

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
26. März 2020 (26.03.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/057713 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G06Q 10/04 (2012.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/074999

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. September 2018 (17.09.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: BAIER, Georg; Engelbertstraße 2, 81241 München (DE). HUPP, Lena; Bruderhofstr. 48, 81371 München (DE). ROYER, Christian; Hubertusstraße 3b, 85521 Otto-

brunn (DE). BECHER, Silvio; Hippelstr. 10, 81827 München (DE).

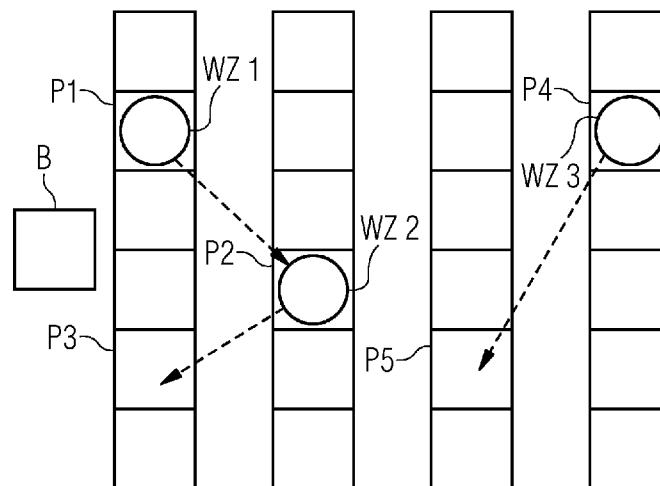
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE COMPUTER-AIDED OPTIMISATION OF TOOL TRANSPORTS FOR AT LEAST ONE TOOL MAGAZINE HAVING A NUMBER OF MAGAZINE LOCATIONS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR RECHNERGESTÜTZTEN OPTIMIERUNG VON WERKZEUGTRANSPORTEN FÜR MINDESTENS EIN EINE ANZAHL VON MAGAZINPLÄTZEN AUFWEISENDES WERKZEUGMAGAZIN

FIG 5A



(57) Abstract: The invention relates to a method for the computer-aided optimisation of tool transports for at least one tool magazine (R) which has a number of magazine locations (P) and which can be used for a machine tool used for the production of one or more workpieces with the aid of the tools provided by a magazine device at a provision location (B), said method having the following steps: a) detecting a quantity of tools, b) determining the space required for each tool, c) detecting a quantity of occupiable magazine locations for each tool, d) detecting a permissible output magazine occupancy, wherein one output magazine location is detected for each tool, e) detecting the permissible target magazine occupancy, wherein target magazine locations are detected for at least one partial quantity of the detected quantity of tools which are to be transported, f) detecting a quantity of transport durations required for a journey of the



WO 2020/057713 A1

RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

magazine device from one magazine location to another magazine location, g) determining a partial quantity of tool transports for which a transport sequence can be predefined or is predefined so that the tools can be moved in said transport sequence from their occupied magazine location to their target magazine location without collision in terms of space requirement, h) optimising the transport sequence for said partial quantity of tool transports such that the sum of the transport durations required for said tool transports is minimised.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur rechnergestützten Optimierung von Werkzeugtransporten für mindestens ein eine Anzahl von Magazinplätzen (P) aufweisendes Werkzeugmagazin (R), das für eine Werkzeugmaschine verwendbar ist, welche zur Fertigung von einem oder mehreren Werkstücken mit Hilfe der von einem Magazingerät an einem Bereitstellungsplatz (B) bereitgestellten Werkzeuge eingesetzt wird, aufweisend folgende Schritte: a) Erfassen einer Menge von Werkzeugen, b) Erfassen des Platzbedarfs für jedes Werkzeug, c) Erfassen einer Menge von belegbaren Magazinplätzen für jedes Werkzeug, d) Erfassen einer zulässigen Ausgangsmagazinbelegung, wobei ein Ausgangsmagazinplatz für jedes Werkzeug erfasst wird, e) Erfassen der zulässigen Zielmagazinplätze, wobei Zielmagazinplätze für zumindest eine Teilmenge aus der erfassten Menge von Werkzeugen erfasst werden, für die ein Werkzeugtransport durchgeführt werden soll, f) Erfassen einer Menge von Transport Zeitdauern, die jeweils eine Fahrt des Magazingeräts von einem Magazinplatz zu einem anderen Magazinplatz braucht, g) Bestimmen einer Teilmenge von Werkzeugtransporten, für die eine Transportreihenfolge vorgebar oder vorgegeben ist, so dass die Werkzeuge in dieser Transportreihenfolge kollisionsfrei hinsichtlich des Platzbedarfs von ihrem belegten Magazinplatz zu ihrem Zielmagazinplatz gebracht werden können, h) Optimierung der Transportreihenfolge für diese Teilmenge von Werkzeugtransporten derart, dass die Summe der für diese Werkzeugtransporte benötigten Transport Zeitdauern minimiert wird.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur rechnergestützten Optimierung
von Werkzeugtransporten für mindestens ein eine Anzahl von
5 Magazinplätzen aufweisendes Werkzeugmagazin

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur
rechnergestützten Optimierung von Werkzeugtransporten für
mindestens ein eine Anzahl von Magazinplätzen aufweisendes
10 Werkzeugmagazin, das für eine Werkzeugmaschine verwendbar
ist, welche zur Fertigung von einem oder mehreren Werkstücken
mit Hilfe der von einem Magazingerät an einem Bereitstel-
lungsplatz bereitgestellten Werkzeuge eingesetzt wird.

15 Eine Werkzeugmaschine ist eine automatisierte Fertigungsein-
richtung mit der eine vorgegebene Form an einem Werkstück
mittels eines oder mehrerer Werkzeuge erzeugt wird. Mehrere
Werkzeuge können einem Werkzeugtyp z.B. Fräsen zugeordnet
sein. Ein anderer Werkzeugtyp kann z.B. Bohren sein. Eine
20 Werkzeugmaschine besitzt eine Werkzeugspindel, in der sich
das bearbeitende Werkzeug, auch Spindelwerkzeug genannt, bei
der Bearbeitung befindet.

Die Werkzeuge, die von der Werkzeugmaschine zur Bearbeitung
25 eines Werkstücks verwendet werden können, sind in einem Werk-
zeugmagazin abgelegt. Davon gibt es verschiedene Arten. Eine
sehr häufig verwendete Form sind Kettenmagazine, die z.B. in
der Automobilindustrie zum Einsatz kommen.

30 Eine weitere Magazinart sind Regalmagazine R, wie es bei-
spielsweise in Figur 1 angedeutet ist, in denen sehr viele
verschiedene Werkzeuge untergebracht werden können (bis zu
500 Werkzeuge oder sogar eventuell noch mehr). Die Werkzeuge
sind darin auf festen Magazinplätzen P abgelegt. Ein solches
35 Magazin kann aus einer Hauptseite und einer gegenüberliegen-
den Gegenseite bestehen.

Das Regalmagazin besitzt eine Vorrichtung insbesondere ein Magazingerät, das in der Figur 1 nicht dargestellt ist, mit der ein Werkzeug auf seinem Magazinplatz P abgelegt und ge-
holt werden kann. Diese Magazinart wird vor allem dann ver-
wendet, wenn eine größere Vielfalt von unterschiedlichen
Werkstücken, für die eine Vielzahl an unterschiedlichen Werk-
zeugen benötigt wird, mit einer Werkzeugmaschine produziert
werden soll.

Die Bearbeitung eines Werkstücks eines bestimmten Werkstück-
typs erfolgt mit einer vorgegebenen Sequenz von Werkzeugen.
Ein Werkzeug kann dabei durchaus mehrmals in dieser Sequenz
vorkommen. Die Sequenz ist für alle Werkstücke eines Werk-
stücktyps z.B. Autositz die gleiche. Die Sequenz kann für
Werkstücke eines anderen Werkstücktyps eine andere sein.

Während eines Arbeitsschritts der Bearbeitung eines Werk-
stücks mit einem Werkzeug der Sequenz, dem Spindelwerkzeug,
wird im Regalmagazin das „Vorgängerwerkzeug“ des vorhergehen-
den Arbeitsschritts auf seinen Magazinplatz zurückgefahren
bzw. zurückgelegt. Anschließend erfolgt eine Leerfahrt zum
Magazinplatz des „Nachfolgerwerkzeugs“ des nachfolgenden Ar-
beitsschrittes. Dieses wird dann aufgenommen und zu einem Be-
reitstellungsplatz transportiert bzw. transferiert. Ist der
aktuelle Arbeitsschritt, d.h. die Bearbeitung mit dem aktuel-
len Spindelwerkzeug beendet, so erfolgt ein Austausch des
Werkzeugs in der Spindel (z.B. mit einem Werkzeugwechsler).
Falls die Bearbeitung mit dem Spindelwerkzeug beendet ist,
aber das Nachfolgerwerkzeug für den folgenden Arbeitsschritt
noch nicht bereitsteht, entsteht eine Wartezeit bei der Spin-
delversorgung. Diese einzelnen Wartezeiten reduzieren die Ma-
schinen-Effizienz und erhöhen die Produktionsdauer. Deshalb
sollen diese Wartezeiten vermieden werden.

Bei den Platzierungen und Umlagerungen von Werkzeugen im Re-
galmagazin sind folgende Platzrestriktionen zu beachten:

Ein Werkzeug darf gewöhnlich nicht an jeden Magazinplatz gestellt werden, d.h. es gibt für das Werkzeug belegbare Magazinplätze unter den folgenden Bedingungen:

- 5 • Der Magazinplatztyp des Werkzeugs, und der Magazinplatztyp des Magazins bzw. Regalplatzes müssen kompatibel sein. So dürfen z.B. schwere Werkzeuge nicht auf Magazinplätze für leichte Werkzeuge gestellt werden und ggf. umgekehrt.
- Werkzeuge dürfen am Rand nicht überragen.
- 10 • Auf gesperrten Magazinplätzen dürfen keine Werkzeuge stehen.

Eine zulässige Magazinbelegung ist eine Anordnung der Werkzeuge im Magazin, so dass jedes Werkzeug sich auf einem belegbaren Platz befindet und die Platzbedarfe der Werkzeuge sich nicht überlappen. Zulässige Magazinplätze hängen von der aktuellen Belegung des Werkzeugmagazins ab. Demnach unterliegen alle zulässigen Magazinplätze zusätzlichen Einschränkungen:

- 20 - Auf jedem Magazinplatz darf höchstens ein Werkzeug platziert sein
- Der Platzbedarf des Werkzeugs darf sich nicht mit dem Platzbedarf eines anderen, in der Regel benachbarten Werkzeuges im Magazin überlappen.

25 Werden mehrere Werkstücke hintereinander gefertigt, kann es vorteilhaft sein, die Werkzeuge im Werkzeugmagazin kollisionsfrei umzulagern bzw. umzusortieren, um beispielsweise Wartezeiten bei der Spindelversorgung zu reduzieren und damit
30 die Maschinen-Effizienz zu erhöhen. Eine zulässige Zielzuordnung bzw. -zuweisung der Werkzeuge, die ebenfalls die Platzrestriktionen berücksichtigt, sollte gegeben sein. Kollisionsfrei hinsichtlich des Platzbedarfs bedeutet in diesem Zusammenhang, dass ein Werkzeug auf einen zulässigen Magazinplatz transportiert werden kann.

