

## Informatiesystemen voor logistiek (intern)

**Citation for published version (APA):**

Wortmann, J. C. (1993). Informatiesystemen voor logistiek (intern). In A. A. M. Vermeulen (Ed.), *Handboek Industriële Automatisering, deel II, hfdst. 14, par. 1 t/m 11* Kluwer.

**Document status and date:**

Published: 01/01/1993

**Document Version:**

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

**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](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

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

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

# 14 Informatiesystemen voor logistiek (intern)

prof. Dr. ir. J.C. Wortmann

Dit hoofdstuk is met toestemming overgenomen uit:

'Production Control. A Structural and Design Oriented Approach', Elsevier, 1990.

## 14.1 Inleiding

### 14.1.1 Bestek en doel van het hoofdstuk

*Verskillende beheersingssystemen vereisen verschillende informatiesystemen*

Een perfecte aanpak voor het ontwerpen van 'multi stage' produktiesystemen bestaat niet. Deze uitspraak is gebaseerd op een vergelijk van de concurrerende paradigma's van MRP, JIT en OPT (zie bijvoorbeeld Bertrand, Wortmann, Wijngaard; *Produktiebeheersing en Material management*, Stenfert Kroese, 1990; Hoofdstuk 4). In dit hoofdstuk wordt gesteld dat er ook voor het ontwerpen van informatiesystemen geen perfecte benadering bestaat. Er zijn echter geen paradigma's met betrekking tot informatiesystemen in de hedendaagse vakliteratuur te vinden die echt concurrerend zijn. In feite wordt de markt voor 'multi stage' informatiesystemen gedomineerd door standaard MRP II-softwarepakketten. Zelfs de OPT software is gebaseerd op het MRP II-statusonafhankelijk datamodel. In verscheidene Europese landen zijn verschillende paradigma's ontwikkeld die zich vooral richten op klantafhankelijke productie, op capaciteitsbeheer en op het omgaan met onzekerheid. Het doel van dit hoofdstuk is aan te tonen dat afwijkende beheersingssystemen voor de goederenstroom ook verschillende informatiesystemen vereisen.

Verkopers van standaardsoftwarepakketten voor productie- en voorraadbeheer in 'multi stage' produktiesystemen zullen deze verschillende denkbeelden trachten te integreren in de toekomstige versies van hun pakketten. Zeer waarschijnlijk zullen deze pogingen slagen, maar niet zonder meer. Naar alle waarschijnlijkheid zal het nadeel zijn dat de standaardsoftwarepakketten nóg ingewikkelder worden dan ze nu al zijn. De echte uitdaging zal daarom zitten in het verbeteren van de functionaliteit zonder de complexiteit te vergroten.

#### **Inhoud van het hoofdstuk**

In dit hoofdstuk zullen we eerst de standaardsoftwarepakketten bespreken die gebaseerd zijn op MRP II (paragraaf 14.2). Deze pakketten zijn vooral

geschikt voor de produktie-industrieën die zich bezighouden met op zichzelf staande produkties. Om ons thema, de invloed van de beheersingsstructuur op het ontwerpen van software, te illustreren, zullen we in paragraaf 14.3 de soorten standaardsoftwarepakketten voor assemblage op bestelling, produktie op klantenorder (dat wil zeggen verkoop van de capaciteit) en ontwikkeling op klantenorder bespreken.

Paragraaf 14.4 sluit dit hoofdstuk af. De hoofdlijnen van dit hoofdstuk zijn samengevat in figuur 14-1.

### *14.1.2 De architectuur en informatiesystemen voor logistiek (intern)*

Als we spreken over het ontwerpen van informatiesystemen, is onze aandacht in hoofdzaak gericht op het *conceptuele datamodel*. Men kan stellen dat dit model de keten van het informatiesysteem vormt. Dit kan worden aangetoond zonder gedetailleerde technische verhandelingen. Een grondige bespreking van de belangrijkste kwesties m.b.t. het ontwerpen is echter alleen mogelijk na een inleiding over standaardsoftwarepakketten voor produktie- en voorraadbeheersing.

Hier, in het eerste deel van hoofdstuk 14, zullen we een referentiekader geven voor zo'n beschrijving.

De algemene opbouw van software ter ondersteuning van produktie- en voorraadbeheer kan worden verklaard aan de hand van figuur 14-2A. Deze afbeelding toont vier concentrische 'softwarecirkels'. De betekenis van die cirkels wordt nu uitgelegd.

#### *Systeemsoftware*

De binnenste cirkel van figuur 14-2A bevat systeemsoftwarepakketten; dat wil zeggen pakketten die onafhankelijk van bepaalde toepassingen aanwezig moeten zijn. Ze moeten beschikbaar zijn alvorens toepassingsprogrammatuur kan draaien: een besturingssysteem, een database management systeem (DBMS), een I/O-monitor, een vraagtaal faciliteit, enzovoorts.

#### *Transactie-verwerkende systemen voor bestandsonafhankelijke gegevens*

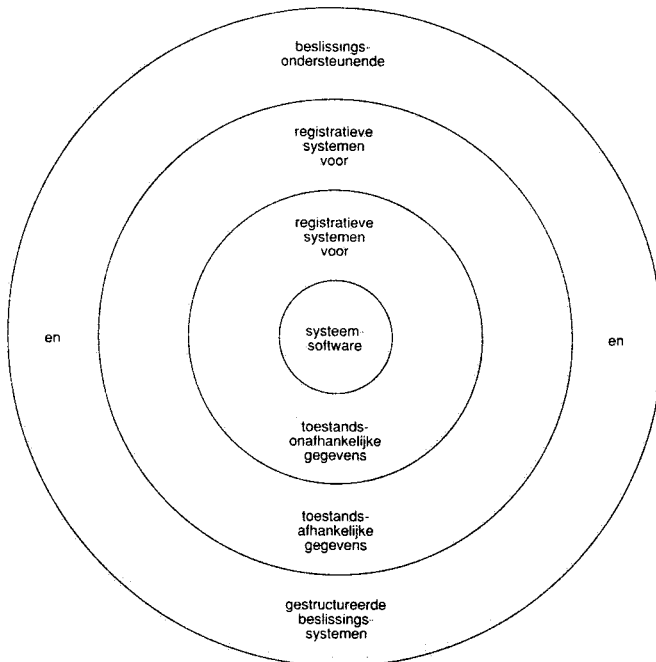
De tweede laag in figuur 14-2A wordt gevormd door de registratiesystemen voor toestandsonafhankelijke gegevens. Op de term 'toestandsonafhankelijk' dient nader te worden ingegaan.

In de context van dit hoofdstuk verwijst 'toestand' naar de staat waarin zich de orders en materialen bevinden in de te beheersen goederenstroom. Daarom worden de 'registratiesystemen voor toestandsonafhankelijke gegevens' gevormd door allerhande registraties van produkten, technologie, fabricage-outillage en personeel, die indirect ondersteunend werken voor het vastleggen en plannen van orders en materialen. Deze registratiesystemen maken het inleggen mogelijk van gegevens over standaardprodukten en daarnaast over

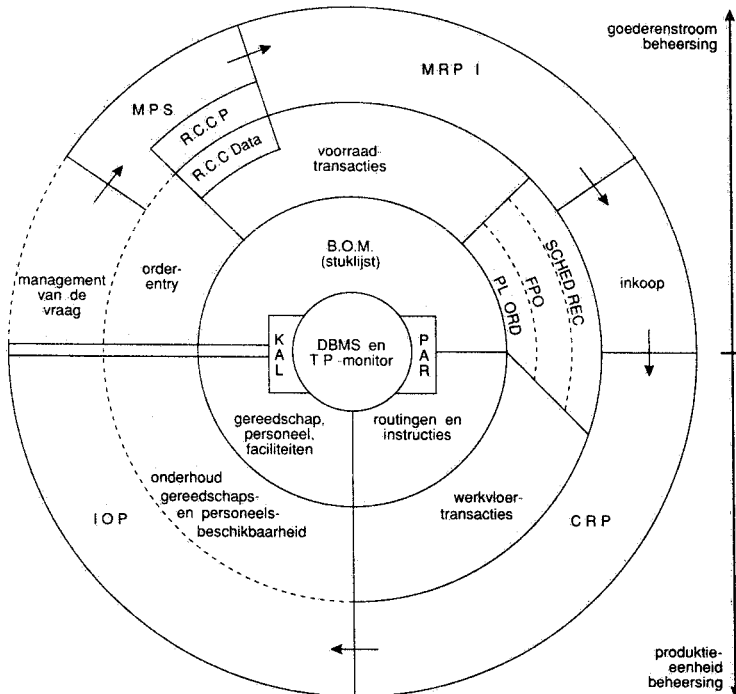
zogenoemde 'gozinto' relaties tussen produkten (stuklijsten), 'routings' (bewerkingen), diverse soorten van capaciteit, standaardinstellingen en sterkijden, enzovoorts.

Paragraaf	Hoofdgedachten
14.1 Inleiding	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Verschillende controlesystemen vereisen verschillende informatiesystemen.</li> <li>* Maak onderscheid tussen statusonafhankelijke informatie en statusafhankelijke informatie.</li> </ul>
14.2 MRP II-pakketten	<ul style="list-style-type: none"> <li>* De conceptuele datastructuur vormt het geraamte van het informatiesysteem.</li> <li>* Ruwe capaciteitsplanning binnen MRP II is maar nauwelijks verbonden met gedetailleerde capaciteitsplanning en werkvloercontrole.</li> <li>* De statusonafhankelijke items en materiaallijsten vormen de ruggegraat van MRP-systemen.</li> <li>* Input- en outputplanning binnen MRP II-pakketten houdt zich bezig met enkelvoudige wachtrijen voor afzonderlijke werkcentra en niet met controle op werkbelasting voor netwerken van wachtrijen (productie-units).</li> </ul>
14.3 Klantafhankelijke productie	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Als men van 'make-to-stock' naar 'engineer-to-order' overgaat, wordt het statusonafhankelijk informatiesysteem een werktuig voor de technische organisatie en wordt de klantenorder de ruggegraat van de datastructuur.</li> <li>* 'Assemble-to-order' vereist generieke materiaallijsten.</li> <li>* De productie voor capaciteitsverkoop (in zijn pure vorm) heeft geen statusonafhankelijk informatiesysteem, behalve voor capaciteitsbeschrijving.</li> <li>* Opeengestapelde productieplanning beheerst de technische organisatie en de activiteiten m.b.t. de werkvoorbereiding in klantafhankelijke productie.</li> <li>* Registreren van materiaalstroom met behulp van de klantenorder in plaats van in termen van standaarditems moet mogelijk zijn.</li> <li>* Werkbelasting en de uitgifte van werkopdrachten worden niet ondersteund in huidige standaardsoftwarepakketten voor klantafhankelijke productie.</li> </ul>

Figuur 14-1: Hoofdpijnen van hoofdstuk 14



Figuur 14-2A: De vier concentrische softwarecirkels



Figuur 14-2B: MRP II-pakketten weergegeven in de cirkels van figuur 14-2A

### *Registratievsystemen voor toestandsafhankelijke gegevens*

De derde laag van figuur 14-2A wordt, zo moge duidelijk zijn, gevormd door de registratie van toestandsafhankelijke gegevens. Hier bevindt zich toepassingsprogrammatuur die de toestand en de bestandsveranderingen van de materialen en orders bewaakt. Materialen worden ontvangen, geïnspecteerd, opgeslagen, uitgegeven, gebruikt bij montage, enzovoorts. Orders van klanten zijn aanvankelijk misschien slechts 'mogelijke' orders en worden omgezet in bevestigde, volledig gespecificeerde, verscheepte, gefactureerde en afgesloten orders. Interne werkorders en opdrachten gegeven aan leveranciers en onderaannemers hebben eenzelfde levenscyclus. Deze laag bevat ook software om voorspellingen en plannen cijfers op te slaan en weer op te vragen. Op het eerste gezicht lijkt dit misschien vreemd, omdat deze gegevens vaak zullen worden gegenereerd door beslissingsondersteunende systemen die zich in de volgende laag bevinden. Voorspelde en geplande gegevens dienen echter bewaard te worden in een database voor latere raadpleging, ongeacht hun bron. Of deze cijfers berekend zijn via een wiskundig model of handmatig zijn ingebracht, is niet relevant.

### *Beslissingsondersteunende systemen en gestructureerde beslissingssystemen*

De vierde laag in figuur 14-2A tenslotte, is die van de beslissingsondersteunende systemen die hulp moeten bieden aan de mensen die de besluiten nemen. Bovendien bevat deze laag de systemen voor gestructureerde beslissingssystemen die in staat zijn een besluitvormingsproces uit te voeren zonder menselijke bemoeienis (maar meestal ten behoeve van de verantwoordelijke persoon; bijvoorbeeld verzoeken om een deellevering als onderdeel van een raamcontract). De nadruk zal hier worden gelegd op de tweede en derde laag die essentieel worden geacht voor de vierde laag.

## *14.1.3 Het ontwerpproces*

Hoewel er veel verschillende methoden zijn voor het ontwerpen van informatiesystemen, kennen de meeste dezelfde indeling in vier stappen:

- 1 Definitie-studie;
- 2 Informatie-analyse;
- 3 Systeem-ontwerp;
- 4 Implementatie.

In stap 1, de definitiestudie, worden de context en de doelstellingen van het informatiesysteem gedefinieerd. In stap 2, de informatie-analyse, worden de besluitvormingsprocessen beschreven en worden de functionele eisen voor het informatiesysteem ontwikkeld. Van oudsher richt stap 2 zich op softwarespecificaties. Tijdens het laatste decennium wordt hier meer en meer de nadruk gelegd op de specificatie van een *conceptueel datamodel*. Deze gedachtegang zal hier worden gevolgd. Daarom zullen we in para-

graaf 14.2.3 een diagramtechniek tonen om conceptuele datamodellen weer te geven. Ook zal onze beschrijving van softwarepakketten zich op dergelijke datamodellen richten. Stap 3 bestaat uit een gedetailleerd technisch ontwerp van het te ontwikkelen informatiesysteem. Ook hier ziet men dat de traditionele methoden voor systeemontwerp de aandacht vooral vestigen op het ontwerpen van software en dat men het technisch ontwerp van datastructuren als een afgeleid probleem beschouwt. De hedendaagse databasetechnologie stelt ons in staat om in verschillende toepassingsprogrammatuur dezelfde gegevens te gebruiken. Daarom wordt het technisch ontwerp van een database steeds meer een zaak die in de ontwerpfase van de systemen op gelijke voet staat met het ontwerpen van software. Stap 4 tenslotte, bestaat uit programmeren, testen, gebruikerstraining en het allereerste inlezen van data.

De voorgaande beschrijving liet zien dat tijdens het **ontwerpen** van informatiesystemen de algemene benadering, in termen van de cirkels van figuur 14-2A, zich verplaatst van de rand naar de kern. Hier dient wel te worden opgemerkt dat de invoering van informatiesystemen in organisaties zich andersom beweegt; van de kern naar de rand. Allereerst moeten toestands-onafhankelijke gegevens worden ingevoerd en systemen voor correctieverwerking van toestandsonafhankelijke gegevens worden geïntroduceerd. Vervolgens kunnen toestandsafhankelijke gegevens worden ingebracht, tegelijk met de introductie van de bijhorend transactieverwerkingssystemen. Tenslotte kunnen beslissingsondersteunende systemen worden geïmplementeerd, die gevoed moeten worden met statusafhankelijke gegevens over orders en materialen.

#### *Standaardsoftwarepakketten*

De beschrijving hierboven suggereert dat de meeste bedrijven hun eigen softwarepakketten voor productie- en voorraadbeheersing zouden ontwerpen. Niets is minder waar. Tegenwoordig maakt de meerderheid van bedrijven gebruik van standaardsoftwarepakketten. Soms worden ze 'load-and-go' gebruikt, maar het komt vaker voor dat het standaardpakket op een of andere manier door de gebruiker wordt uitgebreid, aangepast of volledig gemaakt. De meeste bedrijven staan dus eerder voor het probleem een standaardsoftwarepakket uit te kiezen, dan voor de taak de toepassingsprogrammatuur zelf te maken. Niettemin verloopt het selectieproces van een standaardsoftwarepakket grofweg hetzelfde als het hierboven geschetste ontwerpproces. Voor meer details over dit selectieproces, zie bijvoorbeeld Wortmann (1984) [1].

#### *Veranderbaarheid van standaardsoftwarepakketten*

Meestal zijn standaardsoftwarepakketten gericht op een grote verscheidenheid aan industrieën. Daarom streven ze ook naar een hoog niveau van veranderbaarheid, om aan de behoefte te kunnen voldoen van verschillende bedrijven,

zoveel mogelijk zonder de software te veranderen. Het zal duidelijk zijn dat het gebruik van een DBMS- en een I/O-monitor hier nuttig is, omdat deze pakketten enige onafhankelijkheid verschaffen met betrekking tot fysieke kenmerken van de media en randapparatuur voor de opslag van gegevens. Bovendien kunnen de DBMS- en I/O-monitor in zeer ruime mate syntactische flexibiliteit verschaffen. Dit betekent dat de eisen ten aanzien van de opmaak van velden en de daarmee overeenkomende 'screening'-procedures in systemen voor het verwerken van een transactie, gespecificeerd kunnen worden door het productiebedrijf als het pakket wordt geïnstalleerd. Het is echter zelden mogelijk om de betekenis van de entiteitstypen en van de relaties, zoals beschreven in het conceptuele data-model, te veranderen. Dit punt wordt meer gedetailleerd besproken in Bertrand en Wortmann (1981), Hoofdstuk 3 [2].

## **14.2 MRP II-standaardsoftwarepakketten**

### *14.2.1 Algemene opmerkingen*

#### *Opbouw*

De opbouw van MRP II-standaardsoftwarepakketten wordt weergegeven in figuur 14-2B. Let wel, deze afbeelding is in twee gebieden verdeeld: het bovenste deel stelt het gebied 'goods flow control (GFC)' voor (goederenstroombeheersing), terwijl het onderste het gebied 'production unit control (PUC)' (productie-eenheid-beheersing) weergeeft. Op dit PUC-gebied moet wat nader worden ingegaan. Zoals we zullen zien, vereisen de MRP II-pakketten in de regel niet dat de materiaaldoorvoer wordt ontleed in een aantal fases die dan worden toegewezen aan 'productie-eenheden'. Formeel gesproken, beschouwen MRP II-pakketten de gehele fabriek als zijnde één enkele productie-eenheid of werkvloer. De hier gebruikte term **productie-eenheid (PE) beheersing** wordt in de MRP-literatuur in het algemeen *production activity control* (productie-activiteitenbeheersing) genoemd. Dientengevolge ondersteunt MRPII noch het concept van operationele beperkingen voor een PE, noch werklastbeheersing. Daarom wordt de beslissing tot uitgave van werkorders alleen maar gebaseerd op materiaalcoördinatie: de procedure hiervoor is, natuurlijk, 'material requirements planning (MRP I)' (materiaalbehoefte berekening-MBB). De werkorders die moeten worden vrijgegeven worden simpelweg door MRP I bepaald.

#### *Werklast beheersing*

Men zou kunnen stellen dat de ideeën achter op werklastbeheersing nauw verwant zijn met *input-outputplanning* (IOP) in MRP II. Dit is juist. Er moet echter wel een onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds de filosofie achter MRP en anderzijds MRP-softwarepakketten. De MRP-filosofie heeft



input-output planning geïntroduceerd als een middel om produktie en voorraden als aggregaat-totalen te plannen en te beheersen. In veel boeken en artikelen (bijvoorbeeld Plossl en Welch (1979) [3], Wight (1970) [4]), wordt voor deze techniek voor de fabriek in zijn geheel gepleit. Daarom zou de MRP-theorie wellicht de input-outputplanning in het GFC-gebied in figuur 14-2B plaatsen.

