



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 16 103 A1** 2004.10.21

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 16 103.1**  
(22) Anmeldetag: **09.04.2003**  
(43) Offenlegungstag: **21.10.2004**

(51) Int Cl.7: **G05B 13/02**  
**G05B 19/418**

(71) Anmelder:  
**DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Daferner, Martin, Dipl.-Ing. (FH), 71065  
Sindelfingen, DE; Supper, Reiner, Dipl.-Wirt.-Ing.,  
71063 Sindelfingen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu  
ziehende Druckschriften:

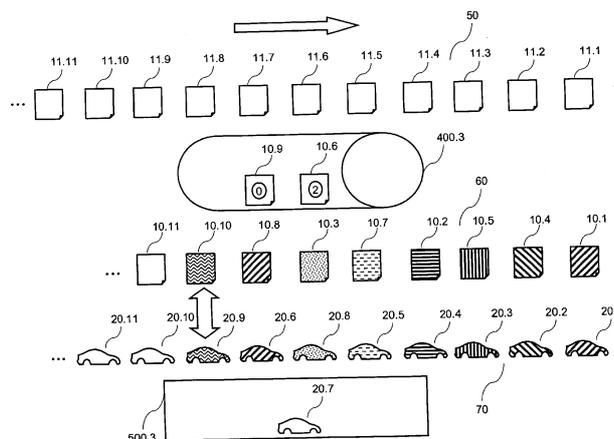
**DE 199 02 056 C1**  
**DE 199 27 563 A1**  
**DE 198 15 619 A1**  
**DE 102 50 285 A1**  
**DE 298 13 589 U1**  
**DE 694 30 484 T2**  
**DE 693 31 132 T2**  
**US 58 18 716 A**  
**WO 00/68 750 A1**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung der Fertigungsreihenfolge**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Fertigungsprozesses zur Herstellung kundenindividueller Fertigungsobjekte. Eine Abfolge (50) von Fertigungsobjekten (20.1, 20.2, ...) durchläuft mindestens einen Teilprozeß (100.2, 100.3) eines Fertigungsprozesses. Das Verfahren stellt sicher, daß bei Serienfertigung die Bearbeitung eines Auftrags im Teilprozeß (100.2, 100.3) spätestens nach einer maximalen Wartezeit begonnen wird. Dies wird erreicht, indem die Abfolge von elektronisch verfügbaren Aufträgen (10.1, 10.2, ...) getrennt von der Abfolge (70) der Fertigungsobjekte (20.1, 20.2, ...) behandelt wird und eine Kopie (60) der Auftrags-Abfolge (50) erzeugt wird. Falls der erste Auftrag der Kopie nicht zum ersten Fertigungsobjekt paßt, wird der Auftrag in einen elektronischen Zwischenspeicher (400.2, 400.3) eingestellt und für das erste Fertigungsobjekt ein passender Auftrag ermittelt. Aus diesem Zwischenspeicher (400.2, 400.3) wird der Auftrag mit der größten Verweildauer dann entnommen, wenn die bisherige Verweildauer eine vorgegebene Verweildauer-Schranke übersteigt. Ein zu diesem Auftrag passendes Fertigungsobjekt wird vorgezogen und gemäß dem Auftrag bearbeitet.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Steuerung eines Fertigungsprozesses zur Herstellung kundenindividueller Fertigungsobjekte.

## Stand der Technik

**[0002]** Ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus DE 19927563 A1 bekannt. Offenbart wird eine Trennung von Abfolge der Fertigungsobjekte und Abfolge der Aufträge. Einem Fertigungsobjekt, dort Produkt genannt, wird ein Auftrag temporär für einen Teilprozeß, dort Produktionsschritt genannt, zugeordnet. Hierdurch werden ein Fertigungsobjekt und ein Auftrag ausgewählt. Ein Arbeitsauftrag an den Teilprozeß zur Bearbeitung des ausgewählten Fertigungsobjekts für den ausgewählten Auftrag wird erzeugt und beim Durchlauf des Fertigungsobjekts durch den Teilprozeß abgearbeitet. Nachdem das Fertigungsobjekt den Teilprozeß durchlaufen hat, wird ihm derselbe oder aber ein anderer Auftrag zugeordnet.

**[0003]** Das Verfahren nach DE 19927563 A1 vermag nicht sicherzustellen, daß die Bearbeitung eines Auftrags in einem Teilprozeß spätestens nach einer maximalen Wartezeit begonnen wird. Möglich ist nämlich, daß ein bestimmter Auftrag beliebig lange keinem Fertigungsobjekt zugeordnet wird und daher unbegrenzt lange zurückgestellt wird. In diesem Falle beginnt die Bearbeitung erst beliebig spät oder gar niemals.

**[0004]** Aus DE 19815619 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Fertigungsprozesses, dort eines Fahrzeugmontageprozesses, bekannt. Der Fertigungsprozeß umfaßt eine Karosserielinie, eine Lackierlinie und eine Ausstattungslinie, in der verschiedene Ausstattungsteile an den Fertigungsobjekten – hier: den lackierten Karosserien – montiert werden. Ein Reihenfolgeplan für die Ausstattungslinien wird erzeugt, basierend auf diesem ein Reihenfolgeplan für die Lackierlinien, und auf dessen Reihenfolgeplan basierend wird ein Reihenfolgeplan für die Karosserielinie erzeugt. Vorgegeben sind hierfür Spezifikationen für Fahrzeuge. Das in DE 19815619 A1 offenbarte Verfahren vermag nicht, lange Wartezeiten für einzelne Aufträge mit bestimmten Spezifikationen zu vermeiden.

## Aufgabenstellung

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, durch das in der Serienfertigung garantiert wird, daß die Bearbeitung eines Auftrags im Teilprozeß spätestens nach einer maximalen Wartezeit begonnen wird.

**[0006]** Die Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 22 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen werden durch die Unteransprüche festgelegt.

**[0007]** Eine Abfolge von Fertigungsobjekten und eine Abfolge von in elektronischer Form vorliegenden Aufträgen für Produkte, die im Fertigungsprozeß aus den Fertigungsobjekten gefertigt werden, durchlaufen den Fertigungsprozeß. Dieser Fertigungsprozeß umfaßt einen Teilprozeß. Dieser Teilprozeß ist entweder ein Teil des gesamten Fertigungsprozesses oder gleich dem gesamten Fertigungsprozeß. Das Verfahren steuert die Reihenfolge, in der die Fertigungsobjekte in diesen Teilprozeß zum Zwecke ihrer Bearbeitung eingeführt werden.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird eine Kopie der Auftrags-Abfolge gebildet. Ein zunächst leerer elektronischer Zwischenspeicher für Aufträge wird erzeugt. In diesen Zwischenspeicher werden die Aufträge eingestellt, die nicht sofort durch Bearbeitung eines Fertigungsobjekts ausgeführt werden können.

**[0009]** Wiederholt wird ein Auswahlvorgang durchgeführt, bei dem jeweils ein Auftrag der Kopie der Auftrags-Abfolge und ein Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge, die zueinander passen, ausgewählt werden. Bei diesem Vergleich werden vorzugsweise Merkmale eines Auftrags mit solchen Merkmalen eines Fertigungsobjekts miteinander verglichen, die im nachfolgenden Teilprozeß erzeugt oder verändert werden, und nicht mit denen, die im Teilprozeß unverändert bleiben. Bei einem Auswahlvorgang wird dann, wenn das erste Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge und der erste Auftrag der Kopie nicht zueinander passen, der erste Auftrag aus der Kopie entfernt und in den Zwischenspeicher eingestellt. Weiterhin werden bei einem Auswahlvorgang dann, wenn die bisherige Verweildauer mindestens eines Auftrags im Zwischenspeicher größer oder gleich einer vorgegebenen Verweildauer-Schranke ist, folgende Schritte durchgeführt:

- Der Auftrag mit der größten Verweildauer im Zwischenspeicher und ein zu ihm passendes Fertigungsobjekt aus der Fertigungsobjekt-Abfolge werden ausgewählt.

- Der ausgewählte Auftrag wird aus dem Zwischenspeicher entfernt.
- Das ausgewählte Fertigungsobjekt wird auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge vorgezogen.

**[0010]** Eine Fertigungsstätte, in welcher der Fertigungsprozeß realisiert wird, umfaßt vorzugsweise Mittel, um ein Fertigungsobjekt auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge vorzuziehen. Diese Mittel umfassen beispielsweise einen Sortierpuffer mit wahlfreiem Zugriff auf die in ihm eingestellten Fertigungsobjekte oder eine Einrichtung zum Ausschleusen eines Fertigungsobjekts aus der Fertigungsobjekt-Abfolge und Einschleusen dieses Fertigungsobjekts auf den ersten Platz. Eine alternative Ausführungsform besteht daraus, Fertigungsobjekte auf Vorrat zu produzieren und zwischenzulagern, um dann, wenn ein Vorziehen anders nicht möglich ist, ein Fertigungsobjekt zur Verfügung zu haben, welches zum Auftrag mit der größten Verweildauer paßt.

**[0011]** Das Verfahren setzt voraus, daß eine Verweildauer-Schranke VS vorgegeben ist. Diese Verweildauer-Schranke VS wird mit den Aufenthaltsdauern von Aufträgen im elektronischen Zwischenspeicher verglichen.

**[0012]** Im folgenden wird erläutert, wieso das Verfahren eine obere Schranke für die Wartezeit garantiert, wieso also sichergestellt ist, daß die Wartezeit keinesfalls eine bestimmte obere Schranke übersteigt.

**[0013]** In der Serienfertigung sind ein minimaler Zeitabstand  $T_{\min}$  und ein maximaler Zeitabstand  $T_{\max}$  zwischen zwei Auswahlvorgängen vorgegeben. Im Falle einer Taktfertigung stimmen typischerweise diese beiden Zeitabstände überein und sind gleich der Taktzeit. Das Verfahren läßt sich aber auch für eine Serienfertigung ohne eine vorgegebene Taktfertigung anwenden.

**[0014]** Sei  $M$  die kleinste natürliche Zahl, die größer oder gleich dem Quotienten aus der Verweildauer-Schranke VS und dem minimalen Zeitabstand  $T_{\min}$  ist. Seien  $t_1, t_2, \dots$  die Zeitpunkte der Auswahlvorgänge.

**[0015]** Zu jedem Zeitpunkt der Bearbeitung der Aufträge befinden sich maximal  $M$  Aufträge im elektronischen Zwischenspeicher. Denn zu Beginn der Bearbeitung ist der elektronische Zwischenspeicher leer, und bei jedem Auswahlvorgang wird höchstens ein Auftrag in den Zwischenspeicher eingestellt. Falls sich nach einem Auswahlvorgang zum Zeitpunkt  $t_n$  genau  $M$  Aufträge im Zwischenspeicher befinden, so befindet sich der Auftrag mit der größten Verweildauer daher schon mindestens  $M$  Auswahlvorgänge lang im Zwischenspeicher. Sei  $KA_{\max}$  dieser Auftrag. Die Verweildauer von  $KA_{\max}$  ist größer oder gleich der Verweildauer-Schranke VS, weil  $M$  größer oder gleich dem Quotienten aus VS und  $T_{\min}$  ist und zwischen zwei Auswahlvorgängen mindestens eine Zeitspanne von  $T_{\min}$  liegt. Erfindungsgemäß wird daher im folgenden Auswahlvorgang zum Zeitpunkt  $t_{n+1}$  der Auftrag  $KA_{\max}$  ausgewählt und aus dem Zwischenspeicher entfernt. Nach diesem folgenden Auswahlvorgang befinden sich dann nur noch  $M-1$  Aufträge im Zwischenspeicher. Falls sich nach dem übernächsten Auswahlvorgang, also nach dem zum Zeitpunkt  $t_{n+1}$  wieder  $M$  Aufträge im Zwischenspeicher befinden, wiederholt sich das obige Procedere.

**[0016]** Jeder Auftrag verweilt maximal  $M+1$  Auswahlvorgänge lang im elektronischen Zwischenspeicher. Denn zu jedem Zeitpunkt befinden sich maximal  $M$  Aufträge im Zwischenspeicher. Ein Auftrag, der  $M$  Auswahlvorgänge lang im Zwischenspeicher verbleibt, ohne ausgewählt zu werden, ist nach diesen  $M$  Auswahlvorgängen daher derjenige Auftrag mit der größten Verweildauer im Zwischenspeicher. Erfindungsgemäß wird dieser Auftrag daher im nächsten, also im Auswahlvorgang zum Zeitpunkt  $t_{n+1}$  ausgewählt.

**[0017]** Die Verweildauer jedes Auftrags ist also auf  $M+1$  Auswahlvorgänge beschränkt. Weil zwischen zwei Auswahlvorgängen höchstens eine Zeit von  $T_{\max}$  verstreicht, ist die Verweildauer jedes Auftrags kleiner oder gleich  $(M+1) \cdot T_{\max}$ . Die garantierte maximale Wartezeit beläuft sich also auf  $(M+1) \cdot T_{\max}$ . Im Falle einer Taktfertigung mit zeitlich konstantem Takt  $T$  ist  $T_{\max} = T_{\min} = T$ , und die maximale Wartezeit beträgt  $VS + T$ .

**[0018]** Die Fertigung der Produkte wird in der durch die Original-Auftrags-Abfolge gegebenen Reihenfolge am Anfang des Fertigungsprozesses begonnen. In der Regel erreichen die Fertigungsobjekte aber nicht in dieser Reihenfolge den Teilprozeß. Vor allem durch Nacharbeit an einzelnen Fertigungsobjekten, die z. B. aufgrund von Qualitätsmängeln erforderlich werden kann, aufgrund fehlender oder mangelhafter auftragspezifischer Zulieferteile oder durch Parallelverarbeitung in einem vorhergehenden Teilprozeß kann nämlich die Reihenfolge der Fertigungsobjekte in der Fertigungsobjekt-Abfolge von der Reihenfolge der Aufträge in der Original-Auftrags-Abfolge abweichen. Die Anzahl von Positionen, die ein Fertigungsobjekt nach vorne vorrückt, heißt Vorgriff. Die Anzahl Positionen, die es nach hinten zurückfällt, wird als Nachgriff bezeichnet. Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden der Vorgriff und der Nachgriff eines Fertigungsobjekts in der Fertigungsobjekt-Ab-

folge beschränkt.

**[0019]** Die Bearbeitung jedes Fertigungsobjekts wird vorzugsweise aufgrund eines Auftrags begonnen. Daher paßt jedes Fertigungsobjekt zu mindestens einem Auftrag der Original-Auftrags-Abfolge. Wie oben dargelegt, verbleibt die Kopie des Auftrags höchstens  $M+1$  Auswahlvorgänge lang im Zwischenspeicher. Anschließend werden der Auftrag und ein passendes Fertigungsobjekt ausgewählt. Dieses ausgewählte Fertigungsobjekt erhält daher beim Eintritt in den Teilprozeß einen Nachgriff von höchstens  $M+1$  – zusätzlich zu einem möglicherweise bereits vorhandenen Nachgriff aus vorhergehenden Teilprozessen des Fertigungsprozesses.

**[0020]** Andererseits befinden sich zu jedem Zeitpunkt maximal  $M$  Aufträge im Zwischenspeicher. Daher kann ein Fertigungsobjekt beim Eintritt in den Teilprozeß höchstens  $M$ -mal je eine Position in der Fertigungsobjekt-Abfolge nach vorne rücken, bevor es ausgewählt wird. Ein wahlfreier Sortierer für Fertigungsobjekte am Eingang des Teilprozesses braucht daher lediglich  $M$  Plätze zu besitzen. Damit erlaubt es das erfindungsgemäße Verfahren, die maximal erforderliche Größe für physikalische Zwischenspeicher, in denen Fertigungsobjekte vor ihrer Bearbeitung im Teilprozeß zwischengelagert werden, zu bestimmen.

