

Geerten Schrama\*

## Bewerkingsmachines met numerieke besturing

Nieuwe technologie is vandaag de dag een 'hot item'. De talloze verhandelingen ventileren zowel hoop als vrees voor de toekomst. Algemene beschouwingen hebben de overhand, terwijl er betrekkelijk weinig wordt geschreven over specifieke vormen van technologie. Dit artikel doet dat laatste wel en gaat over een misschien wat minder bekende vorm, numerieke besturing.

Numerieke besturing is de meest gangbare manier om bewerkingsmachines (ook wel gereedschapsmachines, gereedschapswerktuigen of werktuigmachines genoemd) te automatiseren. Bij deze techniek — afgekort tot *nc*, van de Engelse term *numerical control* — wordt de machine bestuurd door een van buitenaf ingevoerd besturingsprogramma. Dit programma bestaat uit getalsmatig (= numeriek) gekodeerde besturingsopdrachten, doorgaans vastgelegd op een ponsbandje.

Er bestaat een groot aantal categorieën van *nc*-machines, tot en met magazijnen met numerieke besturing. De meeste van deze machines zijn machines voor verspanende metaalbewerking. Hierbij krijgt het werkstuk de gewenste vorm door met gereedschap stukjes, spanen genoemd, van het materiaal af te halen. *Draaibanken* vormen de belangrijkste categorie. Tijdens de bewerking draait het werkstuk rond, terwijl het gereedschap erlangs wordt bewogen. Een tweede categorie zijn de *frees- en boormachines*. Hierbij wordt een stilstaand werkstuk met een draaiend stuk gereedschap bewerkt. De techniek van numerieke besturing is in de jaren vijftig in de Verenigde Staten ontwikkeld en deed tegen het einde van de jaren zestig haar intrede in Nederland. Sinds een jaar of tien bestaan er ook computergestuurde bewerkingsmachines. Deze *cnc-machines* onderscheiden zich van 'gewone' *nc*-machines, doordat het besturingsgedeelte een vrij programmeerbare mikro-computer bevat. Tegenwoordig worden er haast alleen nog maar *cnc*-machines gemaakt.

*Nc*-machines zijn in zekere zin verwant aan een wat bekendere vorm

---

\* De auteur studeert sociologie in Leiden. Dit artikel is de neerslag van een stage bij de Industriebond FNV.

Voor de kaderleden van deze bond schreef de auteur een brochure over numerieke besturing

van automatisering: de industriële robots. In beide gevallen gaat het om machines, die worden gebruikt bij fabrieksmatige productie en die werken met een besturingsprogramma. Robots zijn echter geen bewerkings- maar hanteringsmachines. Ze hanteren bijvoorbeeld een verfspuit of een lasapparaat, of verplaatsen werkstukken.

Er is ook verwantschap met een andere geruchtmakende vorm van automatisering: *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing* (CAD/CAM). Rond dit ontwerpen en produceren met behulp van een computer bestaat de nodige onduidelijkheid. CAD en CAM zijn afzonderlijk zonder meer al operationeel. Haast iedereen heeft wel eens op de televisie gezien, hoe men met een computer vliegtuigen, auto's en niet te vergeten chips ontwerpt. De tekentafel heeft plaatsgemaakt voor een beeldscherm, waarop het ontwerp driedimensionaal wordt geprojecteerd en op alle mogelijke wijzen te manipuleren is. Anderzijds is een cnc-machine of iedere andere computergestuurde produktiemachine strikt genomen een vorm van CAM. Een systeem, waarbij cnc-machines zijn aangesloten op een centrale computer (dit komt verderop nog ter sprake) is zeker een vorm van CAM. Er bestaat veel onduidelijkheid over de mate van integratie van CAD en CAM die nodig is om van CAD/CAM te kunnen spreken. Zo kun je zowel de bewering tegenkomen, dat er in Nederland al een vijftigtal CAD/CAM-systemen operationeel zijn, als dat dit nog helemaal niet het geval is, omdat de overgang van ontwerp naar productie nog niet zonder menselijk ingrijpen kan plaatsvinden.

