



(10) **DE 10 2022 123 793 A1** 2024.03.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 123 793.1**

(22) Anmeldetag: **16.09.2022**

(43) Offenlegungstag: **21.03.2024**

(51) Int Cl.: **G06Q 50/04 (2012.01)**

B23K 26/38 (2014.01)

(71) Anmelder:
**TRUMPF Werkzeugmaschinen SE + Co. KG, 71254
Ditzingen, DE**

(72) Erfinder:
**Otnad, Jens, 76199 Karlsruhe, DE; Struckmeier,
Frederick, 71296 Heimsheim, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2018 126 069 B3

DE 10 2008 016 734 A1

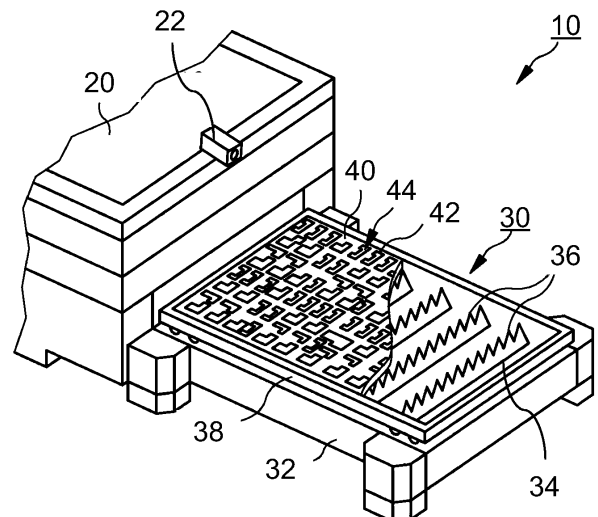
**HERRMANN, Jeffrey W.; DELALIO, David R.:
Algorithms for sheet metal nesting. IEEE
Transactions on Robotics and Automation, 2001,
17. Jg., Nr. 2, S. 183-190.**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zum Erzeugen eines Schachtelungsplans von aus einem Werkstück
auszuschneidenden Werkstückteilen auf dem Werkstück**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (100) und ein System (60) zum Erzeugen zumindest eines Schachtelungsplans (5) von aus zumindest einem Werkstück (40) auszuschneidenden Werkstückteilen (44) auf dem zumindest einen Werkstück (40) mittels zumindest einer Laserschneidmaschine (10). Ferner betrifft die Erfindung eine Laserbearbeitungsanlage (50) und ein mit dem Verfahren (100) assoziiertes Computerprogrammprodukt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein System zum Erzeugen zumindest eines Schachtelungsplans von aus zumindest einem Werkstück auszuscheidenden Werkstückteilen auf dem zumindest einen Werkstück mittels zumindest einer Laserschneidmaschine. Ferner betrifft die Erfindung ein mit dem Verfahren assoziiertes Computerprogrammprodukt sowie eine Laserbearbeitungsanlage mit dem System.

[0002] Bei der Vorbereitung der Herstellung von Werkstückteilen, insbesondere Metallbauteilen, mittels Laserschneiden müssen die Werkstückteile auf einem Werkstück, insbesondere einer Werkstücktafel, angeordnet werden. Bei diesem Vorgang, der auch als Verschachtelung bzw. Nesting bezeichnet wird, stehen Effizienzgesichtspunkte im Vordergrund. Das bedeutet, dass die Werkstückteilgeometrien so verschachtelt werden, dass der Platz auf dem Werkstück möglichst gut ausgenutzt wird. Anders ausgedrückt: durch eine geschickte Verschachtelung soll so wenig Werkstückverschchnitt wie möglich entstehen.

[0003] Im Zuge des Verschachtelungsprozesses ist es typischerweise vorteilhaft, unterschiedliche Werkstückteile aus verschiedenen Aufträgen auf einem Werkstück anzuordnen. Dabei werden, ggfs. automatisiert, aus einem Auftragsbestand (oder aus Teilen des Auftragsbestandes) diejenigen Werkstückteile zusammengestellt, die sich mit einem möglichst geringen Verschchnitt auf einem Werkstück verschachteln lassen.

[0004] Die Verschachtelung ist auch aus anderen Gründen von großer Bedeutung für das Laserschneiden. Neben der Minimierung des Verschchnitts, und damit der Vermeidung von Rohstoffverschwendung, kann geschicktes Nesting auch die Produktionsdauer, das Produktionsrisiko und die Ergebnisqualität maßgeblich beeinflussen.

[0005] Bei einer insbesondere automatisierten Verschachtelung kann die Verschachtelung, beispielsweise beim Eintreffen eines neuen Auftrags, auch kurzfristig überarbeitet und optimiert werden. Allerdings können kurzfristige Aufträge möglicherweise oft nicht mehr optimal eingebunden werden, so dass bei einer Überarbeitung wegen der Einbindung neuer kurzfristiger Aufträge typischerweise nicht mehr der geringstmögliche Verschchnitt, die kürzest mögliche Produktionsdauer, das geringste Produktionsrisiko und die höchste Ergebnisqualität erzielt werden können.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, die obenstehenden Nachteile zu beheben oder zumindest teilweise zu reduzieren. Insbesondere ist es Aufgabe