35

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Optimierung von Werkzeugtransporten durchzuführen. Es soll die ursprüngliche Werk-

zeugzuordnung in die Zielzuordnung überführt werden, so dass zu jedem Zeitpunkt im Umsortiervorgang die Zulässigkeit der Magazinbelegung eingehalten wird und die benötigte Zeitdauer für die Werkzeugtransporte bzw. für den Umsortiervorgang mi-

5 nimiert wird.

Diese Aufgabe wird durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

10

Die Erfindung beansprucht ein Verfahren zur rechnergestützten Optimierung von Werkzeugtransporten für mindestens ein eine Anzahl von Magazinplätzen aufweisendes Werkzeugmagazin, das für eine Werkzeugmaschine verwendbar ist, welche zur Ferti-

15 gung von einem oder mehreren Werkstücken mit Hilfe der von einem Magazingerät an einem Bereitstellungsplatz bereitgestellten Werkzeuge eingesetzt wird, aufweisend folgende Schritte:

- a) Erfassen einer Menge von Werkzeugen,
- 20 b) Erfassen des Platzbedarfs für jedes Werkzeug,
- c) Erfassen einer Menge von belegbaren Magazinplätzen für jedes Werkzeug,
- d) Erfassen einer zulässigen Ausgangsmagazinbelegung, wobei ein Ausgangsmagazinplatz für jedes Werkzeug erfasst wird,
- 25 e) Erfassen der zulässigen Zielmagazinbelegung, wobei Zielmagazinplätze für zumindest eine Teilmenge aus der erfassten Menge von Werkzeugen erfasst werden, für die ein Werkzeugtransport durchgeführt werden soll,
- f) Erfassen einer Menge von Transportzeitdauern, die je-
- 30 weils eine Fahrt des Magazingeräts von einem Magazinplatz zu einem anderen Magazinplatz braucht,
- g) Bestimmen einer Teilmenge von Werkzeugtransporten, für die eine Transportreihenfolge vorgebbar oder vorgegeben ist, so dass die Werkzeuge in dieser Transportreihenfolge kollisionsfrei hinsichtlich des Platzbedarfs von ihrem belegten Ma-
- 35 gazinplatz zu ihrem Zielmagazinplatz gebracht werden können, und

h) Optimierung der Transportreihenfolge für diese Teilmenge von Werkzeugtransporten derart, dass die Summe der für diese Werkzeugtransporte benötigten Transportzeitdauern minimiert wird.

5

Der Umsortiervorgang bzw. die Verlagerung von einer gegebenen Transportreihenfolge von Werkzeugen im Magazin läuft in der Regel folgendermaßen ab. Das Magazingerät fährt zum Ausgangsplatz des ersten Werkzeuges in der Transportreihenfolge. Dieses Werkzeug wird dann kollisionsfrei (hinsichtlich seines Platzbedarfs) auf seinen Zielmagazinplatz transportiert. Anschließend fährt das Magazingerät ohne Werkzeug zu dem Ausgangsplatz des zweiten Werkzeuges in der Transportreihenfolge und transportiert dieses wieder kollisionsfrei auf seinen Zielmagazinplatz. Dies wird solange wiederholt bis die gegebene Transportreihenfolge abgearbeitet ist.

Eine solche Teilmenge von Werkzeugtransporten kann zum Beispiel wie folgt bestimmt werden: Suche alle kollisionsfrei ausführbare Werkzeugtransporte und wähle eine beliebige Reihenfolge. Wenn die Menge mindestens ein Element enthält, dann findet man einen solchen Werkzeugtransport.

Der in Schritt g) belegte Magazinplatz kann der aktuell belegte Magazinplatz, der Ausgangsmagazinplatz, aber auch ein Magazinplatz, auf dem das Werkzeug zwischengeparkt ist, sein.

Die Schritte g) und h) können gegebenenfalls mehrfach wiederholt werden bis alle in Schritt e) erfassten Werkzeuge ihren Zielmagazinplatz erreicht haben.

Wenn ein Werkzeug seinen Zielmagazinplatz belegt, wird die Menge der von ihm belegbaren Magazinplätzen auf den Zielmagazinplatz reduziert. Ein solches Werkzeug darf dann nicht mehr verschoben werden.

Die Werkzeugtransporte können anhand der optimierten Transportreihenfolge durchgeführt werden.

Durch das erfindungsgemäße Vorgehen wird die Summe der für diese Werkzeugtransporte benötigten Transportzeitdauern minimiert. Die Menge von Transportzeitdauern kann eine Menge von
5 Leerfahrtzeitdauern für jede werkzeuglose Fahrt des Magazin-
geräts von einem Magazinplatz zu einem anderen Magazinplatz
umfassen. Somit kann die genannte Optimierung derart durchge-
führt werden, dass die Summe der Leerfahrtzeitdauern mini-
miert wird.

10

Verklemmungen stellen typischerweise einen Zugriffskonflikt auf Ressourcen dar, vorliegend auf die Magazinplätze. Insbe-
sondere können Transportzyklen auftreten, die sich beispiels-
weise so auswirken, dass ein erstes Werkzeug auf den Platz
15 eines zweiten Werkzeugs transportiert werden soll und umge-
kehrt und somit eine Verklemmung, auch Deadlock genannt, ein-
tritt.

20

Beansprucht wird unter anderem, dass zumindest ein Werkzeug
aus der erfassten Menge von Werkzeugen von seinem belegten
Magazinplatz auf einen anderen belegbaren Magazinplatz kolli-
sionsfrei transportiert wird, um eine mindestens einelementi-
gen Teilmenge von Werkzeugtransporten gemäß Schritt g) zu be-
stimmen und um mit Schritt h) fortzufahren. Die Schritte g)
25 und h) können gegebenenfalls mehrfach wiederholt werden, so-
lange in Schritt g) mindestens eine einelementige Teilmenge
(d.h. die Elemente sind die Werkzeugtransporte) bestimmt wer-
den kann.

30

Anders ausgedrückt, wird in Schritt g) eine leere Teilmenge
bestimmt, so terminiert das Verfahren. Es können aber dann
noch Transportzyklen existieren, die nicht aufgelöst sind.

35

Solche Verklemmungen werden durch das erfindungsgemäße Ver-
fahren gegebenenfalls durch Anwendung einer Tiefensuche in
polynomialer Laufzeit erkannt bzw. ermittelt und "entfernt"
bzw. für die durchzuführende Optimierung herausgenommen bzw.
ausgeschlossen. Zusätzlich können die Werkzeuge, die für ei-

nen Werkzeugtransport in einer Folgeabhängigkeit, auch Nach-
folgepräzedenz genannt, zu den ermittelten Verklemmungen ste-
hen aus der Optimierung ausgeschlossen werden. Auch die
Folgeabhängigkeiten zu den ermittelten Verklemmungen können
5 durch eine Breiten- oder Tiefensuche in polynomialer Laufzeit
ermittelt werden.

Um diese Verklemmung aufzulösen, muss zunächst ein erstes
Werkzeug, das auf dem Zielmagazinplatz eines zweiten Werk-
10 zeugs steht, auf einen anderen Magazinplatz zwischengeparkt
werden, um das zweite Werkzeug auf dessen Zielmagazinplatz
transportieren zu können.

Demnach kann die genannte Teilmenge von Werkzeugtransporten
15 aus Schritt g) ermittelt werden durch:

- a) Bilden von Präzedenzen für die Werkzeugtransporte
- b) Ermitteln von Werkzeugtransporten, die in Verklemmungen
bei der Belegung der Magazinplätze für die Werkzeugtransporte
involviert sind,
- 20 c) Bestimmung von Werkzeugtransporten, die in einer Folge-
abhängigkeit zu den ermittelten Verklemmungen stehen
- d) Bestimmung der Teilmenge von Werkzeugtransporten unter
Ausschluss der vorstehend in b) und c) ermittelten Werkzeug-
transporte.

25

Mit anderen Worten ausgedrückt, können solche Verklemmungen
durch folgenden heuristischen Ansatz aufgelöst werden.

- Suchen eines zunächst direkt erreichbaren und erst bei
Misserfolg eines indirekt erreichbaren, belegbaren Magazin-
30 platzes für ein in eine Verklemmung involviertes Werkzeug,
- Durchführen der entsprechend benötigten Werkzeugtransporte.

Um in einer Weiterbildung der Erfindung "direkt" vorzugehen,
wird zumindest ein Werkzeug aus der erfassten Menge von Werk-
35 zeugen, das in eine Verklemmung oder in eine Folgeabhängig-
keit involviert ist, von dem von ihm belegten Magazinplatz
auf einen anderen belegbaren Magazinplatz kollisionsfrei
transportiert, um eine mindestens einelementige Teilmenge von

Werkzeugtransporten gemäß Schritt g) zu bestimmen und um mit Schritt h) fortzufahren.

5 Damit kann ein anderes in dieselbe Verklemmung involviertes Werkzeug kollisionsfrei von seinem belegten Magazinplatz auf den freigewordenen Zielmagazinplatz transportiert werden.

10 Um in einer Weiterbildung der Erfindung "indirekt" vorzugehen, wird zumindest ein Werkzeug aus der erfassten Menge von Werkzeugen von dem von ihm belegten Magazinplatz auf einen anderen belegbaren Magazinplatz kollisionsfrei transportiert, damit mindestens ein in eine Verklemmung oder in eine Folgeabhängigkeit involviertes Werkzeug kollisionsfrei von seinem Magazinplatz auf diesen freigewordenen belegbaren Magazinplatz transportiert werden kann, um eine mindestens einelementige Teilmenge von Werkzeugtransporten gemäß Schritt g) zu bestimmen und um mit Schritt h) fortzufahren.

20 Normalerweise bleibt das "verschobene" Werkzeug erstmal dort, als sein aktueller belegter Magazinplatz. Falls das Werkzeug einen Zielmagazinplatz hat, wird es später auf diesen transportiert.

25 Im Ergebnis wird diese optimierte Werkzeugtransportreihenfolge einer Liste einer oder mehrerer bereits oben vorgenommenen Optimierungen hinsichtlich der Werkzeugtransportreihenfolge hinzugefügt. Die Werkzeugtransporte sind damit optimiert, wenn die Werkzeugtransporte anhand der optimierten Transportreihenfolge letztendlich durchgeführt werden können.

30

Die Gesamtumsortierzeitdauer, die sich aus den Transportzeitdauern ggf. inklusive Leerfahrtzeitdauern ergibt, kann sich aus den Hol-Zeitdauern, die jeweils die Zeitdauer für das Holen eines Werkzeugs durch das Magazingerät von einem für das Werkzeug zulässigen Magazinplatz zu einem für das Werkzeug zulässigen Magazinplatz umfasst und aus den notwendigen Leerfahrt-Zeitdauern, wobei eine Leerfahrt eine Fahrt des Maga-

35

zingeräts ohne Werkzeug von einem ersten Magazinplatz zu einem anderen zweiten Magazinplatz bedeutet.

Die genannte Optimierung kann mittels nächstgelegener-
5 Nachbar-Heuristik durchgeführt wird. In der Nearest-Neighbour
Heuristik wird zu Beginn ein Werkzeugtransport durchgeführt,
der kollisionsfrei durchführbar ist. Anschließend wird unter
den kollisionsfrei möglichen Transporten, derjenige gewählt
10 für den die Leerfahrt-Zeitdauer vom Zielmagazinplatz des zu-
letzt transportierten Werkzeugs zum Magazinplatz des gewähl-
ten Werkzeugs minimal ist. Dies wird solange durchgeführt,
bis alle Werkzeugtransporte durchgeführt sind.

