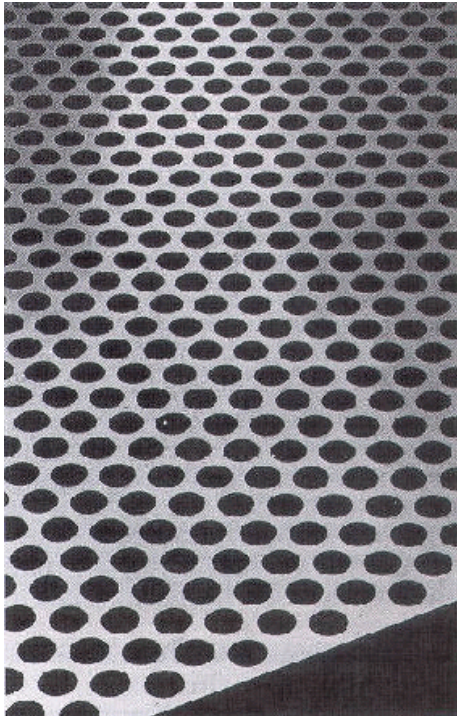


Systematisch naar een passende productiebesturing

Een praktijktoepassing

Drs. L.M. van der Wielen¹, Dr.ir. J. Slomp¹, en Ing. A. Heere²

Figuur 1 Geperforeerde plaat in allerlei varianten en materialen, al sinds 1915 een specialisme van Duperfo in Veendam



Veel bedrijven worden geconfronteerd met stringenter markteisen ten aanzien van prijs, kwaliteit, variëteiten levertijden van hun producten. Zij zullen hun productie-organisatie zodanig moeten inrichten, dat aan deze eisen voldaan kan worden. Vaak betekent dit een herstructurering van productiemiddelen, ofwel een verandering van productiestructuur en productiesystemen. Er komen flexibele, geautomatiseerde productiemiddelen en de locatie van deze middelen in het bedrijf is zodanig, dat een efficiënte en effectieve doorstroming van producten mogelijk wordt. Het is voor bedrijven echter niet voldoende om alleen de productiemiddelen en de productiestructuur aan de nieuwe markteisen aan te passen. Vaak zal ook de productiebesturing aangepast moeten worden. Er zal meer druk komen op een goede afstemming tussen verkoop en productie en op een zo efficiënt en effectief mogelijk gebruik van productiemiddelen en menscapaciteit. Dit artikel beschrijft een systematische aanpak voor het ontwerpen van een productiebesturingssysteem. Deze aanpak is voor een belangrijk deel ontleend aan Bertrand e.a. [2]. Ook wordt een methode voor werklustbeheersing in de praktijk gegeven. Het geheel wordt geïllustreerd aan de hand van de productiesituatie van het bedrijf Duperfo B.V. te Veendam (figuur 1).

¹ Faculteit Bedrijfskunde, Rijksuniversiteit Groningen.

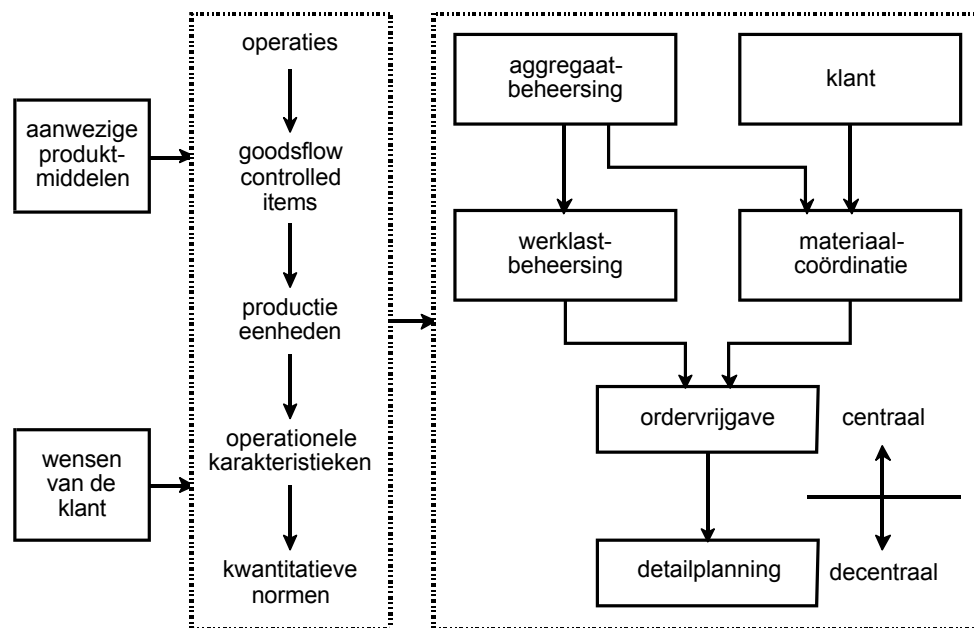
²Duperfo B.V., Veendam

Inleiding

De productiebesturing in een bedrijf is te vergelijken met het zenuwstelsel van het menselijk lichaam: alle functies in een bedrijf hebben te maken met de coördinerende rol van de productiebesturing. Een juiste inrichting van de productiebesturing in een bedrijf is daarom essentieel voor een effectieve en efficiënte bedrijfsvoering. Het voor een bedrijf ontwerpen van een adequaat productiebesturingssysteem is echter niet eenvoudig. Allereerst is een nauwkeurige analyse nodig van de veelal complexe samenhang tussen allerlei productiekenmerken en markteisen. Vervolgens moet op een verstandige wijze worden voldaan aan de verschillende functies van de productiebesturing. Het is een misvatting te denken dat de productiebesturingsproblematiek automatisch wordt opgelost door de introductie van een computerpakket (zoals een MRP-pakket). Veel MRP-projecten mislukken omdat niet voldoende nagedacht is over het ontwerp van de productiebesturing. Een dergelijk ontwerp is absoluut nodig alvorens gedacht kan worden aan de aanschaf van computerpakketten.