MRP-softwarepakketten maken gebruik van een input-outputtechniek die bedoeld is voor individuele werkcentra, zoals aan het einde van paragraaf 14.2 zal worden uitgelegd. (De waarde van deze techniek moet daar nog worden onderzocht). Deze input-outputplanning-techniek (IOP) is nauw verbonden met 'capacity requirements planning (CRP)' (planning van capaciteitsbehoeften). Beide technieken signaleren gedetailleerde capaciteitsproblemen. Zowel CRP als IOP zijn bestemd om te functioneren na de berekening van geplande orders door MRP I. Bovendien, ondersteunen CRP en IOP, zoals we zullen zien, nou niet bepaald de functies met betrekking tot 'werklastbeheersing' en 'werkordervrijgave'. Tenslotte vereisen IOP en CRP gedetailleerde data over werkcentra, bewerkingen en routingen. Daarom zijn deze functies 'onder de lijn' weergegeven in het PUC-gebied van figuur 14-2B.

Bij het implementatieproces van een standaardsoftwarepakket is het nodig dat er een flink aantal parameters wordt geïnitieerd. Dit wordt getoond in het diagram van figuur 14-2B (waar MRP-pakketten worden weergegeven in de cirkels van figuur 14-2A) aan de hand van een set parameterwaarden (afgekort PAR). Voorbeelden van dergelijke parameters zijn:

- Standaardwaarden voor veel attributen;
- Conventies voor maateenheden (bijvoorbeeld: worden doorlooptijden uitgedrukt in werkdagen of in kalenderdagen);
- Planning parameters (bijvoorbeeld maximaal toegestane percentage van inkrimping van wachttijden bij een spoedorder);
- Seriegrootte-parameters (bijvoorbeeld factoren die de kosten van opslag bepalen, zoals rentetarieven).

Men kan stellen dat deze parameterdata en de bijhorend transactie verwerkingssoftware tot een kleine laag tussen de lagen één en twee behoren. Dit is precies in figuur 14-2B beoogd. Een andere typische groep van gegevens die vaak over het hoofd wordt gezien, is de kalender (KAL).

### *14.2.2 Registratievsystemen voor toestandsonafhankelijke gegevens*

#### *Items*

Registratievsystemen voor toestandsonafhankelijke gegevens in MRP II-softwarepakketten hebben in de eerste plaats betrekking op produktinformatie.

Meestal hebben bedrijven een bestand ter beschikking waarin elk standaarditem wordt weergegeven door één record. Toestandsafhankelijke 'attributen' (velden) voor zulke items zijn talrijk, bijvoorbeeld:

- Identificatienummer en beschrijving van het item;
- Indelingscodes voor waarde, soort van produkt, geometrie, materiaal, eerste opslagplaats, maateenheid, seriegroottes, veiligheidsvoorraad, veiligheidstijd, opslagprincipes, enzovoorts;
- 'Standard Lead Time (SLT)' (Standaarddoorlooptijd);
- Verwijzingen naar eerste verantwoordelijke verkoper, eerste verantwoordelijke inkoper, eerste verantwoordelijke planner;
- Verschillende kostenkenmerken (historische kostprijs, standaardkostprijs, laatste werkelijke kosten, gemiddelde werkelijke kosten; alles gedetailleerd in materiaalkosten, arbeidskosten, machinekosten, overheid).

Een aantal van deze velden is **verplicht** als bepaalde toepassingsprogrammatuur operationeel is en dan is er dus een bepaalde waarde voor ze vereist. Als bijvoorbeeld een inkoopmodule operationeel is, vereisen veel systemen dat alle items worden geclassificeerd of als inkoopdeel of als een maakdeel: tertium non datur. Als een item wordt gekenmerkt als inkoopdeel, dan moet de eerste verantwoordelijke voornaamste koper bekend zijn en de leverancierscode, enzovoorts. Natuurlijk kunnen sommige softwarepakketten standaardwaarden voor verplichte kenmerken gaan verschaffen, maar de algemene ervaring met MRP-pakketten is dat het inleggen van een nieuw codenummer flink wat verplichtingen meebrengt. Volledig gebruik van alle mogelijkheden in beschikbare toepassingen veroorzaakt grote wat inspanningen op het gebied van data-inbreng bij het definiëren van nieuwe produkten. Een punt om te onthouden is, tenslotte, dat alle gedefinieerde in MRP II-pakketten standaarditems zijn.

Naast de standaarditems bieden MRP-pakketten tenslotte een aantal andere **niet fysiek bestaande itemsoorten** die meestal worden vastgelegd in hetzelfde 'item-master' bestand.

Terzijde, het bestaan van zulke 'andere itemsoorten' zou ten onrechte kunnen suggereren dat het makkelijk is de betekenis of het bereik van een entiteitssoort, zoals 'item' uit te breiden. Dit is niet juist. Neem bijvoorbeeld het geval dat een bepaald systeem een bepaalde 'andere itemsoort' niet ondersteunt, bijvoorbeeld een 'bijprodukt' (dit is een produkt dat noodzakelijkerwijs als een ander produkt, het hoofdprodukt, wordt gefabriceerd). Als zo'n andere itemsoort eraan zou moeten worden toegevoegd, dan zouden zo ongeveer de volgende acties nodig zijn:

- Verandering van het conceptuele datamodel en het fysieke datamodel;
- Het opnieuw creëren van de fysieke database om te voldoen aan het nieuwe datamodel;

- (Her)ontwerpen van transactie-verwerkingssoftware;
- Onderzoek van alle huidige toepassingsprogrammatuur om op alle plaatsen trachten te ontdekken waar toegang wordt verkregen tot het itembestand, teneinde te zien of 'bijprodukten' anders moeten worden behandeld; verandering van software, indien nodig;
- (Om)scholing van de gebruikers.

Dit is zeker geen sinecure!

*'Bills-of-material (BOM)' (stuklijsten)*

Een stuklijst voor een 'parent-item' (samenstellingsitem) is een lijst van samenstellende componenten voor dit samenstellingsitem. Preciezer gezegd, een stuklijst geeft een reeks relaties aan tussen samenstelling en component, waarbij elke relatie een op zich staande entiteit is die minimaal de volgende velden heeft:

- Samenstellingsidentificatienummer (sleutelveld);
- Componentidentificatienummer (sleutelveld);
- Startdatum effectiviteit: vanaf deze datum wordt de relatie geacht effectief te zijn;
- Einddatum effectiviteit: na deze datum wordt de relatie als achterhaald beschouwd;
- Benodigde hoeveelheid component per eenheid eindproduct;
- Opbrengst- en uitvalfactor;
- Correctie van de tijdverschuiving ('off-set') die in MRPI wordt toegepast;
- Gebruikersgroep (Produktontwikkeling, Fabricage, Logistiek).

Enkele korte opmerkingen zijn hier op hun plaats om de lezer enige indruk te geven van de 'Bill-of-Material'-processor die men meestal tegenkomt in MRP II-pakketten.

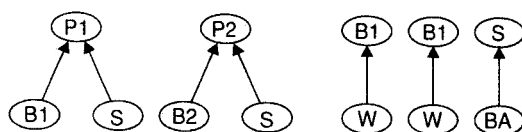
Allereerst, een component die voorkomt in een stuklijst van een samenstellingsitem, kan zelf ook als samenstellingsitem fungeren. Op deze manier kan een structuur worden gedefinieerd die bestaat uit '*multi-level bills-of-material (stuklijst met meer niveaus)*'. Een item echter mag nooit (indirect) een component van zichzelf zijn. Met andere woorden, als de 'multi-level' stukstructuur wordt gezien als een gerichte groef, dan zou deze *cycle-free* (vrij van cyclussen) moeten zijn. De stuklijstprocessor zou dit moeten controleren bij iedere verandering in de 'parent (samenstelling)-component' relaties.

Op de tweede plaats kan een component voorkomen als een component van verschillende samenstellingen. We zullen hiernaar verwijzen als de '*commonality*' (*gemeenschappelijkheid*) van deze component. (Dit feit wordt soms de 'modularity' van de itemstructuur genoemd, maar het ware beter zijn deze term te reserveren voor minder voor de hand liggende kenmerken van de

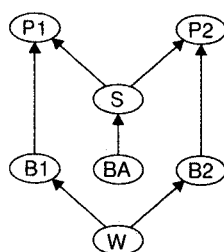
produktstructuur.) De lijst van eindprodukt-componentrelaties die worden gedefinieerd voor een bepaalde component wordt een 'where-used' (waar gebruikt)-lijst genoemd.

Op de derde plaats, brengen de 'effectivity-date' (datum met betrekking tot effectiviteit) – velden een belangrijke kwestie naar voren met betrekking tot toestandsafhankelijke registratie, namelijk het feit dat produktstructuren zogenoemde 'engineering changes' kennen. Dit zijn veranderingen in de manier waarop een produkt wordt ontworpen, gefabriceerd of besteld.

Enkel-niveau stuklijst



Meer-niveau stuklijst



Figuur 14-3: Voorbeeld van stuklijsten

Het is niet ongevoerd dat standaardprodukten een jaarlijkse veranderinggraad hebben die in dezelfde orde van grootte ligt als het aantal stuklijst relaties zelf. De meeste MRP II-systemen ondersteunen dit spervuur van veranderingen door een entiteitstype 'Engineering Change' aan de database toe te voegen. Engineering changes horen bij het toestandsafhankelijke deel van het conceptuele datamodel. In sommige systemen worden ze ook gebruikt in het toestandsafhankelijke deel om orders te verwezenlijken met een afwijkende produktstructuur. Meestal is dit een oplossing voor de problemen die voortkomen uit het feit dat deze pakketten niet voorzien in produktstructuren die klantenorder gericht zijn. Het is echter geen fraaie oplossing.

Op de vierde plaats maakt het veld 'usage group' (gebruikersgroep) duidelijk dat een stuklijststructuur voor Produktontwikkeling niet per sé gelijk is aan die voor fabricage. Natuurlijk moet er een bepaald eind-item uiteindelijk in beide stuklijsten worden samengesteld uit dezelfde gekochte onderdelen (afgezien van opbrengst- en uitvaleffecten), maar tussenniveaus in het produktiegebied hoeven niet zonder meer overeen te komen met tussenniveaus op

het gebied van produktontwerp. Zo is het bij sommige MRP II-systemen mogelijk om de bruto behoeften voor een component te berekenen, gebruik makend van andere stuklijsten dan op de fabricagestuklijsten worden vermeld. Natuurlijk veroorzaken deze verschillen een aantal problemen. Deze liggen echter buiten het bestek van deze tekst.

Veronderstel, als voorbeeld van een toestandsonafhankelijk deel van een database, dat een fabriek voor tabakspijpen twee soorten pijpen maakt: P1 en P2. Beide worden samengesteld uit een kop en een steel.

Tabel 14-1: Itembestand voor produktstructuur van figuur 14-3

Item #	Beschrijving	Maateenheid	Voorraad	SLT(weken)
P1	straiht-grain	stuks	100	1
P2	birds-eye	stuks	100	1
S	steel	stuks	200	2
K1	kop	stuks	100	3
K2	kop	stuks	100	3
H	houten blok	stuks	300	16
BA	bakeliet	kilogram	5	1

De steel S wordt gemaakt van bakeliet (BA) en is voor beide pijpen hetzelfde. De koppen K1 en K2 zijn verschillend, maar ze worden uit dezelfde houten blokken (H) gesneden. De daaruit voortvloeiende stuklijst relaties worden gegeven in figuur 14-3. Het bijhorend itembestand wordt getoond in tabel 14-1 en het bijhorend bestand met betrekking tot de stuklijst is te vinden in tabel 14-2.

Tabel 14-2: Stuklijst ('gozinto') bestand voor produktstructuur van figuur 14-3

Samenstelling	Component	Hoeveelheid	Gebruikers-groep	Effectief vanaf
P1	B1	1	PD/M/L	
P1	S	1	PD/M/L	
P2	B2	1	PD/M/L	
P2	S	1	PD/M/L	
S	BA	0,01	M/L	
B1	W	1	M/L	
B1	W	1	M/L	

#### 'Routingen'

De *routing* van een item is een geordende lijst van (normatieve) bewerkingen die vereist zijn voor het fabriceren van dit item uit zijn componenten. De routing kan alleen worden gedefinieerd voor items die 'fabricage' als gebruikersgroep hebben. Een normatieve bewerking bestaat uit een aantal fa-

bricage-stappen. Deze stappen en hun beschrijving worden in de regel niet formeel weergegeven in de database die een MRP-pakket ondersteunt. Zodoende is een normatieve bewerking een entiteit die tenminste de volgende velden heeft:

- Itemidentificatienummer (sleutelveld);
- Routingvolgnummer (sleutelveld).
- Capaciteitseenheid: dit geeft de (machine)capaciteit aan waar de handeling dient te geschieden;
- Normatieve hoeveelheid capaciteit vereist voor de bewerking (ook wel 'operation time' (bewerkingstijd) genaamd). Deze grootte wordt meestal berekend uit meer gedetailleerde (normatieve) gegevens zoals insteltijd, stuktijd per exemplaar, aantal exemplaren in deze bepaalde werkorder (seriegrootte) benodigde tijd om gereedschap te halen en te inspecteren, enzovoorts;
- Toegestane transporttijd. Dit attribuut wordt gebruikt bij het inplannen van de bewerkingen van een routing om rekening te houden met het vervoer van goederen van de ene naar de andere werkplek. In sommige systemen kan deze tijd afhankelijk worden gemaakt van de seriegrootte;

Tabel 14-3: Routing voor het voorbeeld van de tabakspijpenfabriek

Item	Volgnr.	Capaciteits- eenheid (werkplek)	Insteltijd (uren)	Stuktijd (uren)	Toegestane wachtijd (uren)
P1	10	assemblage	1	0,03	8
P1	20	schuren	2	0,02	12
P1	30	afwerking	0	0,04	8
P2	10	assemblage	1	0,03	8
P2	20	schuren	2	0,02	12
P2	30	afwerking	0	0,04	8
S	10	verhitten	6	0	14
S	20	boren	2	0,01	6
K1	10	frezen	2	0,06	32
K1	20	boren	3	0,03	16
K1	30	frezen	1	0,07	32
K1	40	schuren	2	0,04	12
K2	10	frezen	2	0,06	32
K2	20	boren	3	0,05	16
K2	30	frezen	1	0,07	32
K2	40	schuren	2	0,02	12

- Toegestane wachttijd. Dit attribuut wordt gebruikt bij het plannen van de bewerkingen van een routing met de bedoeling om rekening te houden met bijvoorbeeld de wachttijd van goederen in bewerking bij een capaciteitseenheid (werkplek). In sommige systemen kan het afhankelijk van de bewerkingstijd worden gemaakt.

Met behulp van deze gegevens kunnen de planningsroutines voor de beheersing van de uitvoering (PAC, productie activity control) een *'through-put time for a work-order'* (doorlooptijd voor een werkorder) berekenen voor een bepaald item uitgaande van een bepaalde seriegrootte. Deze doorlooptijdcapaciteit is de optelsom van de toegestane van transporttijd en wachttijd en de berekende bewerkingsstijden voor alle bewerkingen in de routing voor het betrokken item. Een werkorder vereist ook meestal enige voorbereidingstijd om documenten te prepareren, materialen uit te kiezen en het erbij halen van bewerkingsgereedschap en het spangereedschap. In veel situaties is het aan te raden een speciale handeling te definiëren voor deze activiteiten.

In sommige pakketten is de berekende doorlooptijd een functie van de seriegrootte van de werkorder. Volgens MRP II-theorie zou deze berekende doorlooptijd gelijk moeten zijn aan het 'Standard Lead Time' (standaard-doorlooptijd – SDLT) -veld van het item. Slechts een paar MRP II-pakketten echter handhaven deze gelijkheid daadwerkelijk. (Opmerking: uitgaande van de beheersingsstructuur die in deze tekst wordt gepresenteerd, is het raadzaam een kleine hoeveelheid geplande doorlooptijd toe te voegen aan het materiaalcoördinatie-niveau. Zodoende wordt een vertraging in vrijgave vanwege operationele beperkingen van de betrokken productie-eenheid toegestaan.) Als onze fabriek bijvoorbeeld 40 uur per week operationeel is, dan heeft de steel S een berekende werkorderdoorlooptijd van:

$$6 + 14 + 2 + (100 \times 0,02) + 16 = 40 \text{ uur (ofwel een hele week)}$$

De normendoorlooptijd van S, volgens tabel 14-1, is echter 2 weken. Een controle op consistentie zou zo'n verschil signaleren. Een routing is een nauwkeurige beschrijving van de wijze waarop een werkorder door de fabriek wordt geloodst. Zoals we zullen zien, wordt een routing ook gebruikt om het effect te evalueren van geplande orders voortgebracht door MRP II-software op de capaciteitsbezetting. De CRP-module berekent capaciteitsbelastingprofielen gebaseerd op routingen van geplande orders.

#### *Ruwe geschatte capaciteitsbehoeften*

Een verwant concept wordt gevormd door de *overzichten van ruwe capaciteitsbehoeften*. Deze arbeidsoverzichten worden alleen maar gedefinieerd voor MPS-items en haar doel is, de ruwe capaciteitsplanning (als onderdeel van de produktiehoofdplanning) te ondersteunen.

De ruwe capaciteitsbehoefte van een HPP-item', (waarnaar verwezen wordt als M), specificeert de capaciteitsbelasting voor 'kritieke capaciteiten' die voortkomt uit elke eenheid gespecificeerd in het MPS van M. Stel bijvoorbeeld dat in onze pijpenfabriek **afwerking, boren en schuren** worden beschouwd als kritieke capaciteitssoorten. Teneinde verwarring te voorkomen tussen capaciteitsbelasting-profielen gegenereerd na MRP I en profielen gegenereerd als hulpmiddel voor de hoofdproductieplanning, zullen we deze kritieke capaciteiten hernoemen als CRICAP A, CRICAP B en CRICAP P. Met P1 en P2 als de MPS-items, worden de lijsten met ruwe capaciteitsbehoeften getoond in tabel 14-4.

De vereiste capaciteit per eenheid wordt berekend (vaak met de hand!) uit de gedetailleerde bewerkingen in tabel 14-3. De waarde 0,08 voor P1 met betrekking tot CRICAP B bijvoorbeeld, wordt afgeleid van de bewerkingen S.20 en B1.20. De bijdrage van S.20 wordt samengesteld uit 0,01 uur stuktijd en  $2/200 = 0,01$  uur installatietijd. Zo ook wordt de bijdrage van B1.20 samengesteld uit 0,03 uur stuktijd en 0,03 uur insteltijd.

Let wel dat in dit voorbeeld de insteltijd variabel is gemaakt in overeenstemming met de standaardseriegrootte. Sommige pakketten zullen andere manieren mogelijk maken om om te gaan met insteltijden. Het zal echter altijd nodig zijn om te 'gissen' naar toekomstige seriegroottes die gebruikt moeten worden op lagere niveaus in de stuklijst, zolang ruwe capaciteitsplanning de moeite waard wordt geacht.

Tabel 14-4: Ruwgeschat arbeidsoverzicht

MPS-item	Volg #	Cruciale capaciteit	Vereisten	Off-set in periodes
P1	10	Cricap A	0,04	0
P1	20	Cricap B	0,08	1
P1	30	Cricap P	0,10	2
P2	10	Cricap A	0,04	0
P2	20	Cricap B	0,10	1
P2	30	Cricap P	0,08	2

#### *Automatisch genereren van gegevens*

Merk op, dat met betrekking tot ruwe capaciteitsbehoeften, dat de numerieke waarden van de velden gewoonlijk niet automatisch up-to-date worden gehouden.