der Erfindung, den Verschchnitt, die Produktionsdauer und das Produktionsrisiko bei Laserschneidvorgängen von Werkstücken zu minimieren und die Ergebnisqualität der ausgeschnittenen Werkstückteile zu maximieren.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1. Vorgeschlagen wird demnach ein Verfahren zum Erzeugen zumindest eines Schachtelungsplans von aus zumindest einem Werkstück auszuscheidenden Werkstückteilen auf dem zumindest einen Werkstück mittels zumindest einer Laserschneidmaschine, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Bereitstellen von zumindest einem Ist-Datensatz zumindest eines eingegangenen Ist-Auftrags, wobei der zumindest eine Ist-Datensatz Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück auszuscheidenden Werkstückteile enthält,
- Ermitteln zumindest eines nicht eingegangenen Kann-Auftrags auf Basis von historischen Auftragsdaten, wobei der zumindest eine Kann-Auftrag zumindest einen Kann-Datensatz enthält, und wobei auch der zumindest eine Kann-Datensatz Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück auszuscheidenden Werkstückteile enthält, und
- Erzeugen des zumindest einen Schachtelungsplans auf Basis des zumindest einen Ist-Datensatzes und wenigstens eines des zumindest einen Kann-Datensatzes.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren geht entsprechend davon aus, dass zum Zeitpunkt der Planung eines Laserschneidvorgangs durch Erzeugung einer oder mehrerer Schachtelungspläne, gemäß derer Werkstückteile aus dem Werkstück geschnitten werden, typischerweise nicht alle Aufträge eingegangen sind, welche mittels Ist-Datensätzen Parameter angeben, welche die Aufträge bezüglich der auszuscheidenden Werkstückteile definieren. Es kann also vorkommen, dass nach der Planung des Laserschneidvorgangs bzw. dem Feststehen von Schachtelungsplänen neue Aufträge hinzukommen, die effizient in bisherige Schachtelungspläne eingebunden werden können. Um kurzfristig auf neue Aufträge zu reagieren, werden im erfindungsgemäßen Verfahren hierin als Kann-Aufträge bezeichnete Aufträge einbezogen, die von bestehenden, also bereits eingegangen, Ist-Aufträgen unterschieden werden. Die Kann-Aufträge sind (noch) nicht eingegangen und werden lediglich prognostiziert. Das bedeutet, dass Ist-Aufträge Ist-Datensätze angeben, gemäß derer Werkstückteile zu produzieren sind, während Kann-Aufträge Kann-Datensätze angeben, die (noch) nicht vorliegen, die aber mit den Kann-Datensätzen oder ähnlich noch eingehen können. Damit schafft es das erfindungsgemäße Verfahren alle spä-

teren Aufträge bereits früh im Planungsprozess der Verschachtelung einzubeziehen. Unter Einbeziehen insbesondere mehrerer Kann-Datensätze können so insbesondere viele unterschiedliche Schachtelungspläne für ein Werkstück oder mehrere Werkstücke, insbesondere für ganze Produktionszeiträume, auf Basis von sowohl den Ist-Datensätzen als auch den Kann-Datensätzen erzeugt werden. Dies hat den Vorteil, dass sehr kurzfristig und mit einem hohen Optimierungspotenzial bezüglich des Verschnitts, der Produktionsdauer, dem Produktionsrisiko und der Ergebnisqualität auf spätere tatsächliche Eingänge von Kann-Aufträgen reagiert werden kann, da dann bereits eine oder mehrere Schachtelungspläne vorliegen, auf die unmittelbar oder unter nur geringfügiger Anpassung (bei Abweichung des prognostizierten Kann-Datensatzes von dem Ist-Datensatz des tatsächlich eingegangenen Ist-Auftrags) reagiert werden kann. Auch können bereits vorab entsprechende Prozesse getroffen werden, beispielsweise eine Planung der Betriebsdauer der Laserschneidmaschine, eine technische Vorbereitung der Laserschneidmaschine auf die Laserschneidbearbeitung, eine Bereitstellung der benötigten Werkstücke an der Laserschneidmaschine usw.

[0009] Als Schachtelungsplan wird hierin eine Zuweisung von Werkstückteilen von unterschiedlichen Aufträgen zu einem oder mehreren Werkstücken eines vordefinierten Produktionsdurchlaufs mit einem oder mehreren Laserschneidvorgängen verstanden. Der Produktionsdurchlauf kann beispielsweise durch eine vorbestimmte Dauer, eine vorbestimmte Menge von Werkstücken, usw. vordefiniert sein. Insbesondere kann es sich bei der Zuweisung um eine grobe oder auch mehr oder minder genaue Anordnung der Werkstückteile auf den Werkstückteilen handeln. Eine positionsgetreue Anordnung der Werkstückteile unterschiedlicher Aufträge auf dem oder den Werkstücken muss demnach nicht vorliegen, kann jedoch bevorzugt vorliegen, um relevante Schachtelungskennwerte präzise auswerten zu können, wie sie später näher erläutert werden. Ein Schachtelungsplan gibt demnach mindestens die Zuweisung von Werkstückteilen gemäß Datensätzen von Aufträgen auf eines oder mehrere Werkstücke gemäß einem Produktionsdurchlauf an, die als Ausgangsrohstoff für deren Herstellung an der zum Laserschneiden eingesetzten Laserschneidmaschine bereitgestellt werden.

[0010] Für das Erzeugen des zumindest einen Schachtelungsplans kann beispielsweise eine stochastische Anwendung, eine Simulation, eine Big Data-Anwendung und/oder eine künstliche Intelligenz verwendet werden.

[0011] Unter einem Werkstück wird vorliegend insbesondere eine Werkstücktafel oder Werkstückplatte verstanden, welche ihre größte Erstreckung in einer

horizontalen Ebene aufweist und mit einer Dicke in der orthogonal dazu stehenden vertikalen Ebene eingerichtet ist. Ein Werkstück kann insbesondere ein Werkstückblech sein. Ein derartiges Werkstück kann auch als bearbeitetes Werkstück bezeichnet werden, wenn darin Werkstückteile eingearbeitet sind, die durch eine Sollbruchstelle mit dem Werkstück verbunden sind. Eine derartige Sollbruchstelle kann insbesondere in Form eines Stegs zwischen Werkstückteilen und Werkstück bzw. einem verbleibenden Restgitter des Werkstücks ausgebildet sein. Die Sollbruchstelle sorgt damit einerseits dafür, dass das Werkstück mit allen Werkstückteilen sicher aus einer Laserschneidmaschine entnommen werden kann und andererseits dafür, dass ein einfaches Lösen der Werkstückteile von dem Werkstück und damit ein Entnehmen der Werkstückteile aus der Laserschneidmaschine möglich ist.