Over het gebruik van nc-machines in Nederland zijn nauwelijks exakte gegevens beschikbaar. Een zeer globale schatting<sup>1</sup> levert op, dat hun aantal momenteel in de orde van grootte van 1.500 ligt, waaronder een paar honderd cnc-machines. Het aantal stijgt snel met ongeveer 10% per jaar. Voor West-Duitsland is aanzienlijk meer en uitgebreider cijfermateriaal voorhanden. Daar is bijvoorbeeld in 1981 een groot onderzoek van het Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung uit Karlsruhe naar de gevolgen van het gebruik van cnc-machines gepubliceerd.<sup>2</sup> Medio 1980 waren er in de Bondsrepubliek 25.000 nc-machines in gebruik, waarvan meer dan de helft draaibanken en ongeveer eenderde frees- en boormachines. Van deze machines waren 12.000 computergestuurd. Jaarlijks komen er daar ongeveer 9.000 cnc-machines bij.

### **Programmeren**

Het maken van een numeriek besturingsprogramma is simpel gezegd

---

1. Telefonische opgave van een medewerker van het Metaalinstituut TNO in Apeldoorn.

2. Zie de literatuuropgave na dit artikel.

het omzetten van een werktekening in een programma dat geschreven is in een 'taal', die de machine kan begrijpen. Zo'n programma kan op verschillende manieren worden gemaakt. Als het produkt en de bewerkingen niet al te ingewikkeld zijn kan het 'met de hand' gebeuren. De programmeur schrijft aan de hand van een werktekening en eventueel met behulp van een gewone zakrekenmachine het programma op papier uit, waarna er een ponsband van wordt gemaakt. Hoewel de meeste cnc-machines met ponsbanden werken, is het mogelijk deze machines via een toetsenbord en een beeldscherm direct te programmeren. Hoe moderner de machine, hoe eenvoudiger ze is te programmeren. Met 'parallelprogrammering' kan een draaiende machine al worden geprogrammeerd voor een volgende bewerking; met 'menutechnieken' zijn veel voorkomende programmaonderdelen al ingebouwd en ook zijn allerlei relevante gegevens en programmeerkodes vanuit het geheugen van de machine of van elders op het beeldscherm te projekteren.

Om programma's te kunnen maken voor wat moeilijkere werkstukken met meer gekompliceerde bewerkingen heeft men een aparte computer nodig. Dit impliceert ook het gebruik van een speciale programmeer- of computertaal. De eerste stap is het beschrijven van de geometrie van het te maken produkt, gevolgd door de te gebruiken gereedschappen en hun sturingsopdrachten. Deze zaken worden vervolgens door de computer doorgerekend om tot een goed programma te komen. De bewerkingen kunnen zo gekompliceerd zijn, dat ze voor een mens niet te overzien zijn. Een freesmachine beweegt het gereedschap ten opzichte van het werkstuk in de drie dimensies van dat werkstuk. Maar omdat op deze manier geen perfecte bolvormen kunnen worden gefreesd, kan het gereedschap zelf soms ook nog om twee assen draaien. Dit geeft samen een vijf-assige bewerking. Een numeriek besturingsprogramma moet alle assen tegelijk besturen.

98

### *Economische voordelen*

Het gebruik van bewerkingsmachines met numerieke besturing en van cnc-machines in het bijzonder biedt aanzienlijke bedrijfseconomische voordelen: *kortere bewerkingstijden, grotere nauwkeurigheid* en vooral *minder stilstand*. Uit het hierboven genoemde Duitse onderzoek blijkt onder andere, dat de bewerkingstijden met cnc-machines gemiddeld 40% korter zijn in vergelijking met niet-geautomatiseerde of konventionele bewerkingsmachines. Het belangrijkste voordeel van cnc-machines is, dat ze minder stilstaan. Het instellen van de machine voor een nieuwe produktieserie gaat een stuk sneller. Het geheugen van de machine kan soms wel twintig programma's bevatten, die met een druk op de knop bruikbaar zijn. Programma's, die eenmaal goed zijn, kunnen in principe eindelijk worden herhaald.

Dit alles betekent, dat cnc-machines langere tijd werkelijk produceren. In vergelijking met konventionele machines is er sprake van een tijdswinst van 30 tot 60%. Op dit punt blijven gewone nc-machines ook duidelijk achter.