De 'off-set time' in tabel 14.4 geeft de tijdverschuiving weer, die wordt gebruikt weer, gebruikt om de periode van een MPS-order te relateren aan de periode waarin capaciteitseisen zullen voorkomen. De 'off-set' van twee



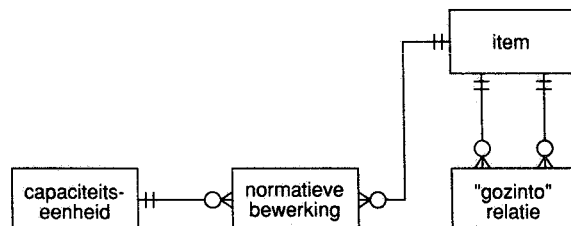
perioden voor de ruwe capaciteitsbehoefte P1.20 is een compromis tussen één periode 'off-set' voor bewerking S.20 en waarschijnlijk drie periodes voor handeling B 1.20. Het automatisch genereren van data voor ruwgeschatte arbeidsoverzichten is mogelijk, maar er zal een oplossing moeten worden gevonden voor dit soort problemen.

Het zal de lezer nu inmiddels duidelijk zijn dat een ruwgeschat arbeidsoverzicht verschilt van een 'routing', omdat het een lijst is met een geaggregeerde van capaciteitsbehoeften. Dientengevolge zal zo'n overzicht nooit nuttig zijn voor het genereren van een routing voor een werkordersturing.

### 14.2.3 Datastructuur diagrammen

Om het betoog over informatiesystemen wat uit te diepen, gaan we ons nu richten op gegevensstructuren. In Bertrand en Wortmann (1981) [2] wordt gesteld dat deze het hart van een informatiesysteem vormen. De grafische notatie hier gebruikt om datastructuren weer te geven, is afgeleid van Martin (1987) [10].

Het datastructuurdiagram voor het toestandsonafhankelijke deel van MRP-pakketten (in hun meest elementaire vorm) wordt gegeven in figuur 14-4. Dit figuur toont rechtsboven de entiteitstype ITEM, die overeenkomt met tabel 14-1. Elk item dat binnen het bedrijf gedefinieerd is, wordt weergegeven door zo'n soort van entiteit. Om een item te fabriceren, is een aantal handelingen en componenten nodig.



Figuur 14-4: Statusonafhankelijke datastructuur voor 'make-to-stock'

#### Bewerkingen en routingen

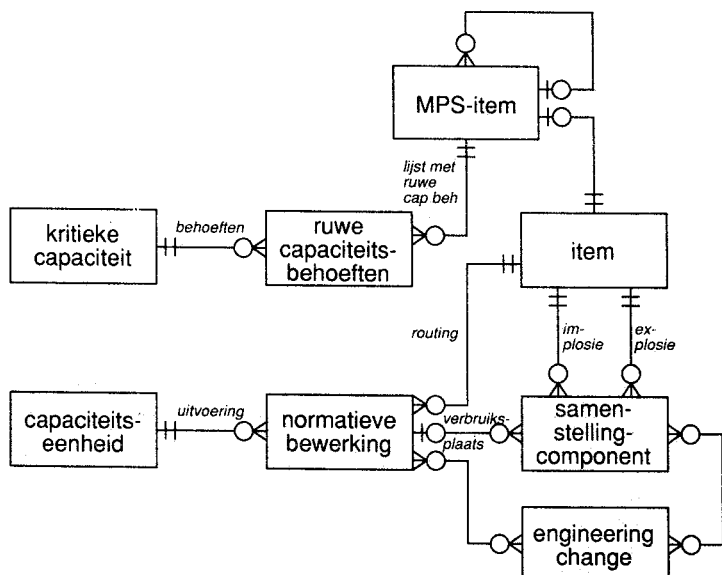
De entiteitstype NORMATIEVE BEWERKING komt overeen met tabel 14-3. De N-staat tot-1 relatie tussen NORMATIEVE BEWERKING en ITEM (de routing) wordt getoond in tabel 14-3 door het veld 'Item'. De N-staat tot-1 relatie tussen NORMATIEVE BEWERKING en CAPACITEITSEENHEID wordt getoond in tabel 14-3 door de veld 'Capaciteitseenheid'. Deze beide velden behoren een zinnvolle waarde te hebben, omdat, volgens figuur

14-4, elke normatieve bewerking altijd gerelateerd zou moeten zijn aan exact één item en exact één capaciteitseenheid. In sommige systemen mogen bewerkingen op meer dan één Capaciteitseenheid worden uitgevoerd, maar er is dan meestal een 'voorkeurs'-eenheid, terwijl de andere op verzoek kunnen worden getoond.

### Stuklijsten

De entiteitssoort 'PARENT' (SAMENSTELLING)-COMPONENT komt overeen met tabel 14-2. Elke kolom in deze tabel geeft een samenstelling-component ('gozinto') relatie aan in de stuklijststructuur. Elke regel in tabel 14-2 is natuurlijk verbonden met twee items: een samenstellingsitem en een componentitem. Daarom moeten er ook twee relaties worden gedefinieerd tussen de entiteitssoorten SAMENSTELLING-COMPONENT en ITEM. Deze relaties worden 'explosion (explosie)' en 'implosion (implosie)' genoemd. Via de 'explosie'-relatie is ieder samenstellingsitem gerelateerd aan nul, één of meer binnenkomende pijlen in figuur 14-3. Via de 'implosie'-relatie, is elk (component-) item gerelateerd aan nul, één of meer uitgaande pijlen in figuur 14-3. Zoals vermeld, heeft iedere pijl (samenstellingscomponentrelatie) exact één beginpunt (component) en één eindpunt (eindproduct).

Het diagram in figuur 14-5 is een kleine uitbreiding van het datastructuurdiagram in figuur 14-4. De entiteitssoort **MPS-ITEM** is een deelverzameling van de entiteitssoort ITEM. De relatie tussen MPS-ITEM en zichzelf geeft aan dat MPS-items in *families* kunnen worden gegroepeerd, die op hun beurt



Figuur 14-5: Uitgebreid datastructuurdiagram voor statusonafhankelijk deel van MRP-pakketten

ook MPS-items zijn. Zoals te zien in figuur 14-5, vormen zulke familiestructuren een strikte hiërarchie: ieder MPS-item behoort hoogstens tot één (één stap hoger gelegen) familie.

Alleen de items op het laagste niveau in deze hiërarchie zijn fysieke items. De reden om vast te houden aan een strikte hiërarchie zal duidelijk worden in paragraaf 14.2.5.

#### *Ruwe capaciteitsbehoefte en kritieke capaciteiten*

De entiteitssoort RUWE CAPACITEITSBEHOEFTE komt overeen met tabel 14-4. Er is enige overeenkomst met **NORMATIEVE BEWERKING**. De sleutelvelden zijn opnieuw het MPS-itemnummer en een volgnummer. Let wel, een lijst met ruwe capaciteitsbehoeften wordt slechts gedefinieerd voor MPS-items, terwijl een routing voor deze items ook is toegestaan. Sommige pakketten staan alleen maar ruwe capaciteitsbehoeften toe voor fysieke MPS-items en niet voor familie MPS-items. Weer andere pakketten bieden de mogelijkheid van ruwe capaciteitsbehoeften voor elk niveau van de familiehiërarchie, maar laten het aan de gebruiker over zich ervan te vergewissen dat capaciteitsbehoeften niet tweemaal worden gespecificeerd.

Bovendien mag niet worden vergeten dat de entiteitssoorten **KRITIEKE CAPACITEIT** en **CAPACITEITSEENHEID** geen formele relatie met elkaar hebben. Hiervoor is gekozen om verwarring te voorkomen tussen berekeningen op MPS-niveau en berekeningen op het gebied van 'Capacity Requirements Planning (CRP)' gedetailleerde (planning van capaciteitsbehoeften), zoals hierboven uitgelegd.

Sommige pakketten laten beide entiteitstypen weliswaar in elkaar overgaan, maar dit impliceert niet dat er een logisch verband in deze pakketten bestaat tussen ruwe capaciteitsplanning en (gedetailleerde) planning van capaciteitsbehoeften.

#### *Engineering changes*

We moeten tenslotte de 'engineering changes' bespreken. Dit is een (geplande) overgang van een bepaalde fabricagemethode naar een andere. Zodoende moet men ze beschouwen als gecoördineerde veranderingen in de stuklijsten en routingen die mogelijkveel samenstelling-componentrelaties en/of bewerkingen beïnvloeden.

Dit is in figuur 14-5 te zien aan het feit dat er een aparte entiteitssoort 'ENGINEERING CHANGE' is geïntroduceerd, die verbonden is via veelvoudige relaties aan zowel **NORMATIEVE BEWERKINGEN** als **SAMENSTELLING-COMPONENT**.

Een 'many-to-many (M-to-N)' (veelvoudige) relatie tussen twee entiteitssoorten A en B geeft het feit aan dat elke entiteit van het type A gerelateerd kan worden aan een willekeurig aantal entiteiten van type B en omgekeerd. Zo'n relatie wordt aangegeven door een lijn met aan weerszijden een kraai-eepoot. Het komt vaak voor dat we extra attributen willen definiëren voor zo'n relatie. Dit zou ons dan dwingen om de 'M-to-M' relatie tussen A en B een nieuwe entiteitssoort AB te laten worden en deze te verbinden door een 'M-to-1' relatie met zowel A als en B. In het speciale geval echter dat de 'M-to-N' relaties ENGINEERING CHANGE aan NORMATIEVE BEWERKING en SAMENSTELLING-COMPONENT koppelen, kunnen extra velden worden voorkomen; daarom accepteren we deze twee relaties in het conceptueel schema.

(Het is wellicht nuttig nota te nemen van het feit dat deze 'M-to-N' relaties niet symmetrisch zijn. Een engineering change mag verbonden zijn met een willekeurig aantal normatieve bewerkingen en samenstelling-componententiteiten, maar elke normatieve bewerking zal in de regel verbonden zijn met hoogstens twee engineering changes één die de effectiviteit van de bewerking start en een andere die dit beëindigt. Hetzelfde geldt voor samenstelling-componententiteiten (stuklijstrelaties).

#### *De 'verbruiksplaats' relatie*

Er is een relatie uit figuur 14-5 onvermeld gebleven, namelijk 'verbruiksplaats': de relatie tussen NORMATIEVE BEWERKING en SAMENSTELLING-COMPONENT.

Deze specificeert bij welke (normatieve) bewerking een bepaalde component wordt gebruikt voor de assemblage van een samenstelling. Niet alle MRP-pakketten ondersteunen deze relatie, maar soms biedt deze nuttige informatie, bijvoorbeeld bij het verstrekken van componenten aan een bepaalde plaats aan de montageband.

#### *De stuklijstprocessor*

Een softwaremodule die de eindgebruiker in staat stelt om de in figuur 14-5 beschreven informatie te onderhouden, wordt vaak genoemd: 'bill-of-material processor' (stuklijstprocessor) of 'engineering data control module' (module om engineering data te onderhouden). Zo'n module voorziet de eindgebruiker van een aantal schermen om iets op te zoeken of up-to-date te maken, maar verankert tevens een aantal beperkingen die in het voorgaande niet expliciet zijn vermeld.

Een van deze beperkingen stelt dat indien de stuklijststructuur wordt gezien als een gerichte groef zoals in figuur 14-3, deze vrij van cyclussen moet zijn. Het vereist heel wat inspanning om goed met deze beperking om te gaan, vooral als men engineering changes in ogenschouw neemt!

#### 14.2.4 Registratiesystemen voor order- en materiaaltransacties

De derde laag in de afbeeldingen 14-2A en 14-2B betreft toestandsafhankelijke transactie verwerkende systemen. Bij productie- en voorraadbeheersing houdt dit het registreren van orders en materialen in. In MRP-pakketten kunnen orders de vorm aannemen van klantenorders en voorspellingen, MPS-orders, (vast) geplande orders voor MRP-items en vrijgegeven orders. Voor zover het materialen betreft, moet de fysieke beweging worden onderscheiden van de logische beweging.

Fysiek gezien kan materiaal worden opgeslagen in magazijnen, kan het staan op de werkvloer, of kan het betrokken zijn bij transport als *'pijplijn voorraad'* (*voorraad in beweging*). Pijplijnvoorraad kan zich extern of intern bevinden. Extern wordt het òf vervoerd, òf het bevindt zich op een externe ontvangst- of verzendingslocaties. Op dezelfde wijze kan interne *'voorraad in beweging'* worden gedefinieerd als materiaal dat betrokken is bij transport van de ene voorraadlocatie naar de andere en tussen werkvloerlocaties van een fabriek. Ook hier kan het materiaal zich bevinden op interne zending- of ontvangstlocatie of misschien wordt is het op transport.

Logisch gezien kan de materiaalstroom *'on hand'* (beschikbaar) zijn in voorraden, *'on order'* (besteld) zijn of het kan een *'unscheduled receipt'* (niet-geplande ontvangst) betreffen. (N.B. Deze laatste situatie komt slechts bij hoge uitzondering voor en dan meestal in het geval van retourzendingen door de klant of materiaal dat geweigerd wordt op de werkvloer; we besteden er dan ook nauwelijks aandacht aan.) Vanuit financieel oogpunt wordt besteld materiaal vaak *'work-in-progress (WIP)'* (*onderhouden werk*) genoemd. Vanuit logistiek oogpunt kan het de vorm aannemen van een *'scheduled receipt'* (*afgesproken ontvangst*), of een *'shipment order'* (*vezendingsorder*).

Als een *'scheduled receipt'* eenmaal binnen is en geïnspecteerd en geaccepteerd, wordt deze omgezet in *'beschikbaar voorraad'*. Omgekeerd, als een werkorder voor een bepaald item wordt vrijgegeven voor de werkvloer, dan worden de componenten voor dat produkt omgezet van *'beschikbaar voorraad'* in een *'afgesproken ontvangst'* voor dat item. Meestal, maar niet altijd, verloopt deze omzetting als volgt:

- Bij vrijgave van de werkorder worden de materialen waaruit de *'parent'* (samenstelling) wordt gemaakt, gereserveerd in de beschikbare voorraad; bij de materiaalverstrekking worden de materialen toegewezen aan de bepaalde werkorder en de beschikbare voorraad wordt verkleind, terwijl WIP (*onderhouden werk*) wordt vergroot.

Het onderscheid tussen beschikbare voorraad en uitstaande bestellingen (afgesproken ontvangsten), komt overeen met het onderscheid tussen productie-eenheden en (beheerste) voorraadpunten. Materiaal wordt beschouwd als 'beschikbaar' als het zich logischerwijs bevindt op (beheerste) voorraadpunten. Materiaal wordt gezien als 'uitstaande bestelling' als het zich logischerwijs bevindt binnen de productie-units.

De logische grens tussen productie-units en beheerste voorraadpunten kan niet zonder meer worden vergeleken met de fysieke grenzen van werkvloer-ruimtes en magazijnen. Jammergenoeg wordt in de praktijk het onderscheid tussen fysieke en logische materiaalstroom vaak verwaarloosd, met grote verwarring als gevolg. Materiaal bijvoorbeeld dat zich fysiek gezien op de werkvloer bevindt, wordt vaak automatisch als 'work-in-progress' (onderhouden werk) beschouwd. Dit is echter een logisch concept. Daarom ook kan worden verwacht dat materiaal op de werkvloer onder bepaalde omstandigheden kan behoren tot de beschikbare voorraad in plaats van tot het onderhanden werk. En inderdaad, de zogenaamde werkvloervoorraad (zie onder) is een voorbeeld van 'beschikbare' voorraad die zich op de werkvloer bevindt. Omgekeerd, materiaal dat ligt te wachten op inspectie zou moeten worden beschouwd als 'onderhanden werk', zelfs wanneer het zich bevindt in het magazijn.

#### *Het registreren van de materiaalstroom in MRP-pakketten*

In de overgrote meerderheid van MRP-pakketten wordt de materiaalstroom altijd vastgelegd in termen van items (te identificeren door middel van code-nummers). Een item is een unieke identificatie voor materiaal en twee producten met hetzelfde code-nummer, zijn vanuit logistiek standpunt uitwisselbaar. (N.B. Voor kwaliteitsbeheersing worden soms verschillende series voor hetzelfde item, afzonderlijk geïdentificeerd en vastgelegd, bijvoorbeeld voor het goed kunnen opsporen van defecten in materiaal. Deze zogenaamde serienummers vallen buiten het bestek van deze tekst.)

Materiaal transformatie vindt plaats meestal volgens het volgende patroon (volgens Timmer en Wortmann (1988) [5]):

- Externe ontvangst;  
Hier worden zendingen van externe leveranciers van buiten uitgeladen. Meteen na ontvangst worden de materialen geïdentificeerd (dat wil zeggen het onderdeelnummer wordt gecontroleerd) en de 'afgesproken ontvangst' wordt soms gemerkt als 'aangekomen'. Externe ontvangst houdt een verandering in van de plaats waar het materiaal zich fysiek bevindt;
- Inspectie;  
De hoeveelheid en kwaliteit van de materialen wordt geïnspecteerd. Ook hier is het onderdeelnummer van essentieel belang. Als de materialen

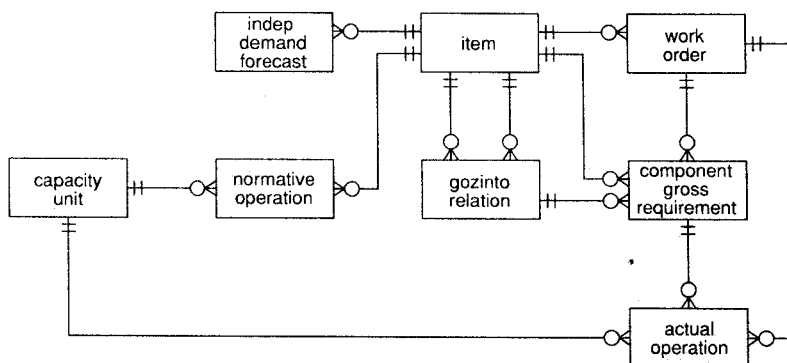
- geaccepteerd zijn, treedt een verandering op in de logische status van het materiaal van 'besteld' naar 'beschikbaar' plaats;
- Opslag in magazijn;  
Na inspectie, houdt de volgende fysieke verandering in dat materialen de ontvangstlocatie verlaten en worden opgeslagen (soms op verschillende locaties) in magazijnen. Het onderdeelnummer is de sleutel bij de registratie van deze locaties;
  - Transport van magazijnen naar fabrieksonvangstlocatie en transport van fabrieksverzendingslocatie naar magazijnen;  
Wanneer materialen worden doorgegeven voor verdere bewerking, worden ze vaak van een magazijn naar een ontvangstbordes van de werkvloer van de fabriek gestuurd. Werkorders die gereed zijn, worden vaak verzonden vanuit een fabrieksverzendingsbordes naar een magazijn. In veel bedrijven worden deze zendingen geregistreerd. Het onderdeelnummer is daarbij altijd essentieel. Al deze transities zijn van fysieke aard. Meestal, maar niet altijd, brengt materiaalluitgifte ook een logische overgang met zich mee van 'beschikbaar' naar 'besteld' en brengt werkorderverzending naar opslagmagazijn ook een logische overgang van 'besteld' naar 'beschikbaar' met zich mee;
  - Onderhanden werk;  
Dit verwijst naar materiaal dat is verschaft aan de werkvloer en toegekend als een component voor een bepaalde (vrijgegeven) werkorder. Deze werkorder houdt een afgesproken ontvangst in voor een bepaald 'gemeenstelling';
  - Werkvloervoorraad;  
Dit verwijst naar materiaal dat aan de werkvloer is verschaft zonder aan een bepaalde werkorder te zijn toegewezen. In MRP-systemen kunnen afboekingen op de aan componenten de werkvloervoorraad worden verricht door deze achteraf bij te werken als wordt gemeld dat de werkorder klaar is. Een andere mogelijkheid is het gebruik van 'Statistical Inventory Control (SIC)' (statistische voorraadcontrole) – technieken als het 'two-bin' systeem.