[0012] Eine Laserschneidanlage kann eine oder mehrere Laserschneidmaschinen umfassen. Derartige Laserschneidmaschinen können insbesondere als Flachbettwerkzeugmaschinen, insbesondere 2D-Laserflachbettmaschinen, ausgeführt sein. Durch die Flachbettwerkzeugmaschine werden die Werkstückteile, die in ihrer Form durch den Steuerungsplan der Flachbettwerkzeugmaschine vorgegeben werden, mittels Laserschneidens von dem Rest des Werkstücks getrennt. Die Werkstückteile sind demnach insbesondere aus dem Werkstück mittels Lasers ausgeschnitten. Es kann jedoch die Sollbruchstelle verbleiben, die jeweils ein Werkstückteil mit dem Rest des Werkstücks, das hierin auch als Restgitter bezeichnet wird und ggf. wiederverwertbaren Ausschuss darstellt, verbindet. Dabei können auch mehrere Sollbruchstellen zwischen je einem Werkstückteil und dem Werkstück verbleiben. Das so bearbeitete Werkstück kann nun dem sog. Absortieren in oder an der Laserschneidmaschine zugeführt werden, da die Werkstückteile mittels der Sollbruchstelle noch an dem Restgitter des Werkstücks befestigt sind. Das Brechen der Sollbruchstelle bzw. Lösen der Werkstückteile von dem Restgitter des Werkstücks kann manuell, teilautomatisiert oder vollautomatisiert erfolgen. Für das Absortieren kann ein Werkzeug, beispielsweise ein Rüttler, ein sog. Vibrationshammer oder eine Bohrmaschine, eingesetzt werden. Ein Rüttler oder Vibrationshammer sorgt durch Vibration für sich periodisch wiederholende Vibrationen oder Schläge auf das Werkstück, sodass die Werkstückteile von dem Werkstück gelöst werden. Durch eine Bohrmaschine kann die Sollbruchstelle durch Bohren an der Sollbruchstelle oder einer ggf. neben dem Werkstückteil vorgesehenen Bohrstelle, insbesondere einem sog. Microjoint, aufgebrochen werden. Insbesondere beim Absortieren kann es zu dem zuvor erwähnten Verkanten eines Werkstückteils kommen, sodass eine automatisierte Entnahme erschwert oder nicht mehr möglich wird. Dann kann es erforderlich sein, dass ein Arbeiter

das Werkstückteil manuell entnimmt, bevor die Entnahme weiterlaufen kann.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann es sich insbesondere um ein Computer-implementiertes Verfahren handeln, wobei einzelne, mehrere oder alle Schritte des Verfahrens durch einen oder mehrere Computer ausführbar sein können oder ausgeführt werden können.

[0014] Es kann vorgesehen sein, dass die Parameter Werkstückteilparameter, welche Merkmale der auszuschneidenden Werkstückteile charakterisieren, und/oder Auftragsparameter, welche Merkmale des Auftrags charakterisieren, sind. Die Datensätze, die für die Erzeugung des zumindest einen Schachtelungsplans genutzt werden, können vorzugsweise einerseits die Werkstückteile und andererseits den Auftrag charakterisieren. Dadurch ist es möglich, die erzeugte Schachtelungsanordnung einerseits auf die herzustellenden Werkstückteile und andererseits auf den Auftrag hin zu optimieren.

[0015] Hierbei kann vorgesehen sein, dass die Werkstückteilparameter Geometrieparameter und/oder Materialparameter umfassen. Mit Geometrieparametern sind insbesondere Abmessungen und Formen der herzustellenden Werkstückteile gemeint. Mit Materialparametern sind insbesondere Stärke und Materialart der herzustellenden Werkstückteile gemeint.

[0016] Ferner kann vorgesehen sein, dass die Auftragsparameter Qualitätsparameter und Auftragsdauerparameter des Auftrags umfassen. Mit Qualitätsparametern sind insbesondere solche Parameter gemeint, mit denen sich eine Qualität der herzustellenden Werkstückteile, beispielsweise bzgl. ihrer Schnittkanten, angeben lässt. Es kann sich hierbei beispielsweise um eine dimensionslose Größe handeln, durch welche Werkstückteile ihrer Qualität nach klassifiziert werden können. Mit Auftragsdauerparametern sind insbesondere solche Angaben in den Aufträgen gemeint, die ein Fertigstellungsdatum, ein Lieferdatum, eine Bearbeitungsdauer, usw. für die herzustellenden Werkstückteile angeben können.

[0017] Sofern sowohl die vorgenannten spezifischen Werkstückteilparameter als auch die vorgenannten spezifischen Auftragsparameter berücksichtigt werden, ist es entsprechend möglich, eine oder mehrere Schachtelungspläne zu erzeugen, welche die geforderte Geometrie und das Material der Werkstückteile bei der geforderten Qualität und Auftragsdauer sicherstellen können.