Dit artikel presenteert een ontwerpgerichte aanpak van de productiebesturing, geïllustreerd aan de hand van een praktijktoepassing. Uitgangspunt is de aanpak van Bertrand e.a. [2, 3], die stellen dat elke productiesituatie anders is en dus een andere invulling vergt van de productiebesturingsstructuur. De auteurs geven essentiële richtlijnen voor het ontwerp van zo'n structuur. De situatie-afhankelijke invulling wordt overgelaten aan de creativiteit van de ontwerper.

Figuur 2 Een ontwerpgerichte aanpak voor de productiebesturing



Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de aanpak. Allereerst worden, uitgaande van de productiemiddelen van het bedrijf, **operaties** gedefinieerd. Deze operaties kunnen gezien worden als de kleinste onafhankelijk bestuurbare eenheden in het bedrijf. Vervolgens wordt onderzocht welke operaties centraal dan wel de-centraal aangestuurd moeten worden. De goederen/artikelen/onderdelen die een centraal aangestuurde operatie moeten ondergaan, worden '**Goodsflow Controlled Items**' (GFC-items genoemd). Deze GFC-items bepalen, tot op zekere hoogte, de grenzen voor **productie-eenheden (PE's)** die centraal aangestuurd worden, maar waarbinnen de operaties decentraal aangestuurd kunnen/moeten worden. De PE's worden zodanig vastgesteld, dat ze op korte termijn relatief onafhankelijk van elkaar zijn, maar verantwoordelijk zijn voor de productie van een specifieke set halffabrikaten/eindproducten uit een bepaalde set van

begin-producten. Vanuit besturingsoogpunt liggen er idealiter zo weinig mogelijk GFT items binnen een PE. Een PE kan gezien worden als een verzameling operaties.

Vervolgens moeten de **operationele karakteristieken** van de PE's zorgvuldig worden vastgesteld, eerst in kwalitatieve termen. De centrale productiebesturing zal, bij het vrijgeven van werk voor de PE's, met deze karakteristieken rekening moeten houden.

Op basis van klantenwensen en de operationele karakteristieken van de PE's kunnen vervolgens de waarden van de te reserveren doorlooptijden van orders door de PE's worden vastgelegd. Dat geldt ook voor de bijbehorende kwantitatieve normen voor de operationele karakteristieken. Daarna of gelijktijdig kunnen vragen op het gebied van aggregaatbeheersing, materiaalcoördinatie, werklastbeheersing en de ordervrijgave worden beantwoord. De detailplanning vindt, binnen de ruimte die gegeven is door de centrale productiebesturing, plaats binnen de PE's.

Begonnen wordt met een beschrijving van de productiesituatie bij Duperfo B.V. te Veendam, ter illustratie van de ontwerpgerichte aanpak van Bertrand. Vervolgens wordt uitgelegd hoe bij Duperfo de productie-eenheden (PE's) zijn vastgesteld. Elk van deze eenheden heeft specifieke operationele karakteristieken, waarmee de productiebesturing (de centrale besturing) rekening moet houden. De vaststelling van deze karakteristieken wordt in een aparte paragraaf behandeld.

De daarop volgende paragraaf heeft betrekking op de afstemming tussen verkoop en productie. Belangrijk hierbij is de vaststelling van de voor de productie-orders gereserveerde interne doorlooptijden, en de kwantitatieve normen voor de operationele karakteristieken. Daarna wordt ingegaan op het ontwerp van de aggregaatbeheersing, de materiaalcoördinatie, de werklastbeheersing en ordervrijgave, waarna het geheel meteen korte nabeschuiving wordt afgesloten.

Het bedrijf Duperfo B.V.

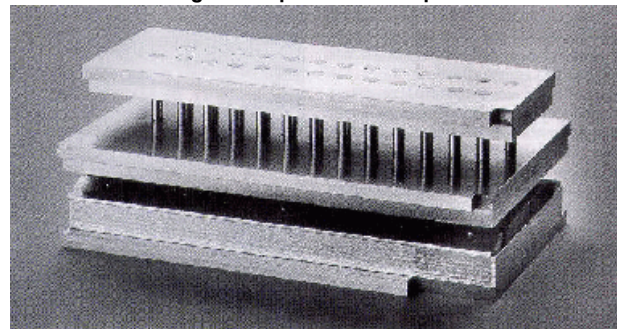
Duperfo B.V. te Veendam produceert sinds 1915 geperforeerde platen, in een zeer grote verscheidenheid, en levert deze als halffabrikaat of eind-product aan bijna alle takken van industrie.

Perforeren is een industrieel proces waarbij snel en efficiënt zeer grote aantallen gaten, van willekeurige vorm en afmeting en in verschillende patronen, in plaatmateriaal worden aangebracht. Het bedrijf heeft een eigen gereedschapmakerij, waar perforereergereedschap gemaakt en onderhouden wordt (figuur 3). Behalve perforeren zijn ook bewerkingen als walsen, knippen, zetten en uithoeken mogelijk. Figuur 4 toont schematisch het primaire productieproces.