**[0021]** Das erfindungsgemäße Verfahren stellt darüber hinaus unter folgender Voraussetzung sicher, daß für einen Auftrag ein passendes Fertigungsobjekt spätestens nach einer maximalen Durchlaufzeit den Teilprozeß durchlaufen hat: Eine für alle Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge gültige maximale Bearbeitungszeit durch den Teilprozeß ist vorgegeben. Die Bearbeitungszeit eines Fertigungsobjekts ist der Zeitabstand zwischen Auswahl des Fertigungsobjekts und Austritt des Fertigungsobjekts aus dem Teilprozeß. In der Bearbeitungszeit sind Wartezeiten im Teilprozeß nach Auswahl des Fertigungsobjekts enthalten, aber nicht z. B. die Wartezeit zwischen Verlassen eines vorhergehenden Teilprozesses und Auswahl des Fertigungsobjekts.

**[0022]** Die maximale Bearbeitungszeit im Teilprozeß läßt sich mit technischen und organisatorischen Mitteln sicherstellen, im Falle der Produktion von Kraftfahrzeugen z. B. durch ausreichende Dimensionierung von Bearbeitungsstationen und Zwischenspeichern sowie eine ausreichende Anzahl von Nacharbeitsplätzen.

**[0023]** Wie oben dargelegt, verstreicht bis zur Bearbeitung eines Fertigungsobjekts höchstens eine Wartezeit, die kleiner oder gleich der Summe aus der Verweildauer-Schranke und dem maximalen Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auswahlvorgängen ist. Spätestens dann wird das Fertigungsobjekt ausgewählt. An die Auswahl schließt sich die Bearbeitung im Teilprozeß an. Die hierfür benötigte Zeitspanne ist kleiner oder gleich der vorgegebenen maximalen Bearbeitungszeit.

**[0024]** Die bei der gerade beschriebenen Ausführungsform garantierte maximale Durchlaufzeit durch den Teilprozeß ist demnach die Summe aus

- der vorgegebenen Verweildauer-Schranke,
- dem maximalen Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auswahlvorgängen
- und der maximalen Bearbeitungszeit im Teilprozeß.

**[0025]** In einer Fortbildung des Verfahrens wird zusätzlich die Möglichkeit berücksichtigt, daß ein Ausfall des Teilprozesses auftritt, der den Durchlauf der Fertigungsobjekte vorübergehend völlig zum Erliegen bringt oder erheblich verzögert. Um die Einhaltung der Zeitspanne auch für einen solchen Ausfall zu garantieren, wird eine maximale Fehlerbehandlungszeit nach einem solchen Ausfall garantiert. Nach Ablauf dieser maximalen Fehlerbehandlungszeit werden Fertigungsobjekte wieder so im Teilprozeß bearbeitet, daß die oben beschriebene maximale Durchlaufzeit eingehalten wird. Die maximale Fehlerbehandlungszeit wird zur maximalen Durchlaufzeit addiert, und die Summe ist die garantierte Gesamt-Durchlaufzeit.

**[0026]** Bei der Ausgestaltung nach Anspruch 2 ist eine Anzahl-Schranke vorgegeben. Damit ist vorgegeben, wie viele Aufträge sich höchstens gleichzeitig im elektronischen Zwischenspeicher befinden dürfen. Die Ausgestaltung stellt sicher, daß diese vorgegebene Anzahl-Schranke eingehalten wird.

**[0027]** Beispielsweise Kraftfahrzeuge werden in einem Fertigungsprozeß mit mehreren aufeinanderfolgenden Teilprozessen gefertigt, darunter die Teilprozesse Rohbau, Lackierung und Inneneinbau. Jedes Kraftfahrzeug wird für einen bestimmten Auftrag individuell gefertigt. Dem Kunden wird ein Ablieferungstermin zugesagt, aus dem ein Schlußabnahmetermin für das aufgrund seines Auftrags gefertigte Kraftfahrzeuges abgeleitet wird. Für jeden Teilprozeß ist eine Soll-Bearbeitungszeit bekannt. Ein Fertigungsobjekt durchläuft dann einen Teilprozeß in der Soll-Bearbeitungszeit, wenn es ohne Zurückstellung ausgewählt und ohne Verzögerung im Teilprozeß bearbeitet wird. Die Summe aller Soll-Bearbeitungszeiten liefert die Soll-Bearbeitungszeit im gesamten Fertigungsprozeß. Weiterhin wird eine maximale Verspätung des tatsächlichen Schlußabnahme-

termins gegenüber dem abgeleiteten Schlußabnahmetermin festgelegt. Diese maximale Verspätung wird auf maximal zulässige Verzögerungen in den Teilprozessen aufgeteilt. Eine maximale Durchlaufzeit für einen Teilprozeß des Fertigungsprozesses ergibt sich als Summe der maximal zulässigen Verzögerung und der Soll-Bearbeitungszeit des Teilprozesses.

**[0028]** Wird das erfindungsgemäße Verfahren für jeden Teilprozeß des Fertigungsprozesses angewendet und sind maximale Bearbeitungszeiten vorgegeben, so hält jeder Teilprozeß seine maximale Durchlaufzeit ein, und die maximale Verspätung ist die Summe aus allen garantierten Zeitspannen.

**[0029]** Bei der kundenindividuellen Fertigung von Kraftfahrzeugen müssen oft auch einige individuelle Teilsysteme gefertigt werden. Hierfür wird jedem Lieferanten eine Lieferauftrags-Abfolge vorgegeben, die aus der Auftrags-Abfolge abgeleitet wird. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird ein weiterer Vorteil beim Herleiten der Lieferauftrags-Abfolge erzielt. Dieser Vorteil wird für den Fall erläutert, daß der Fertigungsprozeß zwei Teilprozesse umfaßt, die nacheinander durchlaufen werden. Aus der Auftrags-Abfolge wird eine Lieferauftrags-Abfolge für einen Lieferanten erzeugt, dessen Teilsysteme während des zweiten Teilprozesses in die Fertigungsobjekte eingebaut werden.

**[0030]** Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird eine maximale Durchlaufzeit für den zeitlich ersten Teilprozeß garantiert. Die Lieferauftrags-Abfolge wird aus der Original-Auftrags-Abfolge abgeleitet. Auch dann, wenn Aufträge beim Durchlauf durch den ersten Teilprozeß zurückgestellt werden müssen, wird die Original-Auftrags-Abfolge nicht verändert und dennoch die garantierte maximale Durchlaufzeit eingehalten. Ein Teilsystem, das gemäß der Lieferauftrags-Abfolge gefertigt und angeliefert wird, wird spätestens nach Ablauf der maximalen Durchlaufzeit durch den ersten Teilprozeß in ein passendes Fertigungsobjekt eingebaut und braucht auf keinen Fall länger zwischengelagert zu werden. Je länger diese Zwischenlagerung dauert, desto teurer wird sie, z. B. aufgrund von erforderlichem Stell- oder Lagerplatz oder Störungen im geplanten Ablauf.

**[0031]** Durch das Verfahren wird darüber hinaus eine längere Vorlaufzeit für den Lieferanten erzielt. Bereits dann, wenn die Original-Auftrags-Abfolge feststeht, läßt sich die Lieferauftrags-Abfolge erzeugen und an den Lieferanten ermitteln – auch dann, wenn die Original-Auftrags-Abfolge noch nicht den ersten Teilprozeß erreicht hat. Die Lieferauftrags-Abfolge wird nicht durch Verzögerungen oder Störungen im ersten Teilprozeß verändert. Der Lieferant erhält so eine längere Vorlaufzeit und damit mehr Zeit, um seine Produktion auf die Lieferauftrags-Abfolge einzustellen oder um seine eigenen Vorlieferanten zu beauftragen.

**[0032]** Aus der vorgegebenen Verweildauer-Schranke des erfindungsgemäßen Verfahrens läßt sich eine maximale Durchlaufzeit für den Teilprozeß ableiten. Oft ist umgekehrt eine maximale Durchlaufzeit, die vom Teilprozeß gefordert wird, vorgegeben. Beispielsweise soll einem Kunden ein Auslieferungstermin zugesagt werden. Aus dem Zeitabstand zwischen Auftragserteilung und Auslieferungstermin wird eine maximale Gesamt-Durchlaufzeit durch den gesamten Fertigungsprozeß abgeleitet und diese auf maximale Durchlaufzeiten durch die einzelnen Teilprozesse aufgeteilt. Außerdem ist der maximale Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auswahlvorgängen vorgegeben, beispielsweise als Taktzeit einer Serienfertigung. Die Verweildauer-Schranke des Verfahrens wird bei dieser Ausführungsform so bestimmt, daß die aus der Festlegung wie oben beschrieben resultierende geforderte maximale Durchlaufzeit eingehalten wird (Anspruch 3).

**[0033]** Die Ausgestaltung nach Anspruch 4 legt ein alternatives Verfahren fest, um unter den in den Zwischenspeicher eingestellten Aufträgen einen auszuwählen. Hierzu wird automatisch erprobt, wie lange die Bearbeitung jedes Auftrags im Teilprozeß dauert, vorausgesetzt dieser Auftrag und ein passendes Fertigungsobjekt werden ausgewählt. Für jeden Auftrag im Zwischenspeicher wird dabei probeweise ein passendes Fertigungsobjekt ermittelt. Probeweise wird ein Arbeitsauftrag an den Teilprozeß zur Bearbeitung des passenden Fertigungsobjekts für den Auftrag erzeugt. Ermittelt wird, wie lange die Durchführung dieses Arbeitsauftrages bezogen auf das passende Fertigungsobjekt dauern wird. Für diese Ermittlung wird beispielsweise eine Simulation durchgeführt, oder Betriebsprotokolle mit Ausführungszeiten von Arbeiten, die im Teilprozeß ausgeführt werden, werden ausgewertet. Derjenige Auftrag im Zwischenspeicher wird ausgewählt, für den die Summe aus Verweildauer im Zwischenspeicher und probeweise ermittelter Durchführungsdauer den größten Wert annimmt. Damit ist sichergestellt, daß die Durchlaufzeit durch den Teilprozeß im Durchschnitt über die zurückgestellten Aufträge möglichst gering wird.

**[0034]** Die Ausgestaltung nach Anspruch 5 berücksichtigt die Möglichkeit, daß ein Auftrag so lange im elektronischen Zwischenspeicher verbleibt, bis die Verweildauer-Schranke erreicht ist. In diesem Fall wird dieser Auftrag aus dem Zwischenspeicher entfernt und markiert. Beispielsweise wird er als nicht innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne baubar gekennzeichnet oder an den Anfang des Fertigungsprozesses oder des Teil-

prozesses übermittelt.

**[0035]** Die Erfindung sieht vor, daß ein Auftrag im Zwischenspeicher und ein passendes Fertigungsobjekt dann ausgewählt werden, wenn die Verweildauer eines Auftrags im Zwischenspeicher größer oder gleich der Verweildauer-Schranke ist. Anspruch 6 sieht vor, daß unter bestimmten Umständen auch dann, wenn keine Verweildauer eines Auftrags diese Schranke erreicht hat, ein Auftrag im Zwischenspeicher ausgewählt wird, nämlich dann, wenn das erste Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge zu einem Auftrag im Zwischenspeicher paßt.

**[0036]** In der Ausgestaltung nach Anspruch 7 wird die manchmal auftretende Anforderung berücksichtigt, daß Fertigungsobjekte im Teilprozeß in Losen bearbeitet werden. Beispielsweise beträgt die Losgröße  $N = 4$ , und in einer Lackierstraße als dem Teilprozeß werden vier Fertigungsobjekte nacheinander als ein Los in derselben Farbe lackiert. Auf diese Weise läßt sich die Lackierstraße wesentlich wirtschaftlicher betreiben, als wenn nach jeder Lackierung eines Fertigungsobjekts die Lackierstraße gereinigt und für die Lackierung in einer anderen Farbe vorbereitet werden müßte. Die Lackierung der Fertigungsobjekte hängt in diesem Beispiel nicht von solchen Merkmalen der Fertigungsobjekte ab, die in vorangehenden Teilprozessen hergestellt werden.

**[0037]** In einer Fortbildung dieser Ausgestaltung (Anspruch 8) wird eine bezüglich einer Bewertungsfunktion optimale Menge von  $N$  Aufträgen und  $N$  Fertigungsobjekten ausgewählt. Hierfür werden verschiedene mögliche Auswahlen, also verschiedene Mengen, verglichen, indem sie probeweise ausgewählt werden, die Bewertungsfunktion auf jede dieser Mengen angewendet und die am besten bewertete Menge tatsächlich ausgewählt wird. Mindestens eine der folgenden Einzel-Kriterien fließt in die Bewertungsfunktion ein:

- Wie viele weitere Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge befinden sich vor einem Fertigungsobjekt der probeweise ausgewählten Menge und gehören selber nicht zur Menge? Damit im Falle einer tatsächlichen Auswahl die ausgewählten  $N$  Fertigungsobjekte auf die ersten  $N$  Plätze vorgezogen werden, müssen diese weiteren Fertigungsobjekte z. B. in einem Sortierpuffer zwischengelagert werden, oder ausgewählte Fertigungsobjekte müssen an den weiteren vorbeigeführt werden. Je weniger weitere Fertigungsobjekte ermittelt werden, desto höher wird die jeweilige Menge bewertet. Hinsichtlich dieses Einzelkriteriums sind die ersten  $N$  Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge optimal – jedoch ist es möglich, daß  $N$  hierzu passende Aufträge eine geringe Einzel-Bewertung erhalten.
- Wie viele weitere Aufträge der Kopie der Auftrags-Abfolge befinden sich vor einem Auftrag der probeweise ausgewählten Menge und gehören selber nicht zur Menge? Damit im Falle einer tatsächlichen Auswahl die ausgewählten Aufträge ausgeführt werden können, müssen diese weiteren Aufträge in den elektronischen Zwischenspeicher aufgenommen werden.
- Wie lange, d. h. wie viele Takte, verweilen die Aufträge der Menge bereits im elektronischen Zwischenspeicher? Aufträge der Menge, die sich aktuell nicht im Zwischenspeicher befinden, sondern in der Auftrags-Abfolge, erhalten vorzugsweise in dieser Bewertung eine Verweildauer von 0 Takten.
- Welche Kosten und welchen Zeitaufwand verursacht die Bearbeitung der  $N$  Fertigungsobjekte im Teilprozeß gemäß der  $N$  Aufträge? Hierbei werden insbesondere Umspann- oder Umrüstzeiten berücksichtigt, z. B. Umrüstzeiten an einer Lackierstraße, um Fertigungsobjekte in einer anderen Farbe lackieren zu können.

**[0038]** Vorzugsweise wird insbesondere im Falle der Taktfertigung die zusätzlich Positions-Bandbreite des Teilprozesses ermittelt (Anspruch 10). Die Positions-Bandbreite setzt sich aus dem maximalen Vorgriff und dem maximalen Nachgriff zusammen. Der Vorgriff eines Fertigungsobjekts ist die Anzahl von Takten, die das Fertigungsobjekt früher als geplant den Teilprozeß verläßt. Entsprechend ist der Nachgriff eines Fertigungsobjekts die Anzahl von Takten, die das Fertigungsobjekt später als geplant den Teilprozeß verläßt. Vorgriffe und Nachgriffe lassen sich durch Vergleich der Auftrag-Abfolge mit der erzeugten Kopie der Auftrag-Abfolge in einfacher Weise ermitteln. Falls ein Auftrag in der Kopie dem entsprechenden Auftrag in der Original-Abfolge um  $N$  Takte vorausseilt, so eilt auch das für diesen Auftrag in der Kopie ausgewählte Fertigungsobjekt dem Auftrag in der Original-Abfolge um  $N$  Takte voraus.