15 Alternativ kann die genannte Optimierung mittels gemischt
ganzzahlig linearer Optimierung durchgeführt werden, die je-
weils in den nachstehenden Ausführungsbeispielen näher erläu-
tert werden.

20 Ein Spezialfall von Optimierungsmethoden ist die lineare Op-
timierung. Sie befasst sich mit der Optimierung linearer
Zielfunktionen über einer Menge, die durch lineare Gleichun-
gen und Ungleichungen eingeschränkt ist. Sie ist Grundlage
der Lösungsverfahren der (gemischt-) ganzzahligen linearen
25 Optimierung. Ein sogenannter Solver (Löser) ist eine Sammel-
bezeichnung für spezielle mathematische Computerprogramme,
die mathematische Probleme numerisch lösen können. Im Zusam-
menhang mit MILP (mixed integer linear programming bzw. ge-
mischt ganzzahlige lineare Programmierung) können für IP-
30 Programme (ganzzahlige Optimierungsmodelle) Standardsolver
wie z.B. CPLEX, Scip, Gurobi, Xpress verwendet werden.
Typischerweise wird eine Startkonfiguration vorgegeben, die
iterativ mittels Optimierung zu einem Zielergebnis geführt
wird. Für eine Startkonfiguration des MILP-Modells kann eine
35 Berechnung aus einer nächstgelegener-Nachbar-Heuristik ver-
wendet werden.

Erfindungsgemäß kann ein Modell für die gemischt ganzzahlige lineare Optimierung als sogenanntes asymmetrisches Traveling Salesman Problem unter Berücksichtigung der Präzedenzen formuliert werden, das durch einen Graphen mit Knoten und Kanten repräsentiert werden kann. Dabei können die Knoten jeweils durch ein Tupel bestehend aus Ausgangs- und Zielmagazinplatz aus der erfassten Teilmenge an Werkzeugtransporten repräsentiert werden, deren Ausgangs- und Zielmagazinplatz unterschiedlich sind. Die Kanten können jeweils durch eine Gewichtung ergänzt werden, die sich jeweils aus einer Leerfahrtzeitdauer von einem Zielmagazinplatz des vorangehenden Knotens zu einem Ausgangsmagazinplatz des nachfolgenden Knotens ergibt.

15

Die Erfindung bringt folgende Vorteile mit sich:

- Automatisierte Umsortierung von Regalmagazinen für Werkzeugmaschinen.
- Sehr kurze Umsortierzeit durch Minimierung der Leerfahrtzeiten.
- Umsortierung von Regalmagazinen zur Minimierung der Wartezeiten bei der Spindelversorgung.
- Verringerung der Stillstandszeit der Werkzeugmaschine, da die Maschine nicht völlig be- und entladen werden muss.

25

Ein weiterer Aspekt der Erfindung sieht eine Steuereinrichtung vor, die insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach oben genannter Art und dessen Ausführungsformen ausgebildet ist. Die Steuereinrichtung - bzw. -vorrichtung (nicht in Figur 1 gezeigt) kann ein der Werkzeugmaschine beigeordnet und ggf. abgesetzt angeordneter Rechner oder in die Werkzeugmaschine integriertes Steuerungsmodul sein.

35

Die Steuereinrichtung zur rechnergestützten Optimierung einer Werkzeugtransportreihenfolge für mindestens ein eine Anzahl von Magazinplätzen (P) aufweisendes Werkzeugmagazin (R) weist, das für eine Werkzeugmaschine verwendbar ist, welche zur Fertigung von einem oder mehreren Werkstücken mit Hilfe der von einem Magazingerät an einem Bereitstellungsplatz bereitgestellten Werkzeuge eingesetzt wird, auf:

- a) Erfassungseinheit zum Erfassen einer Menge von Werkzeugen,
- b) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfassen des Platzbedarfs für jedes Werkzeug,
- c) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfassen einer Menge von belegbaren Magazinplätzen für jedes Werkzeug,
- d) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfassen einer zulässigen Ausgangsmagazinbelegung, wobei ein Ausgangsmagazinplatz für jedes Werkzeug erfasst wird,
- e) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfassen der zulässigen Zielmagazinbelegung, wobei Zielmagazinplätze für zumindest eine Teilmenge aus der erfassten Menge von Werkzeugen erfasst werden, für die ein Werkzeugtransport durchgeführt werden soll,
- f) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfassen einer Menge von Transportzeitdauern, die jeweils eine Fahrt des Magazingeräts von einem Magazinplatz zu einem anderen Magazinplatz braucht,
- g) eine Bestimmungseinheit zum Bestimmen einer Teilmenge von Werkzeugtransporten, für die eine Transportreihenfolge vorgebar oder vorgegeben ist, so dass die Werkzeuge in dieser Transportreihenfolge kollisionsfrei hinsichtlich des Platzbedarfs von ihrem belegten Magazinplatz zu ihrem Zielmagazinplatz gebracht werden können, und
- h) eine Optimierungseinheit zum Optimierung der Transportreihenfolge für diese Teilmenge von Werkzeugtransporten derart, dass die Summe der für diese Werkzeugtransporte benötigten Transportzeitdauern minimiert ist oder wird.

Die Einheiten können hardware-, firmware- und/oder softwaremäßig implementiert sein.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung ist ein Computerprogramm(-produkt) mit Programmcodemitteln zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Verfahrensansprüche, wenn es auf einer Steuereinrichtung der oben genannten Art abläuft oder auf einem computerlesbaren Medium gespeichert ist.

Das Computerprogramm bzw. -produkt kann auf einem computerlesbaren Medium gespeichert sein. Das Computerprogramm bzw. -produkt kann in einer üblichen Programmiersprache (z.B. C++, Java) erstellt sein. Die Verarbeitungseinrichtung kann einen marktüblichen Computer oder Server mit entsprechenden Eingabe-, Ausgabe- und Speichermitteln umfassen. Diese Verarbeitungseinrichtung kann in der Steuereinrichtung oder in deren Mitteln integriert sein.

Die Steuereinrichtung sowie das Computerprogramm(-produkt) können analog zum oben genannten Verfahren weiter- bzw. ausgebildet sein.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen.

Es zeigen:

Fig. 1 die eingangs erwähnten Plätze in einem Regalmagazin, wobei die Hauptseite rechts und die Gegenseite links angeordnet sind,

Fig. 2 schematisch ein Ablaufdiagramm zum iterativen Verfahren mit einer Startkonfiguration, bei dem das ganzzahlige lineare Optimierungsverfahren angewandt wird,

Fig. 3A und Fig. 3B ein Vorgehen zum Festlegen einer Präzedenz,

5 Fig. 4A und Fig. 4B ein Vorgehen zum Entfernen von Verklemmungen,

10 Fig. 5A und Fig. 5B ein Vorgehen zur Konstruktion eines Graphen G aus der Menge von Tupeln aus Ausgangs- und Zielmagazinplatz,

Fig. 6 das Ergebnis des konstruierten Graphen,

Fig. 7 eine zulässige Tour auf dem Graphen,

15 Fig. 8A und Fig. 8B einen Transport zu einem direkt und indirekt erreichbaren zulässigen Magazinplatz.

20 Gemäß Figur 2 ist der Input bzw. die Eingabe IN, wie bereits oben beschrieben, die Anfangs- und die zu erreichende Zielzuordnung der Werkzeuge auf den Magazinplätzen P im Magazin R. Sowohl die Anfangs- als auch die Zielzuordnung erfüllen alle Platzrestriktionen. Dabei wird eine Menge von Werkzeugen, der Platzbedarfs für jedes Werkzeug, eine Menge von zulässigen
25 belegbaren Magazinplätzen für jedes Werkzeug, die (zulässige) Ausgangsmagazinbelegung und damit des Ausgangsmagazinplatzes für jedes Werkzeug, die zulässige Zielmagazinbelegung und damit die Zielmagazinplätze für zumindest eine Teilmenge aus der erfassten Menge von Werkzeugen, für die ein Werkzeug-
30 transport durchgeführt werden soll, sowie eine Menge von Transportzeitdauern, die jeweils eine Fahrt des Magazingeräts von einem Magazinplatz zu einem anderen Magazinplatz braucht, erfasst.

35 Ziel ist eine optimierte Transportreihenfolge für Werkzeuge, wobei jedes Werkzeug kollisionsfrei hinsichtlich seines Platzbedarfs von seinem ursprünglichen Magazinplatz zu seinem

Zielmagazinplatz transportiert werden soll. Durch die festgelegte Anfangs- bzw. Ausgangs- und Zielzuordnung bzw. Zielmagazinbelegung können jedoch folgende zwei Fälle eintreten:

1. Einige Werkzeuge müssen zuerst von ihrem ursprünglichen Magazinplatz auf einen belegbaren freien oder freigewordenen Magazinplatz wegtransportiert werden, bevor ein anderes Werkzeug darauf platziert werden kann.
2. Transportzyklen existieren.

10

Im ersten Fall ist es sinnvoll, dass Präzedenzen festgelegt werden, die erfordern, dass bestimmte Werkzeuge vor anderen Werkzeugen zu ihrem Zielmagazinplatz transportiert werden. Beispielsweise wird in Figur 3A das Werkzeug WZ2 zuerst zu seinem Zielmagazinplatz P3 gebracht werden, bevor Werkzeug WZ1 von seinem Magazinplatz P1 zu seinem Zielmagazinplatz P2 gebracht werden kann (siehe Figur 3B). Es können in Schritt 1 von Figur 2 Vorgängerbeziehung bzw. Abhängigkeiten für die Werkzeugtransporte ermittelt werden, wonach sich Präzedenzen für die Werkzeugtransporte ergeben bzw. gebildet werden. In Figur 3A ist zudem der eingangs erläuterte Bereitstellungsplatz mit B gekennzeichnet.

15

20

25

Bei der Bestimmung der Präzedenzen kann der oben beschriebene zweite Fall eintreten und es können Verklemmungen bzw. Transportzyklen sichtbar werden, welche zuerst aufgelöst werden müssen. Die Transportzyklen können in Schritt 2 von Figur 2 mittels einer Tiefensuche in polynomialer Laufzeit gefunden werden.

30

Transportzyklen wirken sich beispielsweise so aus, dass ein Werkzeug z.B. WZ1 den Magazinplatz P2 des Werkzeugs WZ2 benötigt, Werkzeug WZ2 den Magazinplatz von Werkzeug WZ3 und im vorliegenden Fall gemäß Figur 4A ein weiteres Werkzeug WZ3 den Magazinplatz P1 von Werkzeug WZ1 und somit eine Verklem-

35

5 mung in Form eines Ringschlusses, auch Deadlock genannt, eintritt. Bevor die Transportzyklen aufgelöst werden, werden diese zunächst entfernt. Das Ergebnis ist in Figur 4B gezeigt. Das heißt, alle Werkzeuge, die einem Transportzyklus
10 angehören und zusätzlich alle Werkzeuge, die Nachfolgepräzedenzen zu Werkzeugen in Transportzyklen aufweisen (z.B. Werkzeug WZ 4 in Figur 4A), werden gemäß Schritt 3 von Figur 2 mit den zugehörigen Anfangs- und Zielmagazinplätzen aus der Problemstellung gelöscht bzw. entfernt bzw. zunächst im wei-
15 teren Vorgehen nicht betrachtet. Die gestrichelten Pfeile in Figur 4A deuten die durchzuführenden Werkzeugtransfers an. Beispielsweise soll Werkzeug WZ1 von (Magazin-)Platz P1 zu (Magazin-)Platz P2 gebracht werden. Die Werkzeuge WZ1, WZ2 und WZ3 bilden einen Transportzyklus. Da das Werkzeug WZ1
20 übergroß ist, überdeckt es nicht nur Platz P1 sondern auch (Magazin-)Platz P3, auf den das Werkzeug WZ4 transportiert werden soll. Das heißt, Werkzeug WZ1 muss vor Werkzeug WZ4 auf seinen Zielmagazinplatz gebracht werden. Damit wird für WZ4 eine Nachfolgepräzedenz zu einem Werkzeug aus dem Trans-
25 portzyklus induziert. Die Figur 4B zeigt das reduzierte Magazin, wobei sich die verbleibenden Werkzeuge kollisionsfrei zu einem anderen (Ziel-)Magazinplatz transportiert werden können.