De *grote flexibiliteit* van cnc-machines biedt bepaalde mogelijkheden. De productie van kleinere series is op deze manier rendabel te automatiseren. In West-Duitsland maakt men met 60% van de cnc-machines series van vijftig stuks of minder en met 10% zelfs enkelstuks. Bedrijven kunnen hierdoor meer verschillende producten maken of meer variaties op bepaalde producten. Men kan in steeds kleinere gaatjes in de markt springen. Ook is het mogelijk, meer op specifieke afnemers gerichte producten te maken, wat met name interessant is voor de machinebouw. Opvallend is, dat cnc-machines niet alleen terreinwinst boeken op konventionele machines bij de productie van kleine series en enkelstuks, maar ook op de meer starre automaten bij de productie van middelgrote tot grote series. Bedrijven met een flexibeler productieproces hebben naar verhouding het meeste aan cnc-machines. Dat dit, globaal genomen, ook de wat kleinere bedrijven zijn, wordt bevestigd door het feit, dat in West-Duitsland meer dan de helft van de cnc-machines staat in bedrijven met minder dan 250 werknemers.

Het gebruik van cnc-machines met hun grotere nauwkeurigheid en bewerkingssnelheid heeft met name in de vliegtuigindustrie er toe geleid, dat men minder maar wel gekompliceerder onderdelen in de vliegtuigen verwerkt. Zo kunnen de vleugels soms integraal uit één stuk worden gefreesd, terwijl ze voorheen werden gekonstrueerd uit losse platen en ribben. Het resultaat is een stuk lichter en toch steviger: een verbetering van de kwaliteit van het produkt.

### ***Werkgelegenheid***

Zoals te verwachten was, is het niet alles goud wat er blinkt. De *arbeidsproductiviteit* bij cnc-machines ligt volgens het Duitse onderzoek ongeveer twee maal zo hoog. Om hetzelfde te produceren als met konventionele machines is gemiddeld nog maar de helft aan arbeidskrachten nodig. Dit betekent, dat er door het gebruik van de hierboven vermelde 12.000 cnc-machines in West-Duitsland ongeveer 22.000 arbeidsplaatsen verloren zijn gegaan. Dergelijke cijfers moeten echter altijd met de nodige voorzichtigheid worden gebruikt. Het betreft hier geen feitelijk gekonstateerd verlies van arbeidsplaatsen, maar een theoretische berekening op basis van de gemiddelde toename van de arbeidsproductiviteit.

Over de totale gevolgen voor de werkgelegenheid van het gebruik van cnc-machines zijn geen exakte cijfers bekend. In de genoemde berekening zijn zaken als capaciteitsuitbreiding buiten beschouwing gelaten. Met cnc-machines kunnen allerlei (ver)nieuw(d)e of

goedkopere produkten worden gemaakt. Anderzijds moet men met het voortduren van de economische crisis niet al te optimistisch zijn over de mogelijkheid om door automatisering nieuwe arbeidsplaatsen te scheppen. Hoe het ook zij, veel werknemers ervaren de ontwikkelingen als bedreigend. "Die cnc-machines zijn gemaakt om mij een schop onder m'n kont te geven", zei een kaderlid van de Industriebond FNV bij Cascade-Diemen.

### *Bedienen en programmeren*

Het invoeren van bewerkingsmachines met numerieke besturing heeft natuurlijk ook gevolgen voor het werk dat overblijft. Hiermee zijn we dan aangeland bij de *kwaliteit van de arbeid*. Het gebruik van nc-machines heeft over het algemeen geleid tot een verder doorgevoerde arbeidsdeling en een ernstige aantasting van het bij het werk vereiste vakmanschap.

Het draait hierbij vooral om het maken van het besturingsprogramma. Bij konventionele bewerking was het de man achter de machine die met zijn vakmanschap en zijn gevoel voor het materiaal met behulp van de knoppen, handels en wielen aan de machine volgens de werktekening een produkt maakte. Hij koos zelf het gereedschap en besliste zelf over de bewerkingsvolgorde en de rest van de aanpak. Bij numerieke besturing zijn al deze dingen in een besturingsprogramma verwerkt. De beslissingen worden genomen door degene die het programma schrijft en dat is meestal niet de man die de machine bedient.

De programma's voor gewone nc-machines worden bijna altijd op een aparte afdeling, die *werkvoorbereiding of planning* heet, gemaakt. Machinebedieners zeggen dit jammer te vinden, omdat hun werk hierdoor minder aantrekkelijk is. Ook de meeste cnc-machines worden niet op de werkvloer geprogrammeerd. Dit is slechts bij 22% van de Duitse cnc-machines het geval en daarvan wordt nog eens 8% geprogrammeerd door een ander dan de bediener. De technische mogelijkheden om aan de machine zelf te programmeren worden bij de overige 78% alleen gebruikt voor het proefdraaien en bij het aanbrengen van wijzigingen in de programma's.