**[0039]** Weiterhin wird vorzugsweise die Positions-Güte im Teilprozeß ermittelt (Anspruch 11). Die Positions-Güte wird vorzugsweise als Anteil derjenigen Aufträge, die vor Zuführung zum Teilprozeß nicht zurückgestellt wurden, an allen Aufträgen in der Auftrags-Abfolge berechnet. Um die Positions-Güte zu bestimmen, wird ermittelt, welche Aufträge der Kopie in den elektronischen Zwischenspeicher gelangen und welche nicht. Falls die Positions-Güte beispielsweise geringer als eine vorgegebene untere Schranke wird, so werden Maßnahmen ergriffen, um die Positions-Güte zu steigern. Beispielsweise werden zusätzliche Plätze in einem Sortierpuffer für Fertigungsobjekte bereitgestellt, damit mehr Fertigungsobjekte zwischengelagert werden können und daher häufiger für den ersten Auftrag der Kopie der Auftrag-Abfolge ein passendes Fertigungsobjekt dadurch auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge vorgezogen werden kann, daß Fertigungsobjekte in

den Sortierpuffer eingestellt werden.

**[0040]** Ein Fertigungsprozeß z. B. für Kraftfahrzeuge umfaßt mehrere Teilprozesse, vor denen Auswahlvorgänge gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 durchgeführt werden. Eine Ausgestaltung sieht vor, daß für jeden dieser Teilprozesse eine eigene Kopie der Auftrags-Abfolge erzeugt wird, die ausschließlich für Auswahlvorgänge dieses einen Teilprozesses verwendet wird. Gemäß der Ausgestaltung nach Anspruch 12 wird eine Kopie hingegen für zwei Teilprozesse verwendet, nämlich den Teilprozeß des Verfahrens als erstem und einem weiteren nachfolgenden Teilprozeß als zweitem Teilprozeß. Der erste Teilprozeß ist beispielsweise der Rohbau eines Fertigungsprozesses für Kraftfahrzeuge, der zweite die Lackierung. Die Abfolge der Aufträge in der Kopie wird gemäß der Reihenfolge, in der die Aufträge vor dem Eintreten in den Teilprozeß ausgewählt werden, verändert. Hierbei wird der jeweils ausgewählte Auftrag an erste Stelle in die Kopie eingefügt. Die Kopie wird für Auswahlvorgänge für den zweiten Teilprozeß wiederverwendet. Die Auswahlvorgänge für den zweiten Teilprozeß werden auf die gleiche Weise wie für den ersten Teilprozeß durchgeführt. Möglich ist, für den ersten Teilprozeß eine andere Verweildauer-Schranke als für den zweiten Teilprozeß vorzugeben.

**[0041]** Wie oben bereits dargelegt, werden Lieferanten für einen weiteren Teilprozeß gemäß der Auftrags-Abfolge damit beauftragt, auftragspezifische Teilsysteme zu fertigen und zu liefern, die im zweiten Teilprozeß für die Bearbeitung der Fertigungsobjekte verwendet werden. Der weitere Teilprozeß ist beispielsweise das Gewerk Inneneinbau, in dem in die lackierten Karosserien verschiedene Teilsysteme, z. B. Cockpit und Kabelbäume, eingebaut werden. Cockpit und Kabelbäume werden gemäß der Auftrags-Abfolge auftragspezifisch gefertigt.

**[0042]** Die Ausgestaltung nach Anspruch 13 sieht vor, daß die Fertigungsobjekte nacheinander zwei Teilprozesse durchlaufen. Um Aufträge und Fertigungsobjekte für den zeitlich ersten dieser Teilprozesse auszuwählen, wird eine Kopie der Auftrags-Abfolge erzeugt, und Aufträge aus dieser Kopie werden ausgewählt. Die Auswahlvorgänge für den zweiten Teilprozeß hingegen werden mit der (Original-)Auftrags-Abfolge durchgeführt. Insbesondere im gerade beschriebenen Beispiel werden auftragspezifische Teilsysteme hergestellt, so daß im Teilprozeß „Gewerk Inneneinbau“ als zweitem Teilprozeß ein Auftrag meist nur noch zu einem einzigen Fertigungsobjekt und/oder einem Satz von auftragspezifischen Teilsystemen paßt. Eine Kopie braucht daher nicht angefertigt zu werden.

**[0043]** Die Ausgestaltung nach Anspruch 14 zeigt einen weiteren Wert auf, um automatisch eine Kennziffer des Teilprozesses zu ermitteln, nämlich die Reihenfolge-Güte. Vorzugsweise werden dann, wenn diese Reihenfolge-Güte größer als eine vorgegebene obere oder kleiner als eine vorgegebene untere Schranke wird, Maßnahmen ergriffen. Die Reihenfolge-Güte ist gemäß Anspruch 15 beispielsweise

- der größte Wert aller Relativ-Positionen,
- der kleinste Wert aller Relativ-Positionen
- und/oder der Mittelwert aller Relativ-Positionen.

**[0044]** In Anspruch 16 wird eine Ausgestaltung der Prüfung, ob ein Auftrag und ein Fertigungsobjekt zueinander passen oder nicht, festgelegt. Jeder Auftrag umfaßt Merkmale des auftragspezifisch zu fertigenden Produkts. Jedes Fertigungsobjekt umfaßt Merkmale, die im Teilprozeß gefertigt werden. Beispiele für diese Merkmale sind im Falle von Kraftfahrzeugen z. B. die Festlegungen Rechtslenker/Linkslenker oder Limousine/Coupe oder das Vorhandensein oder Fehlen möglicher Sonderausstattungen. Bei der Prüfung, ob ein Fertigungsobjekt und ein Auftrag zueinander passen, werden die Fertigungsobjekt-Merkmale mit einer Teilmenge der Produkt-Merkmale verglichen. Vorzugsweise besteht diese Teilmenge ausschließlich aus Produkt-Merkmalen, die bereits im Teilprozeß gefertigt werden – nur diese brauchen für eine Prüfung herangezogen werden. Merkmale, die erst in späteren Teilprozessen gefertigt werden, werden bei Prüfungen für den Teilprozeß nicht berücksichtigt. Ist beispielsweise eine Auswahl für den Teilprozeß „Rohbau“ durchzuführen, so brauchen Merkmale, die sich auf die Farbe oder die Innenausstattung eines zu fertigenden Kraftfahrzeugs beziehen, in der Regel nicht in die Prüfung einbezogen zu werden.

**[0045]** Gemäß Anspruch 20 wird das Vorziehen des ausgewählten Fertigungsobjekts auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge mit Hilfe eines Sortierpuffers durchgeführt. Diese Ausführungsform ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Gestaltung des Fertigungsprozesses und/oder die zur Verfügung stehenden Räumlichkeiten in einer Fertigungsstätte es nicht erlauben, daß ein Fertigungsobjekt der Abfolge ein voriges Fertigungsobjekt überholt. Falls der Sortierpuffer nicht genügend freie Plätze dafür bietet, das ausgewählte Fertigungsobjekt nach vorne vorzuziehen, wird die Auswahl von Fertigungsobjekt und Auftrag rückgängig gemacht. Für diesen Auftrag kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Verweildauer die vorgegebene Schranke übersteigt.

## Ausführungsbeispiel

**[0046]** Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher beschrieben. Dabei zeigen:

**[0047]** **Fig. 1** die Reihenfolge von acht Gewerken eines Fertigungsprozesses zur Herstellung von Kraftfahrzeugen;

**[0048]** **Fig. 2** die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem ersten Auswahlvorgang;

**[0049]** **Fig. 3** die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem zweiten Auswahlvorgang;

**[0050]** **Fig. 4** die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem fünften Auswahlvorgang;

**[0051]** **Fig. 5** die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem achten Auswahlvorgang;

**[0052]** **Fig. 6** die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem zehnten Auswahlvorgang.

**[0053]** Das Ausführungsbeispiel bezieht sich auf einen Fertigungsprozeß zur Herstellung von Kraftfahrzeugen. Dieser Fertigungsprozeß umfaßt folgende zehn Gewerke, die ein Fertigungsobjekt nacheinander durchläuft, damit aus ihm ein Kraftfahrzeug hergestellt wird:

- Fahrzeug-Einplanung,
- Vorlauf-Logistik **100.1**: der erforderliche Vorlauf für die Produktion, z. B. um Lieferanten zu informieren und/oder zu beauftragen,
- Rohbau **100.2**,
- Oberfläche **100.3**, insbes. Lackierung,
- Produktions-Logistik **100.4**, durch die insbesondere Zeiten für
- Transporte innerhalb der Fertigungsstätte,
- unterschiedliche Arbeitszeiten der „Gewerke“
- und Zusammenstellen der Produkte in der Reihenfolge, in der nachfolgende Teilprozesse diese benötigen,
- berücksichtigt werden,
- Inneneinbau **100.5** als Teilprozeß, der alle Montagen in das Innere des Autos zusammenfaßt, z. B. Cockpit, Sitze, Verkleidungen,
- Fahrwerk **100.6** als Teilprozeß, der alle Montagen von unten zusammenfaßt, z. B. Motor, Triebstrang, Achsen, Räder, Kabel,
- Einfahren **100.7** einschließlich Einstellungen z. B. an Beleuchtung, Bremsen, Fahrwerk
- Wagen-Fertigstellung **100.8** einschließlich erforderlicher Nacharbeiten, und
- Schlußabnahme.

**[0054]** Fahrzeug-Einplanung und Schlußabnahme erfordern keine Durchlaufzeiten, so daß sie im folgenden nicht berücksichtigt werden. In welcher Reihenfolge die Fertigungsobjekte die übrigen acht Gewerke des Fertigungsprozesses durchlaufen, zeigt **Fig. 1**.

**[0055]** Jedes Gewerk umfaßt einen oder mehrere Teilprozesse. Die Teilprozesse werden so voneinander abgegrenzt, daß keine Teilprozesse parallel oder alternativ ausgeführt werden. Vielmehr werden die Teilprozesse so definiert, daß Verzweigungen nur innerhalb eines Teilprozesses auftreten. Beispielsweise umfaßt der Teilprozeß **100.3** („Oberfläche“) die beiden Arbeitsschritte **110.1** („Grundlackierung“) und **110.2** („Decklackierung“). Im Arbeitsschritt **110.1** werden beispielsweise eine Kathodische Tauchlackierung der vom Rohbau fertiggestellten Fertigungsobjekte durchgeführt und anschließend ein Grundlack („Füller“) aufgetragen. Anschließend wird im Arbeitsschritt **110.2** der Decklack aufgetragen, der die Farbe des Kraftfahrzeugs bestimmt, und anschließend Klarlack ergänzt. In Abhängigkeit von der vorgegebenen Farbe werden der Decklack und davon abhängig der Grundlack ausgewählt.

**[0056]** Erfindungsgemäß durchläuft eine Abfolge **70** von Fertigungsobjekten **20.1, 20.2, ...** diesen Fertigungsprozeß von Anfang bis Ende. Am Anfang existiert das Fertigungsobjekt nur „auf dem Papier“, am Ende des Fertigungsprozesses ist ein fertiges Kraftfahrzeug entstanden. Parallel hierzu durchläuft eine Abfolge **50** von Aufträgen **10.1, 10.2, ...** denselben Fertigungsprozeß. In diesem Beispiel bezieht sich jeder Auftrag auf ein

Kraftfahrzeug. Dieses Kraftfahrzeug wird auftragsspezifisch gefertigt, also so, daß es die im Auftrag spezifizierten Anforderungen des Kunden erfüllt. Typischerweise beginnt das Fertigungsobjekt den Durchlauf durch den Fertigungsprozeß erst dann, wenn der Auftrag vorliegt. Vorzugsweise wird jedes Kraftfahrzeug aufgrund eines Auftrags gefertigt. Jeder Auftrag bezieht sich auf ein baubares Kraftfahrzeug, und die Ausführung jedes Auftrags wird nach Entgegennahme des Auftrags zumindest begonnen. Damit durchlaufen genauso viele Aufträge wie Fertigungsobjekte den Fertigungsprozeß. Zu jedem Zeitpunkt umfaßt die Kopie **60** der Auftrags-Abfolge **50** genauso viele Aufträge wie die Original-Auftrags-Abfolge **50**.

**[0057]** Vorzugsweise werden zusätzliche fiktive Aufträge erzeugt, die sich auf ein unfertiges Kraftfahrzeug beziehen. Aufgrund eines solchen fiktiven Auftrags wird beispielsweise ein Fertigungsobjekt erzeugt, das für eine Prüfung oder Erprobung während der Fertigung vorsätzlich zerstört wird.

**[0058]** Der Auftrag liegt in elektronischer Form vor und umfaßt z. B. folgende Festlegungen für ein Kraftfahrzeug als auftragsspezifisch zu fertigendes Produkt:

- die Baureihe,
- eine Aufbauart, z. B. Limousine oder Coupe,
- Linkslenker oder Rechtslenker,
- Farbe der Lackierung
- Art der Lackierung (z. B. Metallic-Lackierung),
- eine Motor-Variante,
- Allrad- oder Einachsantrieb,
- geschlossenes Dach oder Schiebedach,
- mit oder ohne Durchlademöglichkeit im Fahrzeuginnenen,
- mit oder ohne Anhängerkupplung,
- gewünschte Sonderausstattungen für den Inneneinbau, z. B. bestimmte Leder oder Stoffe oder eine elektronische Navigationshilfe,
- gewünschte Sonderausstattungen für Fahrwerk einschließlich Antriebstrang, z. B. Kraftstoffanlage, Felgen,
- elektronische Hilfssysteme, z. B. Fensterheber oder elektronischer Bremsassistent,
- und ein vereinbarter Auslieferungstermin und ein davon abgeleiteter Schlußabnahmetermin.

**[0059]** Vom Schlußabnahmetermin jedes Auftrags werden einerseits der Produktionsbeginn für diesen Auftrag, andererseits die Liefertermine für die zugelieferten Teilsysteme abgeleitet. Hierfür wird ausgehend vom Schlußabnahmetermin in Abhängigkeit von erreichbaren Durchlaufzeiten durch Teilprozesse und verfügbaren Ressourcen rückwärts gerechnet.

**[0060]** Im Fertigungsprozeß ist ein sogenannter Taufpunkt **300** definiert. Dieser Taufpunkt **300** ist der Punkt, an dem die Auftrags-Abfolge **50** und die Fertigungsobjekt-Abfolge **70** verbindlich einander zugeordnet werden. Ab diesem Punkt ist also jedem Fertigungsobjekt der Abfolge **70** ein Auftrag fest zugeordnet. Der Taufpunkt **300** wird so in den Fertigungsprozeß gelegt, daß er einerseits möglichst weit hinten im Fertigungsprozeß auftritt, andererseits viele Teilprozesse, in denen variantenreiche und oft von Auftrag zu Auftrag variierende Teilsysteme in das Fertigungsobjekt eingebaut werden, erst nach dem Taufpunkt kommen. In diesem Beispiel ist der Taufpunkt unmittelbar vor den Inneneinbau gelegt. Am Taufpunkt wird bei Bedarf die Original-Auftrags-Reihenfolge verändert, wenn das erste Fertigungsobjekt und der erste Auftrag nicht zueinander passen. In vorigen Auswahlpunkten wird hingegen nur eine Kopie der Auftrags-Reihenfolge verändert.

**[0061]** Die Lieferanten, die Teilsysteme liefern, welche in Teilprozessen nach dem Taufpunkt **300** eingebaut werden, werden auf Basis der Auftrags-Abfolge **50** beauftragt. Ein Lieferant kann ein externer Lieferant, also ein rechtlich selbständiges Unternehmen, oder ein interner Lieferant, also ein Bereich des Kraftfahrzeug-Herstellers, sein. Die erfindungsgemäße Produktionssteuerung unterscheidet nicht zwischen internen und externen Lieferanten. Manche Teilsysteme werden für die Fertigung von auftragsspezifischen benötigt, ohne in ein Fertigungsobjekt eingebaut zu werden, z. B. Gußformen für Zylinderköpfe.