30 Das Ergebnis nach dem Löschvorgang ist dann die Menge der durchzuführenden Werkzeugtransfers (siehe Schritt 4 von Figur 2), welche keine Transportzyklen mehr induzieren. Es ist dann in Schritt 5 von Figur 2 die Reihenfolge der Werkzeugtransfers - bzw. Transporte festzulegen und zu optimieren,
35 die abschließend durchgeführt werden. Dazu wird ein gemischt ganzzahliges Programm (MIP) benutzt, welches die Präzedenzen modelliert und die Reihenfolge der Werkzeugtransfers ermittelt, so dass die Summe der Transportzeitdauern minimiert wird. Zur Berechnung der Reihenfolge der Werkzeugtransfers
40 wird die MIP Formulierung eines asymmetrischen Traveling Salesman Problems (ATSP) mit Präzedenzrestriktionen verwendet. Die Lösung des MIPs liefert einen ersten Teil des Ergebnisses, das in Figur 2 mit OUT bezeichnet wird. Das Ergebnis ist

eine Transferliste. Da keine Transportzyklen mehr existieren, die Präzedenzen im Modell berücksichtigt sind und sowohl die Anfang- als auch die Zielzuordnung zulässig sind, ist sichergestellt, dass die Lösung des MIPs eine Reihenfolge für das Umsortieren liefert, bei der zu jedem Zeitpunkt die Zulässigkeit aller auftretenden Magazinbelegungen eingehalten wird. Eine detaillierte Beschreibung des Vorgehens folgt nachstehend zu den Figuren 5A, 5B, 6, 7 und 8. Normalerweise kann das ATSP-MIP mit Präzedenzen meist innerhalb weniger Sekunden gelöst werden.

Im nächsten Schritt 6 von Figur 2 müssen die zwischenzeitlich entfernten Transportzyklen aufgelöst werden, da kein weiterer kollisionsfreier Transfer der Werkzeuge mehr möglich ist. Deshalb müssen Werkzeuge aus den Transportzyklen auf anderen Magazinplätzen temporär geparkt und entsprechende Magazinplätze zuerst freigeräumt werden. Das Auflösen der Transportzyklen wird genauer nachfolgend zu Figur 8A und 8B beschrieben.

Dadurch erhält man wieder kollisionsfrei ausführbare Werkzeugtransfers, für die mit der oben beschriebenen Prozedur erneut die Reihenfolge der Werkzeugtransfers bestimmt werden kann. Die so ermittelten Werkzeugtransfers werden zur Transferliste hinzugefügt. Das heißt, es werden zunächst die Präzedenzen bestimmt, danach die Transportzyklen, welche entfernt werden müssen, und schließlich wird das ATSP MIP mit Präzedenzen verwendet, um die Reihenfolge der Werkzeugtransfers festzulegen. Dieses Verfahren wird so lange durchgeführt, bis alle Transportzyklen aufgelöst und die Transportreihenfolge der zugehörigen Werkzeugtransfers berechnet und/oder vorgegeben wurde oder keine weiteren Transportzyklen mehr aufgelöst werden können. Es wird eine Teilmenge von Werkzeugtransporten, so dass die Werkzeuge in dieser Transportreihenfolge kollisionsfrei hinsichtlich des Platzbedarfs von ihrem belegten Magazinplatz zu ihrem Zielmagazinplatz gebracht werden können, bestimmt.

Der Output bzw. die Ausgabe ist eine Transferliste, die die Reihenfolge der Werkzeugtransfers enthält und für jedes Werkzeug, das umgelagert werden muss, den Anfangs- bzw. Ausgangsmagazinplatz und den Zielmagazinplatz enthält.

5

Gemäß der Transferliste werden schließlich die tatsächlichen Werkzeugtransporte gemäß der optimierten Reihenfolge durchgeführt.

10 Zur Ermittlung der Reihenfolge der Werkzeugtransfers und zur Minimierung der Umsortierzeitdauer wird zweckmäßigerweise vorausgesetzt, dass die Präzedenzen bereits bestimmt sind und Transportzyklen aufgelöst oder entfernt wurden. Weiter gilt die Annahme, dass jedes Werkzeug direkt von seinem Anfangs-
15 zu seinem Zielmagazinplatz gebracht wird. Daher werden freie Magazinplätze, die weder Anfangs- noch Zielmagazinplätze eines Werkzeuges sind, nicht benutzt und müssen demnach nicht betrachtet werden (d.h. sie können gelöscht werden). Zusammengefasst gelten folgende Voraussetzungen:

- 20
- Alle betrachteten Magazinplätze sind entweder Anfangs- oder Zielmagazinplätze eines Werkzeugs.
 - Es existieren keine Transportzyklen.
 - Präzedenzen für die Werkzeugtransfers sind gegeben.

Werden alle Präzedenzen eingehalten und jedes Werkzeug direkt
25 von seinem Anfangs- zu seinem Zielmagazinplatz transportiert, folgt daraus, dass die Zulässigkeit der Magazinbelegung während des gesamten Umlagerungsprozesses erfüllt ist. Durch die Fixierung des Anfangs- und des Zielmagazinplatzes für jedes Werkzeug, ist auch die Transportzeitdauer, um ein Werkzeug
30 von seinem Anfangs- zu seinem Zielmagazinplatz zu bringen, festgelegt. Daher müssen lediglich die Transferzeiten für Leerfahrten des Magazingeräts, von einem Magazinplatz an dem ein Werkzeug abgelegt wurde zu dem nächsten Magazinplatz an dem ein Werkzeug aufgenommen wird, optimiert werden.

35

Dieses Problem kann als asymmetrisches Traveling Salesman Problem (ATSP) mit Präzedenzen modelliert werden. Das ATSP lässt sich wie folgt definieren: Sei eine Menge von Städten (Knoten) $N=\{1, \dots, n\}$ gegeben. Für jedes Paar an Städten (Knoten) i, j beschreibt c_{ij} die Kosten der Fahrt zwischen diesen Städten. Aufgabe ist es, eine Rundreise (Tour) zu bestimmen, die jede Stadt (Knoten) genau einmal besucht und dessen Gesamtkosten minimal sind. Das ATSP kann als Graphproblem modelliert werden. Der Graph $G=(N, E)$ wird durch die Knotenmenge N und die Kantenmenge E definiert, wobei eine Kante (i, j) in der Kantenmenge E enthalten ist, wann immer eine Fahrt (Verbindung) zwischen zwei Städten (Knoten) möglich sind. Die Kosten c_{ij} definieren die Kantengewichte. Gesucht ist eine Tour in G , so dass die Summe der Kantengewichte der besuchten Kanten minimal ist. Ist zusätzlich als Input noch eine Menge von Präzedenzen gegeben, beispielsweise in der Form „Knoten i vor Knoten j “, so ist eine optimale Tour gesucht, die alle Präzedenzen berücksichtigt. Das heißt, der Knoten i liegt in der Tour vor dem Knoten j .

20

Für das Umsortierproblem, kann ein Graph $G=(N, E)$ wie folgt definiert werden. Jedes fixierte Anfangs-Zielmagazinplatzpaar bzw. -tupel bildet einen Knoten. Demnach kann die Menge aller Anfangs-Zielmagazinplatzpaare als die Knotenmenge N des Graphen G identifiziert werden. Kanten zwischen zwei Knoten i und j aus der Knotenmenge N stehen für eine mögliche Leerfahrt. Die Kantengewichte c_{ij} entsprechen den Leerfahrtzeitdauern zwischen Zielmagazinplatz von Knoten i und dem Anfangsmagazinplatz von Knoten j . Das folgende Beispiel gemäß den Figuren 5A, 5B und 6 zeigt die Transformation des Problems der Werkzeugumsortierung in eine ATSP-Instanz. Gegeben seien die drei Werkzeuge WZ1, WZ2 und WZ3 und die Anfangs- und Zielzuordnung (siehe Figur 5A) und Zielzuordnung (siehe Figur 5B): Der Graph $G=(N, E)$ wird folgendermaßen konstruiert: Jedes Anfangs-Zielmagazinplatz-Paar definiert einen Knoten. Jeder Knoten repräsentiert also einen fixierten Werkzeugtransfer eines Werkzeuges von seinem Anfang- zu seinem Zielmagazinplatz. Damit besteht die Knotenmenge N des Graphen aus drei

35

Knoten K_1 , K_2 , K_3 . Die Kanten des Graphen sind die möglichen Leerfahrten und die Kantengewichte geben die Leerfahrzeitdauern an. So entspricht beispielsweise das Kantengewicht c_{K_2,K_3} der Zeit, die eine Leerfahrt von Platz P_3 zu Platz P_4 benötigt. Umgekehrt definiert c_{K_3,K_2} die Zeitdauer für eine Leerfahrt von Platz P_5 zu Platz P_2 .

In obigen Beispiel muss lediglich eine Präzedenz betrachtet werden, nämlich dass Werkzeug WZ_2 zuerst von Platz P_2 zu Platz 3 transportiert wird, bevor Werkzeug WZ_1 von Platz P_1 zu Platz 2 gebracht wird. Eine mögliche Lösung für eine Tour auf dem Graphen $G=(N,E)$, welche diese Präzedenz beachtet, ist Figur 7 angegeben. Die Tour startet bei Knoten K_3 d.h. das Werkzeug WZ_3 wird von Platz P_4 zu Platz P_5 gebracht, danach erfolgt eine Leerfahrt von Platz P_5 zu Platz P_2 , im Anschluss daran wird Werkzeug WZ_2 aufgenommen und von Platz P_2 zu Platz P_3 gebracht, es folgt wiederum eine Leerfahrt von Platz P_3 zu Platz P_1 . Von dort aus wird Werkzeug WZ_1 zu seinem Zielplatz P_2 gebracht. Das ATSP mit Präzedenzen lässt sich als gemischt ganzzahliges Programm (MIP) modellieren. Beispielsweise kann das ATSP mit Präzedenzen mit der MIP-Formulierung aus dem im Jahre 2004 publizierten Artikel „*New tighter polynomial length formulations for the asymmetric traveling salesman problem with and without precedence constraints*“ von Subhash C. Sarin, Hanif D. Sherali, Ajay Bhootra (<https://doi.org/10.1016/j.orl.2004.03.007>) modelliert werden, wobei die darin angegebenen Städte (cities) durch die oben bereits beschriebenen Knoten ersetzt werden.