Een heel eenvoudige statusafhankelijke datastructuur voor 'make-to-stock' productie is te zien in figuur 14-6. Deze datastructuur is een uitbreiding van figuur 14-4. Verderop in deze paragraaf zullen we een iets meer realistische afbeelding presenteren. De afbeelding illustreert de centrale rol van de entiteitssoort 'item' (geïdentificeerd door codenummers).

#### *Het anoniem registreren van de materiaalstroom*

Het feit dat alle fysieke goederen in MRP-systemen worden geïdentificeerd aan de hand van codenummers wordt ook wel '*anonymous material recording*' (*anoniem registreren van materiaal*) genoemd. De term '**anoniem**' verwijst naar de afwezigheid van klantenorderinformatie bij de registratieprocedures.

Deze anonimiteit van de materiaalregistratie in MRP-systemen heeft belangrijke gevolgen. Bijna alle toepassingsprogrammatuur maakt namelijk gebruik van het itembestand. Gevolg is dat de entiteitssoort 'item' een aanzienlijk aantal attributen kent: enige honderden is heel normaal. Dit betekent dat de **definitie van nieuwe items** (of toevoeging van nieuwe codenummers) met de nodige omzichtigheid moet plaatsvinden. Als deze velden niet de juiste of consistente waarden hebben, zouden verschillende toepassingsprogramma's wel eens kunnen vastlopen.



Figuur 14-6: Statusafhankelijke datastructuur voor 'make-to-stock'

Daarom worden er heel veel organisatorische procedures ontwikkeld rondom het inbrengen van nieuwe codenummers. Vaak wordt gesteld dat aan dit inbrengen een kostenplaatje hangt van Fl. 1500,=.

In sommige 'make-to-stock' fabrieken wordt dit erg omslachtig, als telkens andere materiaalsoorten en werkorders worden gebruikt, bijvoorbeeld voor prototypes van nieuwe producten, voor orders waarbij om speciale kwaliteit wordt gevraagd, voor orders waarbij afkeur materialen moeten worden herbewerkt, enzovoorts. Zoals we hieronder zullen zien, is dit anders in veel 'make-to-order' bedrijven. Deze zullen vaak een deel van de materiaalstroom identificeren aan de hand van klantenorder of werkorder, zonder dat er voor het resultaat van zo'n order een anoniem codenummer gedefinieerd is. Zodoende is de rol van de entiteitssoort 'item' hier van minder groot belang. Aan de andere kant wordt veel toepassingsprogrammatuur ingewikkelder, omdat deze zowel anonieme materialen (onderhouden en besteld) moet kunnen werken als materialen die specifiek zijn verworven voor een bepaalde klantenorder.

#### *Orderregistratie*

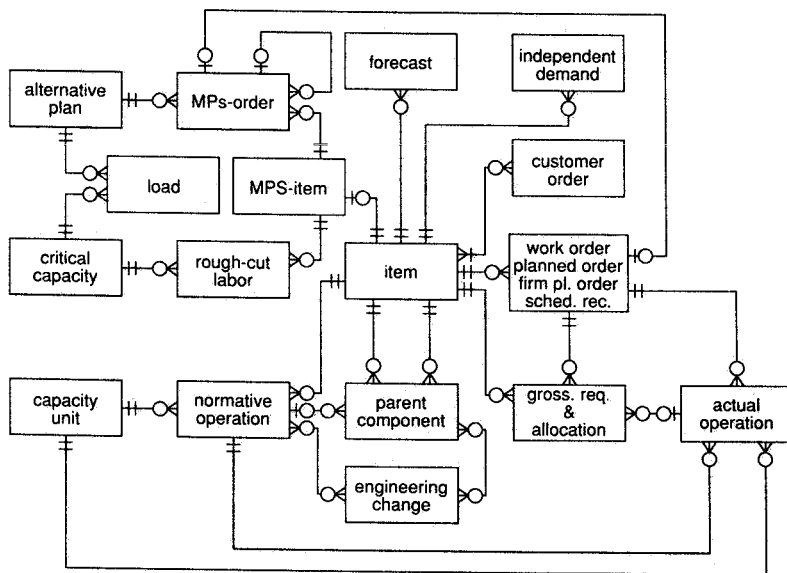
Alle uitgaande en ingaande transacties met betrekking tot fysiek materiaal dienen te worden onderverdeeld in **geplande** en **ongeplande** materiaalver-



plaatsingen. Dit is vereist voor de latere samenvattende verslagen over voorraadtransacties. Nog belangrijker echter is het feit dat een geplande materiaalverplaatsing twee transacties vereist: een voor het materiaal en een voor de order. Als bijvoorbeeld materiaal wordt ontvangen in overeenstemming met de planning, wordt de beschikbare hoeveelheid vergroot en wordt de 'scheduled receipt' (afgesproken ontvangst) geschrapt (vanuit logistiek standpunt gezien). Indien materiaal wordt verstrekt voor een bepaalde (vrijgegeven) werkorder, neemt de beschikbare hoeveelheid af en wordt de materiaalreservering van de werkorder uitgewist.

Dit brengt ons bij het tweede deel van verwerkingssystemen voor toestandsafhankelijke transactie, namelijk **orderregistratie**. De lezer kan het datastructuurdiagram uit figuur 14-7 gebruiken als hulpmiddel bij de nu volgende bespreking. Deze afbeelding is een uitbreiding van figuur 14-5.

Volgens de MRP-theorie zijn **werkorders** of geplande orders, voor vast geplande orders, of afgesproken ontvangsten. (Sommige systemen onderscheiden weliswaar meer soorten, maar deze drie zijn voor onze bespreking voldoende.) De drie soorten werkorders zijn alle te zien rechts in figuur 14-7. Om de weergave te vereenvoudigen, behandelt figuur 14-7 geplande orders, vast geplande orders en afgesproken ontvangsten als zijnde één enkele entiteitssoort. In het algemeen gesproken is dit niet juist. **Geplande orders**



Figuur 14-7: Uitgebreid datastructuurdiagram voor MRP-pakketten

hebben geen specifieke identiteit; in veel systemen zelfs niet eens een unieke 'identificatie'. Ze kunnen op elk gewenst tijdstip door MRP worden veranderd. In regeneratieve MRP-systemen, worden ze in één MRP-rekenslagbewerking berekend, maar niet in de volgende MRP-run gebruikt. In zogenoemde net changesystemen die van elke mutatie in het MRP-tableau apart worden doorgerekend en de geplande orders in de database bijgehouden, maar er is slechts één manuele handeling met betrekking tot deze orders mogelijk: ze 'Firm-planned' maken.

**'Firm-planned (vast geplande) orders'** zijn totaal verschillend. Ze worden geïdentificeerd met behulp van een sleutel die bij de gebruiker bekend is. Ze kunnen in vele opzichten veranderd worden: seriegrootte, doorlooptijd, geëxplodeerde behoeften, leverdatum, enzovoorts. **Afgesproken ontvangsten** tenslotte, verschillen weer van vast geplande orders. Geëxplodeerde materiaalbehoeften aan componenten voor deze 'scheduled receipts' worden aanvankelijk geboekt als reserveringen. Deze reserveringen verdwijnen langzamerhand wanneer componentenmaterialen worden verstrekt. De toegevoegde waarde voor 'afgesproken ontvangsten' wordt bijgehouden in financiële systemen als toename van onderhanden werk wanneer materiaaluitgifte en de gerealiseerde bewerkingen worden teruggerapporteerd.

Alle drie soorten werkorders hebben wel een '**routing**' van actuele bewerkingen, zoals in figuur 14-7 te zien is. Voor geplande orders is deze routing een kopie van de normatieve routing van het betrokken item. Voor vast geplande orders kan deze routing worden gewijzigd. Na werkordervrijgave, kan de routing in de meeste gevallen niet meer gewijzigd worden, (hoewel het bij sommige systemen wel mogelijk is dat bewerkingen die afwijken van de feitelijke routing, gereed worden gemeld voor een werkorder.

In de voorgaande bespreking worden werkorders impliciet beschouwd als interne werkorders. Dezelfde opmerkingen kunnen echter worden gemaakt voor inkooporders en uitbestede orders voor het sluiten van contracten.

#### *Werkorders leveren slechts één soort item op in MRP-systemen*

Merk op dat elk type werkorder in MRP-systemen verwijst naar exact één item. Voor geplande orders is dit eenvoudigweg het gevolg van het feit dat deze orders automatisch worden gegenereerd door het bekende MRP I-algoritme. Voor afgesproken ontvangsten wordt ook vereist dat ze een enkel itemtype produceren om in staat te zijn om ondubbelzinnige uitzonderingsberichten te genereren (herplanning-in, herplanning-uit) voor elke geplande ontvangst.

Hetzelfde geldt voor de 'firm-planned orders'. Daarom is het moeilijk om in MRP-systemen een situatie weer te geven waarin verschillende 'parent' (samenstelling)-items worden gefabriceerd onder één werkorder.

Zo'n situatie komt voor wanneer **Groepstechnologie** wordt toegepast in de productie-eenheden. Dan worden verschillende onderdelen van een gemeenschappelijke familie samen in één partij bewerkt. Eenzelfde situatie komt voor bij industrieën waar het **sorteren** naar kwaliteit van verschillende producten van dezelfde serie ertoe leidt dat verscheidene 'parent-items' worden geproduceerd in één werkorder. Nog een ander voorbeeld zijn de **bijprodukten** die vaak onvermijdelijk verschijnen in procesindustrieën. Al deze situaties worden niet eenvoudig verwerkt in MRP II-softwarepakketten. Dit illustreert de stelling dat de datastructuur van een softwarepakket haar mogelijkheden voor beslissingsondersteuning beperkt. (N.B. Enkele MRP-pakketten zijn aanzienlijk uitgebreid om te kunnen omgaan met bijprodukten en andere situaties waarin de werkorder verscheidene afwijkende types producten oplevert. Deze pakketten veranderen de datastructuur van figuur 14-9 dusdanig, dat de relatie tussen werkorder en item een 'M-to-N'-karakter heeft. Op deze manier kan het zijn dat dezelfde werkorder voorkomt als een afgesproken ontvangst in de MRP-tableaus voor verschillende items. De uitzonderingsberichten voor deze werkorder van verscheidene items worden verzameld en gesorteerd voordat ze worden getoond. Het is echter gemakkelijk mogelijk dat deze berichten voor verschillende items die voortgebracht worden onder één werkorder, tegenstrijdig zijn. Deze aanvullingen worden kort besproken in Wight en Landvater (1983) [6].)

#### *Het in balans brengen van materiaal-aanvulling en behoeften*

Werkorders zijn een specificatie van in tijd gefaseerde bevoorrading. Voor elk item is het doel van MRP I de in tijd gefaseerde materiaal-aanvulling in balans te brengen met in tijd gefaseerde behoeften. Daarom zullen we in het kort de wijze bespreken waarop deze behoefte worden gespecificeerd. Bruto behoeften zijn òf 'afhankelijke' òf 'onafhankelijke vraag'.

Zoals eerder gezien, wordt **afhankelijke vraag** gegenereerd door te exploderen over de werkorders van samenstellingen. De omgekeerde informatie, het specificeren van de vraagbron voor een bepaalde reservering of bruto behoefte, wordt 'pegging' genoemd. In figuur 14-7 wordt de 'pegging'-informatie weergegeven in de entiteitssoort GROSS REQUIREMENTS & ALLOCATION (bruto behoeften en reservering).

**Onafhankelijke vraag**, aan de andere kant, kan de vorm aannemen van klantenorders of voorspellingen. Zowel klantenorders als voorspellingen kunnen worden gecategoriseerd naar type vraag: verschillende marktsegmenten, orders tussen fabrieken onderling, vraag van een 'veem' enzovoorts. Deze categorisatie is niet te zien in figuur 14-7.

**Voorspellingen** zijn meestal bestemd om een totaal aan klantenorders te voorspellen. Daarom nemen de voorspellingen niet toe door klantenorders,

maar worden de aantallen in de voorspellingen vervangen tenzij het systeem expliciet anders is ingesteld (de zogenaamde 'forecast-consumption' (voorspelde consumptie)). Een voorspelling is op eenduidige wijze gekoppeld aan een item. Het is echter wel zo dat een item aan verschillende voorspellingen kan worden gekoppeld, één voor iedere tijdsperiode en voor ieder type vraag.

**Klantenorders** worden in sommige MRP-systemen voor slechts één item gespecificeerd. De meeste MRP-systemen echter, laten een 'M-to-N'-relatie zien tussen klantenorders en items zoals in figuur 14-7, hetgeen klantenorders mogelijk maakt die uit verscheidene items (maar minimaal één) bestaan. Aangezien deze klantenorders zelf geen (standaard)item zijn, kunnen gereede klantenorders in veel MRP-systemen niet worden gebruikt om opgeslagen materiaal te registreren.

#### *Registratie van het 'Master Production Schedule' (hoofdproductieplan)*

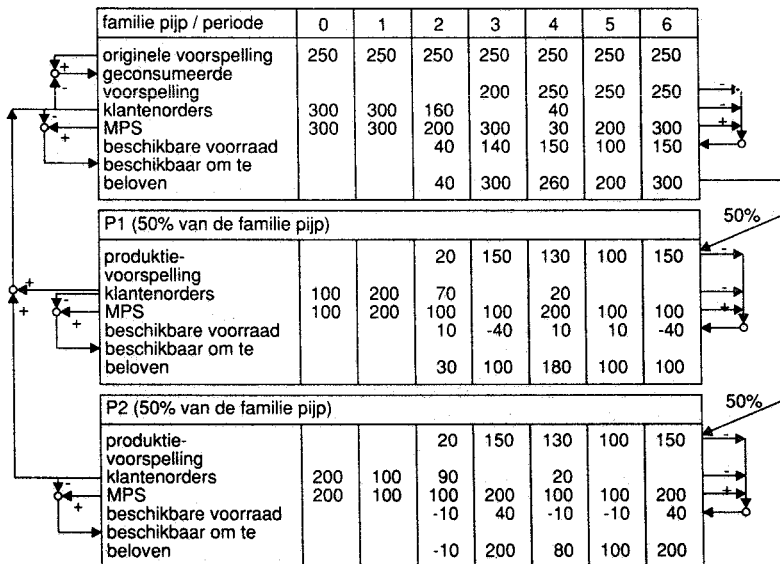
De laatste ordersoort die hier wordt besproken is de **MPS-order**. In bepaald opzicht zijn MPS-orders vast geplande orders ('firm-planned orders') of afgesproken ontvangsten ('scheduled receipts'). Daarom laat figuur 14-7 een koppeling zien die iedere MPS-order verbindt met hoogstens één werkorder. Een MPS-order kan worden gespecificeerd voor of een familie van MPS-items of voor een fysiek MPS-item. Een familie van MPS-items wordt door een '*planning bill-of-material*' (*planning stuklijst*) verbonden met fysieke MPS-items. Daarom is elke MPS-order voor een familie-item verbonden met een set MPS-orders voor fysieke items. Omgekeerd is iedere MPS-order voor een fysiek item gerelateerd aan ten hoogste één MPS-order voor een overeenkomstig familie-item. Deze relatie is te zien in figuur 14-7. (N.B. De reden voor het vereiste dat elke MPS-order voor een fysiek item is verbonden met hoogstens één MPS-order voor een logisch MPS-item, wordt in de volgende paragraaf gegeven.)

Op dezelfde manier zou men kunnen verwachten dat een **voorspelling** voor een familie van MPS-items verbonden is met een afgeleid voorspelling voor de leden van de familie. Dit is niet in figuur 14-7 te zien. Vaak wordt de afgeleide voorspelling ('produktiespelling' genaamd) niet afgeleid van de oorspronkelijke voorspelling, maar van de '**available-to-promise**' (**beschikbaar om te beloven**) – calculatie van het familie-item. Deze relatie is ook niet in figuur 14-7 te zien, omdat daar 'available-to-promise' niet wordt getoond. Al deze concepten worden verduidelijkt in figuur 14-8.

#### *Simulatie van de 'Master Production Schedule' alternatieven*

Met als doel MPS-simulatie, bieden veel MPS-modules in MRP-pakketten de mogelijkheid om alternatieve plannen te specificeren. Elk van deze plannen specificeert een complete set MPS-orders. Op deze manier is de MPS-planner in staat om een nieuw plan op te stellen, zonder de MRP I-calculaties te

verstoren. Natuurlijk zou, op welk tijdstip dan ook, exact één mogelijk plan het huidige plan moeten zijn. De entiteitssoort 'ALTERNATIVE PLAN' (alternatief plan) wordt ook getoond in figuur 14-7, samen met de daaruit voortvloeiende belasting van kritieke capaciteiten die hieronder zal worden besproken.



Figuur 14-8: MPS bestaande uit twee niveaus voor de pijpenwerkplaats

### Just-in-timeproductie

Voordat we deze paragraaf over registratieve systemen voor toestandsafhankelijke gegevens afsluiten, lijken een paar woorden over 'Just-in-Time'-productie gepast. Het belangrijkste uitgangspunt van de JIT-filosofie is het investeren in inrichting en procedures. Het doel is kleine seriegroottes en flow productie te creëren en dure informatie- en beheersingssystemen te voorkomen. Indien MRP-pakketten worden gebruikt in een JIT-achtig productiesysteem, dan wordt het inbrengen van gegevens en de controles op consistentie die MRP vereist, een groot nadeel. In het Toyota productiesysteem (zie Shingo (1981) [7]), worden materiaalverplaatsingen binnen de fabriek dan ook helemaal niet geregistreerd.

### 14.2.5 Beslissingssystemen en systemen voor gestructureerde beslissingen in MRP II

Het doel van deze tekst vereist niet dat alle besluitondersteunende mechanismen van MRP II-pakketten in detail worden uitgelegd. We zullen echter een kort overzicht geven van de functies afgebeeld in de buitenste ring van figuur 14-2 zodat we voorbereid zijn op de bespreking in paragraaf 14.4.

*'Demand Management' (management van de vraag)*

Management van de vraag kent minstens twee functies: *'demand forecasting'* (voorspellen van de vraag) en *'order entry'* (registreren van de klantenorder). Deze twee functies zijn nauw met elkaar verbonden. **'Demand forecasting'** zou mogelijk moeten zijn op verschillende niveaus van aggregatie en voor verschillende vraagtypen. Verschillende niveaus van aggregatie zijn nodig, omdat de MPS-planning top-down verloopt van het familieniveau tot aan het niveau van de fysieke MPS-items. In figuur 14-8 wordt deze procedure verduidelijkt voor een situatie op twee niveaus.

Natuurlijk wordt het maken van voorspellingen niet alleen vereist op het familieniveau (bijvoorbeeld familie PIJP in figuur 14-8) maar ook voor de percentages in de planning stuklijst (die toevallig 50 % voor zowel P1 als P2 blijken te zijn in figuur 14-8).

**'Order entry'** (registreren van klantenorders) dient verschillende doelen. Als uitgangspunt voor het maken van voorspellingen, zou door klantenorders moeten worden ingedeeld op basis van dezelfde typen vraag als in de voorspelprocedure worden onderscheiden. Het zou bovendien gebruikt dienen te worden als een maatstaf om de kwaliteit van een gemaakte voorspelling te evalueren. Dit wordt vaak gedaan door middel van de techniek *'forecast consumption'* (consumptie) van de voorspellingen.

Bij het ontwerpen van modules voor 'demand management', leidt de *timing* van de orders af die worden geregistreerd, waarvan een voorspelling wordt gegeven, vaak tot verwarring. Het tijdstip waarop klanten-orders worden **geboekt** kan afwijken van het tijdstip waarop ze worden **verscheept**. In de regel zullen deze beide tijdstippen weer afwijken van de momenten dat er wordt **gefactureerd** of **betaald**. In iedere gedegen module voor 'demand management' zal een goed onderscheid tussen deze concepten niet mogen ontbreken, hetgeen weerspiegeld dient te zijn in de datastructuur (hoewel hier niet te zien).