[0018] Ferner kann vorgesehen sein, dass die Parameter in dem zumindest einen Kann-Datensatz gemäß einem Klassifikationssystem klassifiziert wer-

den und die klassifizierten Parameter zur Erzeugung des zumindest einen Schachtelungsplans verwendet werden. So kann insbesondere bei mehreren Kann-Datensätzen eine einfach berechenbare und eher grobe Zuweisung von Werkstückteilen der Kann-Aufträge zu den Werkstückteilen eingegangener Ist-Aufträge in dem Schachtelungsplan erfolgen. Beispielsweise können für die Geometrieparameter zwei oder mehr unterschiedliche Geometrie Klassen verwendet werden, in die sie jeweils einsortiert werden. Beispielsweise können diese Geometrie Klassen angeben, wie groß und/oder komplex die Geometrie ist. So kann ein Kann-Auftrag mit einfacher Geometrie gemäß einer einfachen Geometrie Klasse in der Erzeugung eines anderen Schachtelungsplans resultieren, als ein Kann-Auftrag mit einer komplexen Geometrie gemäß einer komplexen Geometrie Klasse. Entsprechend lässt sich der Kann-Auftrag der einfachen Geometrie Klassen mehr bestehenden Ist-Aufträgen zuordnen und so können ggf. auch mehr Schachtelungspläne erstellt werden, in die ein solcher Kann-Auftrag eingeordnet wird. Demgegenüber kann es sein, dass bei einem Kann-Auftrag mit der komplexen Geometrie Klasse weniger Schachtelungspläne mit eingegangenen Ist-Aufträgen erzeugt werden, in welche ein solcher Kann-Auftrag einbezogen wird.

[0019] Ferner kann vorgesehen sein, dass die historischen Auftragsdaten Ist-Datensätze von abgeschlossenen, also früher ausgeführten, Ist-Aufträgen enthalten. Mit dieser Datenbasis kann sichergestellt werden, dass die ermittelten Kann-Aufträge möglichst realistisch sind. Es wird also nicht von einer hypothetischen Datenbasis ausgegangen, sondern anhand der historischen Auftragsdaten können handfeste und realistische Kann-Aufträge mit Kann-Datensätzen bestimmt werden.

[0020] Hierbei kann vorgesehen sein, dass für ermittelte Kann-Aufträge auf Basis der historischen Auftragsdaten unterschiedliche Eingangswahrscheinlichkeiten prognostiziert werden. Die Eingangswahrscheinlichkeit gibt dabei an, wie wahrscheinlich es ist, dass ein ermittelter Kann-Auftrag noch vor der Bearbeitung des für einen bestimmten Zeitpunkt terminierten oder in eine Warteschlange gestellten Schachtelungsplan eingeht, also zu einem Ist-Auftrag wird, der im Produktionsablauf der Laserschneidmaschine kurzfristig untergebracht werden kann. Insbesondere können bei der Prognose der Eingangswahrscheinlichkeiten von Kann-Aufträgen Auftragsparameter in den Ist-Datensätzen der abgeschlossenen Ist-Aufträge der historischen Auftragsdaten ausgewertet werden. Derartige Auftragsparameter können beispielsweise die Zeitpunkte, eine Saisonalität, die Häufigkeit, usw. der Eingänge der abgeschlossenen Ist-Aufträge sein oder angeben. Dadurch lässt sich im Rahmen der Prognose besonders gut abschätzen, beispielsweise

durch statistische Methoden wie Extrapolation, wie wahrscheinlich ein Kann-Auftrag bis zu einem bestimmten Zeitpunkt eingeht.

[0021] Hierbei kann vorgesehen sein, dass nur solche Kann-Aufträge in die Erzeugung von dem zumindest einen Schachtelungsplan einbezogen werden, welche eine vorgegebene Mindest-Eingangswahrscheinlichkeit aufweisen. Dadurch kann eine intelligente Filterung von Kann-Aufträgen bereitgestellt werden, die sicherstellt, dass nicht jeder beliebige Kann-Auftrag in die Schachtelungsplanung einbezogen wird und so einen hohen Berechnungsaufwand provoziert.

[0022] Im Übrigen ist es möglich, dass der Kann-Datensatz eines Kann-Auftrags nicht einfach aus einem abgeschlossenen Ist-Auftrag übernommen wird, sondern, dass eine Analyse der abgeschlossenen Ist-Aufträge, insbesondere eines Kunden, durchgeführt wird. Aus den vergangenen Ist-Aufträgen kann mittels statistischer Methoden, beispielsweise mittels Extrapolation, bestimmt werden, wie ein Kann-Auftrag mit hoher Wahrscheinlichkeit beschaffen sein wird, also welche Parameter er aufweist bzw. wie der Kann-Datensatz aussieht. Es können aber auch einfachere Methoden zum Einsatz kommen, beispielsweise kann aus den Parametern der Ist-Datensätze abgeschlossener Ist-Aufträge auch ein Mittelwert oder Median gebildet werden. Für die Analyse können insbesondere Werkstückteilparameter von Ist-Datensätzen der abgeschlossenen Ist-Aufträge, insbesondere der Mengen, der Geometrien, usw., dazu dienen, den Kann-Datensatz des Kann-Auftrags möglichst zuverlässig zu schätzen.

[0023] Weiterhin kann vorgesehen sein, dass aus dem zumindest einen Schachtelungsplan zumindest ein Schachtelungskennwert ausgewertet wird. Der zumindest eine Schachtelungskennwert wertet den Schachtelungsplan hinsichtlich zumindest einer für den Laserschneidvorgang relevanten Größe aus.

[0024] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der zumindest eine Schachtelungskennwert einen Materialbedarf, einen Materialverschnitt, einen Schachtelungskennwert, einen Qualitätskennwert und/oder einen Auftragsdauer kennwert für die Ausführung des Schachtelungsplans durch die Laserschneidmaschine angibt. Dadurch ist es einfach möglich, insbesondere mehrere Schachtelungspläne anhand ihrer jeweiligen Schachtelungskennwerte zu bewerten. Die Schachtelungskennwerte können beispielsweise dazu verwendet werden, Informationen an einen Kunden bezüglich noch nicht eingegangener Aufträge weiterzugeben. So können für Kann-Aufträge beispielsweise voraussichtliche Auftragsdauern, Materialverschnitte und dadurch Kosten, usw. angegeben werden.