Mit einer einfachen im Nachfolgenden beschriebenen Präzedenzberücksichtigenden Nearest-Neighbour (nächstgelegender Nachbar) Heuristik lässt sich zudem sehr schnell eine zulässige Startlösung für das MIP berechnen. Dies garantiert auch für sehr schwer lösbare Instanzen immer erlaubte Lösungen.

In der Nearest-Neighbour Heuristik wird zu Beginn ein Knoten im Graphen G besucht, für den keine Vorgänger-Präzedenzen vorhanden sind. Anschließend wird unter den dann aus Präzedenzsicht möglichen und noch nicht besuchten Knoten derjenige
5 gewählt, für den das Kantengewicht zu dem zuletzt besuchten Knoten minimal ist. Dies wird solange wiederholt bis alle Knoten besucht wurden.

Für das Auflösen von Transportzyklen ist die Anwendung folgender Heuristik möglich. Zunächst wird eine Methode benötigt, um einen einzelnen Werkzeugtransfer ausführen zu können, der die Platzrestriktionen berücksichtigt. Das Werkzeug, das in den Transportzyklus involviert ist und das verschoben werden soll, wird im Folgenden Transferwerkzeug genannt. Die
10 Funktion Werkzeugtransfer (Transferwerkzeug)
überprüft, ob es für ein gegebenes Werkzeug (Transferwerkzeug) einen Magazinplatz gibt, auf den es von seinem aktuellen Magazinplatz verschoben werden kann. Möglicherweise müssen dazu zuerst weitere Werkzeuge weggeräumt werden, um einen
15 solchen Platz zu schaffen. Die Funktion lautet:

```
Werkzeugtransfer (Transferwerkzeug){  
  1. Versuche für das Transferwerkzeug einen direkten Transfer  
  2. Falls kein direkter Transfer möglich, versuche einen indirekten  
25   Transfer  
  3. Andernfalls wird kein Transfer ausgeführt  
}
```

Der direkte Transfer sucht für das Transferwerkzeug einen
30 freien und zulässigen Platz, auf den es kollisionsfrei transportiert werden kann, ohne dass weitere Werkzeuge im Magazin verschoben werden müssen. Ist dies möglich, wird der Transfer sofort durchgeführt. Ansonsten wird ein indirekter Transfer versucht. Dabei wird ein Magazinplatz gesucht, welcher durch
35 einen direkten Transfer von einem oder mehreren Werkzeugen im Magazin für das Transferwerkzeug frei geräumt werden kann. Die direkten Transfers der anderen Werkzeuge werden zuerst realisiert, danach wird das Transferwerkzeug verschoben. Ist

weder ein direkter noch ein indirekter Transfer möglich, so wird für das Werkzeug kein Transfer durchgeführt. In Figur 8A sind der direkte und in Figur 8B der indirekte Transfer dargestellt. Für Werkzeug WZ2 kann ein direkter Transfer auf den kollisionsfrei erreichbaren Platz P4 oder Platz P6 ausgeführt werden. Für das übergroße Werkzeug WZ1 ist ein direkter Transfer nicht möglich, da dieses Werkzeug jeweils drei Magazinplätze belegt. Jedoch ist ein indirekter Transfer für Werkzeug WZ1 auf den indirekt erreichbaren Platz P2 realisierbar, wenn Werkzeug WZ2 und Werkzeug WZ3 jeweils durch einen direkten Transfer auf Platz P4 bzw. Platz P6 zuvor verschoben werden. Mit Hilfe der Funktion Werkzeugtransfer (Transferwerkzeug) können nun die Transportzyklen aufgelöst werden. Für die Werkzeuge eines Transportzyklus wird nacheinander die Funktion Werkzeugtransfer (Transferwerkzeug) aufgerufen. Ist für ein Werkzeug ein Werkzeugtransfer möglich, so wird dieser durchgeführt und damit der betrachtete Transportzyklus aufgelöst. Ist für kein Werkzeug des Transportzyklus ein Werkzeugtransfer möglich, so kann der Transportzyklus nicht aufgelöst werden.

Anschließend können die Werkzeugtransfers zur Auflösung der Transportzyklen mit in die Optimierung der Werkzeugtransportreihenfolge einfließen. Sie werden der oben genannten Transferliste hinzugefügt.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Die Implementierung der vorstehend beschriebenen Prozesse oder Verfahrensabläufe kann anhand von Instruktionen erfolgen, die auf computerlesbaren Speichermedien oder in flüchtigen Computerspeichern (im Folgenden zusammenfassend als computer-

lesbare Speicher bezeichnet) vorliegen. Computerlesbare Speicher sind beispielsweise flüchtige Speicher wie Caches, Puffer oder RAM sowie nichtflüchtige Speicher wie Wechseldatenträger, Festplatten, usw.

5

Die vorstehend beschriebenen Funktionen oder Schritte können dabei in Form zumindest eines Instruktionssatzes in/auf einem computerlesbaren Speicher vorliegen. Die Funktionen oder Schritte sind dabei nicht an einen bestimmten Instruktionssatz oder an eine bestimmte Form von Instruktionssätzen oder an ein bestimmtes Speichermedium oder an einen bestimmten Prozessor oder an bestimmte Ausführungsschemata gebunden und können durch Software, Firmware, Microcode, Hardware, Prozessoren, integrierte Schaltungen usw. im Alleinbetrieb oder in beliebiger Kombination ausgeführt werden. Dabei können verschiedenste Verarbeitungsstrategien zum Einsatz kommen, beispielsweise serielle Verarbeitung durch einen einzelnen Prozessor oder Multiprocessing oder Multitasking oder Parallelverarbeitung usw.

20

Die Instruktionen können in lokalen Speichern abgelegt sein, es ist aber auch möglich, die Instruktionen auf einem entfernten System abzulegen und darauf via Netzwerk zuzugreifen.

25 Unter „rechnergestützt“ kann im Zusammenhang mit der Erfindung beispielsweise eine Implementierung des Verfahrens verstanden werden, bei dem insbesondere ein Prozessor mindestens einen Verfahrensschritt des Verfahrens ausführt.

30 Der Begriff "Prozessor", "zentrale Signalverarbeitung", "Steuereinheit" oder "Datenauswertemittel", wie hier verwendet, umfasst Verarbeitungsmittel im weitesten Sinne, also beispielsweise Server, Universalprozessoren, Grafikprozessoren, digitale Signalprozessoren, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASICs), programmierbare Logikschaltungen
35 wie FPGAs, diskrete analoge oder digitale Schaltungen und beliebige Kombinationen davon, einschließlich aller anderen dem Fachmann bekannten oder in Zukunft entwickelten Verarbei-

tungsmittel. Prozessoren können dabei aus einer oder mehreren Vorrichtungen bzw. Einrichtungen bzw. Einheiten bestehen. Besteht ein Prozessor aus mehreren Vorrichtungen, können diese zur parallelen oder sequentiellen Verarbeitung bzw. Ausführung von Instruktionen ausgelegt bzw. konfiguriert sein. Unter einer „Speichereinheit“ kann im Zusammenhang mit der Erfindung beispielsweise ein Speicher in Form von Arbeitsspeicher (engl. Random-Access Memory, RAM) oder eine Festplatte verstanden werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur rechnergestützten Optimierung von Werkzeugtransporten für mindestens ein eine Anzahl von Magazinplätzen
5 (P) aufweisendes Werkzeugmagazin (R), das für eine Werkzeugmaschine verwendbar ist, welche zur Fertigung von einem oder mehreren Werkstücken mit Hilfe der von einem Magazingerät an einem Bereitstellungsplatz (B) bereitgestellten Werkzeuge eingesetzt wird,
10 aufweisend folgende Schritte:
- a) Erfassen einer Menge von Werkzeugen,
 - b) Erfassen des Platzbedarfs für jedes Werkzeug,
 - c) Erfassen einer Menge von belegbaren Magazinplätzen für jedes Werkzeug,
 - 15 d) Erfassen einer zulässigen Ausgangsmagazinbelegung, wobei ein Ausgangsmagazinplatz für jedes Werkzeug erfasst wird,
 - e) Erfassen der zulässigen Zielmagazinbelegung, wobei Zielmagazinplätze für zumindest eine Teilmenge aus der erfassten Menge von Werkzeugen erfasst werden, für die ein Werkzeugtransport durchgeführt werden soll,
 - 20 f) Erfassen einer Menge von Transportzeitdauern, die jeweils eine Fahrt des Magazingeräts von einem Magazinplatz zu einem anderen Magazinplatz braucht,
 - g) Bestimmen einer Teilmenge von Werkzeugtransporten, für
25 die eine Transportreihenfolge vorgebbar oder vorgegeben ist, so dass die Werkzeuge in dieser Transportreihenfolge kollisionsfrei hinsichtlich des Platzbedarfs von ihrem belegten Magazinplatz zu ihrem Zielmagazinplatz gebracht werden können, und
 - 30 h) Optimierung der Transportreihenfolge für diese Teilmenge von Werkzeugtransporten derart, dass die Summe der für diese Werkzeugtransporte benötigten Transportzeitdauern minimiert wird.
- 35 2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte g) und h) gegebenenfalls mehrfach wiederholt werden bis alle in Schritt e) erfassten Werkzeuge ihren Zielmagazinplatz erreicht haben.

3. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkzeugtransporte anhand der optimierten Transportreihenfolge durchgeführt werden.

5

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge von Transportzeitdauern eine Menge von Leerfahrtzeitdauern für jede werkzeuglose Fahrt des Magazingeräts von einem Magazinplatz zu einem anderen Magazinplatz umfasst.

10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Werkzeug, das seinen Zielmagazinplatz belegt, die Menge der von ihm belegbaren Magazinplätzen auf den Zielmagazinplatz reduziert wird.

15

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Werkzeug aus der erfassten Menge von Werkzeugen von seinem belegten Magazinplatz auf einen anderen belegbaren Magazinplatz kollisionsfrei transportiert wird, um eine mindestens einelementige Teilmenge von Werkzeugtransporten gemäß Schritt g) von Anspruch 1 zu bestimmen und um mit Schritt h) von Anspruch 1 fortzufahren.

20

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte g) und h) von Anspruch 1 gegebenenfalls mehrfach wiederholt werden, solange in Schritt g) mindestens eine einelementige Teilmenge bestimmt werden kann.

25

30

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Teilmenge von Werkzeugtransporten aus Schritt g) von Anspruch 1 ermittelt wird durch:

35

- a) Bilden von Präzedenzen für die Werkzeugtransporte,
- b) Ermitteln von Werkzeugtransporten, die in Verklemmungen bei der Belegung der Magazinplätze für die Werkzeugtransporte involviert sind,

c) Bestimmung von Werkzeugtransporten, die in einer Folgeabhängigkeit zu den ermittelten Verklemmungen stehen,

d) Bestimmung der Teilmenge von Werkzeugtransporten unter Ausschluss der in b) und c) ermittelten Werkzeugtransporte.

5

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 oder 7 und nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Werkzeug aus der erfassten Menge von Werkzeugen, das in eine Verklemmung oder in eine Folgeabhängigkeit involviert ist, von dem von ihm belegten Magazinplatz auf einen anderen belegbaren Magazinplatz kollisionsfrei transportiert wird, um eine mindestens einelementigen Teilmenge von Werkzeugtransporten gemäß Schritt g) von Anspruch 1 zu bestimmen und um mit Schritt h) von Anspruch 1 fortzufahren.

