stap is het groeperen van de verschillende bewerkingen die het produkt moet ondergaan.

Tenslotte wordt nog een bepaalde opspanning aan het produkt toegewezen. Deze gegevens leggen de produktieopdracht vast die vervolgens in de planning kan worden ingebracht.

Na het invoeren van een opdracht gaat de computer controleren of aan alle voorwaarden voor produktie is voldaan. Zo moet de opspanning op een pallet geplaatst zijn, een werkstuk opgespannen zijn en de benodigde gereedschappen moeten in de desbetreffende machines aanwezig zijn. Is aan één of meer van deze voorwaarden niet voldaan dan wordt de opdracht teruggeplaatst, de computer geeft aan wat ontbreekt en probeert de volgende opdracht uit te voeren.

Is een produktieopdracht voor een produktontwerp eenmaal gemaakt dan kan deze op elk tijdstip voor een willekeurig aantal zelfde produkten weer in het systeem gebracht worden. De bijbehorende bewerkingsprogramma's en werkstukken worden dan weer automatisch in de machines geladen en de produktie kan plaatsvinden met een minimum aan wachttijden en vrijwel geen stilstand van de bewerkingsmachines.

Deze cel is bij het Regionaal Centrum Werktuigbouwkunde geplaatst om studenten en docenten van het technisch onderwijs maar ook het bedrijfsleven kennis te laten maken met geavanceerde methoden om discrete produkten te vervaardigen. Getracht wordt de opleiding zo praktijkgericht mogelijk te laten plaatsvinden door produkten uit de industrie te nemen. Op deze wijze maken de cursisten kennis met alle aspecten van de toekomstige "factory integrated by information technology".

Het zal u duidelijk zijn dat CIM slechts werkelijkheid kan worden als het geschetste beeld een aantal voordelen biedt. Bij de bespreking van de produktieopdracht van de flexibele fabricage

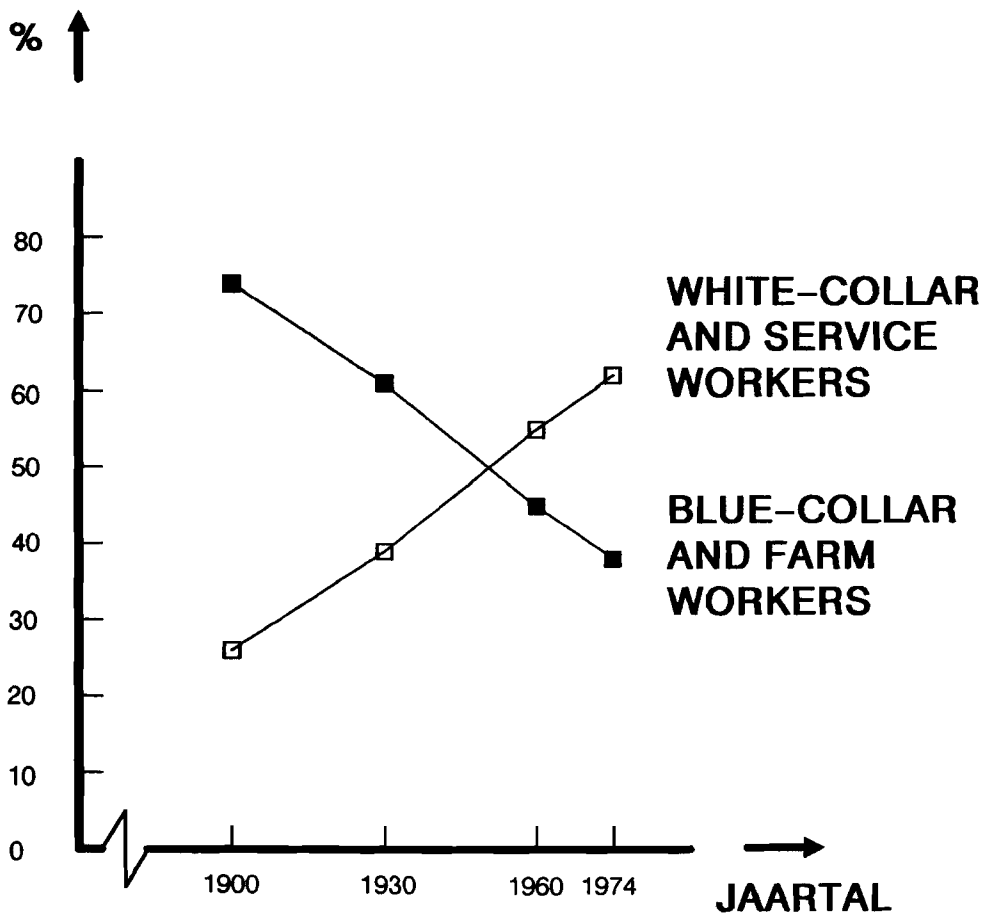
cel heb ik al gewezen op de vermindering van stilstand en "set-up" tijden waardoor een beter gebruik van de aanwezige produktiecapaciteit zal ontstaan. Ook de tijdbesparing in de voortrajecten "ontwerpen" en "werkvoorbereiding" hoort in dat verband genoemd te worden. Technologisch gezien is de verwachting dat er een aanzienlijke verbetering van de samenwerking tussen de opeenvolgende delen van de genoemde produktcyclus - met name tussen "ontwerpen", "werkvoorbereiding" en "fabriceren" - zal ontstaan, waardoor o.a. een verbetering van de produktkwaliteit zal optreden ook en in het bijzonder bij complexere produkten. Ik wil u ook nog wijzen op een verwachting die het belang van een enkel bedrijf overstijgt, namelijk de mogelijkheid die het geschetste beeld biedt om "suppliers" en "co-makers" intensiever bij de fabricage te betrekken.