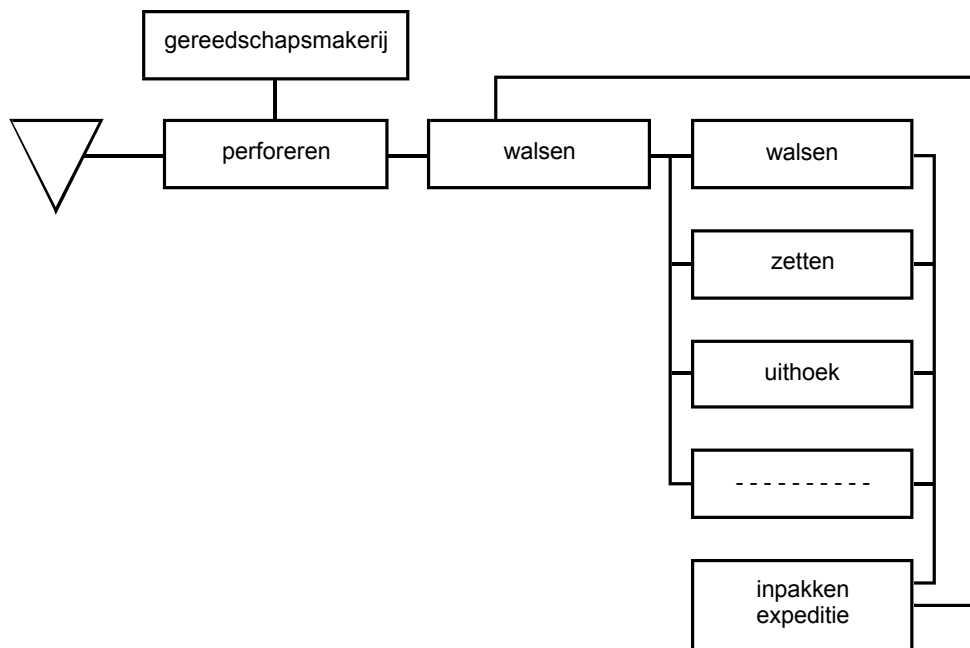
Duperfo maakt standaard-geperforeerde en speciaal-geperforeerde platen. De standaard-geperforeerde platen hebben perforaties, die door de klant uit een catalogus gekozen kunnen worden. Voor die perforaties is reeds perforereergereedschap aanwezig.

Zulke standaard-geperforeerde platen (met courante perforatie en slechts gewalst) worden aan de groothandel geleverd. Gezien de enorme variëteit aan eenvoudige standaard-geperforeerde platen wordt echter niet op voorraad geproduceerd.

Figuur 3 Gereedschap, zoals gebruikt voor het aanbrengen van perforaties in plaatmateriaal



Figuur 4 Het primaire proces van Duperfo B.V.



Voorts worden complexere **standaard-geperforeerde platen** geleverd aan diverse afnemers. Deze platen, met een standaard-gatenpatroon, ondergaan na het perforeren en walsen nog één of meer additionele bewerkingen. Voorbeelden daarvan zijn dempers, filters, balkonhekkens en plafonddelen.

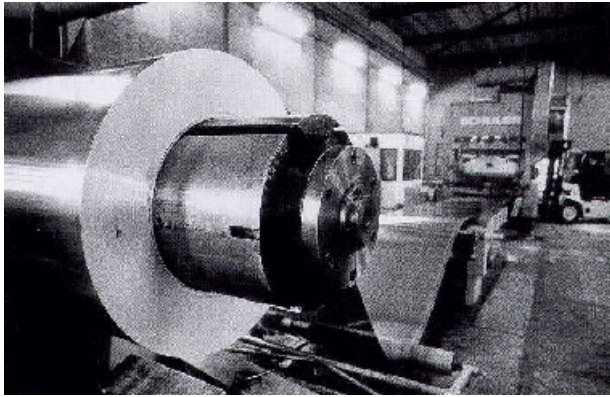
Bij speciaal-geperforeerde platen is er sprake van klantspecifiek perforereer-gereedschap. De betreffende perforaties komen niet in de catalogus voor, dus moet er speciaal gereedschap voor gemaakt worden. Dit betreft ongeveer 6% van het totale aantal orders per jaar. Het gebeurt uiteraard ook regelmatig dat klanten herhaalorders plaatsen voor hun speciaal-geperforeerde platen.

Duperfo heeft te maken met een markt die steeds stringenter eisen stelt. De vraag naar extra bewerkingen, anders dan perforeren, wordt steeds groter. Voorts neemt de verscheidenheid aan gevraagde perforaties toe. Ook is er een toenemende behoefte aan korte en betrouwbare levertijden, waarbij het prijspeil van geperforeerde platen concurrerend moet blijven. Duperfo probeert hieraan te voldoen door de introductie van een stringenter productiebesturing.

Centraal te besturen productie-eenheden

Figuur 2 geeft aan dat voor een goede productiebesturing eerst de productie-eenheden gedefinieerd moeten worden. Deze ontstaan door eerst zorgvuldig de operaties en **GFC**items vast te stellen, en vervolgens de grenzen van de productie-eenheden waarin een aantal operaties samengevoegd worden.

Figuur 5 Haspel met daarop een rol plaatmateriaal, uitgangspunt van het bewerkingsproces



Een operatie is de kleinste eenheid in de productie die onafhankelijk bestuurd kan worden. In de praktijk is een operatie een groep bewerkingen, die ten opzichte van elkaar weinig vrijheid hebben met betrekking tot het vrijgavemoment. De bewerkingen in een operatie worden logischerwijs samen, en in een bepaalde volgorde, uitgevoerd.

Een voorbeeld van zo'n operatie bij Duperfo is het perforeren, dat bestaat uit het opspannen van een rol plaatmateriaal (figuur 5), het instellen van het gereedschap, het aanbrengen van een gatenpatroon en het op maat afknippen.