Als laatste opmerking over het management van de vraag, merken wij op dat geboekte orders niet gelijk zijn aan de werkelijke vraag. Op de eerste plaats zouden geboekte orders moeten worden onderscheiden in orders met normale levertijden en achterstallige orders. Op de tweede plaats bestaat de werkelijke vraag uit geboekte en **gemiste orders**. Een goede registratie van gemiste orders is van essentieel belang om de serviceniveaus te meten en om onbevooroordeelde voorspellingen te maken. Weinig pakketten ondersteunen transactieverwerking van gemiste orders volledig en zelfs nog minder bedrijven houden het aantal gemiste orders adequaat bij. Of een pakket tenminste enige registratie van gemiste orders ondersteunt, kan makkelijk worden gezien in de datastructuur.

*'Master Production Scheduling' (Hoofdproductie Planning)*

De hiervoor bestemde modules bieden meestal het volgende:

- Ondersteuning van de aggregaat productieplanning;
- Koppelen de aggregaat productieplanning aan (gedetailleerde) hoofdproductieplanning;
- Relateren van toekomstige plannen aan prestaties uit het verleden;
- Relateren van toekomstige plannen aan vroegere afspraken;
- Simulatie van veranderingen in de MPS;
- Calculatie van de beschikbare voorraad en van de 'available-to-promise' (beschikbaar om te beloven) (zie hierna).

Al deze functies zijn nauw verbonden met management van de vraag en met ruwe capaciteitsplanning.

Ondersteuning van **'aggregate production planning' (aggregaat productieplanning)** betekent dat families van MPS-items in geaggregeerde termen zoals guldens, stuks, of vierkante meters, kunnen worden gepland. Dit vereist de mogelijkheid om voorspellingen, klantenorders, feitelijke productie en toekomstige voorraadniveaus op een consistente manier bijeen te voegen.

De **koppeling** van aggregaat productieplanning aan (gedetailleerde) hoofdproductieplanning verwijst naar het MPS bestaande uit twee niveaus, zoals in het voorgaande beschreven (zie figuur 14-8).

Het relateren van toekomstige plannen aan **'past performance' (prestaties uit het verleden)** houdt in dat deze prestaties in termen van gerealiseerde productiehoeveelheid, gerealiseerde verkoophoeveelheid en vereiste voorraadniveaus samen met de toekomstige plannen worden weergegeven. Het relateren van toekomstige plannen aan **'prior agreements' (vroegere afspraken)** wil zeggen dat afwijkingen van eerdere plannen zichtbaar kunnen in nieuwe plannen worden gemaakt en dat de gevolgen van veranderingen in capaciteits- en materiaalbehoeften kunnen worden berekend. (Jammergenoeg kunnen zulke veranderingen in het MPS gewoonlijk niet worden gerelateerd aan de actuele productiesituatie op de werkvloer; voor wat betreft capaciteiten zal dit in het onderstaande nader worden verklaard. Voor wat betreft materialen geldt gewoonlijk hetzelfde.)

**Simulatie** verwijst naar de mogelijkheid om veel verschillende plannen op te slaan en te evalueren en de gevolgen voor capaciteiten, voorraden en voor levertijden van klantenorders enzovoorts te calculeren. Het zou mogelijk moeten zijn een nieuw plan te simuleren dat in de plaats komt van het huidige plan m.i.v. een bepaald tijdstip in de toekomst.

Calculatie van de **verwachte beschikbare voorraad** en de **'available-to-promise' (beschikbaar om te beloven)** wordt in figuur 14-8 opnieuw verduidelijkt. De verwachte beschikbare voorraad is simpelweg het tijdgephaseerde verschil tussen:

- De tijdgefaseerde materiaal-aanvulling zoals gegeven door de beginvoorraad, afgesproken ontvangsten en het MPS;
- De tijdgefaseerde vraag, zoals gegeven door de achterstand in klantorders en de voorspelling, die overblijft nadat de geboekte klantenorders in het originele voorspelling zijn verwerkt.

Tabel 14-5: Drie cruciale capaciteiten: beschikbare capaciteit per week

Week	0	1	2	3	4	5	6
Critcap A	15	15	5	15	15	5	15
Critcap S	25	25	30	25	25	30	25
Critcap B	25	25	30	25	25	30	25

Hoewel de 'make-to-stock' bedrijven meestal uit voorraad zullen leveren, zou een module voor het vraagmanagement ook hulpmiddelen moeten bieden voor situaties waarin een achterstand met betrekking tot klantenorders optreedt. Deze situatie wordt getoond in figuur 14-8. Van zowel P1 als P2 zijn meer exemplaren verkocht dan voorradig en de achterstand in de klantorder is twee periodes. De 'available-to-promise' berekeningen tonen toekomstige leveringsmogelijkheden, gebaseerd op de huidige hoofdplanning en op de geboekte orders. Deze informatie wordt gebruikt in het verkoopproces als een beslissingsondersteunend hulpmiddel voor het aftreden van leverdatum voor klantenorders.

#### *Ruwe capaciteitsplanning*

Ruwe capaciteitsplanning kan eenvoudig worden verduidelijkt in onze pijpenfabriek. Veronderstel dat de per week beschikbare capaciteit van de drie kritieke capaciteiten is als vermeld in tabel 14-5 en dat het MPS voor de twee pijpsorten is als gegeven in tabel 14-6. Een afbeelding van de capaciteitsbelasting, zoals getoond in tabel 14-7, kan makkelijk worden berekend uit de tabellen 14-5 en 14-6 samen met de lijst van ruwe capaciteitsbehoeften in tabel 14-4.

Tabel 14-6: MPS voor de pijpenwerkplaats

Week	0	1	2	3	4	5	6
P1	100	200	100	100	200	100	100
P2	200	100	100	200	100	100	200

Tabel 14-7: Belastingsprofiel voor de pijpenwerkplaats

Week	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
Critcap A			12	12	8	12	12	8	12
Critcap S		26	28	18	26	28	18	26	26
Critcap B	28	26	28	28	26	18	28	28	



Een belangrijke opmerking die naar aanleiding van dit voorbeeld kan worden gemaakt is deze: **ruwe capaciteitsplanning houdt geen enkele terugkoppeling in van het actuele productieverloop op de werkvloer.** Als bijvoorbeeld de schuurcapaciteit (CRITCAP S) twee weken achterstand heeft, zou tabel 14-7 hetzelfde blijven. Met andere woorden, tabel 14-7 geeft aan dat 28 uur 'schuren' (CRITCAP S) al zou moeten zijn uitgevoerd indien de MPS van de volgende week moet worden gehaald. Precies zo, zou er nu al 54 uur 'boren' moeten zijn uitgevoerd. Hoe weten we of aan deze voorwaarden is voldaan? Formeel gesproken weten we dat niet. Het systeem kan onmogelijk op de hoogte zijn van het feit dat bijvoorbeeld bewerking B.20 ('Boren') uit tabel 14-3 iets heeft uit te staan met CRITCAP B. Dit blijkt meteen uit het datastructuurdiagram van figuur 14-7 (of zelfs figuur 14-5).

*'Material Requirements Planning (MRP I)' (Planning van materiaalvereisten)*  
Het volgende beslissingsondersteunend systeem in het MRP II-raamwerk is MRP I. Iedereen kent MRP I en een beschrijving hier lijkt overbodig. Het kan echter nuttig zijn toch nog enkele opmerkingen te maken aangaande MRP I als ondersteunend hulpmiddel voor materiaalcoördinatie.

Op de eerste plaats berekent MRP I timing en prioriteiten voor de vrijgave van werkorders, maar houdt geen rekening met de beschikbaarheid van materiaal en capaciteit. Het feit dat **geen rekening wordt gehouden met materiaalbeschikbaarheid** wordt erkend in MRP-literatuur, maar het oplossen van de problemen op dit gebied wordt aan de menselijke planner overgelaten: het terugbrengen van seriegroottes op hogere niveaus en het gebruik daar van veiligheidsvoorraden om materiaalproblemen op lagere niveaus in de stuklijst op te lossen, worden eenvoudigweg door MRP I verwaarloosd.

Een meer geperfectioneerde beslissingsondersteunende 'tool' zou veel meer hulp bieden. Met betrekking tot het feit dat **geen rekening wordt gehouden met capaciteitsbeschikbaarheid** kan worden gezegd dat een meer sophisticated hulpmiddel bij de besluitondersteuning vrijgaveprioriteiten zou moeten kunnen coördineren met vrijgavemogelijkheden. Dit punt heeft alles te doen met de aard van de Input-en Outputplanning die hieronder zal worden besproken.

Op de tweede plaats zal MRP I altijd proberen om materiaal aan te voeren tot aan het niveau van de veiligheidsvoorraad, zelfs wanneer verderop in het productieproces voldoende voorraad aanwezig is (zie Wijngaard en Wortmann (1985) [11], Van Donselaar (1989) [12]). Met andere woorden, in MRP I functioneren **safety stocks (veiligheidsvoorraden)** niet als echelon buffers, maar als plaatselijke buffers. Ook biedt MRP I geen hulpmiddelen om veiligheidsvoorraden in balans te brengen voor bij elkaar passende onderdeelsets die altijd samen worden gemonteerd tot één samenstelling ('matched sets of perls').

Op de derde plaats is **MRP I niet echt vast verbonden met het productieplan**. Dit is de keerzijde van de medaille zoals hierboven besproken: hoewel het MPS MRP I 'aanstuurt', worden de problemen die MRP I tegenkomt niet formeel terug ingevoerd in het MPS en daarom daar ook niet weerspiegeld.

Tenslotte is de basisveronderstelling van MRP I dat het maken van een **gedetailleerde** tijdgefaseerde deterministische **planning** zin heeft, twijfelachtig te noemen. Vooral voor de langere termijn veroorzaakt een deterministische planning waarin zich seriegroottes bevinden voor periodes die ver weg liggen, nogal wat nervositeit en zou misschien beter resultaat kunnen worden verwacht met minder gedetailleerde planningen.

*Input- en OutputPlanning (IOP) en 'Capacity Requirements Planning (CRP) (Planning van capaciteitsbehoeften)*

De laatste beslissingsondersteunende systemen binnen het MRP II-raamwerk zijn IOP en CRP. Voor de huidige MRP-systemen is IOP een techniek die wordt toegepast op individuele werkcentra en niet op productie-eenheden als geheel. Het is nauw verbonden met (gedetailleerde) planning van capaciteitsbehoeften, CRP, die ook wordt toegepast op individuele machines en werkcentra en niet op productie-eenheden als geheel. Zowel IOP als CRP gaan uit van de set werkorders (geplande orders, vast geplande orders en afgesproken ontvangsten). Iedere werkorder heeft een geplande leverdatum, een geplande vervaldatum en een bekende routing. (Voor afgesproken ontvangsten is de geplande startdatum nu en de routing is het overblijvende, niet afgemaakte, deel van de oorspronkelijke routing.) De bewerkingen van elke werkorder worden gepland volgens bepaalde regels, bijvoorbeeld:

- Stap 1: Bereken de materiaaluitgifte-tijd, transporttijd, toegestane wachttijd, handelingstijd enzovoorts van alle bewerkingen in de 'routing'.
- Stap 2: Bereken de doorlooptijd 'L' door alle bekende tijdselementen op te tellen. Als 'L' de beschikbare tijd overschrijdt (dat wil zeggen het verschil tussen geplande leverdatum en geplande startdatum van de werkorder), breng dan de toegestane wachttijden en de planningoverlappingsen terug, enzovoorts. Indien L kleiner is dan de beschikbare tijd, vergroot dan de toegestane wachttijden dienovereenkomstig.
- Stap 3: Bereken voor alle bewerkingen het geplande aankomsttijdstip op een werkcentrum, de geplande wachttijd, de bewerkingstijd en het geplande eindtijdstip.
- Stap 4: Creëer een CRP-grafiek door de bewerkingstijd van alle bewerkingen gepland voor een bepaald werkcentrum in een tabel met

tijdsperiodes op te tellen. De bewerking dient in de tijdsperiode te worden geplaatst van de geplande startdatum van het werk tot aan de geplande einddatum. Let wel dat deze grafiek is gebaseerd op oneindige capaciteit (dat wil zeggen belasting tegenover oneindige capaciteit). Het doel is pieken en dalen aan te geven in geplande capaciteitsbehoeften.

- Stap 5: Creëer een IOP-grafiek door dezelfde set handelingen te selecteren voor een bepaald werkcentrum en door de geplande aankomsttijd in kaart te brengen tegenover de geplande vertrektijd. Het doel van deze grafische figuur is het voorspellen van de geplande lengte van de wachtrij.

Het doel van beide grafische afbeeldingen samen is het opsporen van serieuze problemen. Een piek in een CRP-grafiek is wellicht heel onbelangrijk indien alle werkorders, terwijl ze worden uitgevoerd, inderdaad voldoende tijdsspeeling hebben om de piek weg te werken. Van de andere kant, indien de tijdsspeeling van de orders nogal gering is, kunnen extra maatregelen nodig zijn, zoals het opnieuw plannen via 'firm-planned orders', het creëren van extra capaciteit of het uitbesteden van enkele werkorders.

#### *IOP en werklastbeheersing*

De relatie tussen IOP (zoals binnen het MRP II-raamwerk beschreven) en werklastbeheersing bij productie-eenheden is hier van belang. Veel lezers zouden geneigd zijn te zeggen dat IOP en 'workload control' nauw samenhangen. Dit is tot op zekere hoogte juist. Werklastbeheersing houdt zich echter niet zozeer bezig met enkelvoudige wachtrijen voor alleenstaande werkcentra (machinegroepen), maar richt zich op de productie-unit in zijn geheel. Aan de andere kant, **Input- en Outputplanning binnen MRP II-pakketten houdt zich noodzakelijkerwijs bezig met deze enkelvoudige wachtrijen voor alleenstaande werkcentra.** Dit blijkt meteen uit de data-structuurdiagrammen in de figuren 14-5 en 14-7, waar het hele concept van productie-units ontbreekt.

## **14.3 Informatiesystemen voor klantenorder-gedreven productie**

### *14.3.1 Inleiding*

Klantenorder-gedreven productie verwijst naar een aantal **verschillende produktiesituaties**. De (weinige) standaardsoftwarepakketten om deze verschillende produktiesituaties te ondersteunen, vertonen veel onderscheid en ze verschillen zeker met de MRP-pakketten die in de vorige paragraaf werden

besproken. De huidige investeringen in standaardsoftware zijn natuurlijk gericht op integratie van al deze verschillende concepten. (In de toekomst zal blijken of die pogingen succes hebben zonder daarbij onhandelbare, complexe systemen te introduceren.)

We zullen hieronder informatiesystemen voor verscheidene soorten van klantenorder-gedreven productie bespreken. Deze productiesoorten zijn tamelijk willekeurig gekozen:

- 'assemble-to-order' (assemblage op bestelling);
- verkoop van capaciteit ('make-to-order') (maken op bestelling);
- 'engineer-to-order' (ontwikkelen op bestelling).

Als men van 'assemble-to-order' naar 'engineer-to-order' gaat, wordt er een **verschuiving** zichtbaar op twee gebieden: ten eerste, **de belangrijkheid van de stuklijst neemt af** en ten tweede, **het informatiesysteem wordt meer en meer een hulpmiddel voor de technische organisatie**, naast zijn functie voor planning en controle.

#### *De afnemende belangrijkheid van het 'Bill-of-Material'-systeem*

In de 'assemble-to-order'-productie is de stuklijst nog steeds de hoeksteen van het informatiesysteem, net als bij 'make-to-stock' (op voorraad maken). Dit vindt zijn oorsprong in het feit dat de stuklijst zowel het te maken produkt en de uit te voeren activiteiten beschrijft. In de 'engineer-to-order'-productie beschrijft de stuklijst nog wel het te maken produkt, maar niet meer de uit te voeren activiteiten: deze taak wordt door projectcontrole-modules overgenomen.

#### *Het informatiesysteem wordt een hulpmiddel voor de ontwikkeling en werkvoorbereiding*

Als men naar 'engineer-to-order'-productie kijkt, is het toestandsonafhankelijke deel van het informatiesysteem niet langer de ruggegraat van plannings- en beheersingsactiviteiten, maar wordt het een hulpmiddel voor technici. Stuklijsten, 'routings' en activiteitennetwerken kunnen onafhankelijk van klantenorders ter beschikking staan. Deze data worden echter niet in de eerste plaats voor planning en controle gebruikt, maar om **produkt- en fabricage-technici te helpen bij de voorbereiding van klantenorders**. Deze verschuiving in gebruik zal hieronder in detail worden besproken. Informatiesystemen voor 'assemble-to-order' zullen worden besproken in paragraaf 14.3.2, systemen voor 'make-to-order' (verkoop van capaciteit) in paragraaf 14.3.3 en voor 'engineer-to-order' in paragraaf 14.3.4.

#### *De centrale rol van de klantenorder in het informatiesysteem*

Informatiesystemen voor klantenorder gedreven productie hebben allemaal één gemeenschappelijk kenmerk dat hen duidelijk onderscheidt van systemen

die ontworpen zijn voor 'make-to-stock'-productie. Dit kenmerk wordt gevormd door de centrale rol die de klantenorder speelt in het informatiesysteem. Deze centrale rol wordt verduidelijkt door de aard van **werkorders** onder de loep te nemen.

In 'make-to-stock' informatiesystemen, kunnen werkorders slechts dan bestaan als ze een bepaalde hoeveelheid van een **standaard-item** moeten produceren (volgens paragraaf 14.2.4). Dit standaard-item dient anoniem te worden gedefinieerd – dat wil zeggen onafhankelijk van klantenorders- in het toestandsonafhankelijke stuklijst-systeem. In klantenorder gedreven productie, zou het kunnen zijn dat werkorders enkel en alleen bestaan omdat er toevallig een klantenorder is die de materialen vereist die voor deze werkorder nodig zijn. Een verwijzing naar standaard-items is niet verplicht.

Een gelijke situatie doet zich voor met betrekking tot voorraadtransacties. In informatiesystemen voor 'make-to-stock', kan materiaal alleen bij de voorraad worden bijgeboekt als het een anoniem itemnummer heeft. Bij klantafhankelijke productie zou het mogelijk moeten zijn om materiaal ter opslag te ontvangen dat alleen maar geïdentificeerd wordt door klantenorder en werkorder. Bij sommige lezers komt dit verschil wellicht als een miniem verschil over. Dat is echter een onjuiste indruk. **Het kost aanzienlijke inspanning om een op 'make-to-stock' gebaseerd informatiesysteem te veranderen in een ander informatiesysteem dat het vastleggen van materiaal gebaseerd op klantenorders mogelijk maakt.** De oorzaak daarvan zit in het volgende: in ieder logistiek informatiesysteem zijn er honderden programma's die informatie adresseren in termen van 'al het materiaal opgeslagen in voorraad' of 'alles werk in uitvoering'. Bijvoorbeeld het cyclisch tellen van voorraden, fysieke ruimtetoe wijzing aan voorraden, voorraadwaardering voor de balans, leveranciers-evaluatie, schatting van de omzetsnelheid, berekening van opslagkosten, om er slechts enkele te noemen. In MRP-pakketten zijn al deze voorraadtoepassingen gebaseerd op onderdeelnummers. Zoals vermeld in paragraaf 14.2, wordt de materiaalregistratie gebaseerd op onderdeelnummer meestal **anonieme** materiaalregistratie genoemd. In 'make-to-stock'-productie bestaat alleen maar deze vorm van registratie.

In klantenorder-afhankelijke productie, aan de andere kant, maken al deze programma's onderscheid tussen materiaalregistratie gebaseerd op klantenorder en anonieme materiaalregistratie. Het is geen sinecure om al deze programma's op zo'n consistente manier te veranderen dat materiaalregistratie gebaseerd op klantenorder er op juiste wijze aan wordt toegevoegd.

Tussen haakjes, in sommige klantenorder-afhankelijke productiesituaties wordt gebruik gemaakt van informatiesystemen ontworpen voor 'make-to-stock'-productie.