**[0062]** Aus jedem Auftrag der Auftrags-Abfolge **50** werden mit Hilfe einer Stückliste des Kraftfahrzeuges Aufträge für Lieferanten abgeleitet. Möglich ist, daß für ein Kraftfahrzeug mehrere Exemplare des Teilsystems zu fertigen sind, z. B. vier Sitze pro Kraftfahrzeug. Dadurch entsteht für jeden Lieferanten eine Lieferauftrags-Abfolge.

**[0063]** Der Taufpunkt **300** wird so weit hinten wie möglich im Fertigungsprozeß angeordnet. Dadurch erhalten die Lieferanten eine möglichst lange Vorlaufzeit, nämlich die zwischen dem Eintritt des Fertigungsobjekts in

den ersten Teilprozeß **100.1** des Fertigungsprozesses und dem Erreichen des Taupunktes **300**. Bevorzugt wird der Taupunkt **300** vor dem Teilprozeß **100.5** („Gewerk Inneneinbau“) gelegt. Die für den Inneneinbau hergestellten Teilsysteme, z. B. Kabelbäume, Cockpit und Sitze, sind in ihrer Gesamtheit so auftragspezifisch, daß sie sich in der Regel nur für ein einziges Fertigungsobjekt verwenden lassen.

**[0064]** Vor diesem Taupunkt wird ein Auftrag nur temporär für z. B. jeweils dem nachfolgenden Teilprozeß einem Fertigungsobjekt zugeordnet, und ein Auftrag kann in einem Teilprozeß einem Fertigungsobjekt und in einem nachfolgenden Teilprozeß einem anderen Fertigungsobjekt zugeordnet werden.

**[0065]** Jeweils ein Auswahlpunkt befindet sich vor folgenden Teilprozessen:

- der Auswahlpunkt **200.2** vor dem Teilprozeß **100.2** (Gewerk Rohbau),
- der Auswahlpunkt **200.3** vor dem Teilprozeß **100.3** (Gewerk Oberfläche) und
- der Taupunkt **300** als Auswahlpunkt vor dem Teilprozeß **100.5** (Gewerk Inneneinbau).

**[0066]** In den beiden Auswahlpunkten **200.2** und **200.3** werden wiederholt ein Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** und ein Auftrag der Kopie **60** der Auftrags-Abfolge ausgewählt. Im Taupunkt **300** werden ein Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge und ein Auftrag der Auftrags-Abfolge **50** ausgewählt. In allen drei Auswahlpunkten werden Fertigungsobjekt und Auftrag so ausgewählt, daß sie zueinander passen. Das ausgewählte Fertigungsobjekt wird gemäß des ausgewählten Auftrags im jeweils nachfolgenden Teilprozeß bearbeitet. Hierfür wird das ausgewählte Fertigungsobjekt auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** vorgezogen. Der Fertigungsprozeß umfaßt die hierfür erforderlichen technischen Mittel, um dieses Vorziehen zu realisieren. Beispielsweise werden die Fertigungsobjekte, die sich in der Fertigungsobjekt-Abfolge vor dem ausgewählten Fertigungsobjekt befinden, in einen Pufferspeicher eingestellt. Ein solcher Pufferspeicher ist z. B. aus DE 19815619 A1 bekannt. Oder sie werden auf einen Hof gefahren. Oder das ausgewählte Fertigungsobjekt wird aus dem Fertigungsprozeß ausgeschleust und überholt alle vor ihm befindlichen Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge **70**.

**[0067]** In jedem Auswahlpunkt werden ein Fertigungsobjekt und ein Auftrag, die zueinander passen, ausgewählt. Vorzugsweise ist jedem der Teilprozesse mit vorgelagertem Auswahlpunkt je eine Auswahl-Teilmenge von solchen Merkmalen zugeordnet, die in vorigen Teilprozessen hergestellt wurden. Ein Fertigungsobjekt und ein Auftrag werden dann als zueinander passend gewertet, wenn jedes Produkt-Merkmal des Auftrags, das der Auswahl-Teilmenge angehört, vereinbar mit allen Merkmalen des Fertigungsobjekts ist.

**[0068]** Vorzugsweise umfaßt jede Auswahl-Teilmenge als ein Merkmal den vom Teilprozeß geforderten Fertigstellungs-Termin, also der Termin, an dem ein zum Auftrag passendes Fertigungsobjekt spätestens im Teilprozeß gemäß des Auftrags bearbeitet und den Teilprozeß verlassen haben muß.

**[0069]** Weiterhin ist jedem Teilprozeß eine Bearbeitungs-Teilmenge zugeordnet. Mit Hilfe der Merkmale eines ausgewählten Auftrags und den Merkmalen der Bearbeitungs-Teilmenge wird ein Bearbeitungsauftrag an den Teilprozeß abgeleitet. Das Fertigungsobjekt wird im Teilprozeß gemäß des Bearbeitungsauftrags abgeleitet.

**[0070]** Beispielsweise ist dem Teilprozeß **100.2** (Gewerk Rohbau) eine Auswahl-Teilmenge mit folgenden Merkmalen zugeordnet:

- Baureihe,
- Aufbauart.

**[0071]** Die Bearbeitungs-Teilmenge des Teilprozesses **100.2** umfaßt z. B. folgende Merkmale:

- Baureihe,
- Aufbauart,
- Linkslenker oder Rechtslenker,
- geschlossenes Dach oder Schiebedach,
- mit oder ohne Anhängerkupplung.

**[0072]** Merkmale, die im Teilprozeß **100.2** noch keine Rolle spielen, sondern erst in nachfolgenden Teilprozessen, sind weder in der Auswahl-Teilmenge noch in der Bearbeitungs-Teilmenge des Teilprozesses **100.2** enthalten, z. B. die Farbe und Art der Lackierung oder die Motor-Variante.

**[0073]** Im Auswahlpunkt **200.2** wird ein Fertigungsobjekt einer bestimmten Baureihe und einer bestimmten Aufbauart für den Teilprozeß **100.2** ausgewählt. Als Bearbeitungsauftrag wird die Herstellung eines Fertigungsobjekts dieser Baureihe und dieser Aufbauart mit den Merkmalen „Linkslenker“ und „Schiebedach“ hergeleitet.

**[0074]** Die Auswahl-Teilmenge des Teilprozesses **100.3** (Gewerk Oberfläche) umfaßt z. B. folgende Merkmale:

- Baureihe,
- Aufbauart,
- Linkslenker oder Rechtslenker,
- geschlossenes Dach oder Schiebedach,
- mit oder ohne Anhängerkupplung.

**[0075]** Die Bearbeitungs-Teilmenge des Teilprozesses **100.3** umfaßt z. B. folgende Merkmale:

- Baureihe,
- Aufbauart,
- Farbe der Grundlackierung,
- Farbe der Decklackierung,
- Art der Decklackierung.

**[0076]** Im Auswahlpunkt **200.3** wird z. B. ein Fertigungsobjekt einer bestimmten Baureihe und einer bestimmten Aufbauart mit den Merkmalen „Linkslenker“ und „Schiebedach“ für den Teilprozeß **100.5** und einem Soll-Schlußabnahmetermin ausgewählt. Als Bearbeitungsauftrag für den Teilprozeß **100.5** wird die Lackierung dieses Fertigungsobjekts in einer bestimmten Farbe und Art der Lackierung hergeleitet.

**[0077]** Die Auswahl-Teilmenge des Teilprozesses **100.5** (Gewerk Inneneinbau) besteht z. B. aus folgenden Merkmalen:

- Baureihe,
- Aufbauart,
- Linkslenker oder Rechtslenker,
- geschlossenes Dach oder Schiebedach.
- Farbe der Grundlackierung,
- Farbe der Decklackierung,
- Art der Decklackierung.

**[0078]** Die Bearbeitungs-Teilmenge des Teilprozesses **100.5** (Gewerk Inneneinbau) umfaßt z. B. folgende Merkmale:

- Baureihe,
- Aufbauart,
- Linkslenker oder Rechtslenker,
- geschlossenes Dach oder Schiebedach.
- mit oder ohne Durchlademöglichkeit im Fahrzeuginneren,
- mit oder ohne Anhängerkupplung,
- gewünschte Sonderausstattungen für den Inneneinbau.

**[0079]** Auch für den Teilprozeß **100.6** (Gewerk Fahrwerk) ist eine Bearbeitungs-Teilmenge vorgegeben. Eine Auswahl-Teilmenge ist nicht erforderlich, weil im Taufpunkt **300** ein Auftrag einem Fertigungsobjekt fest zugeordnet wird.

**[0080]** Bevorzugt werden die Kraftfahrzeuge im Fertigungsprozeß in Taktfertigung hergestellt. Eine Soll-Taktzeit T ist für den gesamten Fertigungsprozeß vorgegeben. Zwei aufeinanderfolgende Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** werden im zeitlichen Abstand T einem Teilprozeß zugeführt.

**[0081]** Den Auswahlpunkten **200.2**, **200.3** und **300** ist jeweils ein zunächst leerer elektronischer Zwischenspeicher **400.2**, **400.3** und **400.5** für Aufträge zugeordnet. Insgesamt umfaßt der Fertigungsprozeß also drei Zwischenspeicher **400.2**, **400.3** und **400.5**. Der Fertigungsprozeß umfaßt weiterhin einen Sortierpuffer **500.3**, in dem Fertigungsobjekte nach Verlassen des Teilprozesses **100.2** (Gewerk Rohbau) und vor dem Eintritt in den Teilprozeß **100.3** (Gewerk Oberfläche) zwischengelagert werden können. Der Sortierpuffer **500.3** ermöglicht einen wahlfreien Zugriff auf die in ihm zwischengelagerten Fertigungsobjekte, d. h. zu jedem Auswahl-Zeitpunkt kann jedes Fertigungsobjekt dem Sortierpuffer wieder entnommen werden. Ein entsprechender Sortierpuffer **500.5** ist zwischen den Teilprozessen **100.3** und **100.5** (Gewerk Inneneinbau) vorgesehen.

**[0082]** Im folgenden wird beispielhaft die erfindungsgemäße Durchführung der Auswahlvorgänge im Auswahlpunkt **200.3** nach dem Teilprozeß **100.2** (Gewerk Rohbau) und vor dem Teilprozeß **100.3** (Gewerk Oberfläche) beschrieben.

**[0083]** Für den gesamten Fertigungsprozeß sind eine Gesamt-Soll-Bearbeitungszeit und eine maximale Gesamt-Durchlaufzeit durch den Fertigungsprozeß vorgegeben. Ein Fertigungsobjekt durchläuft dann den Fertigungsprozeß in der Gesamt-Soll-Bearbeitungszeit, wenn es ohne Wartezeit vor dem und ohne Verzögerung im Fertigungsprozeß bearbeitet wird. Die maximale Gesamt-Durchlaufzeit wird als Kompromiß zwischen den folgenden beiden Anforderungen abgeleitet:

- Ein möglichst großer Termintreuegrad soll erreicht werden. Ein Auftrag wird dann als termintreu abgearbeitet bezeichnet, wenn das spezifizierte Produkt zum Schlußabnahmetermin oder bereits früher fertiggestellt wurde. Denn zu spät ausgelieferte Produkte können zu Vertragsstrafen führen.
- Die durchschnittliche Lagerungs-Zeitspanne für Produkte, die vor dem Schlußabnahmetermin fertiggestellt wurden, soll möglichst gering sein. Denn die Lagerhaltung bindet Kapital, erfordert Platz für die Produkte und birgt das Risiko von Schäden an fertiggestellten Produkten während der Lagerhaltung. Genau zum Schlußabnahmetermin oder verspätet fertiggestellte Produkte erfordern hingegen keine Lagerhaltung.

**[0084]** Durch Aufteilung der Gesamt-Soll-Bearbeitungszeit auf die einzelnen Teilprozesse wird für jeden Teilprozeß eine Soll-Bearbeitungszeit abgeleitet. Aus der Differenz zwischen maximaler Gesamt-Durchlaufzeit und Gesamt-Soll-Bearbeitungszeit resultiert eine maximale Gesamt-Verzögerungszeit, welche die maximal zulässigen Wartezeiten vor den einzelnen Teilprozessen sowie erforderliche Nacharbeiten in einzelnen Teilprozessen umfaßt. Aus der Gesamt-Verzögerungszeit wird für jeden Teilprozeß eine maximal zulässige Wartezeit abgeleitet, die ein Fertigungsobjekt zwischen Verlassen des vorigen und Einführen in den jetzigen Teilprozeß warten darf.

**[0085]** Vorzugsweise sind damit für jedes Gewerk und jeden Teilprozeß eine Soll-Bearbeitungszeit und eine maximale Durchlaufzeit festgelegt. Ein Fertigungsobjekt durchläuft dann einen Teilprozeß in der Soll-Bearbeitungszeit, wenn es ohne Wartezeit vor dem und ohne Verzögerung im Teilprozeß bearbeitet wird und keine Nacharbeit z. B. aufgrund von Qualitätsmängeln erforderlich ist. Der Teilprozeß ist so organisiert, daß jedes Fertigungsobjekt für den Durchlauf durch den Teilprozeß längstens die maximale Durchlaufzeit benötigt.

**[0086]** Die Aufträge **10.1**, **10.2**, **10.3**, ... von Kunden für Fahrzeuge einer bestimmten Baureihe werden in einer Auftrags-Abfolge **50** angeordnet. Aufgrund dieser Auftrags-Abfolge **50** wird die Produktion von Fertigungsobjekten für Produkte dieser Baureihe begonnen. Diese Fertigungsobjekte verlassen nacheinander den Teilprozeß **100.2** (Gewerk Rohbau) in der Fertigungsobjekt-Abfolge **20.1**, **20.2**, **20.3**, ... Eine Kopie **60** dieser Auftrags-Abfolge **50** mit den Auftrags-Kopien **10.1**, **10.2**, **10.3**, ... wird erzeugt.

**[0087]** Als Verweildauer-Schranke VS für den elektronischen Zwischenspeicher **400.3** des Auswahlpunkts **200.3** ist z. B. der Wert  $3 \cdot T$ , also drei Taktzeiten, vorgegeben. Somit beläuft sich die Schranke auf 3 Auswahlvorgänge.

**[0088]** Im folgenden wird die Durchführung von Auswahlvorgängen detailliert beschrieben. **Fig. 2** bis **Fig. 6** zeigen Momentaufnahmen der Abfolgen **50**, **60** und **70** sowie der Inhalte von Zwischenspeicher **400.3** und Sortierpuffer **500.3** nach dem ersten, zweiten, vierten, siebten bzw. neunten Auswahlvorgang. Das jeweils zuletzt ausgewählte Fertigungsobjekt und der ausgewählte Auftrag sind durch einen Doppelpfeil verbunden. Ein ausgewählter Auftrag und ein ausgewähltes Fertigungsobjekt, die zueinander passen, sind durch gleichartige Schraffur gekennzeichnet. Die Verweildauer eines Auftrags, gemessen in Takten, ist durch eine Zahl in einem Kreis gekennzeichnet.

**[0089]** Die Auswahlvorgänge im Auswahlpunkt **200.3** für die aktuelle Baureihe beginnen zu einem Zeitpunkt  $T_0$  und finden zu Zeitpunkten  $T_i = T_0 + i \cdot T$  ( $i = 0, 1, 2, 3, \dots$ ) statt. Die für die Durchführung eines Auswahlvorgangs benötigte Zeit ist klein im Vergleich zur Taktzeit  $T$ .

**[0090]** Zum Zeitpunkt  $T_0$  werden der Auftrag **10.1** der Kopie **60** der Auftrags-Abfolge **50** und das Fertigungsobjekt **20.1**, die zueinander passen, ausgewählt. Das Fertigungsobjekt **20.1** wird dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.1** bearbeitet. Der ausgewählte Auftrag **10.1** hat eine Relativ-Position von 0 in der Auswahl-Reihenfolge im Vergleich zur Auftrags-Abfolge **50**.