Bij Duperfo zijn de volgende operaties te onderscheiden:

1. perforeren;
2. walsen;
3. (cirkel)knippen;
4. excenterpersen;
5. uithoeken;
6. kanten;
7. strekken;
8. lassen;
9. het maken van gereedschappen;
10. inpakken en expeditie.

De expeditie, het verzenden van eindproducten naar de klant, geschiedt door een externe transportonderneming, die op afroep wordt ingezet. De expeditie-operatie vormt hierdoor voor Duperfo een eenvoudige administratieve handeling (het opbellen van de transportonderneming), waardoor deze verder buiten beschouwing gelaten wordt.

Vervolgens moet vastgesteld worden op welke punten in de goederenstroom er sprake moet zijn van een centrale besturing. Hier wordende zogeheten GFC-items vastgesteld; dit zijn de materialen, halffabrikaten, tussen- en eindproducten die in de goederenstroom ontstaan en waarbij een terugkoppeling naar de centrale productiebesturing wenselijk is.

Bij afwijkingen van geplande tijden en hoeveelheden is de productiebesturing in staat om maatregelen te nemen. Door alleen de GFC-items in de centrale productiebesturing op te nemen, kan de complexiteit van deze besturing beperkt worden. Bij de selectie van GFC-items spelen drie factoren een belangrijke rol: onzekerheid, productstructuur en capaciteits-bottlenecks [2,31].

Met betrekking tot onzekerheid is onderscheid te maken tussen de vraagkant en de productiekant. In de praktijk is onzekerheid in de vraag waar te nemen bij de eindproducten (dit is de klantenvraag) en bij de producten/onderdelen van waaruit de eindproducten op klantorder gemaakt worden. Deze laatste producten/onderdelen bevinden zich in het zogeheten klantorder-ontkoppelpunt (KOO) en worden op voorraad en/of prognose aangemaakt. Gezien de onzekerheid in de vraag vormen de eind-producten en de KOO-producten/onderdelen GFC-items. Informatie over (de aanwezigheid van) deze items in de centrale productiebesturing is van belang voor het realiseren en handhaven van een effectief productieapparaat. Bij Duperfo ligt in principe slechts één onkoppelpunt bij de voorraad grondstoffen.

Onzekerheid aan de productie-kant kan ook aanleiding zijn om GFC-items te benoemen. Deze onzekerheid kan betrekking hebben op het risico van uitval bij machines, de variatie in de benodigde productietijden en -capaciteit, de variatie in de beschikbare productiecapaciteit, e.d..

Bij Duperfo bestaan onzekerheden bij diverse nabewerkingen (operaties c tot h), door de aanwezigheid van kritische processen (zoals kanten), waar veel uitval kan ontstaan. De producten die nabewerkingen hebben ondergaan worden derhalve tot de GFC-items gerekend. De centrale productiebesturing zal hier informatie over moeten hebben, om vervolgvactiteiten (zoals het extra opstarten van een serie en/of het inpakken) goed te kunnen aansturen.

Het tweede aspect dat een rol speelt bij het benoemen van GFC-items is de productstructuur. Dit aspect is met name van belang bij complexe assemblage-situaties, waar alle onderdelen tijdig voor de (sub-)assemblages aanwezig moeten zijn. Deze onderdelen vormen GFC-items. Vooral bij onderdelen die in diverse (half-)producten nodig zijn (onderdelen meteen grote 'commonaliteit') is een centrale sturing wenselijk.

Bij Duperfo is sprake van een enkelvoudig product. Toch kunnen hier twee GFC-items benoemd worden. Bij het begin van de productie moeten namelijk twee elementen gelijktijdig aanwezig zijn: platen/rollen (de 'grondstoffen') en perforeergereedschap. Deze elementen kunnen derhalve als GFC-items gezien worden (de platen/rollen waren dat overigens al).

Het derde aspect dat geldt bij het vaststellen van GFC-items is het belang van een productiemiddel. Hierbij wordt gekeken of het al dan niet gaat om een capaciteitsbottleneck. De bezetting van een dergelijk productiemiddel heeft grote invloed op de productiviteit van het gehele bedrijf [4]. De in-en uitgaande producten/onderdelen van een bottleneck zijn GFC-items; gezien de invloed van een bottleneck op de gehele goederenstroom, is een centrale sturing van die bottleneck nodig. Bij Duperfo vormen de perforeermachines de bottlenecks van het bedrijf.

Tabel 1 De GFC-items die bij Duperfo onderscheiden worden

GFC-items:

1. Eindproducten
2. Grondstoffen (rollen staal en plaatstaal);
3. Perforeergereedschap;
4. Geperforeerde platen*;
5. Platen die nabewerkingen hebben ondergaan;

* Om onafhankelijke productie-eenheden te krijgen is een aanpassing van dit GFCitem naar geperforeerde + gewalste platen nodig en mogelijk. Dit is in de tekst verduidelijkt.

De te onderscheiden GFC-items bij Duperfo zijn weergegeven in tabel 1. Ze vormen het startpunt bij het vaststellen van productie-eenheden (PE's). Een PE is, zoals al eerder is aangegeven, relatief onafhankelijk en verantwoordelijk voor de productie van een specifieke set halffabrikaten/eindproducten uit een bepaalde set begin-producten. De GFC-items vormen in principe de in- en uitgaande stromen van een PE, die in de centrale productiebesturing beheerst moeten worden. Bij het vaststellen van de PE's spelen ook de relaties tussen de productie-eenheden een rol. Deze relaties, veelal in de vorm van materiaaltransport, zullen minimaal moeten zijn om een zo groot mogelijke onafhankelijkheid van PE's te bewerkstelligen.