Voor deze *scheiding van bedienen en programmeren* zijn een aantal redenen aan te voeren. Het schrijven van de programma's kan te veel tijd kosten. Als de bediener dit doet, staat de machine zo lang stil. Dit geldt zeker voor gewone nc-machines. Bij cnc-machines geldt echter: hoe moderner de machine, hoe eenvoudiger en sneller te programmeren. Wel geldt, dat naarmate de machine duurder is, stilstand kostbaarder wordt. Een andere reden kan zijn, dat de te maken berekeningen zo ingewikkeld zijn, dat het programma door een computer moet worden doorgerekend. Tenslotte wordt een scheiding tussen bedienen en programmeren ook bevorderd door grote series en

lange bewerkingstijden. Als de machine niet zo vaak moet worden geprogrammeerd voor een andere serie, wil men het bedienen van cnc-machines nogal eens overlaten aan lager geschoolde mensen. Dit is een voorbeeld van de bij automatisering veel optredende polarisatie: het vergroten van de kloof tussen hoger en lager gekwalificeerde werknemers.

### *Arbeidsinhoud*

Het bedienen van machines met numerieke besturing zonder ze ook te programmeren is in principe tamelijk eenvoudig, bij grote series zelfs routinematig werk. Je moet het werkstuk opspannen (in de juiste positie vastzetten in de machine), de machine in werking stellen en na afloop van het programma het werkstuk weer uit de machine halen. De techniek van numerieke besturing kan nog niet zonder vakmanschap. Afhankelijk van het type machine moet de bediener meer of minder ingrijpen of bijsturen waar dingen niet in een programma zijn te verwerken of als er iets mis gaat. Het is duidelijk te merken, dat deze techniek de kinderziekten bijna heeft overwonnen. Bij de modernste cnc-machines is het ingrijpen door de bediener tot een minimum teruggebracht. Gesteld dat alles goed gaat, dan zit er nog enig vakmanschap in het nameten, dat meestal konventioneel gebeurt. Vakmanschap is ook in zekere mate nodig bij het instellen van de machine voor een nieuwe serie. In Nederland is dit praktisch altijd de taak van de bediener, maar in het buitenland heb je vaak speciale 'stellers'.

De inhoud van de bedienende arbeid kan worden vergroot door de bediener een rol te geven bij het corrigeren en optimaliseren van de programma's. Een programma, dat van de werkvoorbereiding komt, moet eerst proefdraaien, waarna de fouten, die er meestal in zitten, worden gecorrigeerd. Een foutloos programma hoeft nog niet optimaal te zijn. Tijdens het proefdraaien of tijdens de bewerking kan blijken, dat bepaalde dingen beter of sneller kunnen. Bij machines zonder computerbesturing moeten de wijzigingen in het programma buiten de machine worden aangebracht. De rol van de bediener hierbij zal niet veel meer zijn dan het assisteren van de programmeur. Bij cnc-machines kunnen de wijzigingen ter plaatse worden aangebracht. Veel van deze machines hebben ook een soort verlengstuk, waarmee nieuwe ponsbandjes kunnen worden gemaakt van de gewijzigde programma's. Het is in principe mogelijk, dat een bediener die niet zelf programmeert wel zelfstandig de programma's corrigeert en optimaliseert. In de praktijk zie je meestal een of andere vorm van samenwerking tussen bediener en programmeur. Volgens het Duitse onderzoek is bij 40% van de cnc-machines de bediener betrokken bij het corrigeren en optimaliseren van de programma's.

Uit de konstatering, dat het gebruik van bewerkingsmachines met numerieke besturing heeft geleid tot een verdere arbeidsdeling en een aantasting van het benodigde vakmanschap, mag *niet* worden afgeleid, dat alle betreffende arbeidsplaatsen voorheen zo hoogwaardig waren – zeker niet bij grote series. Ook het werken met konventionele bewerkingsmachines of met machines voorzien van een mechanische besturing kon zeer repetitief zijn. Daar waren de copier-freesmachines en de sjabloondraaibanken, waarmee modellen eindeloos werden nagemaakt. Ook de revolverdraaibanken, waarbij al het benodigde gereedschap van te voren was ingesteld, zodat ook de bewerkingsvolgorde al vast lag, waren berucht. ‘Verstand op nul en draaien maar’ luidde het motto.