**[0091]** **Fig. 2** zeigt als Momentaufnahme die Fertigungsobjekte und Aufträge nach Durchführung dieses ersten Auswahlvorgangs. Die Aufträge und Fertigungsobjekte sind von links kommend dargestellt. Der ausgewählte Auftrag **10.1** und das ausgewählte Fertigungsobjekt **20.1** sind schraffiert dargestellt und durch einen Doppelpfeil verbunden. Der elektronische Zwischenspeicher **400.3** und der Sortierpuffer **500.3** für Fertigungsobjekte sind noch leer.

**[0092]** Zum Zeitpunkt  $T_1 = T_0 + T$  wird festgestellt, daß der Auftrag **10.2** und das Fertigungsobjekt **20.2** nicht zueinander passen, weil der Auftrag **10.2** sich auf einen Linkslenker bezieht, das Fertigungsobjekt **20.2** hingegen ein Rechtslenker ist. Der Auftrag **10.2** wird in den Zwischenspeicher **400.3** eingestellt. Auch der Auftrag **10.3** paßt nicht zum Fertigungsobjekt **20.2**, weil der Auftrag **10.3** sich auf ein Kraftfahrzeug mit geschlossenem Dach bezieht, das Fertigungsobjekt **20.3** hingegen eines mit Schiebedach ist. Daher wird auch der Auftrag **10.3** in den Zwischenspeicher **400.3** eingestellt. Der Auftrag **10.4** und das Fertigungsobjekt **20.2** passen zueinander und werden daher ausgewählt. Das Fertigungsobjekt **20.2** wird dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.4** bearbeitet. Im Zwischenspeicher **400.3** befinden sich nach dem Zeitpunkt  $T_1$  die beiden Aufträge **10.2** und **10.3** mit einer Verweildauer  $V$  von jeweils 0 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.4** hat eine Relativ-Position von +2, weil er um 2 Auswahlvorgänge früher als der Auftrags-Abfolge **50** entsprechend ausgewählt wurde. **Fig. 3** zeigt als Momentaufnahme die Auftrags-Abfolge **50** und deren Kopie **60**, die Fertigungsobjekt-Abfolge **70**, den Zwischenspeicher **400.3** und den Sortierpuffer **500.3** nach Durchführung des zweiten Auswahlvorgangs.

**[0093]** Zum Zeitpunkt  $T_2 = T_0 + 2 \cdot T$  wird festgestellt, daß weder der Auftrag **10.2** noch der Auftrag **10.3** zum Fertigungsobjekt **20.3**, dem nunmehr ersten Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge **70**, passen. Daher werden der erste Auftrag der Kopie **60** der Auftrags-Abfolge, nämlich der Auftrag **10.5**, und das Fertigungsobjekt **20.3**, die zueinander passen, ausgewählt. Das Fertigungsobjekt **20.3** wird dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.5** bearbeitet. Im Zwischenspeicher **400.3** befinden sich nach dem Zeitpunkt  $T_2$  die beiden Aufträge **10.2** und **10.3** mit einer Verweildauer  $V$  von jeweils 1 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.5** hat eine Relativ-Position von +2.

**[0094]** Auch zum Zeitpunkt  $T_3 = T_0 + 3 \cdot T$  werden zunächst die Aufträge im Zwischenspeicher **400.3** mit dem ersten Fertigungsobjekt **20.4** verglichen. Beide Aufträge passen zum Fertigungsobjekt **20.4**. Weil der Auftrag **10.2** den früheren Schlußabnahmetermin hat, wird dieser gemeinsam mit dem Fertigungsobjekt **20.4** ausgewählt. Der Auftrag **10.2** wird aus dem Zwischenspeicher **400.3** entfernt. Das Fertigungsobjekt **20.4** wird dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.2** bearbeitet. Im Zwischenspeicher **400.3** befindet sich nach dem Zeitpunkt  $T_3$  der Auftrag **10.3** mit einer Verweildauer  $V$  von 2 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.2** hat eine Relativ-Position von -2, weil er um 2 Auswahlvorgänge später als der Auftrags-Abfolge **50** entsprechend ausgewählt wurde.

**[0095]** Zum Zeitpunkt  $T_4 = T_0 + 4 \cdot T$  wird zunächst der Auftrag **10.3** mit dem Fertigungsobjekt **20.5** verglichen. Jedoch passen der Auftrag **10.3** und das Fertigungsobjekt **20.5** nicht zueinander. Auch der nächste Auftrag **10.6** der Kopie **60** der Auftrags-Abfolge und das Fertigungsobjekt **20.5** passen nicht zueinander. Daher wird der Auftrag **10.6** in den Zwischenspeicher **400.3** eingestellt. Das Fertigungsobjekt **20.5** und der nun folgende Auftrag **10.7** der Kopie **60** passen zueinander. Daher werden diese beiden ausgewählt. Das Fertigungsobjekt **20.5** wird dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.7** bearbeitet. Im Zwischenspeicher **400.3** befinden sich nach dem Zeitpunkt  $T_4$  der Auftrag **10.3** mit einer Verweildauer  $V$  von 3 und der Auftrag **10.6** mit einer von 0 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.7** hat eine Relativ-Position von +2.

**[0096]** **Fig. 4** zeigt als Momentaufnahme die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem fünften Auswahlvorgang.

**[0097]** Zum Zeitpunkt  $T_5 = T_0 + 5 \cdot T$  ist die Verweildauer des Auftrags **10.3** im Zwischenspeicher **400.3** größer als die vorgegebene Verweildauer-Schranke  $VS = 3$  (Auswahlvorgänge), nämlich bereits 4 Auswahlvorgänge. Daher wird der Auftrag **10.3** ausgewählt und aus dem Zwischenspeicher **400.3** entfernt. Festgestellt wird, daß das Fertigungsobjekt **20.8** zum Auftrag **10.3** paßt, aber nicht die davor befindlichen Fertigungsobjekte **20.6** und **20.7**. Die Fertigungsobjekte **20.6** und **20.7** werden daher in den Sortierpuffer **500.3** eingestellt. Das Fertigungsobjekt **20.8** wird ausgewählt, dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.3** bearbeitet. Im Zwischenspeicher **400.3** befindet sich nach dem Zeitpunkt  $T_5$  der Auftrag **10.6** mit einer Verweildauer  $V$  von 1 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.3** hat eine Relativ-Position von -3.

**[0098]** Zum Auswahl-Zeitpunkt  $T_6 = T_0 + 6 \cdot T$  wird zunächst der im Zwischenspeicher **400.3** befindliche Auftrag **10.6** mit den beiden Fertigungsobjekten **20.6** und **20.7** im Sortierpuffer **500.3** verglichen. Jedoch paßt der Auftrag **10.6** zu keinem dieser beiden Fertigungsobjekte. In einer bevorzugten Ausführungsform wird anschließend der nächste Auftrag **10.8** der Kopie **60** der Auftrags-Abfolge mit den beiden Fertigungsobjekten **20.6** und **20.7** im Sortierpuffer **500.3** verglichen. Alternativ hierzu ist es auch möglich, das nächste Fertigungsobjekt **20.8** der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** mit dem im Zwischenspeicher **400.3** befindliche Auftrag **10.6** zu

vergleichen. Jedoch wird die bevorzugte Ausführungsform gewählt, weil das Einstellen und Entnehmen von Fertigungsobjekten in bzw. aus einem Sortierpuffer aufwendiger ist als das von Aufträgen in bzw. aus einem elektronischen Zwischenpuffer.

[0099] Im vorliegenden Beispiel passen der Auftrag **10.8** und das Fertigungsobjekt **20.6** zueinander. Beide werden zum Zeitpunkt  $T_6$  ausgewählt. Das Fertigungsobjekt **20.6** wird dem Sortierpuffer entnommen, dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.8** bearbeitet. Im Zwischenspeicher **400.3** befindet sich nach dem Zeitpunkt  $T_6$  der Auftrag **10.6** mit einer Verweildauer  $V$  von 2 (Auswahlvorgängen). Im Sortierpuffer **500.3** befindet sich weiterhin das Fertigungsobjekt **20.7**. Der ausgewählte Auftrag **10.8** hat eine Relativ-Position von +1.

[0100] Zum Zeitpunkt  $T_7 = T_0 + 7 \cdot T$  wird zunächst der im Zwischenspeicher **400.3** befindliche Auftrag **10.6** mit dem im Sortierpuffer **500.3** befindlichen Fertigungsobjekt **20.7** verglichen, jedoch passen diese beiden nicht zueinander. Der nächste Auftrag **10.9** paßt ebenfalls nicht zum Fertigungsobjekt **20.7** im Sortierpuffer **500.3** und auch nicht zum nächsten Fertigungsobjekt **20.9** der Fertigungsobjekt-Abfolge **70**. Daher wird der Auftrag **10.9** in den Zwischenspeicher **400.3** eingestellt. Der nun folgende Auftrag **10.10** und das Fertigungsobjekt **20.9** passen zueinander und werden ausgewählt. Das Fertigungsobjekt **20.9** wird dem Teilprozeß **100.3** zugeführt und in diesem gemäß des ausgewählten Auftrags **10.9** bearbeitet. Im Sortierpuffer **500.3** befinden sich weiterhin das Fertigungsobjekt **20.7**. Im Zwischenspeicher **400.3** befinden sich nach dem Zeitpunkt  $T_7$  der Auftrag **10.6** mit einer Verweildauer  $V$  von 3 und der Auftrag **10.9** mit einer Verweildauer  $V$  von 0 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.10** hat eine Relativ-Position von +2.

[0101] Fig. 5 zeigt als Momentaufnahme die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem achten Auswahlvorgang.

[0102] Zum Zeitpunkt  $T_8 = T_0 + 8 \cdot T$  wird zunächst der im Zwischenspeicher **400.3** befindliche Auftrag **10.6** mit dem im Sortierpuffer befindlichen Fertigungsobjekt **20.7** verglichen, jedoch passen diese beiden nicht zueinander. Auch der andere Auftrag im Zwischenspeicher **400.3**, nämlich **10.9**, und das Fertigungsobjekt **20.7** passen nicht zueinander. Der nächste Auftrag **10.11** der Kopie **60** der Auftrags-Abfolge **50** und das Fertigungsobjekt **20.7** passen ebenfalls nicht zueinander. Der Auftrag **10.11** wird in den Zwischenspeicher **400.3** eingestellt. Hingegen passen der dann folgende Auftrag **10.12** und das nächste Fertigungsobjekt **20.10** der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** zueinander und werden ausgewählt. Im Zwischenspeicher **400.3** befinden sich nach dem Zeitpunkt  $T_8$ , also nach dem achten Auswahlvorgang, die Aufträge **10.6**, **10.9** und **10.11** mit einer Verweildauer  $V$  von 3 und der Auftrag **10.9** mit einer Verweildauer  $V$  von 3, 1 bzw. 0 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.12** hat eine Relativ-Position von +3.

[0103] Die Verweildauer des Auftrags **10.6** liegt zum Zeitpunkt  $T_9 = T_0 + 9 \cdot T$  oberhalb der Verweildauer-Schranke. Daher wird dieser Auftrag ausgewählt. Das nächste Fertigungsobjekt, das zum Auftrag **10.6** paßt, ist das Fertigungsobjekt **20.14**. Um dieses passende Fertigungsobjekt auf den ersten Platz vorziehen zu können, müssen die davor befindlichen Fertigungsobjekte **20.11**, **20.12** und **20.13** in den Sortierpuffer eingestellt werden. In diesem Beispiel hat der Sortierpuffer hingegen nur drei verfügbare Plätze für Fertigungsobjekte, und außer Einstellen in den Sortierpuffer **500.3** gibt es keine Möglichkeit, ein Fertigungsobjekt nach Verlassen des Teilprozesses **100.2** vorzuziehen.

[0104] Eine der folgenden Verfahrensschritte wird ausgeführt, um fortzufahren:

- Eine Vorgehensweise wird angewendet, um das Fertigungsobjekt **20.14** vorzuziehen und dem Teilprozeß **100.3** zuzuführen, ohne den Sortierpuffer **500.3** zu benutzen. Beispielsweise wird das Fertigungsobjekt **20.14** aus der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** ausgeschleust und mit Hilfe einer bemannten Transportvorrichtung vorgezogen und dem Teilprozeß **100.3** zugeführt. Diese Vorgehensweise ist aber oft gar nicht durchführbar oder ist aufwendig und wird daher selten angewendet.
- Der Auftrag **10.6** und ein Fertigungsobjekt, das mit Hilfe des Sortierpuffers **500.3** auf den ersten Platz vorgezogen werden kann, werden ausgewählt, obwohl der ausgewählte Auftrag **10.6** und das ausgewählte Fertigungsobjekt nicht zusammenpassen. Diese Alternative wird nur dann durchgeführt, wenn das ausgewählte Fertigungsobjekt nachträglich zum ausgewählten Auftrag passend gemacht werden kann. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn das Fertigungsobjekt nur deshalb nicht zum Auftrag paßt, weil ein Teilsystem für das Fertigungsobjekt zu spät zugeliefert wird und anstelle im Teilprozeß **100.2** im nachfolgenden Teilprozeß **100.3** eingebaut wird.
- Die Auswahl des Auftrags **10.6** wird rückgängig gemacht, und der Auftrag **10.6** wird als nicht innerhalb der maximal zulässigen Wartezeit dem Teilprozeß **100.3** zuführbar markiert. Der Auftrag **10.6** wird an die Fahrzeug-Einplanung (Teilprozeß **100.1**) zurückgeführt. Dort wird er erneut eingeplant.

**[0105]** In dem hier beschriebenen Beispiel wird die dritte Alternative realisiert, weil für den Teilprozeß **100.3** die ersten beiden technisch nicht realisierbar sind. Vorzugsweise wird zuvor geprüft, ob seine Fertigung prinzipiell möglich ist oder gegenwärtig z. B. aufgrund eines Ausfalls nicht möglich ist. Falls z. B. der Auftrag **10.6** Allradantrieb vorsieht und die Produktion oder Zulieferung von Allradantrieben zur Zeit völlig ausgefallen ist, wird der Auftrag **10.6** nicht eingeplant, bis der Ausfall der Produktion von Allradantrieben behoben ist.

**[0106]** Der Auftrag **10.9** und das erste Fertigungsobjekt **20.11** passen hingegen zueinander und werden ausgewählt. Im Zwischenspeicher **400.3** befinden sich nach dem Zeitpunkt  $T_9$  die Aufträge **10.6** und **10.11** mit einer Verweildauer  $V$  von 4 bzw. 1 (Auswahlvorgängen). Der ausgewählte Auftrag **10.12** hat eine Relativ-Position von -1. Die Fertigungsobjekt-Abfolge **70** umfaßt bis zur erneuten Einplanung des Auftrags **10.6** ein Fertigungsobjekt mehr als die Auftrags-Abfolge **10** Aufträge.

**[0107]** Fig. 6 zeigt als Momentaufnahme die Fertigungsobjekte und Aufträge im Ausführungsbeispiel nach dem zehnten Auswahlvorgang. Die vier als erste ausgewählten Aufträge und Fertigungsobjekte sind in Fig. 6 nicht mehr dargestellt, dafür die in den vorigen Figuren nicht dargestellten restlichen Fertigungsobjekte und Aufträge.

**[0108]** Die Auswahl je eines Fertigungsobjekts und eines Auftrags wird fortgesetzt, bis die gesamte Auftrags-Abfolge abgearbeitet ist.