[0025] Ferner kann vorgesehen sein, dass aus mehreren erzeugten Schachtelungsplänen für den zumindest einen Ist-Auftrag und zumindest einen Kann-Auftrag ein oder mehrere Schachtelungspläne zur Ausführung durch die Laserschneidmaschine bei Eingang des zumindest einen Kann-Auftrags ausgewählt werden, welche den optimalsten zumindest einen Schachtelungskennwert aufweisen. So können selbstverständlich auch mehrere Schachtelungspläne erzeugt werden. Insbesondere können für gleiche Ist-Aufträge und Kann-Aufträge unterschiedliche Schachtelungspläne erzeugt werden, da hierfür verschiedene Möglichkeiten der Schachtelung bestehen können. So können beispielsweise unterschiedliche Ist-Aufträge mit einem Kann-Auftrag kombiniert werden oder der Kann-Auftrag kann unterschiedlich auf gleiche Ist-Aufträge aufgeteilt werden. Anhand des oder der Schachtelungskennwerte können nun solche Schachtelungspläne ausgewählt werden, die optimal bzgl. der Schachtelungskennwerte sind, also beispielsweise der Materialverschnitt und damit die Kosten minimieren.

[0026] Im Übrigen kann vorgesehen sein, dass für den zumindest einen erzeugten Schachtelungsplan ein Steuerungsplan für eine Steuervorrichtung der zumindest einen Laserschneidmaschine erzeugt wird, wobei der Steuerungsplan derart ausgebildet ist, dass die Laserschneidmaschine gemäß dem zumindest einen erzeugten Schachtelungsplan Werkstückteile aus dem zumindest einen Werkstück ausschneidet, wenn der Steuerungsplan von der Steuervorrichtung ausgeführt wird. Der Steuerungsplan ist also eine von der Steuervorrichtung lesbare und ausführbare Steueranweisung, um ein oder mehrere Werkstücke gemäß dem Schachtelungsplan zu bearbeiten. Dadurch können die Schachtelungspläne schnell zur Umsetzung kommen, wenn die Kann-Aufträge später eingehen.

[0027] Die eingangs erwähnte Aufgabe wird auch gelöst durch ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 13. Das Computerprogrammprodukt umfasst Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen.

[0028] Damit bringt ein erfindungsgemäßes Computerprogrammprodukt die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren erläutert worden sind. Das Computerprogrammprodukt kann dabei ein Computerprogramm an sich oder ein Produkt, etwa ein computerlesbarer Datenspeicher, sein, auf dem ein Computerprogramm zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gespeichert sein kann.

[0029] Die eingangs erwähnte Aufgabe wird ferner gelöst durch ein System nach Anspruch 14. Das System dient dem Erzeugen zumindest eines Schachtel-

ungsplans von aus zumindest einem Werkstück auszuscheidenden Werkstückteilen auf dem zumindest einen Werkstück mittels zumindest einer Laserschneidmaschine, wobei das System aufweist:

- ein Bereitstellungsmodul zum Bereitstellen von zumindest einem Ist-Datensatz zumindest eines eingegangenen Ist-Auftrags, wobei der zumindest eine Ist-Datensatz Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück auszuscheidenden Werkstückeile enthält,
- ein Ermittlungsmodul Ermitteln zumindest eines nicht eingegangenen Kann-Auftrags auf Basis von historischen Auftragsdaten, wobei der zumindest eine Kann-Auftrag zumindest einen Kann-Datensatz enthält, und wobei auch der zumindest eine Kann-Datensatz Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück auszuscheidenden Werkstückeile enthält, und
- ein Erzeugungsmodul zum Erzeugen des zumindest einen Schachtelungsplans auf Basis des zumindest einen Ist-Datensatzes und wenigstens eines des zumindest einen Kann-Datensatzes.

[0030] Dabei gelten Merkmale, die hierin in Bezug auf das Verfahren beschrieben sind, gleichsam in Bezug auf das System und umgekehrt.

[0031] Damit bringt ein erfindungsgemäßes System die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren erläutert worden sind. Insbesondere kann das System zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet bzw. ausgebildet sein.

[0032] Die Module des Systems können dabei beispielsweise jeweils durch einen separaten Computerprogrammcode oder gemeinsam durch einen gemeinsamen Computerprogrammcode und/oder durch separate oder gemeinsame Funktionseinheiten eines Computers, insbesondere einer Laserbearbeitungsanlage, implementiert sein. Beispielsweise kann das Bereitstellungsmodul als eine Einleseinheit oder ein Einleseprogrammcode ausgebildet sein. Möglich ist auch, dass einzelne Module in einem gemeinsamen Modul implementiert sind. Das System kann insbesondere einen oder mehrere Computer umfassen, welcher oder welche die einzelnen Module aufweisen können.

[0033] Neben den genannten Modulen kann das System selbstverständlich weitere Module und Komponenten aufweisen. So z.B. einen Datenspeicher, auf dem die historischen Auftragsdaten gespeichert sein können und/oder die Ist-Datensätze gespeichert und abgerufen werden können, ein Auswertungsmodul zum Auswerten des zumindest einen Schachtelungskennwerts, ein Ausgabemodul zum Ausgeben des zumindest einen Schachtelungsplans und/oder

des zumindest einen Schachtelungskennwerts, ein Prognosemodul zum Prognostizieren der Eingangswahrscheinlichkeiten der Kann-Aufträge, ein Klassifikationsmodul mit dem Klassifikationssystem zum Klassifizieren der Parameter, usw. Ferner können die Module weitere Anwendungen enthalten oder Schritte übernehmen, wie sie hierin erwähnt worden sind. So beispielsweise das Erzeugungsmodul, welches die zuvor erwähnte stochastische Anwendung, Simulationsanwendung, Big Data-Anwendung und/oder künstliche Intelligenz enthalten kann.