### *Andere aspecten*

Los van de arbeidsinhoud is het moeilijk een afweging te maken voor de andere aspecten van de kwaliteit van de arbeid. Er zijn duidelijk voor- en nadelen. Zo kan het streven van de bedrijfsleiding de dure machines zo veel mogelijk te laten draaien, leiden tot *verhoging van het werktempo* en tot *isolement* van de man achter de machine, doordat er haast geen gelegenheid meer is voor contact met kollega’s tijdens het werk. Dit streven van de bedrijfsleiding kan ook de invoering van *ploegendienst* betekenen.

Het werken met cnc-machines kan ook *lange wachttijden* met zich meebrengen. Bij Fokker-Schiphol staat een aantal reusachtige cnc-freesmachines, waarbij de bediener soms tot anderhalf uur niets heeft te doen. Hij mag niet even weglopen, want er kan iets fout gaan. Onlangs was een bediener even een kop koffie gaan halen, toen de machine een te grote frees kreeg uit het automatische gereedschapsmagazijn. De schade was gigantisch en de machine acht weken onbruikbaar.

Er zijn ook *voordelen* te noemen. Machines met numerieke besturing maken minder lawaai dan konventionele machines. Ze zijn iets veiliger, doordat tijdens de bewerking een kap over het werkstuk kan worden geschoven. De kans, dat iemand wordt geraakt door wegspattende brokstukken of in aanraking komt met draaiende delen, is kleiner. Er is, zeker met cnc-machines, aanzienlijk minder uitval dan bij konventionele bewerking. Dit wordt door de mensen op de werkvloer als een pluspunt ervaren. Daar tegenover staat, dat het vaak onduidelijk is of een fout te wijten is aan het programma of aan de bediener. “Als het fout loopt, krijgt de bediener altijd de schuld”, is de ervaring van een kaderlid van de Industriebond FNV bij Cascade-Diemen.

Een cnc-frezer bij Fokker-Schiphol (niet de man van de koffie), die zijn eigen programma’s schrijft, werkt al met al liever met een cnc-machine dan met een konventionele. Het gaat allemaal veel lichter en

makkelijker, het is minder omslachtig. Je hoeft niet steeds aan allerlei wielen en knoppen te draaien en je kunt meer bewerkingen in één opspanning doen. Maar een konventionele machine heb je meer in de hand. Toch stelt hij als voorwaarde bij deze afweging, dat je de cnc-machine zelf moet programmeren; het denkwerk is essentieel en dat is ook nodig bij een konventionele freesmachine.

### *Keuzen van het management*

De techniek van numerieke besturing is over het algemeen gebruikt om volgens de principes van het *taylorisme* het vakmanschap, de kennis van het productieproces bij de mensen op de werkvloer weg te halen. Bij niet-computergestuurde nc-machines, waarbij een kant en klaar programma op ponsband moet worden ingevoerd, ligt het nog enigszins voor de hand dat het programmeren niet op de werkvloer plaatsvindt. Bij cnc-machines met al hun mogelijkheden om aan de machine te programmeren en de programma's te wijzigen is dit niet het geval. Tenzij de zaak zo ingewikkeld is, dat er voor het maken van het programma een aparte computer nodig is, kan het programmeren zowel technisch als bedrijfseconomisch gezien heel goed op de werkvloer plaatsvinden.

Alom wordt erkend, dat voor het maken van goede besturingsprogramma's *praktische ervaring op de werkvloer* haast onmisbaar is. Bepaalde bedrijfskundigen stellen, dat je zo dicht mogelijk bij de machine moet programmeren, al is het alleen maar om het aantal fouten zo klein mogelijk te houden. Een arbeidsorganisatie waarin mensen hun eigen machine programmeren is veel flexibeler, doordat de onderlinge communicatie beter is en het creatieve en aanpassende vermogen van mensen meer tot hun recht komt. Hierdoor wordt ook meer gebruik gemaakt van de mogelijkheden die cnc-machines en andere vormen van flexibele automatisering bieden. Bovendien is de kwaliteit van de arbeid hoger.

*Toch* kiezen de Westduitse managers bij 78% van de cnc-machines voor programmeren op een aparte afdeling. In veel van deze gevallen is dit absoluut niet noodzakelijk. Managers hanteren ook geen eenduidige criteria bij de keuze van de arbeidsorganisatie. Wat in het ene bedrijf wel gebeurt, gebeurt in het andere niet. Wel is duidelijk, dat vele sterk hechten aan traditionele opvattingen. Is dit onwetendheid, of kiezen managers bewust voor een ver doorgevoerde arbeidsdeling en controle op en beheersing van het arbeidsproces?