15

10. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Werkzeug aus der erfassten Menge von Werkzeugen von dem von ihm belegten Magazinplatz auf einen anderen belegbaren Magazinplatz kollisionsfrei transportiert wird, damit mindestens ein in eine Verklemmung oder in eine Folgeabhängigkeit involviertes Werkzeug kollisionsfrei von seinem Magazinplatz auf diesen freigewordenen belegbaren Magazinplatz transportiert werden kann, um eine mindestens einelementige Teilmenge von Werkzeugtransporten gemäß Schritt g) von Anspruch 1 zu bestimmen und um mit Schritt h) von Anspruch 1 fortzufahren.

20

25

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Verklemmungen durch eine Breiten- oder Tiefensuche in polynomialer Laufzeit ermittelt werden.

30

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Folgeabhängigkeiten zu den ermittelten Verklemmungen durch eine Breiten- oder Tiefensuche in polynomialer Laufzeit ermittelt werden.

35

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Optimierung mittels nächstgelegener-Nachbar-Heuristik durchgeführt wird.

5 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die genannte Optimierung mittels gemischt ganzzahliger linearer Optimierung durchgeführt wird.

10 15. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass ein Modell für die gemischt ganzzahlige lineare Optimierung als sogenanntes asymmetrisches Traveling Salesman Problem unter Berücksichtigung der Präzedenzen formuliert wird.

15 16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Startkonfiguration des Modells eine Berechnung aus einer nächstgelegener-Nachbar-Heuristik verwendet werden kann.

20 17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Knoten des dem genannten asymmetrischen Traveling Salesman Problem zugrundeliegenden Graphen jeweils durch ein Tupel bestehend aus Ausgangs- und
25 Zielmagazinplatz aus der erfassten Teilmenge an Werkzeugtransporten repräsentiert wird, deren Ausgangs- und Zielmagazinplatz unterschiedlich sind.

30 18. Verfahren nach den vorhergehenden Ansprüchen 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanten des dem genannten asymmetrischen Traveling Salesman Problem zugrundeliegenden Graphen jeweils durch eine Gewichtung ergänzt werden, die sich jeweils aus einer Leerfahrtzeitdauer von einem Zielmagazinplatz des vorangehenden Knotens zu einem Ausgangsmagazinplatz des nachfolgenden Knotens ergibt.
35

19. Steuereinrichtung zur rechnergestützten Optimierung von Werkzeugtransporten einer Werkzeugtransportreihenfolge für

mindestens ein eine Anzahl von Magazinplätzen (P) aufweisen-
des Werkzeugmagazin (R), das für eine Werkzeugmaschine ver-
wendbar ist, welche zur Fertigung von einem oder mehreren
Werkstücken mit Hilfe der von einem Magazingerät an einem Be-
5 reitstellungsplatz bereitgestellten Werkzeuge eingesetzt
wird,

aufweisend:

- a) Erfassungseinheit zum Erfassen einer Menge von Werkzeu-
gen,
- 10 b) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfas-
sen des Platzbedarfs für jedes Werkzeug,
- c) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfas-
sen einer Menge von belegbaren Magazinplätzen für jedes Werk-
zeug,
- 15 d) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfas-
sen einer zulässigen Ausgangsmagazinbelegung, wobei ein Aus-
gangsmagazinplatz für jedes Werkzeug erfasst wird,
- e) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfas-
sen der zulässigen Zielmagazinbelegung, wobei Zielmagazin-
20 plätze für zumindest eine Teilmenge aus der erfassten Menge
von Werkzeugen erfasst werden, für die ein Werkzeugtransport
durchgeführt werden soll,
- f) dieselbe oder eine weitere Erfassungseinheit zum Erfas-
sen einer Menge von Transportzeitdauern, die jeweils eine
25 Fahrt des Magazingeräts von einem Magazinplatz zu einem ande-
ren Magazinplatz braucht,
- g) eine Bestimmungseinheit zum Bestimmen einer Teilmenge
von Werkzeugtransporten, für die eine Transportreihenfolge
vorgebar oder vorgegeben ist, so dass die Werkzeuge in die-
30 ser Transportreihenfolge kollisionsfrei hinsichtlich des
Platzbedarfs von ihrem belegten Magazinplatz zu ihrem Zielma-
gazinplatz gebracht werden können, und
- h) eine Optimierungseinheit zum Optimierung der Transport-
reihenfolge für diese Teilmenge von Werkzeugtransporten der-
35 art, dass die Summe der für diese Werkzeugtransporte benötig-
ten Transportzeitdauern minimiert ist oder wird.

20. Computerprogrammprodukt mit Programmcodemitteln zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Verfahrensansprüche, wenn es auf einer Steuereinrichtung nach einem der vorangehenden Steuereinrichtungsansprüche abläuft
5 oder auf einem computerlesbaren Medium gespeichert ist.