**[0109]** Die folgende Tabelle veranschaulicht die Abfolge der Auswahlvorgänge. Einge tragen sind die Figuren, die die jeweils erreichte Situation zeigen. Hierbei bedeuten:

- Zeitpkt.: Nummer  $i$  des Auswahlzeitpunkts  $T_i$
- 1. Auftrag: erster Auftrag in der Kopie **60** der Auftrags-Abfolge **50** vor Durchführung des Auswahlvorgangs Nr.  $i$ ,
- 1. FO: erstes Fertigungsobjekt in der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** vor Durchführung des Auswahlvorgangs Nr.  $i$ ,
- Inhalt Zwischenspeicher: Inhalt des elektronischen Zwischenspeichers **400.3** nach Durchführung des Auswahlvorgangs Nr.  $i$ , wobei die jeweilige Verweildauer in eckigen Klammern angegeben ist,
- Inhalt Sortierpuffer: Inhalt des Sortierpuffers **500.3** nach Durchführung des Auswahlvorgangs Nr.  $i$ ,
- ausgew. Auftrag: der im Auswahlvorgang Nr.  $i$  aus der Kopie ausgewählter Auftrag,
- ausgew. FO: das im Auswahlvorgang Nr.  $i$  aus der Fertigungsobjekt-Abfolge **70** ausgewählte Fertigungsobjekt,
- Rel-Pos: Relativ-Position des ausgewählten Auftrags.

Zeit pkt.	1. Auf- trag	1. FO	Inhalt Zwischen- speicher	Inhalt Sortier- puffer	ausgew. Auftrag	aus- gew. FO	Rel- Pos
0	10.1	20.1	./.	./.	10.1	20.1	0
Fig. 2							
1	10.2	20.2	10.2 [0], 10.3 [0]	./.	10.4	20.2	+2
Fig. 3							
2	10.5	20.3	10.2 [1], 10.3 [1]	./.	10.5	20.3	+2
3	10.6	20.4	10.3 [2]	./.	10.2	20.4	-2
4	10.6	20.5	10.3 [3], 10.6 [0]	./.	10.7	20.5	+2
Fig. 4							
5	10.8	20.6	10.6 [1]	20.6, 20.7	10.3	20.8	-3
6	10.8	20.9	10.6 [2]	20.7	10.8	20.6	+1
7	10.9	20.9	10.6 [2], 10.9 [0]	20.7	10.10	20.9	+2
Fig. 5							
8	10.11	20.10	10.6 [3], 10.9 [1], 10.11 [0]	20.7	10.12	20.10	+3
9	10.13	20.11	10.11 [1]	20.7	10.9	20.11	-1
Fig. 6							

[0110] Die Auswahlvorgänge werden in der bevorzugten Ausführungsform von einem industrietauglichen Produktionsleitreechner ausgeführt. Dieser Produktionsleitreechner ist redundant ausgelegt und besitzt daher eine hohe Verfügbarkeit. Die Aufträge sind als Datensätze in einer Datenbank abgespeichert, auf die der Produktionsleitreechner Lese- und Schreibzugriff hat. Ein Datensatz für einen Auftrag wird angelegt, sobald der Auftrag eingegangen ist. Der Datensatz verbleibt solange in der Datenbank, bis ein Kraftfahrzeug gemäß des Auftrags fertiggestellt und eine Rechnung ausgestellt und bezahlt wurde. In der Datenbank sind weiterhin Datensätze für Fertigungsobjekte abgespeichert.

[0111] Möglich ist es, jeden elektronischen Zwischenspeicher als eigene Datenbank zu realisieren und Datensätze real zu kopieren. Rechenzeit und Speicherkapazität werden eingespart, wenn keine Datensätze kopiert werden, sondern das Verfahren dadurch realisiert wird, daß zusätzliche Datenfelder angelegt und verän-

dert werden. Dies wird im folgenden beschrieben.

**[0112]** Jeder Datensatz für einen Auftrag umfaßt folgende Datenfelder:

- Datenfelder für die oben beschriebenen Festlegungen des Kraftfahrzeugs, das aufgrund des Auftrags zu fertigen ist, z. B. Farbe der Lackierung und gewünschte Sonderausstattungen,
- Soll-Position, das ist die Position des Auftrags in der Auftrags-Reihenfolge **50**,
- eine Kennung desjenigen Fertigungsobjekts, das aktuell aufgrund des Auftrags bearbeitet wird,
- eine Kennung desjenigen Teilprozesses, in dem ein Fertigungsobjekt gemäß dem Auftrag aktuell bearbeitet wird
- Ist-Position, das ist die Position des Auftrags in der Kopie **60** der Auftrags-Reihenfolge,
- eine Kennung desjenigen elektronischen Zwischenspeichers, in dem sich der Auftrag aktuell befindet,
- für jeden Teilprozeß die beiden Soll-Zeitpunkte, an dem gemäß der Fahrzeug-Einplanung die Bearbeitung eines Fertigungsobjekts gemäß des Auftrags begonnen bzw. beendet werden soll,
- für jeden Teilprozeß die beiden Ist-Zeitpunkte, an dem die Bearbeitung eines Fertigungsobjekts gemäß des Auftrags tatsächlich begonnen bzw. beendet wurde.

**[0113]** Ein Datensatz für ein Fertigungsobjekt umfaßt folgende Datenfelder:

- eine Kennung desjenigen Teilprozesses, in dem das Fertigungsobjekt aktuell bearbeitet wird,
- eine Kennung des Auftrags, aufgrund dessen das Fertigungsobjekt aktuell bearbeitet wird,
- Position des Fertigungsobjekts in der Fertigungsobjekt-Abfolge **70**,
- eine Kennung des Sortierpuffers, in dem sich das Fertigungsobjekt aktuell befindet

**[0114]** Wenn ein Auftrag vor einem Teilprozeß „wartet“, also ein Fertigungsobjekt aufgrund des Auftrags in einem vorhergehenden Teilprozeß bearbeitet wurde und das Fertigungsobjekt den vorhergehenden Teilprozeß verlassen hat, aber noch nicht für den nächsten Teilprozeß ausgewählt wurde, wird derjenige Teilprozeß notiert, vor dem der Auftrag wartet. Das Datenfeld für einen elektronischen Zwischenspeicher ist natürlich nur dann gefüllt, wenn ein Auftrag der Kopie in den elektronischen Zwischenspeicher eingestellt wurde. Nach der Entnahme des Auftrags aus dem elektronischen Zwischenspeicher wird das Datenfeld für den Zwischenspeicher geleert.

**[0115]** Im Beispiel der **Fig. 4** ist die Soll-Position des Auftrags **10.1** die **1**, die des Auftrags **10.2** die **2** und so fort. Die Ist-Position des Auftrags **10.1** ist die **1**, die des Auftrag **10.2** die **4**, die des Auftrag **10.4** die **2** und so fort. Der Auftrag **10.3** besitzt nach dem vierten Auswahlvorgang keine Soll-Position. Im entsprechenden Datenfeld ist eine Kennung des Zwischenspeichers **400.3** notiert.

**[0116]** Bei der Durchführung eines Auswahlvorgangs durchsucht der Produktionsleitreechner die Datensätze für Aufträge und sucht jeweils nach einem Fertigungsobjekt und einem Auftrag, die zueinander passen. Sind diese gefunden, wird im Datensatz für den ausgewählten Auftrag eine Kennung des ausgewählten Fertigungsobjekts notiert. Umgekehrt wird im Datensatz für das ausgewählte Fertigungsobjekt eine Kennung des ausgewählten Auftrags notiert. Die Datenfelder „Ist-Position“ des Auftrags-Datensatzes und „Position“ des Fertigungsobjekts werden mit den aktuellen Werten gefüllt. Die Kopie der Auftrags-Rbfolge wird dadurch gebildet, daß die Datenfelder „Ist-Position“ der Auftrags-Datensätze gefüllt und verändert werden. Sobald ein Auftrag den „Taufpunkt“ **300** erreicht hat, sind die werte in „Ist-Position“ und „Soll-Position“ identisch, so daß nur noch der Wert von „Soll-Position“ benötigt wird.

**[0117]** Vorzugsweise werden die Datenfelder „Ist-Position“, „Ist-Zeitpunkte“, „elektronischer Zwischenspeicher“ und „Fertigungsobjekt der Auftrags-Datensätze sowie „Position“ und „Auftrag“ der Fertigungsobjekt-Datensätze regelmäßig geleert und mit den aktuellen Werten beschrieben. Diese aktuellen Werte werden zuvor ermittelt. Dadurch wird regelmäßig ein definierter Aufsetzpunkt geschaffen. Beispielsweise wird jede Nacht eine vorbeugende Instandhaltung des gesamten Fertigungsprozesses durchgeführt. Während dieser Instandhaltung werden die gerade genannten Datenfelder geleert und mit den ermittelten aktuellen Werten gefüllt.

## Bezugszeichenliste

<i>Zeichen</i>	<i>Bedeutung</i>
10.1, 10.2, 10.3, ...	Aufträge der Kopie der Auftrags-Abfolge 60
11.1, 11.2, 11.3, ...	Aufträge der Original-Auftrags-Abfolge 50
20.1, 20.2, 20.3, ...	Fertigungsobjekt-Abfolge nach dem Teilprozeß 100.2
50	Original-Auftrags-Abfolge

60	Kopie der Auftrags-Abfolge
70	Fertigungsobjekt-Abfolge
100.1, 100.2, ...	Gewerke des Fertigungsprozesses als Teilprozesse
100.1	Gewerk Vorlauf-Logistik
100.2	Gewerk Rohbau
100.3	Gewerk Oberfläche
100.4	Gewerk Produktions-Logistik
100.5	Gewerk Inneneinbau
100.6	Gewerk Fahrwerk
100.7	Gewerk Einfahren
100.8	Gewerk Wagen-Fertigstellung
110.1, 110.2	Arbeitsschritte von Teilprozessen
200.2	Auswahlpunkt vor dem Gewerk Rohbau
200.3	Auswahlpunkt vor dem Gewerk Oberfläche
300	Taufpunkt, Auswahlpunkt vor dem Gewerk Inneneinbau
400.2	elektronischer Zwischenspeicher für den Teilprozeß 100.2
400.3	elektronischer Zwischenspeicher für den Teilprozeß 100.3
400.5	elektronischer Zwischenspeicher für den Teilprozeß 100.5
500.3	Sortierpuffer für Fertigungsobjekte zwischen den Teilprozessen 100.2 und 100.3
500.5	Sortierpuffer für Fertigungsobjekte zwischen den Teilprozessen 100.3 und 100.5

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Steuerung eines Fertigungsprozesses zur Serienfertigung auftragsspezifischer Produkte, wobei
- der Fertigungsprozeß einen Teilprozeß (100.1, ..., 100.8) umfaßt,
  - eine Abfolge (50) von in elektronischer Form vorliegenden Aufträgen (10.1, 10.2, ...) für Produkte, die im Fertigungsprozeß gefertigt werden, und eine Abfolge (70) von Fertigungsobjekten (20.1, 20.2, ...), aus denen die

Produkte entstehen, den Fertigungsprozeß durchlaufen,  
– ein Auswahlvorgang durchgeführt wird, bei dem ein Auftrag der Auftrags-Abfolge und ein Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge, die zueinander passen, ausgewählt werden,  
das ausgewählte Fertigungsobjekt gemäß dem ausgewählten Auftrag im Teilprozeß (**100.2, 100.3**) bearbeitet wird  
– und Auswahlvorgang und Bearbeitung wiederholt werden, bis jeder Auftrag der Auftrags-Abfolge (**50**) den Teilprozeß durchlaufen hat,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß  
eine Kopie (**60**) der Auftrags-Abfolge (**50**) erzeugt wird,  
ein zunächst leerer elektronischer Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) für Aufträge erzeugt wird,  
bei einem Auswahlvorgang dann, wenn das erste Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) und der erste Auftrag (**11.1, 11.2, ...**) der Kopie (**60**) nicht zueinander passen, der erste Auftrag aus der Kopie (**60**) entfernt und in den Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) eingestellt wird,  
und bei einem Auswahlvorgang dann, wenn die Verweildauer mindestens eines Auftrags im Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) bis zu diesem Auswahlvorgang größer oder gleich einer vorgegebenen Verweildauer-Schranke ist,  
– der Auftrag mit der größten Verweildauer im Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) und ein zu ihm passendes Fertigungsobjekt (**20.1, 20.2, ...**) aus der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) ausgewählt werden,  
– der ausgewählte Auftrag aus dem Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) entfernt  
– und das ausgewählte Fertigungsobjekt auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) vorgezogen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
– ein minimaler Zeitabstand zwischen zwei Auswahlvorgängen  
– und eine Anzahl-Schranke für die maximale Anzahl von Aufträgen im Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) vorgegeben sind  
und als Verweildauer-Schranke ein Wert vorgegeben wird, der kleiner oder gleich dem Produkt aus minimalem Zeitabstand und Anzahl-Schranke ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß  
– eine für alle Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) zu garantierende maximale Durchlaufzeit durch den Teilprozeß,  
– eine für alle Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) gültige maximale Bearbeitungszeit als Zeitabstand zwischen Auswahl des Fertigungsobjekts und Austritt des Fertigungsobjekts aus dem Teilprozeß  
– und ein maximaler Zeitabstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Auswahlvorgängen vorgegeben sind  
und die Verweildauer-Schranke so vorgegeben wird, daß die Summe aus  
– der Verweildauer-Schranke,  
– dem vorgegebenen maximalen Zeitabstand  
– und der vorgegebenen maximalen Bearbeitungszeit  
kleiner oder gleich der vorgegebenen maximalen Durchlaufzeit ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,  
daß dann, wenn die Verweildauer eines Auftrags im Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) die Verweildauer-Schranke erreicht oder überschritten hat,  
für jeden Auftrag im Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) probeweise  
– ein passendes Fertigungsobjekt ermittelt wird,  
– ein Arbeitsauftrag an den Teilprozeß zur Bearbeitung des passenden Fertigungsobjekts für den Auftrag erzeugt wird,  
– die Dauer der Durchführung dieses Arbeitsauftrages ermittelt wird  
und derjenige Auftrag im Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) ausgewählt wird, für den die Summe aus Verweildauer im Zwischenspeicher und probeweise ermittelter Durchführungsdauer den größten Wert annimmt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,  
daß dann, wenn kein Fertigungsobjekt in der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) zum Auftrag mit der größten Verweildauer paßt und diese größte Verweildauer größer als die Verweildauer-Schranke ist,  
dieser Auftrag aus dem Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) entfernt und markiert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