Bij Duperfo zijnde volgende vier PE's benoemd:

1. de gereedschapmakerij;
2. het perforeren en walsen;

3. de nabewerkingen;
4. het inpakken.

Het walsen is samengevoegd met het perforeren omdat vrijwel alle platen na het perforeren gewalst moet worden (figuur 6). Het GFC-item na het perforeren is vervolgens, om praktische redenen, verplaatst tot na het walsproces. Dit hoeft geen negatieve consequenties te hebben voor de bedoeling van het GFC-item. Het walsen kan namelijk zodanig georganiseerd worden dat daar nauwelijks voorraden ontstaan. Hierdoor blijft het zicht op de belasting van de bottleneck (het perforeren) gehandhaafd. Door het walsen bij het perforeren te voegen, is het benodigde transport tussen de perforer-PE en de nabewerkings-PE aanzienlijk gereduceerd: slechts 20-30% van de gewalste platen moet nog een verdere nabewerking ondergaan. Indien een nabewerkings-PE betrekking heeft op zeer veel machines en mensen, kan de nabewerkingsafdeling eventueel (met behulp van groepentechnologie) in kleinere PE's worden opgesplitst. Bij Duperfo is deze noodzaak echter niet aanwezig

Figuur 6 Vrijwel alle platen moeten na het perforeren gewalst worden



Operationele karakteristieken van de productie-eenheden

Om orders vanuit de centrale productiebesturing aan de nieuw gedefinieerde, zelfstandige productie-eenheden te kunnen vrijgeven, moet rekening gehouden worden met de karakteristieken van die PE's. In het algemeen kunnen er vier operationele karakteristieken onderscheiden worden [2, 3]:

- seriegrootte-beperkingen;
- volgorde-beperkingen;
- werklust-beperkingen;
- capaciteitsbeperkingen.

Seriegrootte-beperkingen

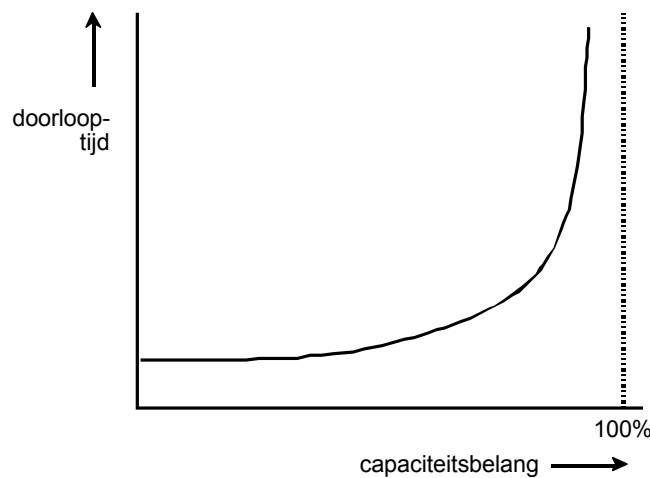
De omsteltijden bij het perforeren zijn aanzienlijk, waardoor het wenselijk is grote series te produceren. Zeer grote series leveren echter ook weer problemen op: deze hebben onevenredig veel invloed op de voortgang van de productie (in orders per tijdsperiode).

De productie-ordergroottes worden in eerste instantie bepaald door de klantordergroottes; het klanten-orderontkoppelpunt ligt vóór het perforeren. Dit betekent dat de verkoopafdeling van Duperfo afspraken met klanten moet maken over de minimaal acceptabele seriegroottes. Zeer grote klantenorders kunnen wellicht in een aantal productie-orders worden opgesplitst. De seriegrootte-beperkingen van andere PE's zijn minder stringent dan bij het perforeren. Deze laatste beperkingen hoeven, vanwege de afhankelijkheid van de perforer/wals-PE, niet in de set van operationele karakteristieken van deze productie-eenheden te worden opgenomen.

Volgorde-beperkingen

Bij het perforeren kunnen de omsteltijden aanzienlijk verkort worden door rekening te houden met de volgorde van de orders. Wanneer alleen de rol bandmateriaal verwisseld hoeft te worden en het gereedschap kan blijven zitten (of andersom), wordt tijd bespaard. In principe is het mogelijk dat op het centrale besturingsniveau te regelen. Aangezien op de werkvloer echter meer lokale kennis aanwezig is, bijvoorbeeld over de standtijd van matrijzen, kan men de volgorde-beslissingen beter in de werkplaats nemen. Daar kan namelijk een betere afweging worden gemaakt tussen 'een gunstige volgorde van orders' en 'het realiseren van interne levertijden'. Dit betekent dat de centrale productiebesturing de perforer/wals-PE enige speling moet geven ten aanzien van het tijdstip waarop met orders begonnen moet worden. Bij de andere PE's is geen, of nauwelijks, sprake van volgorde-beperkingen.

Figuur 7 De relatie tussen bezettingsgraad en doorlooptijd



Werklast-beperkingen

De geaccepteerde orders bepalen de te realiseren *bezettingsgraden* van de capaciteitsbronnen (mensen en machines). Uit financieel oogpunt is natuurlijk voor elke capaciteitsbron een zo hoog mogelijke bezettingsgraad wenselijk. Dit heeft echter een negatieve invloed op de te realiseren doorlooptijden, zoals figuur 7 laat zien.

Bij een hoge bezettingsgraad ontstaan lange wachttijden. De maximaal toe te wijzen werklast van mensen en machines moet daarom zodanig gekozen worden, dat de doorlooptijden nog acceptabel zijn. De capaciteit van de mensen in de perforer/wals-PE kan eenvoudig aan het aantal in gebruik zijnde perforermachines worden aangepast en hoeft niet te worden opgenomen als één van de operationele karakteristieken. In de nabewerkings-PE is de menscapaciteit bepalend voor de maximaal te behalen productie (met een acceptabele doorlooptijd). Het aantal aanwezige mensen in de nabewerkings-PE kan derhalve, samen met hun 'bezettingsgraad', gezien worden als een operationele karakteristiek.