Het verhaal van de cnc-machines laat goed zien, dat de meeste gevolgen van het gebruik van nieuwe technologie voor de kwaliteit van de arbeid *niet noodzakelijk voortvloeien uit de technologie op zichzelf*. Van veel groter belang is de manier waarop de technologie wordt gebruikt. Beschouwingen die dit niet onderkennen gaan mank aan wat wel 'technologisch determinisme' wordt genoemd.



### *Dnc; een nieuwe ontwikkeling*

De speelruimte voor een toepassing van technologie die de kwaliteit van de arbeid ten goede komt, is bij gewone nc-machines zonder computerbesturing kleiner dan bij cnc-machines. De konkrete vorm, die de technologie heeft aangenomen legt dus een zekere beperking op. Dit wekt nieuwsgierigheid op naar de vraag waar die vorm vandaan komt: naar het *ontwerpen van technologie*. De komst van de cnc-machine maakte een werknemersvriendelijke toepassing beter mogelijk, maar het is de vraag of deze trend zich doorzet.

De recentste ontwikkeling op het gebied van numerieke besturing heet *direct numerical control*. Bij een dnc-systeem zijn alle cnc-machines in een bedrijf aangesloten op een centrale computer, die alle besturingsprogramma's bevat. Via een terminal bij de cnc-machines kunnen de programma's op aanvraag uit het computergeheugen rechtstreeks in het geheugen van de cnc-machine worden geladen. Het nieuwe van dnc is niet dat de machines sneller werken of betere produkten maken; net als bij veel andere vormen van moderne technologie zit het in de manier waarop gebruik wordt gemaakt van informatie. Dit informatie bestaat in de eerste plaats uit de besturingsprogramma's, maar eventueel ook uit de gegevens die nodig zijn bij het schrijven ervan en uit andere voor het productieproces relevante zaken. Dnc kan in uiteenlopende vormen worden toegepast: van een simpele centrale besturing van losse cnc-machines tot een systeem waarbij de machines op elkaar zijn afgesteld naar bewerkingsvolgorde van de produkten, eventueel in combinatie met een automatisch transportsysteem tussen de machines onderling. Al zegt de toepassing van dnc nog niets over het al dan niet gebruiken van computers bij het ontwerpen van de produkten, de ontwikkeling van dnc-systemen ligt wel duidelijk in de lijn van die van CAD/CAM. De cnc-machines maken deel uit van één systeem en zijn aangesloten op een centrale computer. Dit is een voorwaarde om tot een geïntegreerde automatisering van ontwerp en productie te komen.

Programmeren aan de machine is nog steeds mogelijk, maar een dnc-systeem – dat in de huidige vorm een sterke nadruk legt op het vanuit een centraal punt besturen van cnc-machines – werkt een scheiding van programmeren en bedienen wel in de hand. De dnc-systemen zijn nog in ontwikkeling. Ze zijn in Nederland nog nauwelijks operationeel en de bedrijven die zo'n systeem hebben kampen vaak met grote aanpassingsproblemen. Met het oog op de relatie tussen de technologische ontwikkeling en de kwaliteit van de arbeid is het de vraag of bij dnc de nadruk blijft liggen op besturing van het productieproces vanuit een centraal punt, of dat die verschuift naar het eenvoudig beschikbaar maken van alle relevante informatie op de werkvloer en achter de machine. Deze laatste mogelijkheid lijkt verreweg de gunstigste voor de ontwikkeling van de kwaliteit van de arbeid.

### *Ontstaan van numerieke besturing*

Of het ook waarschijnlijk is dat deze mogelijkheid wordt gerealiseerd, dat is een verhaal apart. Over de (politieke) factoren die een rol spelen bij de ontwikkeling van technologie is erg weinig bekend, zodat het uitweiden hierover een tamelijk speculatieve bezigheid is. Sommigen stellen, dat de technologische ontwikkeling een weergave is van de bestaande maatschappelijke verhoudingen. Een van hen is David Noble, die in zijn geruchtmakende artikel *Het ontwerpen van machines als maatschappelijke keuze* (1983) een analyse geeft van het ontstaan van de numerieke besturingstechniek. Het is een prikkelend artikel en omdat het veel raakvlakken heeft met het hier behandelde, wordt er wat dieper op ingegaan.