[0034] Die eingangs erwähnte Aufgabe wird ferner gelöst durch eine Laserbearbeitungsanlage nach Anspruch 15. Die Laserbearbeitungsanlage weist zumindest eine Laserbearbeitungsmaschine zum Ausschneiden von Werkstückteilen aus einem Werkstück und ein erfindungsgemäßes System auf.

[0035] Weitere Einzelheiten und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen, anhand derer Ausführungsbeispiele der Erfindung näher beschrieben und erläutert werden.

[0036] Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Laserschneidmaschine gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer Laserbearbeitungsanlage mit einem System gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung und mehreren Laserschneidmaschinen der **Fig. 1**; und

Fig. 3 eine schematische Ansicht eines Verfahrens gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung zur Ausführung durch die Laserbearbeitungsanlage der **Fig. 2**.

[0037] In der nachfolgenden Beschreibung sowie in den Figuren sind für identische oder einander entsprechende Merkmale jeweils dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0038] **Fig. 1** zeigt eine Laserschneidmaschine 10 in Form einer Laserschneid-Flachbettwerkzeugmaschine mit einer Laserbearbeitungsvorrichtung 20, in der ein Laserschneidvorgang mit einem Laserstrahl 1 (siehe **Fig. 2**) durchgeführt wird. Insbesondere wird ein Fokus des Laserstrahls 1 von einer Steuervorrichtung 24 (siehe **Fig. 2**) der Laserschneidmaschine 10 entlang vorgegebener, in einem Bearbeitungsbereich angeordneter Schneidkonturen 42 über ein plattenförmiges Werkstück 40, insbesondere ein sich im Wesentlichen zweidimensional erstreckendes Blech, geführt, um aus diesem Werkstückeile 44 mit spezifischen, gemäß einem auf einem Schachtelungsplan 5 beruhenden Steuerungsplan 7 (siehe **Fig. 2**) vorgegebenen Formen

auszuschneiden. Der Schachtelungsplan 5 kann dabei, wie in **Fig. 2** gezeigt, durch den Steuerungsplan 7 der Steuervorrichtung 24 umgesetzt werden, der insbesondere für die Ausführung durch die Steuervorrichtung 24 in eine entsprechende Maschinsprache übersetzt sein kann.

[0039] Die Laserschneidmaschine 10 umfasst ferner eine Entnahmevorrichtung 30. Die Entnahmevorrichtung 30 ist hier der besseren Darstellbarkeit halber offen gezeigt, kann aber alternativ wie die Laserbearbeitungsvorrichtung 20 in **Fig. 1** auch teilweise oder vollständig eingehaust sein. Beispielfhaft umfasst die Entnahmevorrichtung 30 dabei einen Palettenwechsler 32. Der Palettenwechsler 32 ist dazu ausgebildet, eine oder mehrere Paletten 38 während der Fertigung zu positionieren. Auf einer Palette 38 kann ein zu schneidendes Werkstück 40 (als Roh- oder Ausgangsmaterial), insbesondere eine Werkstücktafel, aufgelegt und gelagert werden und in das Gehäuse der Laserbearbeitungsvorrichtung 20 für den Laserschneidvorgang eingebracht werden. Nach dem vollendeten Schneidvorgang kann die Palette 38, wie in **Fig. 1** gezeigt, mit einem bearbeiteten Werkstück 40 aus der Laserbearbeitungsvorrichtung 20 gefahren werden, sodass gemäß dem Steuerungsplan 7 geschnittene Werkstückteile 44 von dem vom Werkstück 40 verbleibenden Restwerkstück absortiert und aus der Laserschneidmaschine 10 entnommen werden können.

[0040] **Fig. 2** zeigt den Laserschneidvorgang einer Laserschneidmaschine 10 einer Laserbearbeitungsanlage 50, welche hier rein beispielhaft zwei Laserschneidmaschinen 10 umfasst. Ein Laserbearbeitungskopf 26, der gemäß dem Steuerungsplan 7 von der Steuervorrichtung 24 gesteuert wird und den Laserstrahl 1 zum Ausschneiden der Werkstückteile 44 aus dem Werkstück 40 auf das Werkstück 40 emittiert, kann im Bearbeitungsbereich freipositioniert werden, so dass der Laserstrahl 1 im Wesentlichen entlang beliebiger zweidimensionaler Schneidkonturen 42 über das zu schneidende Werkstück 40 geführt werden kann. Dabei kann eine Schneidkontur 42 für den Laserstrahl 1 jeweils anhand des Schachtelungsplans 5 bzw. des Steuerungsplans 7 in der Steuervorrichtung 24 vorgegeben sein, um die Werkstückteile 44 aus dem Werkstück 40 auszuschneiden. Der Schachtelungsplan 5 kann die Anordnungen der einzelnen Werkstückteile 44 im Werkstück 40 angeben, wie sie in der **Fig. 1** zu sehen sind. Außerdem kann der Schachtelungsplan 5 die Vorgabe von Einstechpunkten und vorgegebener Anschnitte zum Einstechen des Laserstrahls 1 und Führen des Laserstrahls 1 entlang der Anschnitte zu der Schneidkontur 42 umfassen (nicht gezeigt).

[0041] Beim Laserschneiden erwärmt der Laserstrahl 1 das Metall des Werkstücks 40 entlang der vorgegebenen Schneidkonturen 42 bis es schmilzt.

Ein Schneidgasstrahl, insbesondere aus Stickstoff und/oder Sauerstoff, kann im Bereich des Laserstrahls 1 aus dem Laserbearbeitungskopf 26 austreten und das geschmolzene Material des Werkstücks 40 nach unten und aus dem sich ausbildenden Spalt drücken. Das Werkstück 40 wird somit beim Schneiden vom Laserstrahl 1 vollständig durchtrennt.