De machines in de nabewerkings-PE hebben over het algemeen een lage bezettingsgraad en vormen derhalve geen operationele karakteristiek, waar de centrale productiebesturing bij de ordervrijgave rekening mee moet houden.

In de gereedschappmakerij is het aantal mensen bepalend voor de te realiseren productie. De werkdruk wordt hier bepaald door het aantal nieuwe perforerhulpmiddelen(-gereedschappen) dat gemaakt moet worden en het aantal waar onderhoud aan verricht moet worden. Bij Duperfo is het aantal mensen in de gereedschap-

makerij zodanig, dat dit zelden problemen geeft. Ook bij de inpakafdeling is het aantal mensen bepalend voor het werk dat verzet kan worden. Het werk-aanbod is hier tamelijk variabel.

Capaciteitsbeperkingen

De capaciteit van de perforeer/wals-PE wordt beperkt door het aantal beschikbare machine-uren. Uitbreiding is slechts mogelijk door middel van overwerk. Bij langdurige noodzaak tot extra capaciteit kan overwogen worden over te gaan op een drie- of vierploegensysteem. Bij de nabewerkings-PE kan de capaciteit ook door middel van uitzendkrachten worden uitgebreid. De beschikbare capaciteit wordt hier immers bepaald door het aantal beschikbare manuren en de inwerktijden zijn over het algemeen kort.

Tabel 2 Operationele karakteristieken van de verschillende PE's

Productie-eenheden	Operationele karakteristieken
1. De gereedschapmakerij	- Aantal mensen met hun norm-bezettingsgraden (in aantallen nieuwe en onderhoudsklussen). Deze karakteristiek veroorzaakt bij Duperfo zelden problemen.
2. Het perforeren en walsen	- Minimale seriegrootte van een productieorder. - Maximale seriegrootte van een productieorder. - Minimale hoeveelheid onderhanden werk om de productievogorde op de werkvloer te kunnen beïnvloeden (bij voorkeur in aantallen orders). - Aantal perforeermachines met hun normbezettingsgraden (in uren per tijdseenheid). - De mogelijkheid van overwerk. - De mogelijkheid van 3 of 4 ploegendiensten.
3. Nabewerkingen	- Aantal mensen met hun norm-bezettingsgraden (in uren per tijdseenheid). - De mogelijkheid van het inzetten van uitzendkrachten. - De mogelijkheid van overwerken en/of meerploegendiensten.
4. Het inpakken	- Aantal mensen met hun norm-bezettingsgraden (in aantallen orders per dag). - De mogelijkheid om mensen in te zetten in de nabewerkingsafdeling en/of uitzendkrachten.

Ook de andere PE's hebben capaciteitsbeperkingen (i.c. aantal mensen). Uitbreiding bij de gereedschapmakerij zal slechts bij een forse toename van het orderpakket nodig zijn. Bij het inpakken kunnen, indien nodig, mensen van de nabewerkings-PE of uitzendkrachten worden ingezet.

De operationele karakteristieken van de verschillende PE's zijn samengevat in Tabel 2. In de afstemming tussen verkoop en productie spelen deze karakteristieken een belangrijke rol. De verkoop zal bij het maken van afspraken met klanten rekening moeten houden met de operationele karakteristieken. Aan de andere kant zal de concrete invulling van de karakteristieken, zoals de benodigde menscapaciteit en -bezetting, afhangen van marktkarakteristieken. Uitgangspunt bij de afstemming tussen verkoop en productie is de vaststelling van de norm-doorlooptijden van orders door de verschillende PE's. Hierop zal later worden ingegaan.

De afstemming tussen verkoop en productie

Het vaststellen van interne doorlooptijden en normen voor de operationele karakteristieken

De vaststelling van de normdoorlooptijden van orders door de verschillende PE's vormt een essentiële schakel in de afstemming tussen verkoop en productie. Deze doorlooptijden zijn bepalend voor de afspraken die met klanten gemaakt kunnen worden en tevens voor de kwantitatieve invulling van de operationele karakteristieken van de PE's; bij een lage bezetting van bedrijfsmid delen zijn bijvoorbeeld kortere doorlooptijden mogelijk.

Norm-doorlooptijden van PE's kunnen als volgt worden uitgedrukt ([3] p. 50):

$$DLT_{ij} = p_{ij} + w_j n_{ij}$$

waarin:

- DLT_{ij} = de te reserveren doorlooptijd voor order i in PEj;
- p_{ij} = de totale bewerkingstijd (incl. omsteltijd) die nodig is voor order i in PEj;
- n_{ij} = het aantal bewerkingstappen van order i in PEj;
- w_j = de wachttijd per bewerkingstap in PEj.

Gezien de volgorde- en seriegrootte-beperkingen in de perforer/wals-PE is het belangrijk dat hier voldoende ruimte is om orders te combineren en op volgorde te zetten. Derhalve zal hier een grote wachttijd, w_j , gekozen moeten worden.

Voorts zal het perforeren en walsen, vanwege de onderlinge verwevenheid, als één bewerkingstap gezien moeten worden. Voor de nabewerkings-PE kan een kleinere wachttijd, w_j , genomen worden. Voor de gereedschapmakerij (met name voor het maken van nieuwe gereedschappen/perforeerhulpmiddelen) en het inpakken kunnen vaste doorlooptijden genomen worden, onafhankelijk van de specifieke orders. Hierbij is het essentieel dat de doorlooptijden acceptabel zijn voor de verkoop; indien nodig zullen de kwantitatieve waarden van de operationele karakteristieken aangepast moeten worden (bijvoorbeeld een lagere bezettingsgraad accepteren bij de perforer/ wals-PE).