In de jaren vijftig werden er in de Verenigde Staten ongeveer gelijktijdig twee manieren ontwikkeld om bewerkingsmachines te automatiseren zonder de veelzijdigheid van deze machines aan te tasten: numerieke besturing en de zogenaamde *record playbackmethode*. Bij de laatste methode maakte een vakman op konventionele wijze een produkt. De bewegingen van de door de vakman gestuurde machine werden daarbij op een bandje opgenomen. Door het bandje later weer af te draaien (playback) kon de machine deze bewegingen herhalen en zo identieke produkten vervaardigen. Zoals wij inmiddels weten, heeft deze methode het moeten afleggen tegen de numerieke besturing. Het verschil tussen record playback en numerieke besturing zit in de wijze waarop het programma tot stand komt. Bij record playback gebeurt dit op de werkvloer door een vakman, terwijl een nc-programma door de werkvoorbereiding kan worden gemaakt. Noble noemt de keuze van numerieke besturing boven record playback een *maatschappelijke keuze*. Record playback is weliswaar niet geschikt voor gekompliceerde bewerkingen die niet konventioneel kunnen worden uitgevoerd. "Maar", stelt Noble, "het zou een vergissing zijn te menen, dat men van record playback afzag en voor NC koos om zulke strikt technische redenen. Ook de aard van de arbeidsverhoudingen in de metaalindustrie heeft tot dit besluit bijgedragen" (97). Volgens Noble heeft de Amerikaanse luchtmacht, als grote financier van de ontwikkeling van beide technieken, een belangrijke rol gespeeld bij de keuze voor nc. De uitvoering was overigens in handen van slechts enkele grote bedrijven en onderzoeksinstellingen – het militair-industrieel complex ten voeten uit. Men wilde het produktieproces minder afhankelijk maken van het vakmanschap van de machinebankwerkers en frezers. Numerieke besturing paste beter in dit streven dan record playback. Het sluit beter aan op het tayloristische denken. Dat record playback goedkoper was en veel aantrekkelijker voor de kleine metaalbedrijven was geen argument van betekenis.

De kracht van Noble's verhaal is, dat hij een tweede vorm van technologisch determinisme ontmaskert: de *technologische ontwikkeling is geen autonoom proces*, maar gestuurd door menselijke keuzen en beslissingen. Toch kan ik me niet aan de indruk onttrekken, dat hij de zaak chargeert. Hij stelt wat te gemakkelijk, dat numerieke besturing "geen enkele inherente eigenschap (heeft) die het noodzakelijk maakt dat het programmeren en het bedienen van de machine aan verschillende personen (...) worden toegewezen; de technologie maakt het slechts *mogelijk*" (103). Zuiver technisch gesproken is dit zonder meer juist. Nc-machines hebben deze scheiding mogelijk gemaakt. Maar zonder tot economisch determinisme te vervallen kun je je afvragen, of het bedrijfseconomisch altijd haalbaar is om voor een arbeidsorganisatie te kiezen waarin, gegeven het gebruik van nc-machines, programmeren en bedienen niet zijn gescheiden. Bij nc-machines zonder computerbesturing moet het programma immers geheel buiten de machine tot stand komen. Daarentegen schets Noble een veel te positief beeld van de record playbackmachines. Als deze techniek wel verder zou zijn ontwikkeld, dan had het toch zeer voor de hand gelegen, dat dezelfde managers die bij nc-machines een scheiding tussen programmeren en bedienen hebben doorgevoerd, ook bij record playback het bandje door een ander dan de bediener hadden laten maken. Andere critici<sup>3</sup> benadrukken de technische voordelen van numerieke besturing in vergelijking met record playback. Gekompliceerde, niet konventioneel te vervaardigen onderdelen waren van groot belang voor met name de vliegtuigindustrie. Beide technieken zijn *niet* onderling uitwisselbaar. Dat record playback, een techniek die voor veel (kleine) bedrijven erg aantrekkelijk zou kunnen zijn, nooit echt is doorgebroken, ligt onder andere aan de beperkte omvang van de research buiten het militair-industrieel complex. 'Boze opzet' van ondernemers riekt te veel naar een 'komplottheorie'.