[0042] Zum Ausschneiden eines Werkstückteils 44 wird der Laserstrahl 1 entlang der vorgegebenen Schneidkonturen 42 des jeweiligen Werkstücks 40 bewegt. Diese beginnt an einem der zuvor erwähnten Einstichpunkte, die außerhalb des Werkstücks 40 liegen, und nähert sich dann insbesondere in einem bogenförmigen Anschnitt der Kontur des Werkstücks 40 an.

[0043] Im gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Palette 38 eine Werkstückauflage auf. Die Werkstückauflage weist mehrere quer, insbesondere senkrecht, zur Einschubrichtung des Werkstücks 40 in die Laserschneidvorrichtung 20 verlaufende und parallel zueinander ausgerichtete Auflagestege 34 auf. Die Auflagestege 34 bilden Auflagebereiche 36 aus, auf denen das Werkstück 40 abgelegt bzw. aufgelegt wird. Die Auflagebereiche 36 bilden somit ein Raster von Bereichen, die den Laserschneidvorgang und das Entnehmen der auf ihnen ausgeschnittenen Werkstückteile 44 beeinflussen können. **Fig. 1** zeigt ferner eine Kamera 22 des Laserschneidsystems 10, die beispielhaft an der Laserschneidvorrichtung 20 bzw. ihrem Gehäuse angeordnet ist.

[0044] Neben den Laserbearbeitungsmaschinen 10 umfasst die Laserbearbeitungsanlage 50 ein System 60, welches hier schematisch als ein Steuersystem außerhalb der Laserbearbeitungsmaschinen 10 gezeigt ist und alternativ auch in einer oder jeder der mehreren Laserbearbeitungsmaschinen 10, insbesondere der Steuervorrichtung 24, implementiert sein kann. Das System 60 ist kommunikationstechnisch mit zumindest einer der Laserbearbeitungsmaschinen 10 der Laserbearbeitungsanlage 50 verbunden.

[0045] **Fig. 3** zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens 100 zum Erzeugen des Schachtelungsplans 5 und des Steuerungsplans 7 mittels des Systems 60 der Laserbearbeitungsanlage 50, welches nun in Zusammenschau mit der **Fig. 2** näher erläutert wird.

[0046] In einem ersten Schritt 102 des Verfahrens 100 erfolgt ein Bereitstellen von Ist-Datensätzen 2 von eingegangenen Ist-Aufträgen mittels eines Bereitstellungsmoduls 62 des Systems 60, wobei die Ist-Datensätze 2 Parameter, insbesondere Werkstückteilparameter, wie Geometrieparameter und Materialparameter der Werkstückteile 44, und Auftragsparameter, insbesondere Qualitätsparameter

und Auftragsdauerparameter der Aufträge, für die aus dem oder mehreren Werkstücken 40 auszuscheidenden Werkstückteile 44 enthalten. Mit den Parametern der Ist-Datensätze 2 wird in Bezug auf die Produktionsplanung und damit den Schachtelungsplan 5 fest geplant, wie der später näher erläuterte Schritt 108 des Verfahrens 100 zeigt.

[0047] Zusätzlich erfolgt in einem parallelen, vorherigen oder anschließenden Schritt 104 des Verfahrens 100 durch ein Ermittlungsmodul 64 des Systems 60 eine Ermittlung von Kann-Aufträgen auf Basis von historischen Auftragsdaten 3, die beispielsweise in einem entsprechenden, nicht gezeigten Datenspeicher abgespeichert sein können. Auch die Kann-Aufträge enthalten Datensätze mit Parametern gleicher Art wie die Ist-Datensätze 2, die hierin allerdings als Kann-Datensätze 4 bezeichnet werden, weil anders als bei den Ist-Datensätzen 2 nicht fest mit diesen gerechnet werden kann. Bei den Kann-Aufträgen handelt es sich nämlich um noch nicht eingegangene Aufträge, die in der durch die Kann-Datensätze 4 angegebener oder ähnlicher Weise jedoch auf Basis der historischen Auftragsdaten 3 möglicherweise noch eingehen können und in eine Schachtelungsplanung für eines oder mehrere Werkstücke 40 einbezogen werden können.

[0048] Um nun ohne Rohstoffverschwendung und mit geringer Produktionsdauer, geringem Produktionsrisiko und hoher Ergebnisqualität Parameter von Datensätzen kurzfristig, also kurz vor der Laserbearbeitung des oder der Werkstücke 40, in der Schachtelungsplanung des folgenden Schritts 108 des Verfahrens 100 berücksichtigen zu können, werden die Parameter der Kann-Datensätze 4 in die Schachtelungsplanung des Schritts 108 einbezogen.

[0049] Dabei kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass ein weiterer Schritt 106 zwischen den Schritten 104 und 108 zwischengeschaltet ist oder, alternativ, mit dem Schritt 104 erfolgt. Dieser Schritt 106 kann von einem Prognosemodul 66 des Systems 60 durchgeführt werden. Dabei können den einzelnen Kann-Aufträgen bzw. Kann-Datensätzen 4 auf Basis der historischen Daten 3 unterschiedliche Eingangswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden. Die Eingangswahrscheinlichkeit gibt an, wie wahrscheinlich es ist, dass ein ermittelter Kann-Auftrag noch vor der Bearbeitung des für einen bestimmten Zeitpunkt terminierten oder in eine Warteschlange gestellten Schachtelungsplan 5 eingeht, also zu einem Ist-Auftrag wird, der im Produktionsablauf der Laserbearbeitungsanlage 50 kurzfristig untergebracht werden kann. Dabei können vorzugsweise im Schritt 106 solche Kann-Datensätze 4 in den Schritt 108 einbezogen werden, welche eine vorgegebene Mindest-Eingangswahrscheinlichkeit aufweisen. Mit anderen Worten kann hier eine Filterung der Kann-Daten-

sätze 4 nach ihrer Eingangswahrscheinlichkeit erfolgen.