daß dann, wenn

der Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) mindestens einen Auftrag enthält, der zum ersten Fertigungsobjekt der Fertigungs-Abfolge (**70**) paßt,  
und kein Auftrag im Zwischenspeicher eine Verweildauer größer als die Verweildauer-Schranke besitzt,  
das erste Fertigungsobjekt und der passende Auftrag ausgewählt werden.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß  
– eine natürliche Zahl N als Losgröße für die Bearbeitung von Fertigungsobjekten im Teilprozeß vorgegeben ist,  
– aus der Kopie (**60**) der Auftrags-Abfolge (**50**) und/oder dem Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) N Aufträge, die als ein Los im Teilprozeß bearbeitet werden können, ausgewählt werden, und  
– N Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**), die zu den N Aufträgen passen, ausgewählt, auf die ersten N Plätze der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) vorgezogen und gemäß der N Aufträge im Teilprozeß bearbeitet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß  
mehrmals probeweise eine Menge von N Aufträgen und dazu passenden N Fertigungsobjekten ausgewählt werden,  
jede der ausgewählten Mengen mit einer Bewertungsfunktion bewertet wird, die auf mindestens einem der folgenden Einzel-Kriterien beruht:  
– Anzahl der Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**), die sich vor einem Fertigungsobjekt der probeweise ausgewählten Menge befinden und selber nicht zur Menge gehören,  
– Anzahl der Aufträge der Kopie (**60**) der Auftrags-Abfolge (**50**), die sich vor einem Auftrag der probeweise ausgewählten Menge befinden und selber nicht zur Menge gehören,  
– Maximale Verweildauer derjenigen der N probeweise ausgewählten Aufträge im Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**),  
– Kosten für die Bearbeitung der N Fertigungsobjekte im Teilprozeß gemäß der N Aufträge,  
– Zeitbedarf für die Bearbeitung der N Fertigungsobjekte im Teilprozeß gemäß der N Aufträge,  
und die am besten bewertete Menge tatsächlich ausgewählt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten N Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) und N zu ihnen passende Aufträge ausgewählt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß  
– der ausgewählte Auftrag an erster Stelle in die Kopie (**60**) eingefügt wird  
– und der maximale Vorgriff und/oder der maximale Nachgriff der Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) ermittelt werden,  
wobei die Auftrags-Abfolge (**50**) mit der Kopie (**60**) der Auftrags-Abfolge (**50**) verglichen wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet,  
daß der Quotient aus  
– Anzahl derjenigen Aufträge (**10.1, 10.2, ...**) in der Kopie (**50**) der Auftrags-Abfolge (**60**), die in den Zwischenspeicher (**400.2, 400.3**) eingestellt werden  
– und Anzahl der Aufträge (**11.1, 11.2, ...**) in der Auftrags-Abfolge (**50**) vor dem ersten Auswahlvorgang ermittelt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß  
– die Fertigungsobjekte nach dem Teilprozeß einen weiteren Teilprozeß (**100.5**) durchlaufen,  
– der ausgewählte Auftrag an erster Stelle in die Kopie (**60**) eingefügt wird,  
– ein weiterer zunächst leerer elektronischer Zwischenspeicher (**400.5**) für Aufträge erzeugt wird,  
– ein weiterer Auswahlvorgang für den weiteren Teilprozeß (**100.5**) durchgeführt wird, bei dem ein Auftrag der Kopie (**60**) und ein Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**), die zueinander passen, ausgewählt werden,  
– bei einem weiteren Auswahlvorgang dann, wenn das erste Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) und der erste Auftrag der Kopie (**60**) nicht zueinander passen, der erste Auftrag aus der Kopie (**60**) entfernt und in den weiteren Zwischenspeicher eingestellt wird,  
– bei einem weiteren Auswahlvorgang dann, wenn die Verweildauer mindestens eines Auftrags im weiteren Zwischenspeicher (**400.5**) bis zu diesem Auswahlvorgang größer oder gleich einer vorgegebenen weiteren Verweildauer-Schranke ist,  
– der Auftrag mit der größten Verweildauer im weiteren Zwischenspeicher (**400.5**) und ein zu ihm passendes

Fertigungsobjekt aus der Fertigungsobjekt-Abfolge (70) ausgewählt werden,  
– der ausgewählte Auftrag aus dem weiteren Zwischenspeicher (400.5) entfernt  
– und das ausgewählte Fertigungsobjekt auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge (70) vorgezogen wird.  
– das ausgewählte Fertigungsobjekt gemäß dem ausgewählten Auftrag im weiteren Teilprozeß (100.5) bearbeitet wird  
– und weiterer Auswahlvorgang und Bearbeitung wiederholt werden, bis jeder Auftrag der Auftrags-Abfolge (50) den weiteren Teilprozeß (100.5) durchlaufen hat.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß  
– der Fertigungsprozeß einen weiteren Teilprozeß (100.5), den die Fertigungsobjekte nach dem Teilprozeß durchlaufen wird, umfaßt,  
– ein weiterer Auswahlvorgang für den weiteren Teilprozeß (100.5) durchgeführt wird, bei dem ein Auftrag der Auftrags-Abfolge (50) und ein Fertigungsobjekt der Fertigungsobjekt-Abfolge (70), die zueinander passen, ausgewählt werden,  
– das ausgewählte Fertigungsobjekt gemäß dem ausgewählten Auftrag im weiteren Teilprozeß (100.5) bearbeitet wird  
– und weiterer Auswahlvorgang und Bearbeitung wiederholt werden, bis jeder Auftrag der Auftrags-Abfolge (50) den weiteren Teilprozeß durchlaufen hat.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß  
– die Reihenfolge der Aufträge in der Auftrags-Abfolge (50) mit der Reihenfolge, in der die Aufträge ausgewählt werden, verglichen wird,  
wobei für jeden Auftrag dessen Relativ-Position in der Auswahl-Reihenfolge im Vergleich zur Position in der Auftrags-Abfolge (50) ermittelt wird  
– und aus den Relativ-Positionen aller Aufträge eine Reihenfolge-Güte des Fertigungsprozesses berechnet wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Berechnung der Reihenfolge-Güte  
– der größte Wert aller Relativ-Positionen,  
– der kleinste Wert aller Relativ-Positionen  
– und/oder der Mittelwert aller Relativ-Positionen bestimmt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß  
– jeder Auftrag Merkmale des auftragspezifisch zu fertigenden Produkts umfaßt,  
– jedes Fertigungsobjekt Merkmale umfaßt, die in einem vorigen Teilprozeß (100.1) des Fertigungsprozesses hergestellt wurden,  
– und bei der Prüfung, ob ein Fertigungsobjekt und ein Auftrag zueinander passen, die Fertigungsobjekt-Merkmale mit einer Teilmenge der Produkt-Merkmale verglichen werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß  
– ein Fertigungsobjekt und ein Auftrag dann als zueinander passend gewertet werden,  
– wenn jedes Produkt-Merkmal des Auftrags, das der Teilmenge angehört, vereinbar mit allen Merkmalen des Fertigungsobjekts ist.

18. Verfahren nach einer der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß für jeden Auftrag der Auftrags-Abfolge (50) ein Datensatz in einer elektronischen Datenbank angelegt wird,  
der  
– ein erstes Datenfeld für die Position des Auftrags in der Auftrags-Abfolge (50) und  
– ein zweites Datenfeld für die Position des Auftrags in der Kopie (60) umfaßt,  
die Kopie gebildet wird, indem das zweite Datenfeld jedes Datensatzes mit dem jeweiligen Wert des ersten Datensatzes gefüllt wird  
und bei Auswahl des Auftrags die Position des Auftrags in der Kopie (60) im zweiten Datenfeld eingetragen wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet,

daß jeder Datensatz ein zunächst leeres drittes Datenfeld für den elektronischen Zwischenspeicher umfaßt, ein Auftrag dadurch in den Zwischenspeicher eingestellt wird, daß das dritte Datenfeld des Datensatzes für den Auftrag mit einer Kennung des Zwischenspeichers gefüllt wird, und ein Auftrag dadurch aus dem Zwischenspeicher entfernt wird, daß das dritte Datenfeld geleert wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Fertigungsprozeß einen Sortierpuffer (**500.3, 500.5**) umfaßt
- und beim Vorziehen des ausgewählten Fertigungsobjekts auf den ersten Platz der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) alle Fertigungsobjekte der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) vor dem ausgewählten Fertigungsobjekt in den Sortierpuffer (**500.3, 500.5**) eingestellt werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Sortierpuffer (**500.3, 500.5**) eine festgelegte Höchstanzahl verfügbarer Plätze für Fertigungsobjekte umfaßt
- und dann, wenn nicht für jedes Fertigungsobjekt, das in der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**) vor dem ausgewählten Fertigungsobjekt angeordnet ist, freie Plätze im Sortierpuffer (**500.3, 500.5**) verfügbar sind,
- die Auswahl des Auftrags und des Fertigungsobjekts rückgängig gemacht wird
- und der Auftrag aus dem Zwischenspeicher (**400.3, 400.5**) entfernt und markiert wird.

22. Vorrichtung zur automatischen Steuerung eines Fertigungsprozesses nach einem der Ansprüche 1 bis 21, die

- eine Einrichtung zum Auswählen eines Auftrags der Auftrags-Abfolge (**50**) und eines Fertigungsobjekts der Fertigungsobjekt-Abfolge (**70**), die zueinander passen,
- einen elektronischen Zwischenspeicher (**400.2, 400.3, 400.5**) für Aufträge,
- eine Einrichtung zum Erzeugen einer Kopie (**60**) der Auftrags-Abfolge (**50**)
- und eine Einrichtung zur Auswahl des Kundenauftrags mit der größten Verweildauer im elektronischen Zwischenspeicher (**400.2, 400.3, 400.5**)

umfaßt.

23. Computerprogramm-Produkt, das direkt in den internen Speicher eines Computers geladen werden kann und Softwareabschnitte umfaßt, mit denen ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21 ausgeführt werden kann, wenn das Produkt auf einem Computer läuft.

24. Computerprogramm-Produkt, das auf einem von einem Computer lesbaren Medium gespeichert ist und das von einem Computer lesbare Programm-Mittel aufweist, die den Computer veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21 auszuführen.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