FIG 1
Stand der Technik

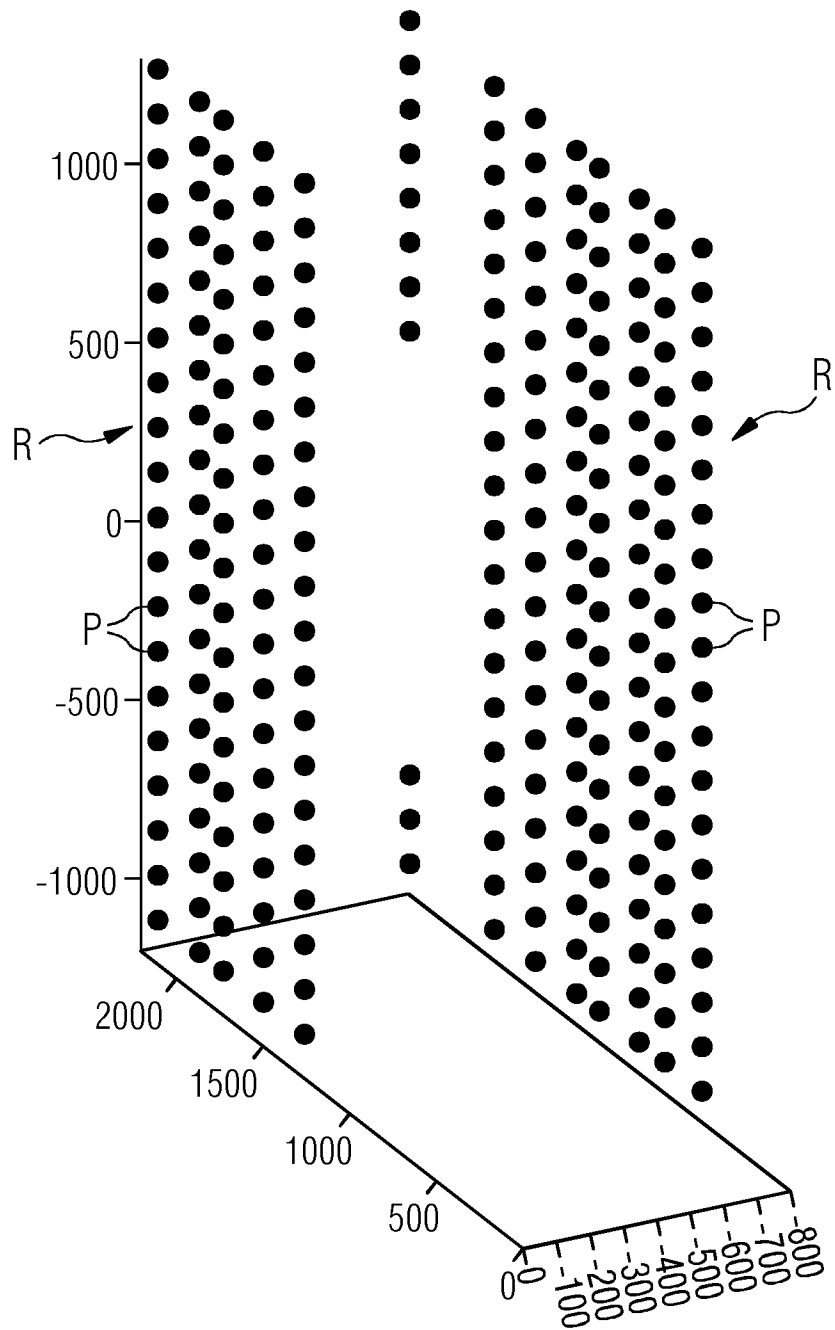


FIG 2

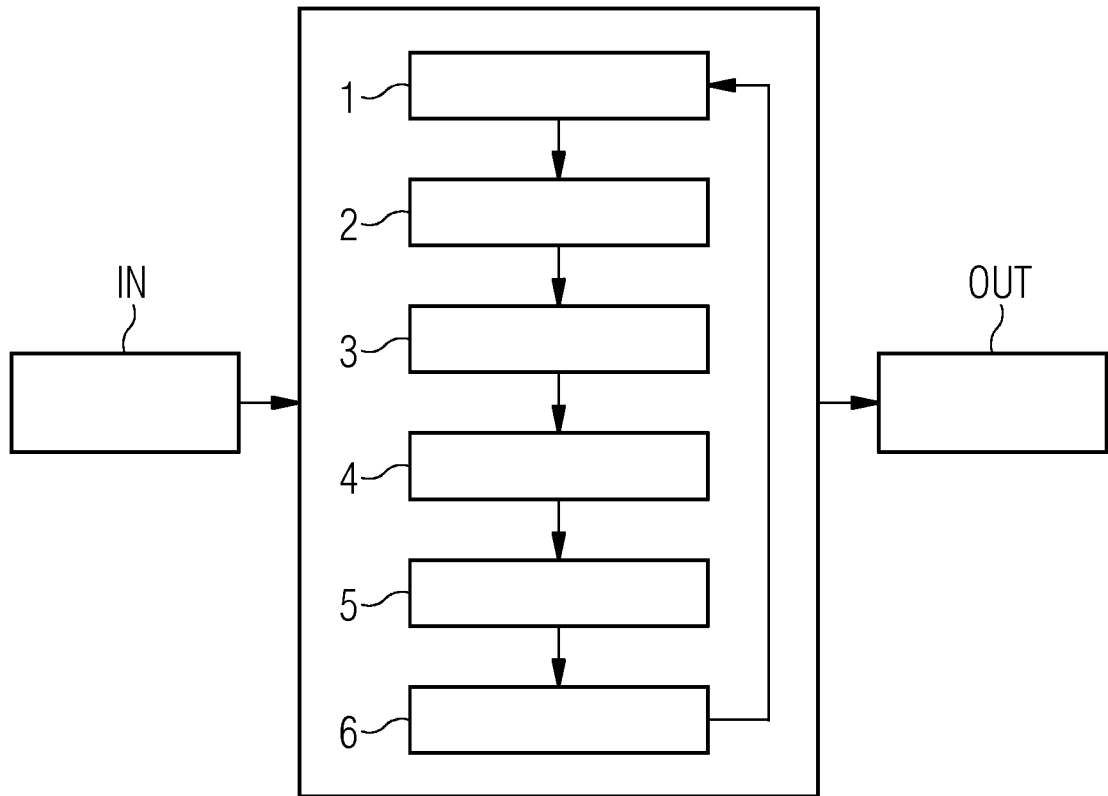


FIG 3A

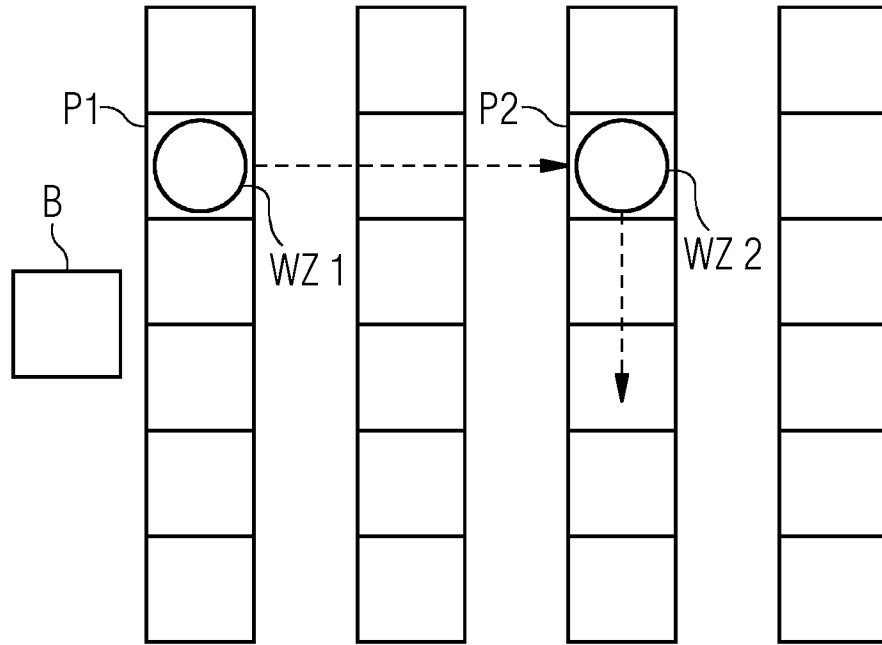


FIG 3B

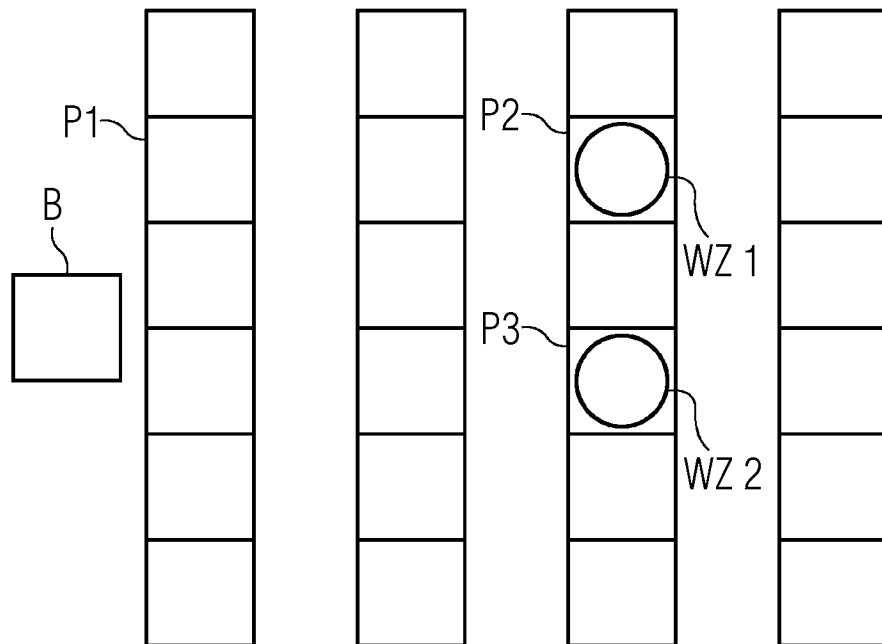


FIG 4A

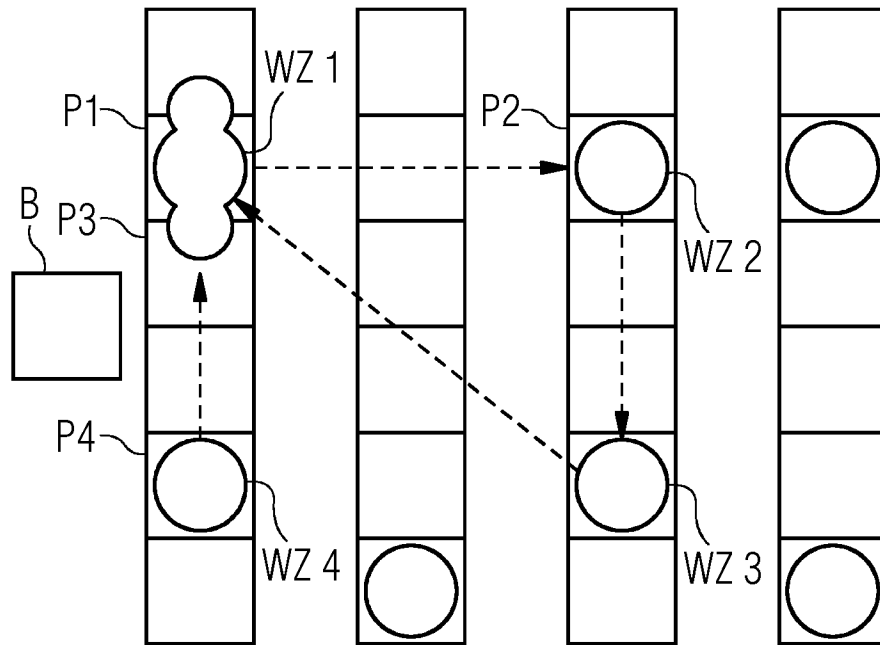


FIG 4B

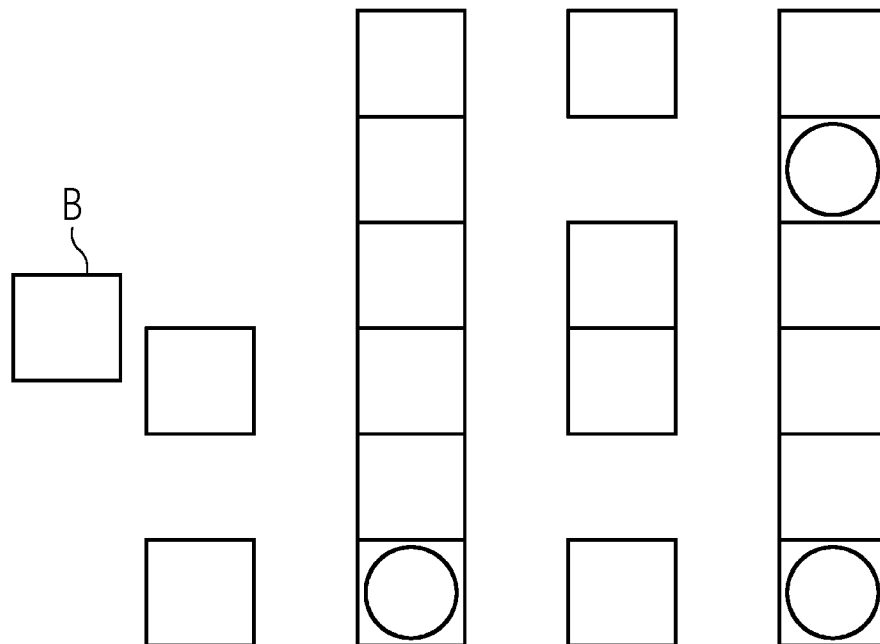


FIG 5A

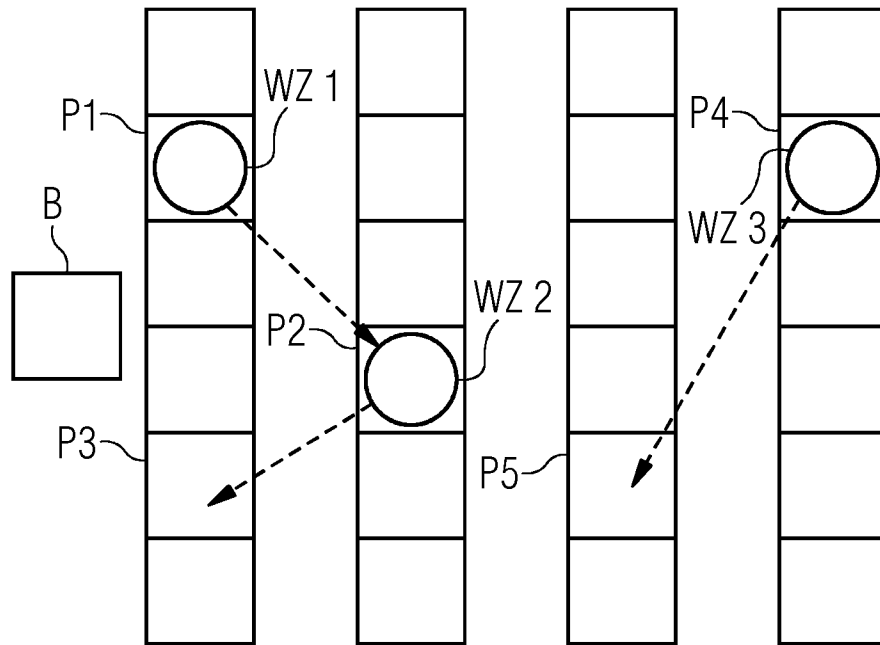


FIG 5B

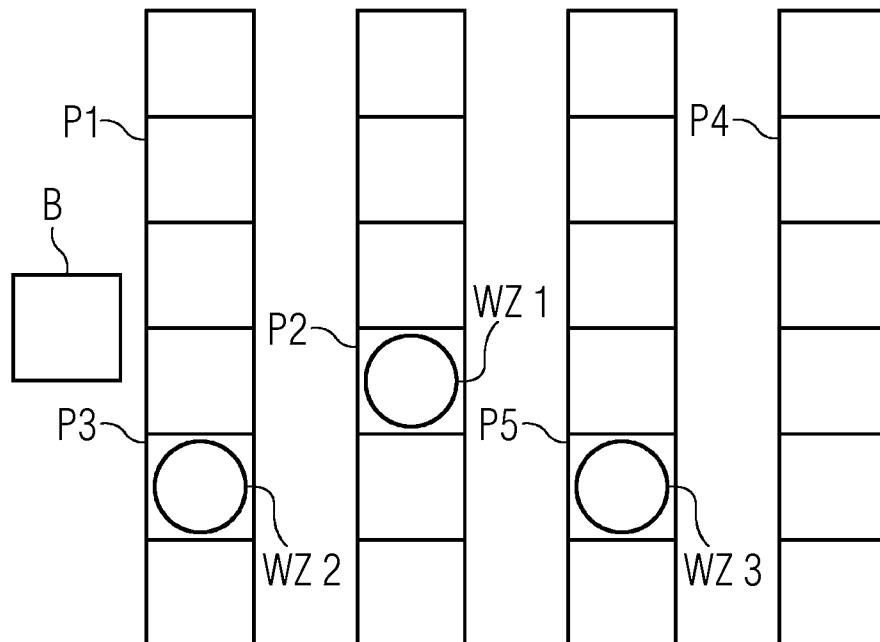


FIG 6

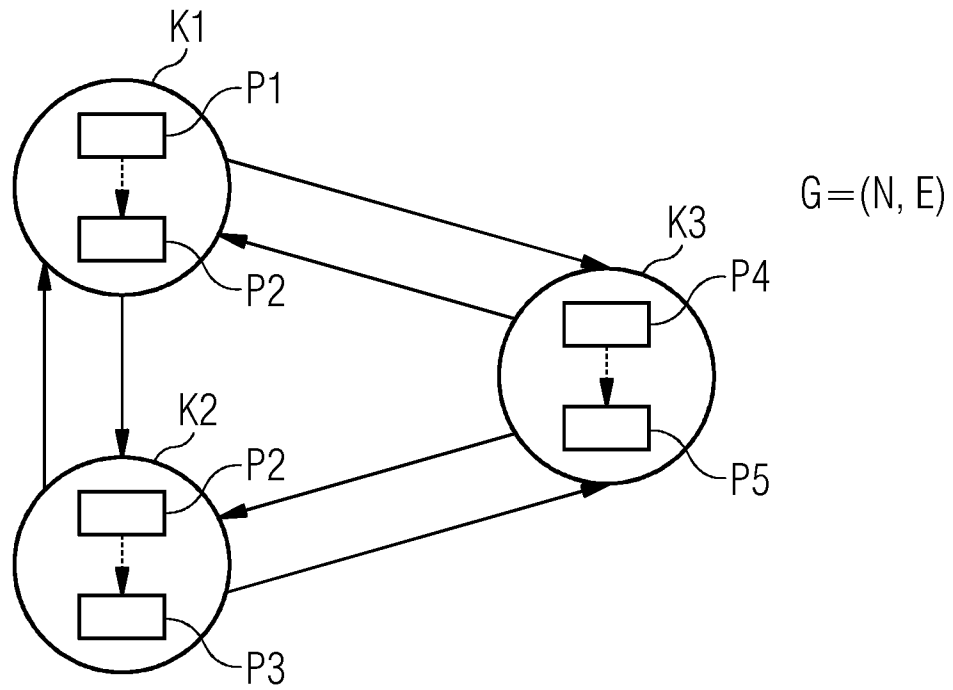


FIG 7

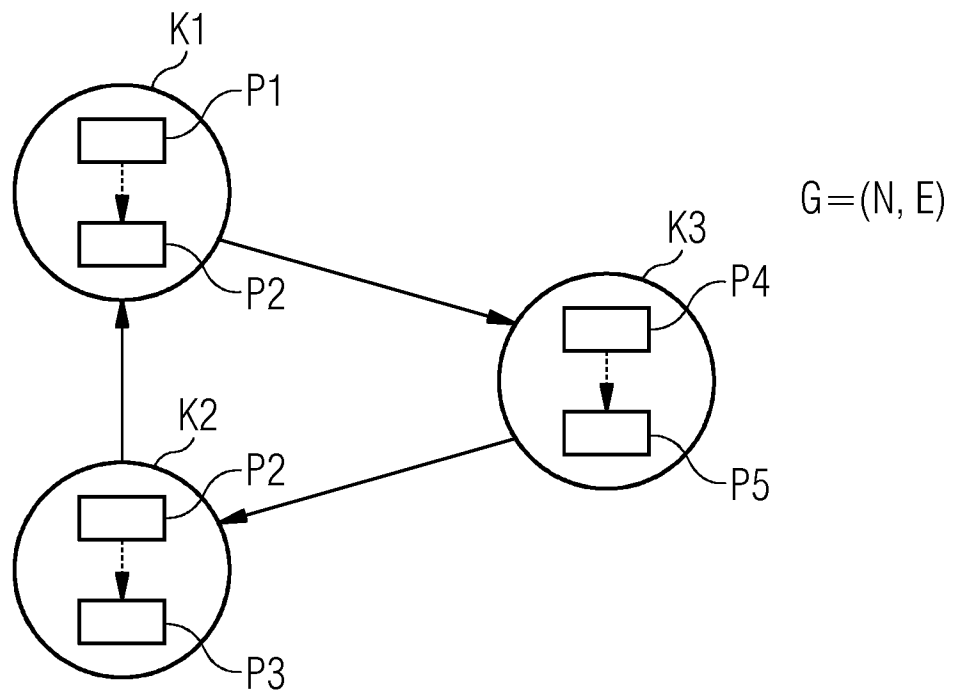


FIG 8A

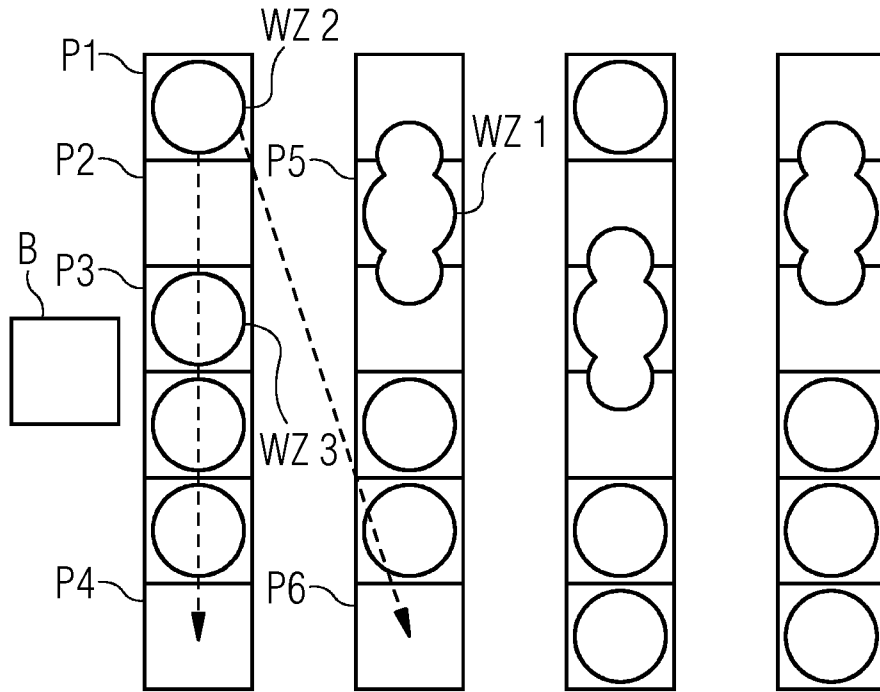
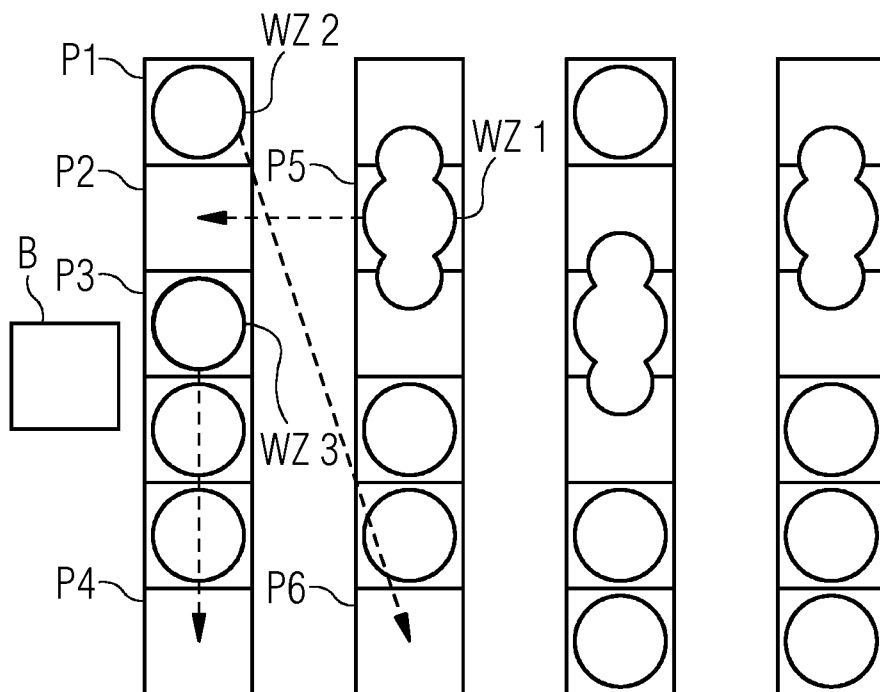


FIG 8B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/074999

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G06Q 10/04</i> (2012.01)i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06Q Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	R.B.R. DE SOUZA ET AL. "A tool cluster based strategy for the management of cutting tools in flexible manufacturing systems" <i>JOURNAL OF OPERATIONS MANAGEMENT</i> , US, Vol. 10, No. 1, 01 January 1991 (1991-01-01), pages 73-91 DOI: 10.1016/0272-6963(91)90036-W ISSN: 0272-6963, XP055283607 page 1 - page 2 page 75, paragraph 3 - page 78	1-20
X	Alwin Oerlemans. "PRODUCTION PLANNING FOR FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS" 09 October 1992 (1992-10-09), Retrieved from the Internet: https://www.merit.unu.edu/training/theses/oerleman_s_alwin.pdf [retrieved on 2019-01-21] XP055545320 page 125 - page 154	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 23 January 2019		Date of mailing of the international search report 30 January 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Hasubek, Bodo Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/074999

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Anonymous. "Travelling salesman problem - Wikipedia" 28 August 2018 (2018-08-28), Retrieved from the Internet: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Travelling_salesman_problem&oldid=856886923 [retrieved on 2019-01-21] XP055545287 page 2 - page 3	1-20
A	DE 102011088055 A1 (DECKEL MAHO PFRONTEN GMBH [DE]) 13 June 2013 (2013-06-13) paragraph [0002] - paragraph [0010]	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/074999