De truc is natuurlijk om een anoniem item te definiëren dat (een deel van) een klantenorder voorstelt. In paragraaf 14.2 is al benadrukt dat de introductie van nieuwe items in MRP-systemen vaak nogal omslachtig is. Bovendien versluiert zo'n truc het volle potentieel van informatiesystemen die helemaal in dienst gesteld zijn van klantenorder-afhankelijke productie. De nu volgende bespreking moge deze bewering onderstrepen.

### *14.3.2 Informatiesystemen voor 'assemble-to-order' (assemblage op bestelling)*

Productiesystemen die alleen maar op 'assemble-to-order'-basis produceren komen in werkelijkheid zelden voor. Meestal is 'assemble-to-order'-productie beperkt tot een of twee produktiefases die onderdeel uitmaken van een groter systeem. In dit grotere systeem zullen andere fases voorkomen die worden aangestuurd door een of ander MPS ('Master Production Schedule') of doen een voorspelling. Bovendien zijn **echte** 'assemble-to-order' productie-units zeldzaam. Vaak worden wat 'evergreens' geproduceerd om op te slaan in dezelfde productie-units, of worden er wat 'engineer-to-order'-werkzaamheden uitgevoerd. Om de bespreking te vergemakkelijken zullen we geen acht slaan op al deze complicaties, die het werkelijke leven zo interessant en moeilijk maken.

'Assemble-to-order'-productie verwijst meestal naar de situatie waarin er een of meer **produktfamilies** bestaan waar een aanzienlijke verscheidenheid aan eindproducten binnen iedere familie is gedefinieerd. De klant krijgt een variëteit aan keuzes aangeboden die leiden naar een unieke identificatie van een gewenst produkt dat moet worden samengesteld uit standaardcomponenten.

#### *Voorbeeld*

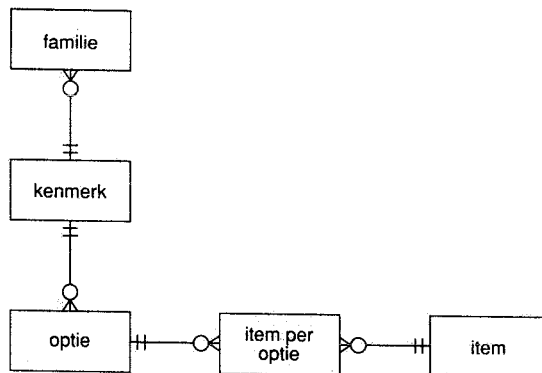
Laten we als eenvoudig voorbeeld een fabrikant van Personal Computers nemen. De klant krijgt te maken met keuzes betreffende: beeldschermafmetingen, monochroom scherm of kleurenscherm, soort van toetsenbord, grootte van de harde schijf, grootte van het intern geheugen, aantal disk drives en toe te voegen software.

De meest voor de hand liggende benadering van het 'assemble-to-order'-informatieprobleem wordt de '**features-and-options**' (**kenmerken en opties**)-benadering genoemd. Bij deze benadering wordt elk van de bovengenoemde keuzes een '**feature**' genoemd en elk alternatief een '**optie**'. Opties behoren tot exact één kenmerk.

Opties binnen hetzelfde kenmerk zijn meestal, maar niet altijd, wederzijds exclusief. Figuur 14-9 illustreert deze concepten.

De 'kenmerken en opties'-benadering ondersteunt het assemblageproces niet echt. Het genereert bijvoorbeeld geen klantenorderspecifieke assemblagedo-

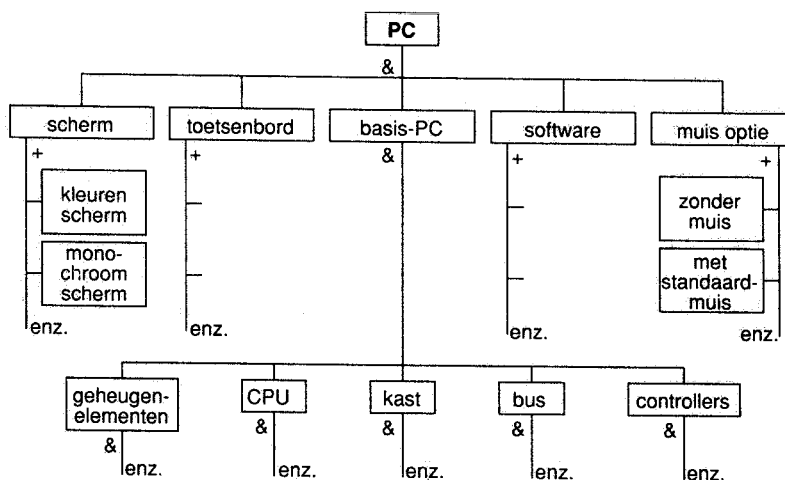
documenten. De enige documenten die kunnen worden gegenereerd zijn keuzelijsten voor het magazijn waar zich de componenten bevinden. Daarom is de benadering geschikt voor erg eenvoudige assemblageprocessen. Hij wordt echter makkelijk overgenomen in MRP-systemen, omdat het concept van een klantenorder gelijk is aan figuur 14-7.



Figuur 14-9: Datastructuurdiagram voor 'features' en 'options' (deel)

De 'features-and-options'-benadering heeft een aantal nadelen. Op de eerste plaats gaat deze er vanuit dat enkelvoudige opties rechtstreeks de selectie van items controleren. In werkelijkheid hangt dit af van **combinaties van keuzes** ('opties').

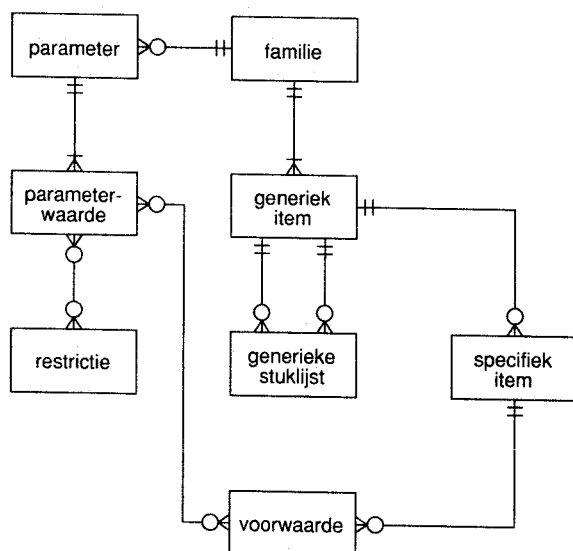
Op de tweede plaats zijn in deze benadering alle combinaties van opties toegestaan. In werkelijkheid zijn er veel coalities verboden, om technische of commerciële redenen.



Figuur 14-10: Generieke stuklijst met EN (&) en OF (+) varianten

Op de derde plaats, zoals gezegd, kan er geen assemblagestructuur voor een veelvoud van niveaus worden gegenereerd met ook instructies voor assemblage en testen. Eén manier om deze problemen de baas te worden is de zogenoemde **variant stuklijst** die wordt toegelicht aan de hand van het nu volgende voorbeeld.

Laten we aannemen dat de PC-fabrikant de combinatie van een kleurenscherm en een intern geheugen van 256 KB verbiedt. Laten we bovendien aannemen dat een stuklijst voor meervoudige niveaus zou moeten worden gegenereerd waarbij eerst de CPU, de bus, de geheugenelementen en de controllers dienen te worden geplaatst in een kast die de basis-PC gaat vormen. Vervolgens wordt deze samengevoegd met een beeldscherm, een toetsenbord, software en tenslotte een muis om het uiteindelijke product te completeren. Dit kan worden weergegeven in een zogenaamde **generieke stuklijst-structuur** (zie figuur 14-10).



Figuur 14-11: Datastructuurdiagram voor generieke EN/OF-stuklijst (gedeeltelijk)

In deze structuur wordt in het hoogste niveau van de stuklijst gespecificeerd dat elke PC uit een scherm, een toetsenbord, een basis-PC, software en een muisoptie bestaat. Op dit niveau is er geen keus; daarom is de bijbehorende stuklijst van het **EN**-type (aangegeven met &).

Het item 'scherm', dat nog steeds generiek is, biedt een keuze; daarom is de bijbehorende stuklijst van het **OF**-type (aangegeven met +). Hetzelfde geldt voor 'toetsenbord', 'software' en 'muisoptie'. De basis-PC echter biedt niet ogenblikkelijk een keus en is daarom van het **EN**-type. Dit proces wordt



recursief herhaald totdat een niet-generiek item wordt bereikt (zoals het monochroom scherm). Vanaf dit punt komt een non-generieke BOM in beeld.

Een deel van een datastructuur die in staat is deze soort generieke items met EN/OF-stuklijsten te ondersteunen is te zien in figuur 14-11. Deze afbeelding laat parameters en parameterwaarden zien die bepaalde leden van het (generieke) familie-item definiëren.

Restricties op combinaties van parameterwaarden kunnen worden gedefinieerd. Het selectieproces in een OF-BOM wordt door een entiteitssoort VOORWAARDE (voorwaarde) afhankelijk gemaakt van combinaties van parameterwaarden.

Men mag echter niet concluderen dat deze structuur in alle opzichten voldoet. Zo kunnen in dit type structuur engineering changes niet eenvoudig worden geïntegreerd. Deze voorbeelden voldoen echter om enige typische eigenschappen te laten zien van informatiesystemen voor 'assemble-to-order'-systemen. Zie verder bijvoorbeeld Sari (1981), Van Veen en Wortmann (1988).

### *14.3.3 Informatiesystemen voor 'make-to-order' (verkoop van capaciteit)*

#### *Het wezen van 'capacity-selling' bedrijven*

'Make-to-order'-productie in zijn pure vorm onderscheidt zich van 'assemble-to-order' vanwege het ontbreken van gestandaardiseerde producten waaruit klanten kunnen kiezen. De situatie is feitelijk tegenovergesteld: in de 'make-to-order'-situatie 'definieert' de klant een volledig gespecificeerd produkt, dat vervolgens moet worden gefabriceerd. Er bestaan tenminste twee soorten 'make-to-order'-bedrijven. De eerste produceert herhaaldelijk hetzelfde, door de klant bepaald produkt. Soms is er een raamcontract voor een afroep order met de klant en gaat het 'make-to-order'-bedrijf investeren in speciale outillage en know-how voor elk produkt. Het streven naar co-makerschap is een natuurlijke strategie voor dit type leverancier.

De tweede soort 'make-to-order'-bedrijf zit niet in de business van het fabriceren van herhalingsopdrachten, maar verkoopt enkel en alleen de capaciteit. Dit type bedrijf wordt ook wel '**jobber**' (**enkelstukfabricage**) genoemd. We hebben hier dit type bedrijf in gedachten. Verder erop ingaand: de klant wordt hier geacht een initiële stuklijst aan te leveren, maar de routing van de componenten en de werkvoorbereiding voor assemblage en installatie moet door de producerende organisatie worden uitgevoerd. De initiële stuklijst bestaat uit een lijst van componenten die moeten worden geassembleerd en deze lijst wordt gespecificeerd in constructietekeningen (deze lijst wordt vaak **onderdelenlijst** ('**parts list**') genoemd). Analoog met onze bespreking

in de voorgaande paragraaf komt de echte 'make-to-order'-situatie betrekkelijk zelden voor. In de meeste 'make-to-order' situaties wordt nog wel enig produktontwikkelingswerk gedaan, terwijl sommige gestandaardiseerde producten ook nog worden gemaakt in dezelfde produktie-units. Laat ons echter toch maar weer uitgaan van de echte 'make-to-order'-vorm om concepten te verduidelijken.

Er zijn natuurlijk veel verschillende 'make-to-order'-bedrijven die min of meer voldoen aan de voorgaande kenschetsing. Om de bedoelde bedrijven exacter te kunnen plaatsen volgt nu een tamelijk gesimplificeerde beschrijving:

- Het echte 'make-to-order'-bedrijf kent geen typische produktfamilies waarin ze gespecialiseerd is: er wordt alleen capaciteit verkocht in overeenstemming met een specifieke technologie;
- Er is geen produkt-en ontwikkelingsafdeling, ofschoon er wel een afdeling bestaat voor de fabricagetechniek (werkvoorbereiding);
- Er worden geen standaardcomponenten op voorraad gemaakt om en ook geen reserve onderdelen;
- Er zijn geen items met een lange levertijd die besteld moeten worden voordat klantenorders vastliggen;
- Het beheersingssysteem, dat hieronder zal worden beschreven, is erg eenvoudig.

In de situatie dat er puur capaciteit wordt verkocht, kunnen de volgende fasen worden onderscheiden:

- Offertes maken, met vermelding van levertijden en prijzen voor mogelijke orders gespecificeerd door klanten; de materiaalinhoud van deze orders is duidelijk, maar de vereiste capaciteit moet worden ingeschat;
- Werkvoorbereiding van componenten;
- Aankoop van grondstoffen en afsluiten van uitbestedingscontracten;
- Fabricage van componenten;
- Werkvoorbereiding van assemblage, testen en installatie;
- Assemblage, testen en installatie.

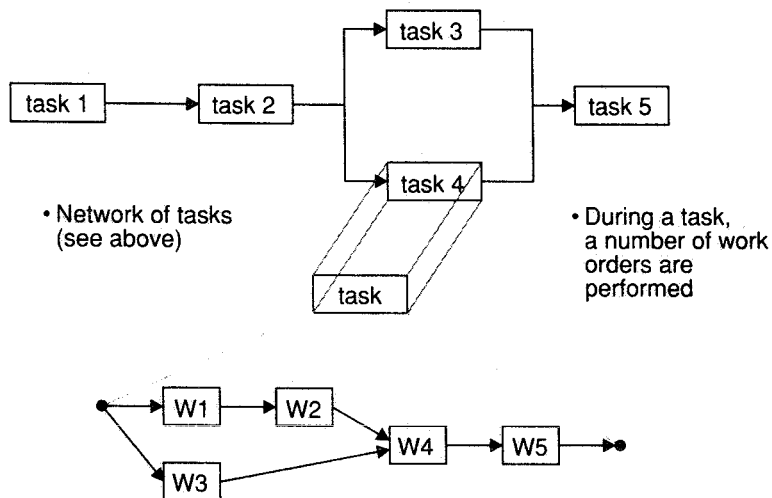
Het dient te worden opgemerkt dat de produktdocumentatie, zoals deze door de klant is verschaft, meestal niet precies specificeert welke grondstoffen moeten worden gekocht. Specificatie van vereiste grondstoffen is in het algemeen onderdeel van de werkvoorbereiding van componenten. Evenzo specificeert deze produktinformatie **geen** 'sub-assemblages' die relevant zijn vanuit het oogpunt van fabricage. Deze sub-assemblages worden vastgesteld tijdens de werkvoorbereiding voor het assemblageproces.

#### *Beheersingsstructuur*

De beheersingsstructuur in de fabriek die zich puur met het verkopen van capaciteit bezighoudt, ziet er ongeveer als volgt uit. Elke klantenorder wordt

beschouwd als een *netwerk van taken* (of *geaggregeerde activiteiten*). Deze taken hebben tenminste een zekere bewerkingstijd (bewerkingstijd), maar ze kunnen ook capaciteit eisen van een of meer kritieke capaciteiten in het bedrijf. Taken op het gebied van de engineering (werkvoorbereiding) bijvoorbeeld, zullen meestal zowel kalendertijd capaciteit in beslag nemen, terwijl inkooptaken vaak alleen maar kalendertijd verbruiken.

Omdat taken geaggregeerde **activiteiten** zijn, zullen ze uiteindelijk worden verfiend tot meer gedetailleerde activiteiten die **werkorders** genoemd worden. Dit proces wordt verduidelijkt in figuur 14-12. De werkorders kunnen opnieuw samen een netwerk uitmaken. We gaan er echter niet van uit dat zulke netwerken tot in de kleinste details bekend zijn bij aanvang van het project. Werkorders voor fabricage zullen meestal uit een aantal bewerkingen bestaan. Werkorders voor andere activiteiten, zoals inkoop of werkvoorbereiding, zullen zelden verdere detaillering nodig hebben.



Figuur 14-12: De relatie tussen een netwerk van opeen gestapelde activiteiten (taken) en de gedetailleerde activiteiten (werkorders).

#### 'Aggregate production planning' (Aggregaat Productie Planning)

De aggregaat productie planning opeen gestapelde productie maakt gebruik van de netwerken van taken. De schattingen betreffende werkinhoud en kalendertijd van taken worden gebruikt om een ruwe planning te maken van de toekomstige belasting van elke cruciale capaciteit. Deze wordt gebruikt bij onderhandelingen.

Aggregaat Productie Planning productie in 'make-to-order'-productie kan worden vergeleken met de ruwe capaciteitsplanning binnen MRP II. De eerstgenoemde echter is meer veelomvattend. Het houdt volledige multi-pro-

jectplanning en-beheersing in. Beslissingsondersteunende systemen behoren niet alleen de vroegste en laatste startdata, spelingen en dergelijke voor de taken te berekenen, maar ze moeten ook de actuele voortgang bewaken en afwijkingen van het plan signaleren. Zoals we in de voorgaande paragraaf al hebben kunnen zien, ontbreekt deze voortgangsbewakingsfunctie bij de ruwe capaciteitsplanning binnen MRP II.

Aggregate Production Planning in 'make-to-order' produktie zou de gebruiker in staat moeten stellen om een taak vast te leggen op een bepaald tijdstip in de toekomst, of om een taak 'vast' te **plannen** op een andere datum dan de laatste startdatum. Zo'n krachtige planning is onmogelijk bij ruwe capaciteitsplanning binnen MRP II, want er zijn geen 'taken' gedefinieerd in het conceptuele model (zie figuur 14-7).

Zodra een taak gedetailleerd is uitgewerkt tot op het niveau van werkorders, worden de schattingen van kalendertijd en de capaciteitsbehoeften voor de taak weer up-to-date gemaakt. Enkele bedrijven hebben ontwikkelde systemen die ogenblikkelijke feedback verschaffen van de werkelijke voortgang van werkorders aan het niveau van de geaggregeerde planning en beheersing. Zodra de werkorders van een taak zijn uitgevoerd en als zijn gereed gemeld, worden de overblijvende duur- en capaciteitsvereisten van de betreffende taak herzien. Op deze manier is er een snelle terugkoppeling van de feitelijke bewerkingen naar de 'aggregate production planning'. Jammergenoeg voorzien de huidige standaardsoftwarepakketten voor klanten order gedreven produktie zelden in zo'n onmiddellijke feedback.

#### *Materiaalcoördinatie*

De activiteiten op het gebied van materiaalcoördinatie worden uitgevoerd door middel van enkelvoudige projectplanning binnen de voor het bedrijf geplande condities die werden verschaft door de 'aggregate production planning'. Zodra ze beschikbaar zijn, gebruikt materiaalcoördinatie de gedetailleerde netwerken van werkorders, liever dan ruwe netwerken van taken. De planningactiviteiten richten zich op het maken van een plan met werkorders die de capaciteits-eenheden evenwichtig beladen met werk. In huidige softwaresystemen wordt een expliciete werkorder-vrijgave functie meestal niet ondersteund. Dientengevolge is het onderscheid tussen materiaalcoördinatie en produktie-eenheid beheersing niet zo duidelijk.