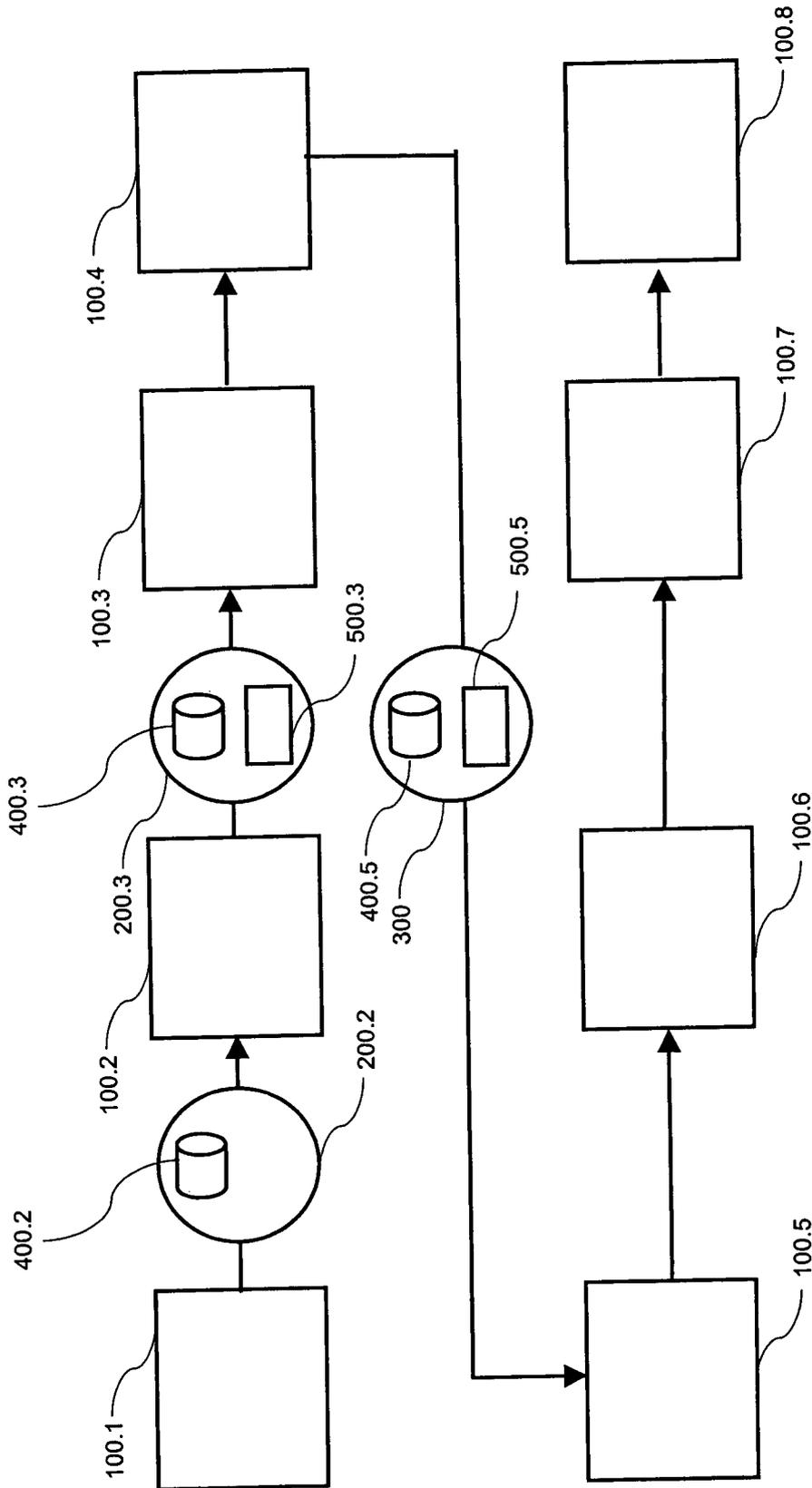


Fig. 1

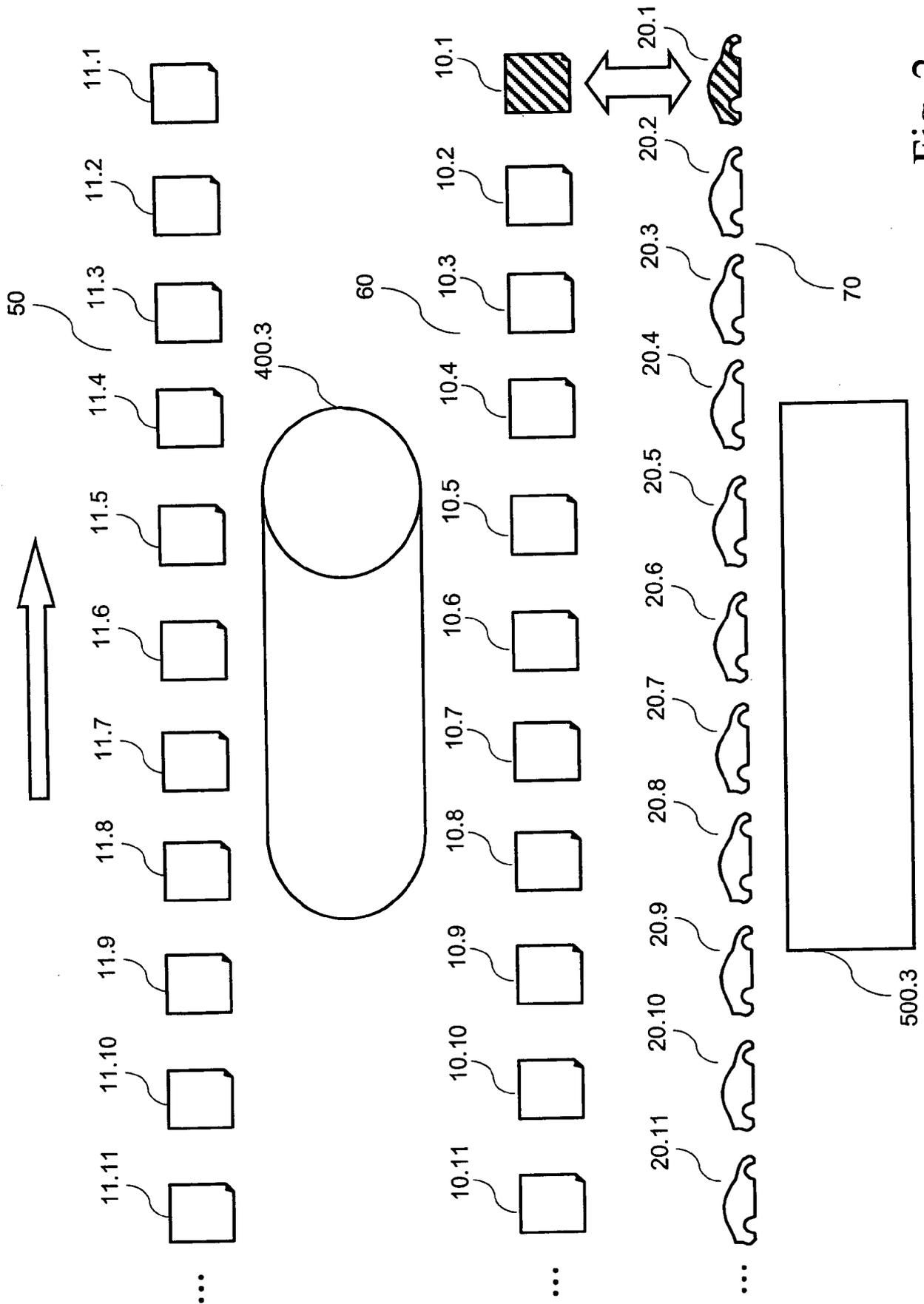


Fig. 2

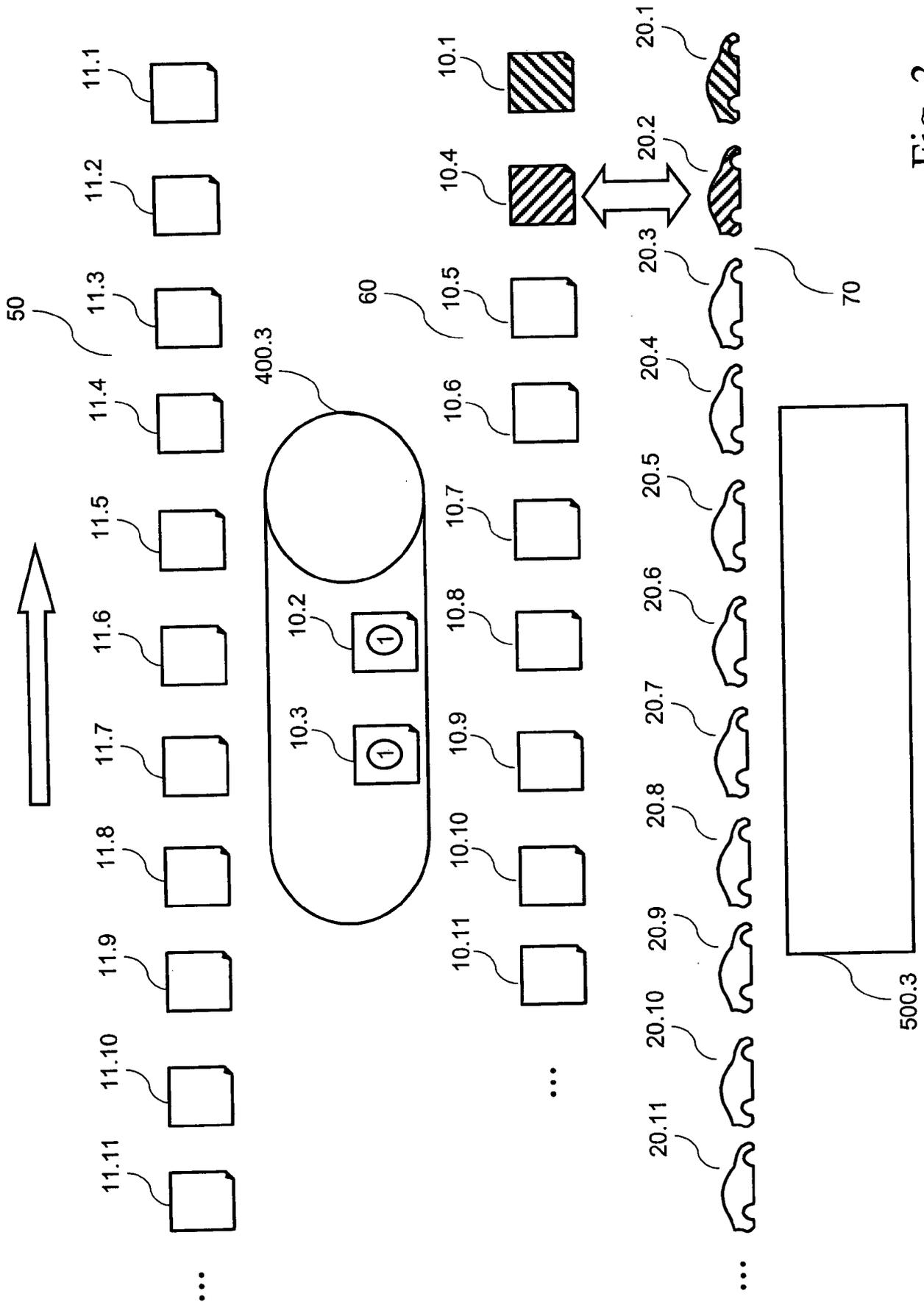


Fig. 3

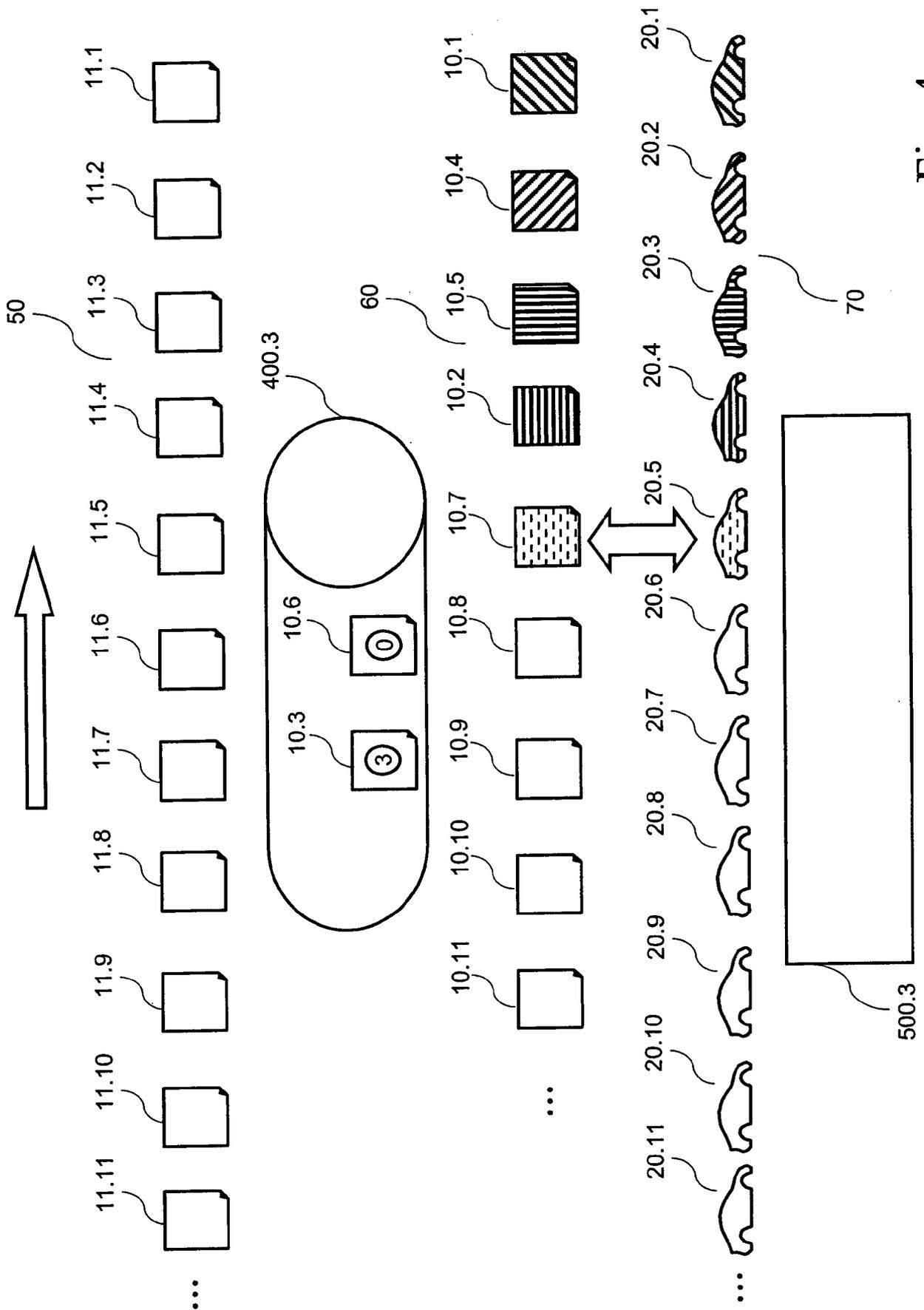


Fig. 4

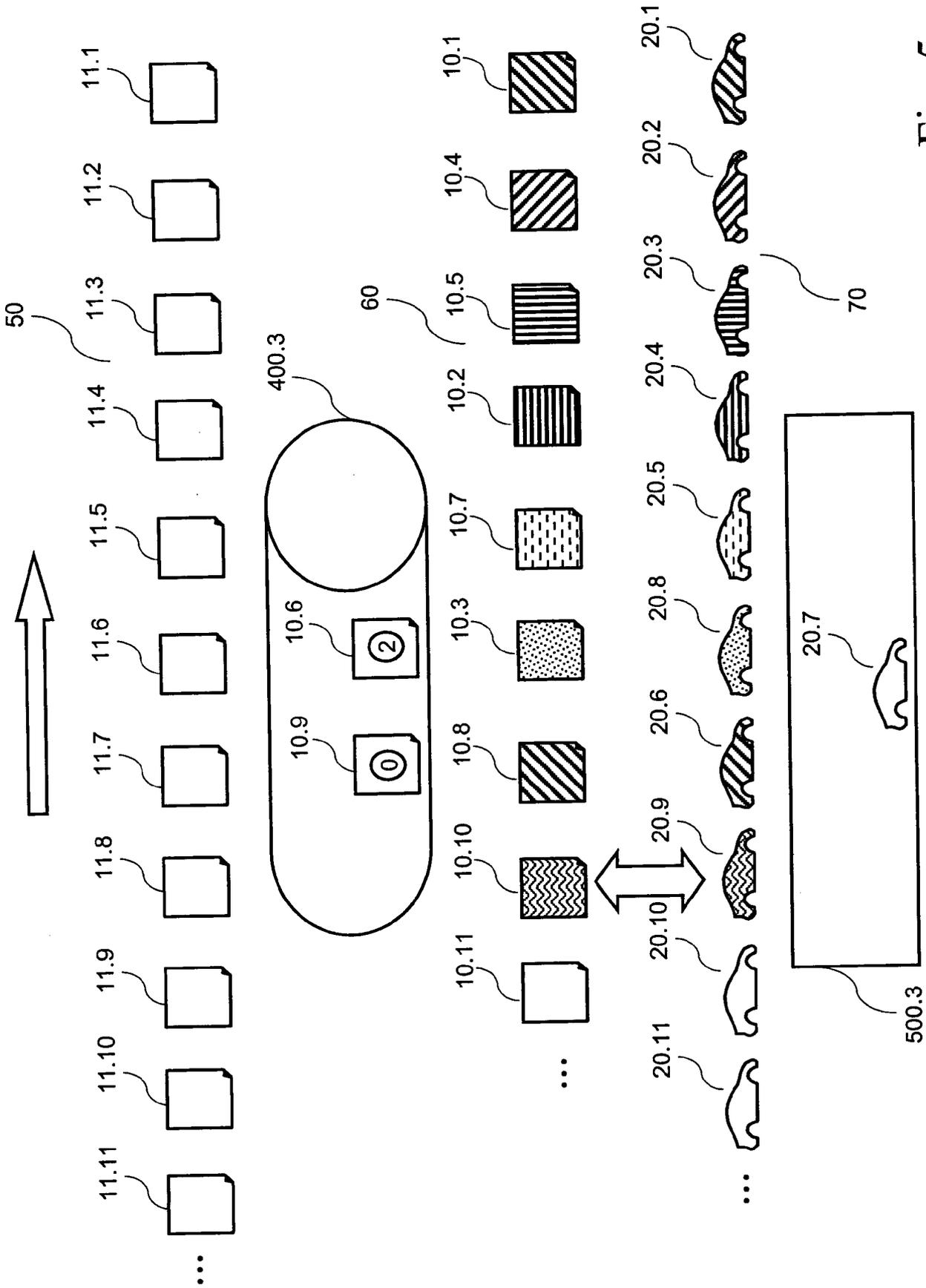


Fig. 5

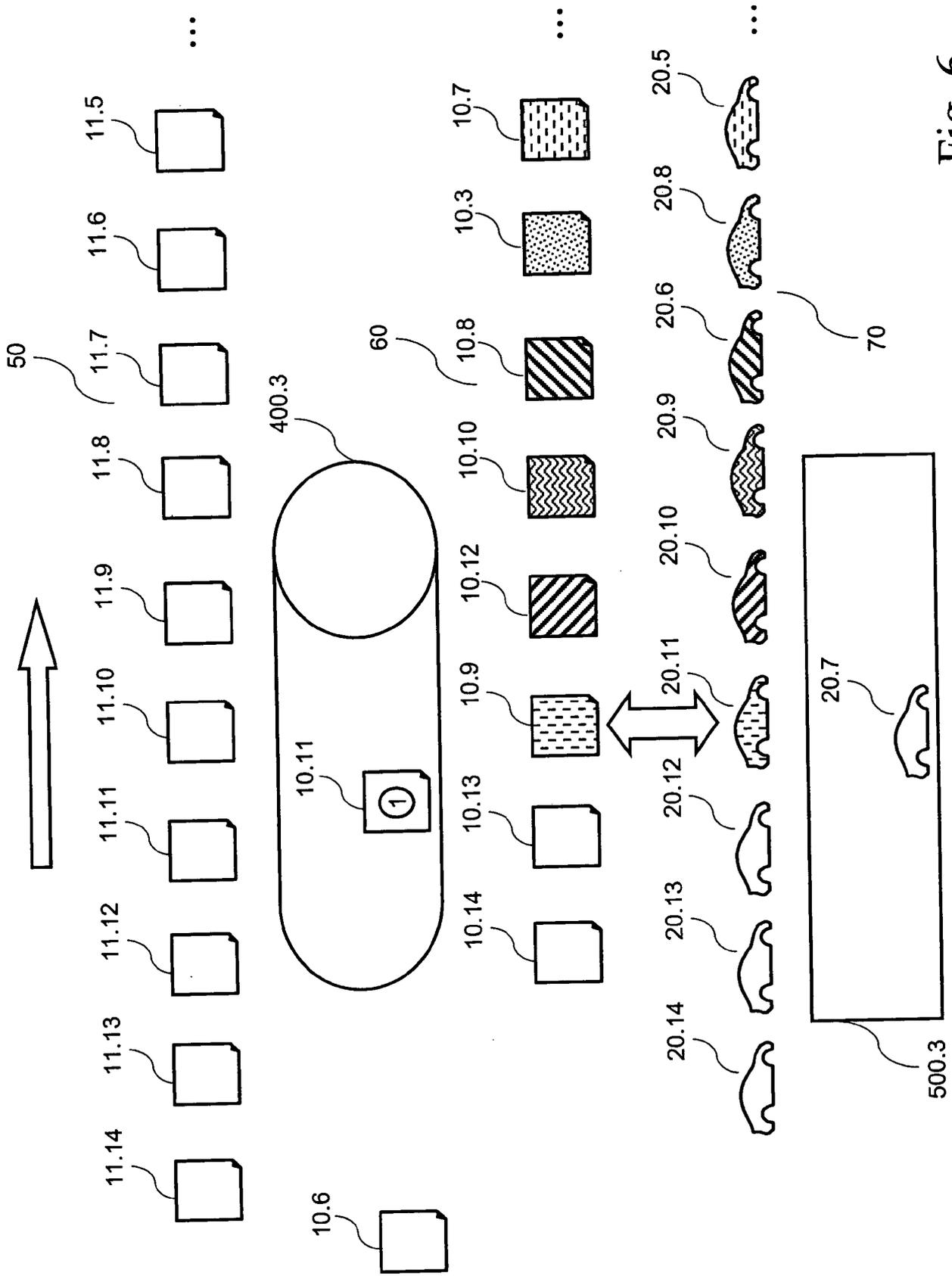


Fig. 6