Laat ik - aan het einde van mijn voordracht gekomen zijnde - nog een enkel woord wijden aan de mens in deze ontwikkeling. Het zal voor hem in een bedrijf dat discrete produkten maakt een andere rol worden dan voorheen: minder zweet, meer geestelijke inspanning, doch ook meer vrije tijd. Ik vermoed dat dit op tal van andere plaatsen in de samenleving van de volgende eeuw ook het geval zal zijn. Ik denk dat de mens moet wennen aan de mogelijkheden die de post-industriële samenleving hem aanbiedt. En ik heb het al eerder gezegd: de spelende mens is er een van! Met een knipoog naar deze "homo ludens" van de 21ste eeuw dank ik u allen zeer voor uw gewaardeerde aandacht.

REFERENTIES

- [1] Bell, D.:
The coming of post-industrial society.
Basic Books, Inc., New York 1976, p. 134 e.v.
- [2] Overdijk, R.:
De robot uw nieuwe collega.
De Ingenieur, Jrg. 95/1/1983, p. 17 e.v.
- [3] Spur, G.:
The factory of the future: management aspects.
Annals of the CIRP, Vol. 37/2/1988, p. 553 e.v.
- [4] Mal, H.H. van, Ottink, F.J.A.M. en Peters, R.B.:
Onderzoeksresultaten introductie CNC bij een zestal
bedrijven.
MB-Produktietechniek, Jrg. 53/2/1987, p. 46 e.v.
- [5] Hijink, J.A.W.:
Besturingsgerichte programmeersystemen.
MB-Produktietechniek, Jrg. 54/6/1988, p. 226 e.v.

PROCENTUELE VERDELING BEROEPSBEVOLKING USA



VAN DER WOLF

TUE-WPA

SERIEFABRICAGE in een CONVENTIONELE werkplaats

- hoge graad van gecompliceerdheid
- grote informatiedichtheid
- slechte voorspelbaarheid
- logische en heuristische stappen
- informele systemen
- grote kapitale investeringen