#### *Beheersing op de fabriekswerkvloer*

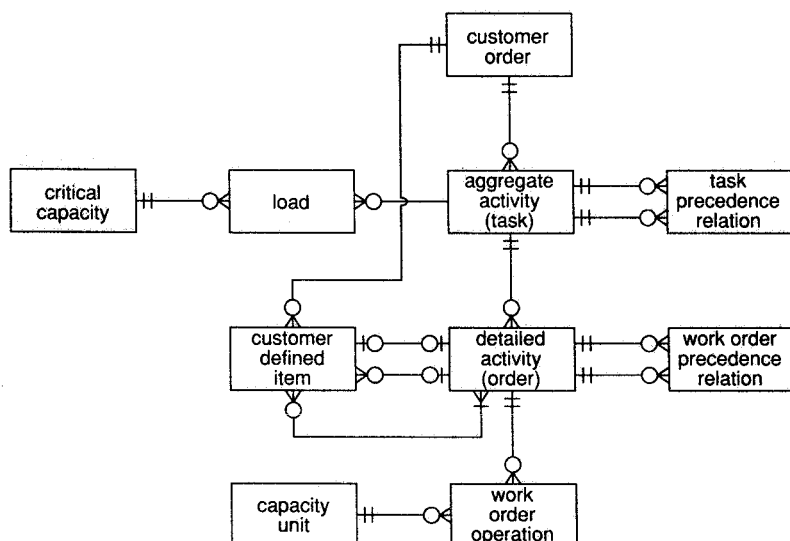
Tenslotte worden op de **fabriekswerkvloer** de werkorders en bewerkingen gepland en uitgevoerd.

Er dient goed nota te worden genomen van het feit dat werkorders voor activiteiten die niet op het fabriceren gericht zijn, zoals bijvoorbeeld inkoop of werkvoorbereiding, meestal niet gedetailleerd zullen worden uitgewerkt in bewerkingen.

### *Verskil met 'make-to-stock'*

Voordat men de gevolgen van deze beheersingsstructuur voor de informatiesystemen kan onderzoeken, moeten er eerst nog twee zaken aan de orde gesteld worden. Allereerst moet men duidelijk voor ogen hebben dat we alleen maar toestandsafhankelijke grootheden zoals projecten, taken en werkorders hebben besproken.

Op de tweede plaats is de stuklijst zoals die door klanten wordt gegeven van veel minder belang dan de stuklijst bij 'make-to-stock'-productie: bij 'make-to-stock' bevat de stuklijst alle productie-activiteiten, terwijl de stuklijst bij 'make-to-order' bij productie, alleen maar voor de assemblageplanning bijzonder relevant is. In feite zal de produktdocumentatie (tekeningen enzovoorts), zoals door de klant verschaft, de te assembleren componenten specificeren. Niet gespecificeerd *hoe* deze componenten moeten worden geproduceerd of gekocht, noch hoe de assemblagevolgorde dient te zijn.



Figuur 14-13: Datastructuurdiagram voor 'capacity-selling production' (productie voor verkoop van de capaciteit)

### *Gevolgen voor informatiesystemen*

De gevolgen van deze beheersingsstructuur voor informatiesystemen kunnen nu worden onderzocht (zie figuur 14-13).

Zoals in het voorgaande werd verklaard, bestaat een klantenorder uit een netwerk van werkorders en bestaat iedere taak uit een werkordernetwerk. Taken kunnen gerelateerd zijn aan nul, één, of meer 'cruciale' capaciteitstypes. Voor elke taak kan de te verwachten belasting voor ieder kritiek capaciteitstype worden gedefinieerd. Een klantenorder bestaat uit een aantal (klantenorder-

specifieke) **items** die moeten worden geassembleerd. Deze zijn door de klant gespecificeerd volgens zijn eigen coderingsconventies. Door de 'make-to-order'-fabrikant worden deze items meestal door middel van klantenorder-nummer en een mogelijk toegevoegd volgnummer geïdentificeerd. Er bestaan drie relaties tussen deze items en de werkorders. Op de eerste plaats vindt de werkvoorbereiding voor elk item plaats op basis van hoogstens één werkorder; deze werkorder zal worden vrijgegeven aan een afdeling voor werkvoorbereiding. Op de tweede plaats wordt ieder item geleverd (dat wil zeggen gefabriceerd of gekocht) door hoogstens één werkorder. Op de derde plaats: ieder item gaat op in minstens één assemblageorder.

Volgens figuur 14-13 kunnen werkorders voor werkvoorbereiding verschillende items voorbereiden. Volgens dezelfde afbeelding zullen werkorders slechts één item leveren en kunnen verschillende items opgaan in assemblage-werkorders. (Deze twee relaties wijken van elkaar af in sommige praktische situaties; de keuze gemaakt in figuur 14-13 komt men in de praktijk vaak tegen, maar alternatieve oplossingen zouden ook adequaat kunnen zijn.)

Let wel dat de assemblagestructuur niet formeel wordt weergegeven door een multi-level stuklijststructuur, maar impliciet wordt gedefinieerd door het netwerk van assemblage-werkorders. Zodoende is de relatie tussen door de klant gedefinieerde items en klantenorders uit figuur 14-13 in overeenstemming met de aanvankelijke 'single-level' onderdelenlijst, verschaft door de constructietekeningen van de klant.

Zoals in het voorgaande al is besproken, kunnen **werkorders** gedetailleerd worden uitgewerkt in bewerkingen. Iedere werkorderhandeling is verbonden met een bepaalde werkplek. Analoog met de terminologie in de vorige paragraaf, wordt deze 'make-to-order' productie, zoals hier is uitgewerkt, namelijk werkplek een **capaciteits-eenheid** genoemd.

### *Conclusie*

Wat zou er nu moeten worden geconcludeerd ten aanzien van informatiesystemen die bestemd zijn voor productiesystemen voor verkoop van capaciteit? Er zijn twee punten die we goed voor ogen moeten houden. Op de eerste plaats: het is opmerkelijk dat toestandsonafhankelijke informatie volledig ontbreekt. Dit moet gesteld worden tegenover de situatie bij informatiesystemen voor 'make-to-stock' en 'assemble-to-order', maar óók tegenover 'engineer-to-order', zoals we nog zullen zien.

Op de tweede plaats zou de Aggregaat Productie Planning niet alleen de productie van fysieke producten moeten beheersen, maar ook eerdere fases, zoals werkvoorbereiding.

In dit specifieke geval van productie voor de verkoop van de capaciteit hebben we de planning van werkvoorbereiding benadrukt. Hierboven zijn enkele consequenties getoond van dit idee voor informatiesystemen.

### 14.3.4 Informatiesystemen voor 'engineer-to-order' (fabriceren op bestelling)-productie

#### 14.3.4.1 Registratiesystemen voor toestandsonafhankelijke gegevens

Informatiesystemen voor 'engineer-to-order'-productie combineren verscheidene van de karakteristieken die in de voorgaande onderdelen zijn besproken. Net als bij informatiesystemen voor 'make-to-order'-productie, betreft 'aggregate production planning' zowel de vervaardiging van fysieke producten als van niet-fysieke producten. Net als bij 'assemble-to-order' bestaat er, zoals we zullen zien, behoefte aan een soort van 'generieke' produktbeschrijvingen.

'Engineer-to-order'-informatiesystemen hebben **toestandsonafhankelijke data**. Zo op het eerste gezicht kun je die zelfs vergelijken met wat we hebben gezien in MRP-pakketten. Ook nu weer verschijnen stuklijsten, bewerkingen, 'routingen', enzovoorts ten tonele. Er is echter één belangrijk verschil: deze data dienen als een **hulpmiddel bij de engineering**, niet voor planning en controle.

Bepaalde attributen (velden) zijn met opzet open gelaten ('white spots'). Deze 'witte plekken' kunnen worden gebruikt om het feit te benadrukken dat deze velden pas hun eigenlijke invulling zouden moeten krijgen wanneer de klantenorder ontvangen is. Voor **planning- en controledoelen** worden de toestandsonafhankelijke gegevens gebruikt die uitvloeisel zijn van de invulling van de juiste waarden op alle witte plekken.

*Referentieproducten, referentieroutingen, referentiebewerkingen, enzovoorts.* Het idee van 'witte plekken' hangt nauw samen met het idee van generieke items en 'routingen' (sturingen). Bij de bespreking van **generieke** items werd echter aangenomen dat de specifieke gegevens konden worden gegenereerd door bepaalde parameters aan te geven. Met andere woorden, het complete mogelijke scala van specifieke items die kunnen worden gegenereerd moet vantevoren worden gespecificeerd.

Dit is zeker niet mogelijk in een 'engineer-to-order'-situatie. Daarom is een concept als 'white spot' vereist om aan te geven dat een specificatie van het generieke produkt wordt geconstrueerd volgens de wensen van een bepaalde klant. Zodoende zullen de termen *referentieprodukt, referentiesturing*, enzovoorts worden gebruikt om toestandsonafhankelijke data in de 'engineer-to-order'-situatie aan te geven.

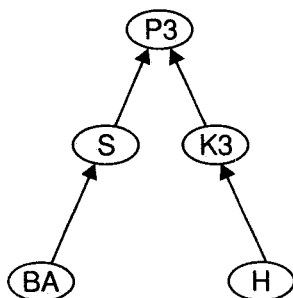
Het dient te worden benadrukt dat in MRP-systemen toestandsonafhankelijke data-sets nauwkeurig, volledig en consistent zijn om beheersings- en planningactiviteiten te ondersteunen. Het automatisch genereren van geplande

orders in MRP I is een voorbeeld van zo'n ondersteuning. In 'engineer-to-order'-productieomgevingen ondersteunen toestandsonafhankelijke data primair de technicus, niet de planner. Dit kan worden geïllustreerd aan de hand van het feit dat er geen automatisch genereren van geplande orders plaatsvindt. Daarom zijn de formele vereisten voor de toestandsonafhankelijke gegevens in de database minder streng.

*Een voorbeeld van een referentieprodukt en een referentie-stuklijst*

Laten we het concept **referentie-item** eens door een voorbeeld verduidelijken. Veronderstel dat de pijpenwerkplaats, die reeds eerder ter sprake kwam, met de productie start van een nieuw type pijp, P3, waarbij de klant een afbeelding kan laten graveren in de kop naar eigen ontwerp (zijn naam, gezicht, initialen, postcode, enzovoorts).

P3 onderscheidt zich duidelijk van P1 en P2 in zoverre dat hij niet op voorraad kan worden gemaakt. De kop K3 kan zelfs alleen maar op klantenorder gemaakt worden.



Figuur 14-14: Bill-of-Material (Materiaallijst) voor P3, waarbij P3 en K3 niet-standaard zijn

Het is niettemin mogelijk om een stuklijststructuur, een routingbestand, enzovoorts te scheppen voor P3 en K3. Bepaalde velden vereisen een specificatie bij registratie van de klantenorder, bijvoorbeeld de looptijd voor graveren (zie figuur 14-14 en tabel 14-8).

Tabel 14-8: Itembestand voor 'engineer-to-order'

Referentie item #	Beschrijving	U/M	Type	Groepsvoor-raadgrootte	Individuele voorraad-grootte
P3	persoonlijke pijp	ieder	generiek	20	200
S	steel	ieder	standaard		
K3	kop	ieder	generiek	20	
FP11	familie pijp	ieder	pseudo		



Tabel 14-9: BOM voor 'engineer-to-order'

Referentie stuklijst id#	Samenstelling	Component	Hoeveelheid	Tekst
1234	P3	K3	1	
5678	P3	S	1	
2468	K3	H	1	
1357	S	BA	0,01	

Om dit voorbeeld een beetje een realistisch tintje te geven, hebben we het standaardkarakter van de items BA, H en S gehandhaafd. Dit is gebruikelijk in iedere praktische situatie, hoewel theoretisch gezien echte 'engineer-to-order'-productie misschien slechts referentie-items zou toevoegen.

Let wel dat 'P3' en 'K3' niet langer unieke determinanten zijn voor bepaalde producten, maar dat ze een heel scala kunnen beslaan van uitgesproken verschillende producten. Daarom zullen we dergelijke items 'referentie-items' noemen. Als deze onderscheiden dienen te worden van standaarditems, moet het itembestand een veld hebben dat het itemtype specificceert (zie tabel 14-9). De betekenis van het veld 'set-up time' in tabel 14-8 dient te worden geïnterpreteerd als de insteltijd voor een serie (groep) van afwijkende klantenorders voor type P3. Het is heel kenmerkend dat deze serie, vergelijk tabel 14-9, bestaat uit 20 klantenorders.

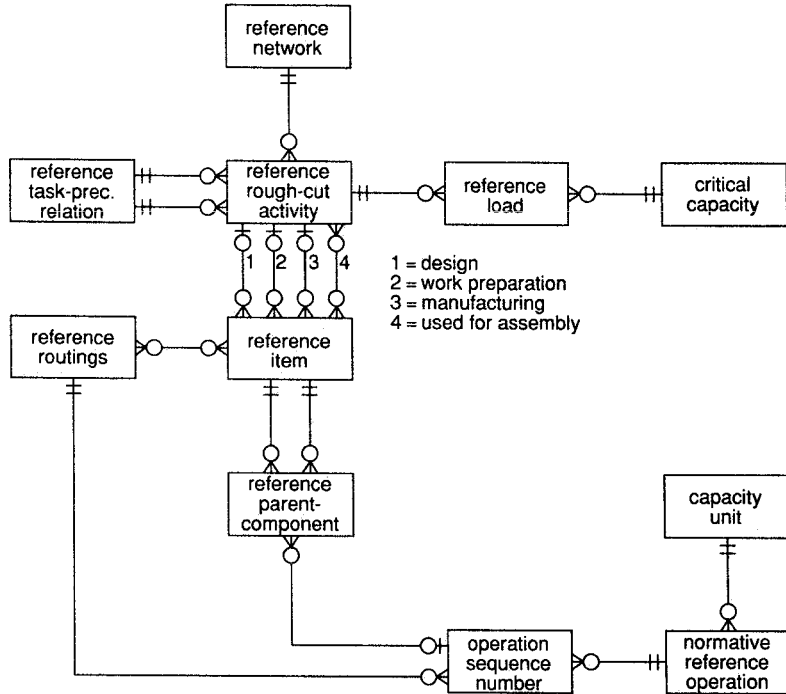
#### *Een referentienetwerk van aggregaativiteiten (taken)*

Het tweede belangrijk punt van verschil tussen toestandsonafhankelijke 'engineer-to-order'-data en MRP-data wordt gevormd door de gegevens voor Aggregaat Productie Planning. Voor 'engineer-to-order'-bedrijven vormt het pakket klantenorders vaak het aggregaat productieplan. Elke klantenorder wordt weergegeven door een netwerk van taken, net als bij de 'make-to-order'-bedrijven. Zo'n netwerk bevat op zijn beurt taken (aggregaativiteiten) en 'volgorde-relaties' tussen hen. In tegenstelling tot de 'capacity-selling business' echter, staan toestandsonafhankelijke projectnetwerken ter beschikking van de productie-technische voorbereiding als een van referentienetwerk. Zodra een klantenorder is gecreëerd, wordt het referentienetwerk overgenomen uit de toestandsonafhankelijke database en separaat onderhouden als een toestandsonafhankelijk netwerk voor klantenorders. Open plaatsen (witte plekken) krijgen tijdelijke of definitieve waarden voor plannings- en beheersingsdoelen.

#### *Datastructuurdiagram*

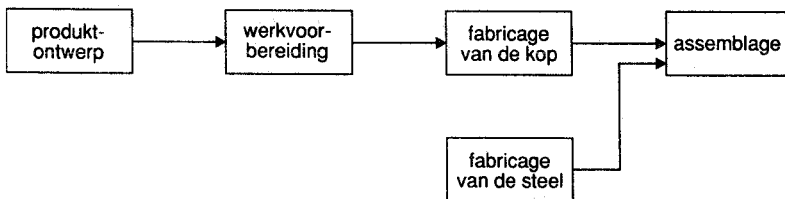
Figuur 14-15 geeft enig inzicht in de toestandsonafhankelijke data ter ondersteuning van technische projectbeheersingcontrole in 'engineer-to-order' bedrijven. Neem er allereerst nota van dat de entiteitssoorten 'MPS-ITEM'

en 'ROUGH-CUT LABOUR (RUWE CAPACITEITSBEHOEFTE) uit figuur 14-7 niet meer terugkomen in figuur 14-15.



Figuur 14-15: Toestandsafhankelijke datastructuur voor 'engineer-to-order'

In plaats daarvan kan een referentienetwerk van taken worden gedefinieerd. Voorbeeld van zo'n takennetwerk voor een pijp P3 is te vinden in figuur 14-16. Deze afbeelding laat zien dat een taak een **geaggregeerde** activiteit is. Men zou kunnen stellen dat de taak 'Fabricage van de Steel' uit de afbeelding zou moeten worden weggelaten, omdat deze te maken heeft met het standaarditem 'Steel', dat sowieso wordt gefabriceerd. Deze taak kan echter worden gebruikt om een materiaal-behoefte aan een standaarditem te genereren (in dit geval voor de steel S) en deze materiaalbehoefte 'op te hangen' aan een bepaalde klantenorder.



Figuur 14-16: Projectnetwerk voor een 'engineer-to-order' tabakspijp

Ieder referentienetwerk bestaat uit een aantal 'reference rough-cut activities' en 'reference activity relations' (aggregaativiteiten en de volgende relaties daartussen). Elke 'reference rough-cut activity' hoort bij precies één referentienetwerk. Let wel dat de referentienetwerken die hier besproken worden veel meer informatie kunnen bevatten dan de ruwe capaciteitsbehoeften arbeidsoverzicht voor standaard MPS-items dat we eerder zagen. Het netwerk kan de mogelijkheid bieden om een kritiek pad, vrije speling, totale speling, enzovoorts te berekenen.

Een 'referentie' aggregaativiteit is niet direct verbonden met één kritieke capaciteit. In tegendeel, ze kan verbonden zijn met verscheidene kritieke capaciteiten door middel van de entiteitssoort 'REFERENCE LOAD' (referentie-belasting. Bijvoorbeeld de aggregaativiteit 'fabricage van de kop zou kunnen zijn verbonden met zowel CRITCAP S als CRITCAP B. Gewoonlijk heeft de aggregaativiteit een veld zoals 'activity duration' (activiteitsduur); de 'REFERENCE LOAD' kan zó worden gespecificeerd dat ze een tijdsvariabel belastingsprofiel heeft gedurende de activiteitsduur.

We zullen nu de rest van de toestandsonafhankelijke datastructuur voor een 'engineer-to-order'-bedrijf meer in detail gaan bespreken. Allereerst: figuur 14-15 laat een entiteitssoort 'REFERENCE ITEM' (referentie-item) zien. Zoals tabel 14-8 al deed vermoeden, kan deze entiteitssoort in de praktijk worden versmolten met niet-referentie items. Voor de duidelijkheid zullen we er hier van uitgaan dat alleen referentie-items daadwerkelijk bestaan in de echte 'engineer-to-order' bedrijven.

Een stuklijst wordt opnieuw weergegeven door het entiteitstype SAMENSTELLING/COMPONENT. Maar, vergeleken met figuur 14-7, is er een belangrijk verschil: voor iedere samenstelling/componentrelatie, dient de samenstelling ('parent') te worden gespecificeerd, maar hoeft de component niet te worden ingevuld. Met andere woorden, een stuklijst voor een samenstelling-item kan regels bevatten die niet naar een itemnummer verwijzen. Zulke 'entries' bevatten meestal een tekst, bijvoorbeeld 'verfkleur: door klant nader aan te geven'.

De entiteitssoort REFERENCE-ITEM (referentie-item) is via vier relaties verbonden met de entiteitssoort 'REFERENCE ROUGH-CUT ACTIVITY' (referentie aggregaativiteiten). In overeenstemming met 'a-to-order'-productie, worden drie van deze vier relaties gebruikt om aan te geven welke items zijn geleverd, voorbereid en respectievelijk verbruikt in de betrokken aggregaativiteit (vergelijk figuur 14-15). De activiteit 'Fabricage van de Kop' in figuur 14-16 bijvoorbeeld, zou moeten worden gespecificeerd om K3 op te leveren en de activiteit 'Fabricage van de Steel' om S op te leveren. De vierde relatie wordt gebruikt om aan te geven bij welke aggregaativiteit een item wordt ontworpen.