Noble heeft niet overtuigend kunnen aantonen, dat de invloed van de leiding van de (grote) bedrijven zo groot is als hij beweert. Hoezeer nc-machines ook in de tayloristische kraam te pas komen, we moeten aannemen, dat numerieke besturing het ook zonder dat van record playback zou hebben gewonnen. Trekken we de lijn even door naar de toekomstige ontwikkeling van de numerieke besturingstechniek en van dnc in het bijzonder, dan lijkt het – voor zover een leek dit kan beoordelen – dat de 'werknemersvriendelijke' variant niet op méér technische hindernissen stuit dan de centralistische variant. Als dit inderdaad het geval is, dan ligt de kwestie principieel anders dan bij de keuze tussen numerieke besturing en record playback en is het van

---

3. O.a. A. Vermeulen (TH Eindhoven). kritiek op Noble.  
Hij schreef een (ongepubliceerde)

doorslaggevend belang waar 'men' heen wil. De vraag of de werknemers, in casu de vakbeweging, tot die 'men' behoren, of hun voorkeur van enige invloed is en welke strategie ze in dat geval dienen te volgen, blijft hier buiten beschouwing.

### Slot

Ondertussen beheerst technologisch determinisme het denken over technologie en automatisering. Voor veel mensen is de snelle technologische ontwikkeling een soort natuurproces, dat niet door mensen te sturen is en waarvan de gevolgen bij voorbaat vast staan. Dit is zowel bij voor- als bij tegenstanders van automatisering terug te vinden. Voorstanders, die tot technologisch determinisme vervallen, gaan voorbij aan de door mensen genomen beslissingen, die de loop van de technologische ontwikkeling voor een belangrijk deel kunnen bepalen. Zij willen alle ruimte voor automatiserende bedrijven en bepleiten een onvoorwaardelijke en krachtige stimulering door de overheid. Daarmee zien ze af van iedere sturing die zou kunnen voorkómen dat er onnodig arbeidsplaatsen verloren gaan en die de kwaliteit van de arbeid ten goede zou kunnen komen. Tegenstanders, die bijvoorbeeld zeggen dat de technologie is bedoeld om hen een schop onder de kont te geven, voeren vaak een hopeloze strijd tegen automatisering. Hun bezwaren zijn doorgaans zeer legitiem, maar zij onderkennen de aanwezige speelruimte bij het toepassen van de moderne technologie niet. Het is geen kwestie van wel of niet automatiseren, maar van *hoe* automatiseren.

### Literatuur

- Anton van Asch en Ruud Vreeman (1983), Vakbeweging en nieuwe technologieën, in *Arbeidsproces en technologie, Te Elfder Ure 33*
- Wout Buitelaar, Jac. Christis en Ruud Vreeman (1983), Naar een democratisch technologiebeleid, *Socialisme en Democratie*, december
- Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (1981), *Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen des CNC-Werkzeugmaschineneinsatzes*, Karlsruhe
- Bryn Jones (1982), Destruction or redistribution of engineering skills? The case of numerical control, in Stephen Wood (red.), *The degradation of work?* Londen
- David Noble (1983), Het ontwerpen van machines als maatschappelijke keuze. De automatische gestuurde gereedschapsmachine als uitdaging voor de arbeiders, in *Arbeidsproces en technologie, Te Elfder Ure 33*
- Arndt Sorge, Gert Hartmann, Malcolm Warner en Ian Nicholas, *Mikroelektronik und Arbeit in der Industrie. Erfahrungen beim Einsatz von CNC-Maschinen in Grossbritannien und der Bundesrepublik Deutschland*, Campus, Frankfurt/New York z.j.

---

Over verwante vraagstukken van automatisering, beheersbaarheid van technische ontwikkeling e.d. publiceerde TPE eerder:

Maarten van Klaveren, *Structuurpolitiek en dekwalifikatie van de arbeid*. TPE 2/3.

Projektgroep TOA, *Maatschappelijke bepaaldheid van techniek en organisatie*. TPE 3/4.

Hugo Kijne, Grahame Lock en Hans Venema, *Arbeidsproces en klassenstrijd. Interview met Benjamin Coriat*. TPE 4/1.

Wim van Gelder, *Doemdenken over chips: het noodlot van de adviesgroep-Rathenau*. TPE 4/1.

Sjerp Zeldenrust, *De zweep of de fluwelen handschoen? Controle en autonomie in het arbeidsproces*. TPE 4/3.

Paul Slaa, *Elektronische betaalsystemen en het Nationaal Betalingscircuit*. TPE 7/1.