De relatie tussen de operationele karakteristieken van een PE en de doorlooptijden kan in een doorlooptijd-diagram worden weergegeven (zie figuur 8 en [1]). De schuine lijnen in het diagram geven de cumulatieve 'input' en 'output' van de PE weer; een trapsgewijze verandering in de inputen outputlijn laat zien dat een aantal productie-uren (ofwel een order) binnenkomt, dan wel gereed is voor de volgende PE. De horizontale afstand tussen de schuine lijnen geeft de gemiddelde doorlooptijd van een order weer. De verticale afstand is de gemiddelde hoeveelheid onderhanden werk in de PE, uitgedrukt in productie-uren. De gemiddelde productiviteit van de PE (in productie-uren per tijdseenheid) is gelijk aan tangens α , ofwel het quotient van de gemiddelde hoeveelheid onderhanden werk en de gemiddelde doorlooptijd:

$$P = OHW : DLT$$

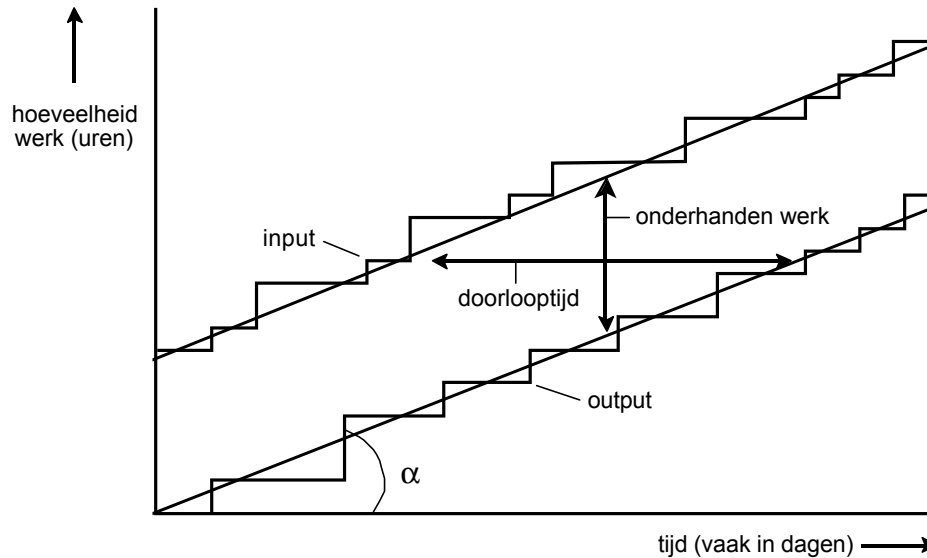
waarin:

- P = gemiddelde productiviteit OHW = gemiddelde hoeveelheid onderhanden werk
- DLT = gemiddelde doorlooptijd

De gemiddelde productiviteit is ook gelijk aan de som van de bezettingen van de machines (of mensen) in een PE. De bezettingsgraden vormen operationele karakteristieken van diverse PE's (zie tabel 2). Conform bovenstaande formule kan daarom gezegd worden dat voor een zekere bezettingsgraad (of productiviteit) en een gemiddelde doorlooptijd van orders een gemiddelde hoeveelheid onderhanden werk nodig is. Indien

er meer werk op de werkvloer ligt zal de gemiddelde doorlooptijd van een order toenemen, tenzij het mogelijk is om de productiviteit van de PE te vergroten. Indien het onderhanden werk afneemt, zal ook de doorlooptijd kleiner worden. Dit kan echter maar in beperkte mate (er is altijd een minimale doorlooptijd (zie figuur 7), waardoor de produktiviteit zal afnemen.

Figuur 8 Doorlooptijddiagram



Op basis van markteisen (i.c. verkoop) zullen, conform de hier genoemde relaties, afspraken gemaakt moeten worden over de interne doorlooptijden, de normen voor de operationele karakteristieken en het bijbehorende niveau van onderhanden werk. In de productiebesturing, die hierna wordt beschreven, zal voorts ‘gespeeld’ moeten worden met bovenstaande relatie. Met andere woorden: er zullen, indien nodig, veranderingen doorgevoerd moeten worden in de productiviteit (bijvoorbeeld door overuren), het onderhanden werk en/of de geaccepteerde doorlooptijden.

De functies in de productiebesturing

Nu de productie-eenheden, de operationele karakteristieken en de doorlooptijd-afspraken zijn vastgelegd, kunnende functies in de productiebesturing worden ingevuld. De volgende functies kunnen onderscheiden worden:

- aggregaatbeheersing,
- materiaalcoördinatie.
- werklustbeheersing,
- werkordervrijgave, en
- detailplanning.

De detailplanning vindt binnen de PEs plaats, de andere functies op centraal niveau.

Aggregaatbeheersing

De aggregaatbeheersing kan gezien worden als een lange-termijn-planning voor de te leveren goederen en de te gebruiken capaciteit. In deze planning wordt vastgelegd welke goederen op voorraad gemaakt moeten worden en welke op klantenorder. Hier worden ook minimale en maximale voorraadniveaus afgesproken. Bij Duperfo is besloten om slechts ruw materiaal op voorraad te bestellen; het gehele productiegebeuren geschiedt op klantenorder. Ook tot de aggregaatbeheersing hoort het schatten van de marktvraag en de benodigde capaciteit. Hierbij wordt een invulling gegeven aan de operationele karakteristieken en de daarbij behorende normdoorlooptijden (met name de w_j -waarden, zie vorige paragraaf).