PRODUKTCYCLUS

- a. DE GEWENSTE FUNCTIE
- b. HET ONTWERPEN
- c. DE WERKVOORBEREIDING
- d. DE FABRICAGE
- e. HET GEBRUIK
- f. HET EINDE

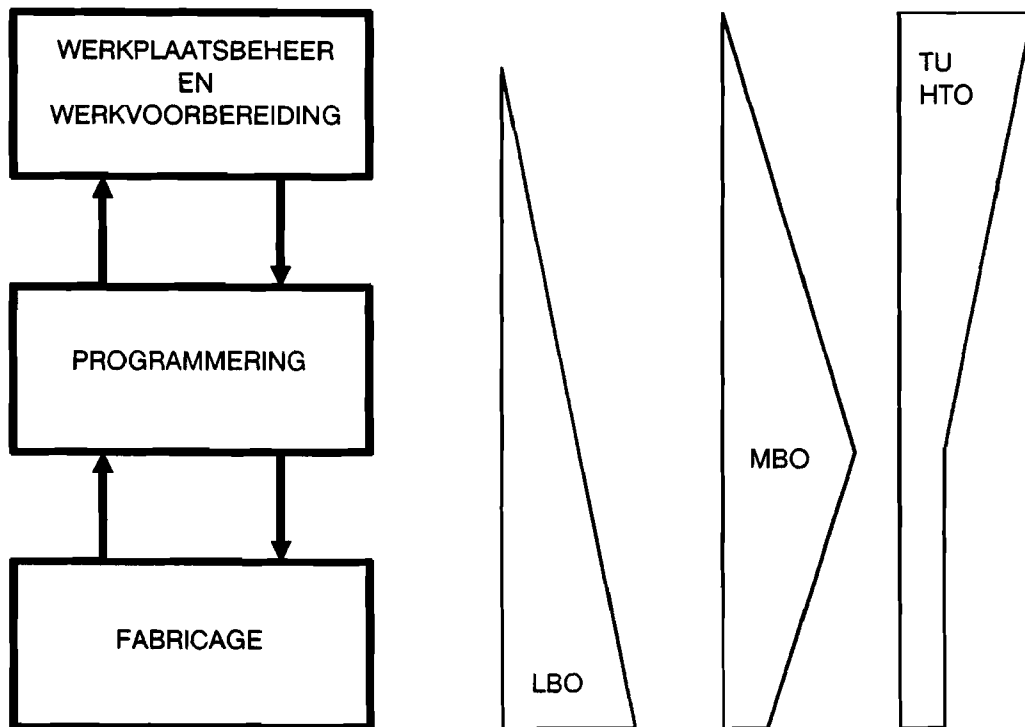
cim

**... A FACTORY INTEGRATED BY
INFORMATION TECHNOLOGY ...**

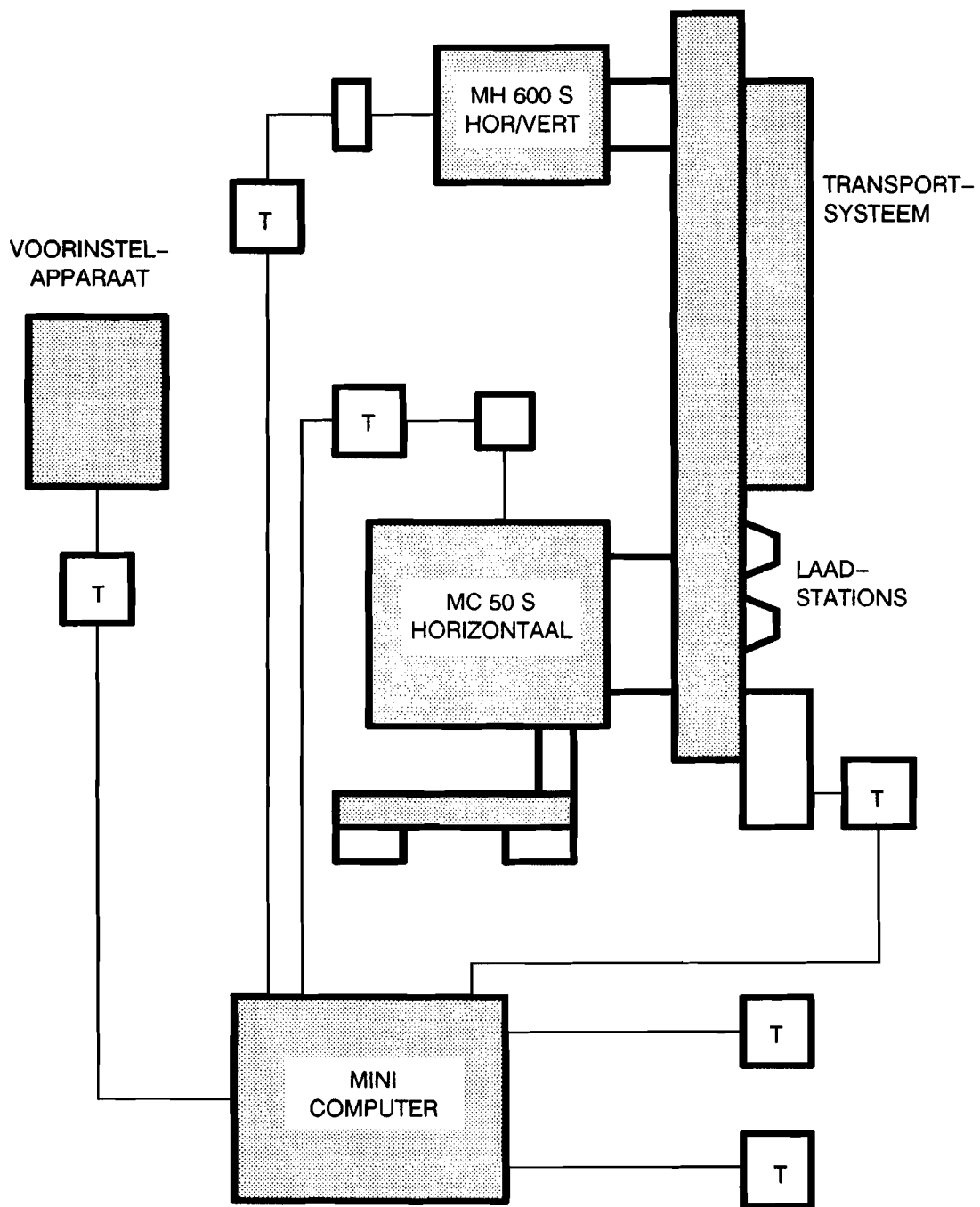
VAN DER WOLF

TUE-WPA

GEWENSTE KENNIS EN ERVARING VAN EEN PAS AFGESTUDEERDE



FLEXIBELE FABRICAGE CEL RCW



VAN DER WOLF

TUE-WPA