Figuur 14-15 tenslotte, laat ook enige toestandsonafhankelijke entiteitstypen zien die in verband staan met de gedetailleerde fabricagebewerkingen. Preciezer gezegd: figuur 14-15 toont een nieuw entiteitstype 'REFERENCE ROUTING' (referentierouting). Als voorbeeld hiervan in onze tabakspijpenfabriek verwijzen we naar tabel 14-10. Een referentierouting is een soort standaardrouting die voor verscheidene items kan worden gebruikt. Ze worden niet per sé volledig gespecificeerd, zoals wordt geïllustreerd door de witte plekken (vraagtekens) in tabel 14-10.

Bovendien kan een item aanvankelijk worden verbonden met verschillende referentieroutingen. Selectie van een bepaalde routing kan worden uitgesteld tot het moment waarop de vrijgave van een werkorder vereist wordt.

Een referentierouting bestaat uit een lijst van **NORMATIEVE REFERENTIEBEWERKINGEN**. Omgekeerd kunnen normatieve referentiebewerkingen worden gebruikt in meer dan één referentierouting. Het is niet zonder meer nodig dat elke normatieve referentiebewerking volledig wordt gespecificeerd. Volgens figuur 14-15 echter, moet ze verwijzen naar een bepaalde capaciteitseenheid.

Tabel 14-10: Sturing voor P3, K3

Referentie-item	Volg.#	Capaciteits-eenheid	Groepsinsteltijd (uren)	Stuktijd (uren)	Toegestane wachttijd (uren)
P3	10	assemblage	1	0,03	8
P3	20	schuren	2	0,02	12
P3	30	afwerken	0	0,04	8
K3	10	fezeen	2	0,06	32
K3	20	boren	3	0,03	16
K3	30	frezen	1	0,07	32
K3	40	graveren	0	??	40
K3	50	schuren	2	0,02	12

### Conclusie

Ter afsluiting van onze bespreking van routingen en bewerkingen kan deze als volgt worden samengevat. Het toestandsonafhankelijke deel van het informatiesysteem zoals hier in grote trekken weergegeven zou voornamelijk moeten worden beschouwd als een hulpmiddel ter ondersteuning van technici die betrokken zijn bij de werkvoorbereiding voor de fabricage.

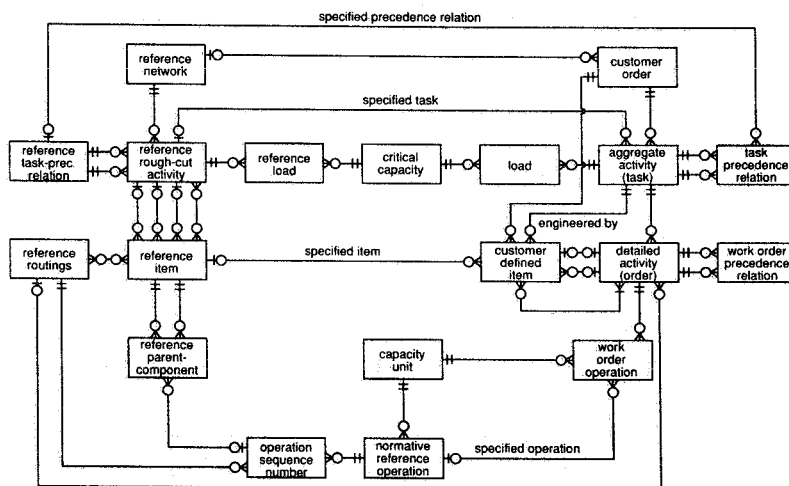
De ondersteuning wordt gegeven op een manier die zowel flexibiliteit als standaardisering biedt. Er bestaat een scherp contrast met MRP-pakketten,

die volledig gespecificeerde materiaallijsten en sturingen vereisen, omdat ze automatisch geplande orders en profielen van capaciteitsbelasting moeten genereren in MRP I- en CRP-programma's.

#### 14.3.4.2 Registratiesystemen voor toestandafhankelijke gegevens in 'engineer-to-order'-productie: fundamentele kenmerken

Elke klantenorder is een project, behalve bij orders voor reserveonderdelen. Zoals we hebben gezien spelen klantenorders bij de klantenorder-gedreven productie in het algemeen een belangrijke rol. 'Engineer-to-order'-systemen vormen hierop geen uitzondering. Meestal komt men twee verschillende soorten klantenorders tegen: voor nieuwe projecten (systemen) en voor reserveonderdelen.

Een klantenorder voor reserveonderdelen wordt in de regel direct ingeschreven als een set werkorders voor de fabriek. Indien het informatiesysteem de aflevering door de oude systemen goed heeft vastgelegd, kunnen deze werkorders voor reserveonderdelen zó uit vroegere werkorders worden gehaald en, indien nodig, worden aangepast aan nieuwe productietechnologie. De problemen die om de hoek komen kijken bij het vastleggen van vroegere klantenorders (het zogenaamde 'configuration management') is interessant en belangrijk, maar het zou de aandacht afleiden van de hoofdpunten die hier moeten worden aangestipt. Daarom zullen we deze kwestie hier niet behandelen, maar onze aandacht hoofdzakelijk vestigen op klantenorders voor nieuwe projecten (systemen).



Figuur 14-17: Datastructuur voor zuivere 'engineer-to-order'-productie

*Stuklijsten en routingen worden bekend terwijl het project wordt uitgevoerd*

De definitie van een (mogelijke) klantenorder in een 'engineer-to-order' omgeving maakt meteen het verschil duidelijk met de productie van standaardproducten. In MRP-pakketten is een klantenorder een lijst met bekende items die in bepaalde hoeveelheden moeten worden afgeleverd op een bepaalde datum. In het gunstigste geval is in een 'engineer-to-order'-bedrijf een (mogelijke) klantenorder aanvankelijk een kopie van een referentienetwerk. De echte werkorders die uiteindelijk de materiaalveranderingen op de werkvloer zullen vergezellen, worden slechts langzamerhand bekend. Ook de stuklijsten zijn in het gunstigste geval maar gedeeltelijk bekend in het begin; men krijgt er meer vat op tijdens de produkt-ontwikkeling fase. Voordat de klantenorder wordt verscheept hoeft het complete te produceren project niet te worden geregistreerd als een volledige stuklijststructuur. De werkorders worden slechts langzamerhand bekend tijdens de fase van , als de werkvoorbereiding. Nogmaals, deze werkorders zijn niet per sé verbonden met een item in het itembestand (zelfs niet met een generiek item).

#### *Datastructuurdiagram*

Het datastructuurdiagram voor zuivere 'engineer-to-order' productie wordt gegeven in figuur 14-17 , dat de figuren 14-13 en 14-15 combineert. Wanneer een (mogelijke) klantenorder in het systeem wordt ingeschreven, wordt het meestal verbonden met een referentienetwerk. Wanneer de klantenorder definitief wordt bevestigd, wordt een kopie gemaakt van dit referentienetwerk en deze wordt aan de klantenorder 'opgehangen'. Dit kopiëren van een netwerk betekent dat zowel taken als volgrelaties worden overgenomen en dat 'witte plekken' een aanvangswaarde krijgen toegekend.

Als de velden met die 'witte plekken' in de aggregaatactiviteiten van de klantenorder zijn gespecificeerd, kunnen de vroegste startdata, laatste startdata, enzovoorts worden berekend. Meestal doorlopen de aggregaatactiviteiten de volgende fasen:

- Nog niet helemaal gespecificeerd (ongeschikt voor formele netwerkplanningstechnieken);
- Volledig gespecificeerd;
- Vast gepland (dat wil zeggen er is een bepaalde start- en vervaldatum);
- Bijna klaar;
- Klaar;
- Uitgewist.

Neem er wel nota van dat in de bestaande pakketten voor 'engineer-to-order'-productie zoals hier beschreven, de voortgangsbewaking van aggregaatactiviteiten en kritieke capaciteiten compleet gescheiden is van de bewaking van de gedetailleerde activiteiten.

Dit is misschien acceptabel tijdens de eerste stadia van een netwerk, maar kan in een volgend stadium tot een echt nadeel worden, omdat de voortgang van werkorders niet automatisch leidt naar een bijgewerkte status van aggregaatactiviteiten.

#### *Werkorders*

Werkorders worden vaak gecreëerd door referentieroutingen over te nemen. Het spreekt voor zich dat als een werkorder wordt 'opgehangen' aan een referentie-item, een referentierouting wordt geselecteerd die met het betrokken item is verbonden.

Gedetailleerde bewerkingen binnen een werkorder worden vaak afgeleid van referentieroutingen en normatieve referentiebewerkingen, maar dit is zeker niet altijd het geval. Voor bewerkingen binnen werkorders die niet van een referentiebewerking zijn afgeleid, vereist figuur 14-17 ook dat ze verbonden zijn met een bepaalde capaciteitseenheid. Waar hij ook van stamt, een werkorderrouting bestaat uit een lijst van feitelijke bewerkingen. De set van werkorders verbonden met een bepaalde taak in een klantenorder vormt een (gedetailleerd) netwerk. Vele pakketten bieden, zelfs wanneer het gedetailleerde netwerk nog niet helemaal af is, enkele voorbereidings- en planningsfaciliteiten voor werkorders door de specificatie van een 'off-set-time' mogelijk te maken.

Dit is een schatting van de minimaal benodigde tijd tussen de voltooiingsdatum van de werkorder en de leverdatum van de bijbehorende taak of zelfs van de klantenorder. Zodoende doorloopt een werkorder de volgende fases:

- Nog niet volledig gespecificeerd (ongeschikt voor formele plannings-technieken);
- Volledig gespecificeerd (uiterste startdata kunnen worden berekend);
- Vast gepland;
- In overeenstemming met voorafgaande werkorders gepland (vroegste startdata kunnen worden berekend);
- Open (dat wil zeggen alle voorafgaande werkorders zijn klaar);
- Voltooid.

#### *Registratie van de materiaalstroom*

Het laatste punt dat nog moet worden besproken met betrekking tot registratie van toestandsafhankelijke gegevens heeft te maken met de registratie van de materiaalstroom.

Zoals al eerder vermeld, is dit in MRP-pakketten gebaseerd op unieke ondercodenummers. De situatie bij informatiesystemen voor 'engineer-to-order' of 'make-to-order' wijkt hier volledig vanaf. Daar worden alle materialen die anders zijn dan standaarditems opgeslagen en geregistreerd door middel van een werkorder.

*Uitgifte van werkorders komt in de huidige 'engineer-to-order'-praktijk zelden voor*

In de huidige 'engineer-to-order'-praktijk vindt er geen expliciete uitgifte van werkorders plaats. Met andere woorden, als de aan een werkorder voorafgaande werkorders zijn voltooid, is het de aangewezen afdeling automatisch toegestaan om de werkorder in kwestie te starten.

Dit is anders dan in de MRP-theorie. Het wijkt ook af van bestaande raamwerken waarin sterk wordt gepleit voor expliciete werkordervrijgave (althans bij de grenzen van productie-units).

#### **14.3.4.3 Enige opmerkingen over Beslissingsondersteunende Systemen**

*Ondersteuning van werkzaamheden op het gebied van de produktontwikkeling en werkvoorbereiding*

Informatiesystemen voor 'engineer-to-order'-productie worden gebruikt om besluitvorming op verscheidene terreinen te ondersteunen. Met name produktie-ontwikkeling en werkvoorbereiding worden vaak aanzienlijk ondersteund vanwege het bestaan van referentieroutingen, normatieve referentiebewerkingen, referentie-items en referentiestuklijsten.

*Beperkingen van de gegeven datastructuur voor beslissingsondersteuning in Groepentechnologie*

Het datastructuurdiagram in figuur 14-17 voorziet zeker niet in alle behoeften. Vooronderstel bijvoorbeeld dat groepentechnologie wordt toegepast. Dit vereist het samenvoegen van verschillende werkorders om een schijnsérie van identieke produkten te vormen teneinde de steltijd terug te brengen (zoals pijp P3 en kop K3 in de pijpenfabriek). Dergelijke schijnséries kunnen niet in de datastructuur van figuur 14-17 worden weergegeven. Ze zouden net zo'n verandering vereisen als die voor bijprodukten in MRP-systemen, zoals beschreven in verband met figuur 14-9 (paragraaf 14.2.4). Bovendien vereist groepentechnologie het plaatsen van verschillende machines in groepen. Een dergelijke groepering kan ook niet in de datastructuur van figuur 14-17 worden weergegeven.

*Beslissingsondersteuning voor logistieke beheersing*

De beslissingsondersteuning op het gebied van op logistieke beheersing in de huidige systemen voor 'engineer-to-order' productie bestrijkt twee beheersingsniveaus:

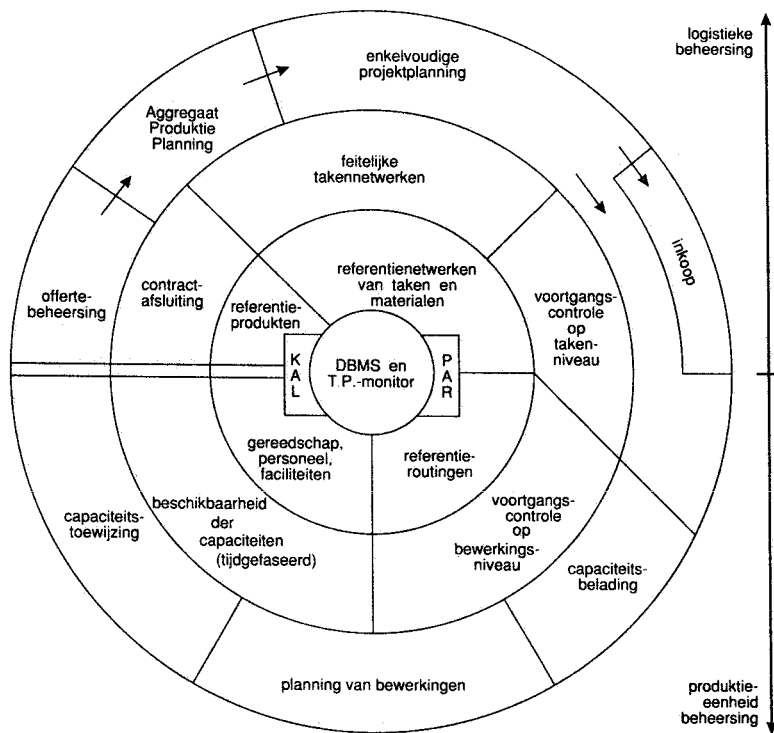
- Aggregaat planning. Dit beheersingsniveau kan worden vergeleken met de 'Master Planning' (Hoofdplanning) in het raamwerk eerder in dit hoofdstuk gepresenteerd. Aggregaat produktie planning houdt zich bezig met netwerken van aggregaat activiteiten (taken) binnen klantenorders en met kritieke capaciteiten;



- Gedetailleerde planning. Dit beheersingsniveau heeft betrekking op individuele capaciteiten, bewerkingen op de werkvloer, specifieke materialen, enzovoorts.

Het dient te worden benadrukt dat **in de huidige systemen** voor 'engineer-to-order' productie de functies **Werklastbeheersing** en **Werkordervrijgave ontbreken**. Dit is het gevolg van het feit dat het verschil tussen niet-vrijgegeven en uitgegeven orders niet wordt weergegeven. Bovendien is een concept als 'productie-eenheid' niet te zien in het datastructuurdiagram in figuur 14-17.

Onze kijk op informatiesystemen voor klantenorder gedreven productie wordt samengevat in de concentrische cirkels van informatiesystemen in figuur 14-18. Deze afbeelding kan worden vergeleken met figuur 14-2A en 14-2B.



Figuur 14-18: Software voor multiprojectcontrole afgebeeld in het referentiekader

## 14.4 Conclusie

Laat ons, om het hoofdstuk af te sluiten, de kerngedachte die reeds in figuur 14-1 werden samengevat, in het kort nog eens de revue laten passeren. De alles omvattende boodschap van dit hoofdstuk is: beheersingsystemen die

van elkaar verschillen vereisen verschillende informatiesystemen. Trouwens productiesituaties, vereisen verschillende beheersingssystemen. Teneinde informatiesystemen te kenschetsen, introduceerden we het verschil tussen toestandsonafhankelijke informatie, statusafhankelijke informatie en besluitondersteunende informatie.

Bovendien werd de conceptuele datastructuur geïntroduceerd als een passend hulpmiddel om het geraamte van informatiesystemen te karakteriseren.

Paragraaf 14.2 bracht standaardsoftwarepakketten voor MRP II naar voren. Tijdens de beschrijving van deze pakketten werd er gesteld dat de ruwe capaciteitsplanning daar slechts nauwelijks verbonden is met gedetailleerde capaciteitsplanning en met beheersing op de werkvloer. Bovendien werd benadrukt dat de toestandsonafhankelijke items en stuklijsten de ruggegraat vormen van het informatiesysteem. Tenslotte werd er gesteld dat de input-outputplanning binnen MRP-pakketten zich bezighoudt met enkelvoudige wachtrijen voor enkelvoudige werkcentra en niet met werklustbeheersing voor productie-eenheden.

In paragraaf 14.3 werden informatiesystemen voor drie verschillende soorten klantenorder gedreven productie besproken. Als men van 'make-to-stock'-productie naar 'engineer-to-order'-productie gaat, wordt het toestandsonafhankelijke deel van het informatiesysteem minder belangrijk voor planning en beheersing.

Het krijgt een meer en meer ondersteunende karakter voor activiteiten op het gebied produkt ontwikkeling en werkvoorbereiding. De behoefte aan consistentie en volledigheid neemt af, terwijl de behoefte aan flexibiliteit en intelligente ondersteuning bij het omgaan met onvolledige en onsamenhangende informatie toeneemt.

We toonden de voordelen aan van **generieke** stuklijsten voor de 'assemble-to-order' situatie. We stelden dat toestandsonafhankelijke informatie niet vereist is bij pure 'make-to-order'-productie, althans wanneer men hiermee bedoelt dat de onderneming zich toelegt op het verkopen van capaciteit. We lieten zien hoe produktie-ontwikkeling en werkvoorbereiding kunnen worden beheerst op het niveau van 'aggregaat' produktieplanning. En uiteindelijk concludeerden we dat werklustbeheersing en de van werkorder-vrijgave onvoldoende worden ondersteund in de huidige standaardsoftwarepakketten voor klantenorder gedreven productie.

## 14.5 Literatuuroverzicht

- [1] Wortmann, J.C., *How to Select a Standard Software Package for Production/Inventory Control*, in Doumeingts, G. and Calter (eds), W.A., *Advances in Production Management Systems*, Elsevier, Amsterdam, 1984 pp. 75-87.

- [2] Bertrand, J.W.M. en Wortmann, J.C., *Production Control and Information Systems for Component Manufacturing Shops*, Elsevier, Amsterdam, 1981.
- [3] Plossl, G.W. en Welch, W.E., *The Role of Top Management in the Control of Inventory*, Reston Publ. Co., 1979.
- [4] Wight, O.W., *Input/Output: a Real Handle on Lead Time*, Production & Inventory Management, 1970.
- [5] Timmer, J.P.J. en Wortmann, J.C., *Integration and Decentralization of Production Control in a Multi-Plant Assemble-to-Order Company*, 1987.
- [6] Wight, O.W. en Landvater, D., *The Standard System*, Manufacturing Software Inc., 1983.
- [7] Shingo, S., *Study of Toyota Production System from Industrial Engineering viewpoint*, 1981.
- [8] Sari, J.F., *The Master Production Schedule and the Bill-Of-Material go Hand-in-Hand*, Richard C. Ling Inc., 1981.
- [9] Van Veen, E.A. en Wortmann, J.C., *Generic Bills of Material in Assemble-to-Order Manufacturing*, 1987.
- [10] Martin, J., *Recommended Diagramming Standards for Analysis and Programmes*, Prentice-Hall, 1987.
- [11] Wijngaard, J. en Wortmann, J.C., *MRP and Inventories*, 1985.
- [12] Donselaar, K.H. van, *Material Coordination under Uncertainty*, TH Eindhoven, 1989.