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102011088055 A1	13 June 2013	CN 103987487 A	13 August 2014
		DE 102011088055 A1	13 June 2013
		EP 2788146 A2	15 October 2014
		ES 2611781 T3	10 May 2017
		JP 6140723 B2	31 May 2017
		JP 2015502864 A	29 January 2015
		US 2014342889 A1	20 November 2014
		WO 2013083756 A2	13 June 2013
.....			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G06Q10/04 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G06Q		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	R.B.R. DE SOUZA ET AL: "A tool cluster based strategy for the management of cutting tools in flexible manufacturing systems", JOURNAL OF OPERATIONS MANAGEMENT, Bd. 10, Nr. 1, 1. Januar 1991 (1991-01-01) , Seiten 73-91, XP055283607, US ISSN: 0272-6963, DOI: 10.1016/0272-6963(91)90036-W Seite 1 - Seite 2 Seite 75, Absatz 3 - Seite 78 ----- -/-	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
23. Januar 2019	30/01/2019	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Hasubek, Bodo	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>Alwin Oerlemans: "PRODUCTION PLANNING FOR FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS", 9. Oktober 1992 (1992-10-09), XP055545320, Gefunden im Internet: URL:https://www.merit.unu.edu/training/theses/oerlemans_alwin.pdf [gefunden am 2019-01-21] Seite 125 - Seite 154</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20
A	<p>Anonymous: "Travelling salesman problem - Wikipedia", 28. August 2018 (2018-08-28), XP055545287, Gefunden im Internet: URL:https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Travelling_salesman_problem&oldid=856886923 [gefunden am 2019-01-21] Seite 2 - Seite 3</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20
A	<p>DE 10 2011 088055 A1 (DECKEL MAHO PFRONTEN GMBH [DE]) 13. Juni 2013 (2013-06-13) Absatz [0002] - Absatz [0010]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-20

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/074999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011088055 A1	13-06-2013	CN 103987487 A	13-08-2014
		DE 102011088055 A1	13-06-2013
		EP 2788146 A2	15-10-2014
		ES 2611781 T3	10-05-2017
		JP 6140723 B2	31-05-2017
		JP 2015502864 A	29-01-2015
		US 2014342889 A1	20-11-2014
		WO 2013083756 A2	13-06-2013