Materiaalcoördinatie

Bij het uitbrengen van een offerte worden levertijden afgegeven. De afdeling verkoop zal daarbij moeten letten op de haalbaarheid daarvan. Daarbij kunnen normdoorlooptijden behulpzaam zijn. Er zal echter ook gelet moeten worden op de hoeveelheid reeds geaccepteerd werk. Indien nodig moet de productiviteit van de PE's daarvoor worden aangepast (zie vorige paragraaf), of zullen andere levertijden afgesproken moeten worden. Hiervoor zal overleg tussen de afdelingen verkoop en planning nodig zijn. Wanneer de order definitief wordt bevestigd, moet wellicht opnieuw worden nagegaan of de bij de offerte afgegeven leverdatum nog reëel is, vooral wanneer er veel tijd zit tussen offerte en orderbevestiging. Wanneer er een grote kans bestaat dat een offerte geaccepteerd zal worden, kan er eventueel alvast capaciteit voor gereserveerd worden.

Werklastbeheersing

Na het bevestigen van de order kan deze definitief ingepland worden. Dit gebeurt op basis van de normdoorlooptijden, terugrekenend vanaf de leverdatum. Voor ieder PE heeft een order een interne leverdatum, waaraan zo goed mogelijk voldaan moet worden. Door terug te rekenen vanaf de leverdatum (in plaats van zo vroeg mogelijk in te plannen) wordt zo lang mogelijk capaciteit beschikbaar gehouden voor orders die op korte termijn nog kunnen binnenkomen. Bij een overschrijding van de werklast van een PE, voor één of meer perioden, zullen maatregelen genomen moeten worden.

Dit kan in de vorm van extra productiviteit (overwerken, uitzendkrachten, zie vorige paragraaf) en/of het verschuiven van orders. Dit laatste al dan niet in overleg met de klant. Indien de PE's voor de eerstkomende periodes onderbelast zijn zal de werklastbeheersing orders naar voren moeten kunnen halen. Hierbij moet gelet worden op de materiaalbeschikbaarheid om een goede bezetting van de productiemiddelen (PE's) te realiseren.

Werkordervrijgave

In de werkordervrijgave zullen orders vrijgegeven moeten worden conform de materiaalcoördinatie en werklastbeheersing.

Er zal echter ook gelet moeten worden op het actuele gebeuren op de werkvloer. Zo kunnen er mensen ziek zijn en/of machines voor iets langere tijd uitvallen. In een regelmatig, vaak wekelijks of dagelijks overleg zullen hiervoor maatregelen genomen moeten worden. Bij Duperfo wordt aan het overleg deelgenomen door het hoofd logistiek, de planner, de assistent-bedrijfsleider, de ploegbazen, het hoofd expeditie en eventueel een werkvoorbereider (om moeilijke orders toe te lichten).

Detailplanning

De detailplanning komt overeen met de interne besturing van de PE's. De ploegbazen van de PE's zijn verantwoordelijk voor de detailverroosting van orders, zodanig dat voldaan wordt aan de interne levertijden (die afgeleid zijn van de normdoorlooptijden). Bij Duperfo is vooral de verroosting bij de perforeremachines complex, omdat zowel met interne levertijden als met volgorde-relaties (de mogelijkheden om op omsteltijden te besparen) rekening gehouden moet worden.

Nabeschuwing

De productiebesturingsproblematiek in een bedrijf kan niet eenvoudig worden opgelost door aanschaf en implementatie van een MRP-besturingspakket. Eerst zal een bedrijf nauwkeurig de eigen productiesituatie in kaart moeten brengen. Pas daarna kunnen systematisch de functionele specificaties van een toe te passen informatiesysteem worden opgesteld. Deze specificaties moeten aansluiten bij de te kiezen besturingsstructuur. Dit artikel heeft aangegeven op welke wijze te werk gegaan kan worden bij het vaststellen van de productiebesturingsstructuur.

Belangrijk bij de gepresenteerde aanpak is dat het primaire proces als uitgangspunt wordt gekozen. Dit proces bepaalt de mogelijkheden op de werkvloer en de elementen waarmee bij de centrale productiebesturing rekening gehouden moet worden. Bij de centrale besturing vindt de afstemming plaats tussen deze elementen (ofwel: de operationele karakteristieken van PE's) en de markteisen.

De praktijktoepassing in dit artikel heeft laten zien dat de gepresenteerde aanpak nuttig is bij het analyseren van de productiesituatie en het ontwerpen van de productiebesturing. Op deze manier is gewaarborgd dat essentiële aspecten meegenomen worden in het ontwerp.

Literatuur

1. Bechte, W., "Load-Oriented Manufacturing Control Just-In-Time Production for Job Shops", *Production Planning & Control*, Vol.5 1994, No. 3, pp. 292-307
2. Bertrand, J.W.M., J.C. Wortmann and J. Wijngaard, *Production Control, a Structural and Design Oriented Approach*, Elsevier, Amsterdam, 1990.
3. Bertrand, J.W.M., J.C. Wortmann en J. Wijngaard, *Productiebeheersing en materiaal management*, Stenfert Kroese, Leiden/Antwerpen, 1990.
4. Goldratt, E.M. en J. Cox, *Het doel-een proces van voortdurende verbetering*, Marka Paperback, 1986 (oorspronkelijke Engelse editie 1984).
5. Wielen, L.M. van der, *Van 'gaatjes maken' naar betrouwbaar perforeren*, Faculteit Bedrijfskunde, Rijksuniversiteit Groningen, 1994.