[0050] In einem darauf folgenden Schritt 108 des Verfahrens 100, welcher von einem Erzeugungsmodul 68 des Systems 60 ausgeführt werden kann, werden die Ist-Datensätze 2 und die Kann-Datensätze 4 aus den Schritten 102, 104 und 106 herangezogen, um auf ihrer Basis den Schachtelungsplan 5 zu erzeugen, der Werkstückteile 44 dieser Datensätze anhand ihrer Parameter zu Werkstücken 40 vorgesehener Produktionsdurchläufe der Laserbearbeitungsanlage 50 zuordnet. Vorzugsweise können dabei die Parameter der Kann-Datensätze 4 zuvor klassifiziert worden sein, um eine grobe Erzeugung von Schachtelungsplänen 5 zu erlauben, welche schnell ausgeführt werden kann und noch nicht detailgetreu sein muss, da ein später eingehender Kann-Auftrag auch in einem gewissen Rahmen Abweichungen in den Kann-Datensätzen 4 aufweisen kann, beispielsweise können mehr oder weniger herzustellende Werkstückteile 44 durch den später eingehenden Kann-Auftrag vorgegeben werden, als auf Basis der historischen Auftragsdaten 3 ermittelt oder prognostiziert worden ist.

[0051] Der oder die Schachtelungspläne 5 können in einem nachfolgenden Schritt 110 des Verfahrens 100, das vorzugsweise von einem nicht gezeigten weiteren Modul des Systems 60 ausgeführt werden kann, ausgewertet werden, um einen oder mehrere Schachtelungskennwerte 6 zu bestimmen. Solche Schachtelungskennwerte 6 können beispielsweise ein Materialbedarf, ein Materialverschnitt, ein Qualitätskennwert und/oder ein Auftragsdauer kennwert sein. Sie geben also an, wie viel Material erforderlich ist, wie viel Materialverschnitt anfällt, was für eine Qualität erzeugt wird und wie lange die Auftragsdauer ist, wenn der jeweilige Schachtelungsplan 5 von der Laserbearbeitungsanlage 50 durchgeführt wird.

[0052] Später, in Schritt 112 des Verfahrens 100, kann ein Kann-Auftrag mit Kann-Datensätzen 4 eingehen, die zuvor in die Erzeugung eines Schachtelungsplans 5 einbezogen worden sind und für den ein Schachtelungsplan 5 besteht, vorzugsweise mit optimalen Schachtelungskennwerten 6. Dieser Schachtelungsplan 5 kann nun herangezogen werden, um von der Steuervorrichtung 24 ausgeführt zu werden. Bei geringfügigen Abweichungen zwischen den für die Erzeugung des Schachtelungsplans 5 einbezogenen Kann-Datensätzen 4 und den Kann-Datensätzen 4 der nunmehr eingegangenen Kann-Datensätzen 4 kann hier auch eine entsprechende Anpassung des Schachtelungsplans 5 erfolgen oder, der eingegangene Kann-Auftrag kann, zumindest vorerst, nur gemäß dem Schachtelungsplan 5 angeboten und ausgeführt werden.

[0053] Im Schritt 114 des Verfahrens 100 erfolgt schließlich eine Erzeugung des Steuerungsplans 7 für den ausgewählten Schachtelungsplan 5 zur Ausführung durch die Steuervorrichtung 24, um anschließend eine der Laserschneidmaschinen 10 der Laserbearbeitungsanlage 50 demgemäß zu steuern und Werkstückteile 44 gemäß dem Schachtelungsplan 5 herzustellen.

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zum Erzeugen zumindest eines Schachtelungsplans (5) von aus zumindest einem Werkstück (40) auszuschneidenden Werkstückteilen (44) auf dem zumindest einen Werkstück (40) mittels zumindest einer Laserschneidmaschine (10), wobei das Verfahren (100) die folgenden Schritte (102, 104, 108) aufweist:

- Bereitstellen von zumindest einem Ist-Datensatz (2) zumindest eines eingegangenen Ist-Auftrags, wobei der zumindest eine Ist-Datensatz (2) Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück (40) auszuschneidenden Werkstückteile (44) enthält,
- Ermitteln zumindest eines nicht eingegangenen Kann-Auftrags auf Basis von historischen Auftragsdaten (3), wobei der zumindest eine Kann-Auftrag zumindest einen Kann-Datensatz (4) enthält, und wobei auch der zumindest eine Kann-Datensatz (4) Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück (40) auszuschneidenden Werkstückteile (44) enthält, und
- Erzeugen des zumindest einen Schachtelungsplans (5) auf Basis des zumindest einen Ist-Datensatzes (2) und wenigstens eines des zumindest einen Kann-Datensatzes (4) .

2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, wobei die Parameter Werkstückteilparameter, welche Merkmale der auszuschneidenden Werkstückteile (44) charakterisieren, und/oder Auftragsparameter, welche Merkmale des Auftrags charakterisieren, sind.

3. Verfahren (100) nach Anspruch 2, wobei die Werkstückteilparameter Geometrieparameter und/oder Materialparameter der Werkstückteile (44) umfassen.

4. Verfahren (100) nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Auftragsparameter Qualitätsparameter und Auftragsdauerparameter des Auftrags umfassen.

5. Verfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Parameter in dem zumindest einen Kann-Datensatz (4) gemäß einem Klassifikationssystem klassifiziert werden und die klassifizierten Parameter zur Erzeugung des zumindest einen Schachtelungsplans (5) verwendet werden.

6. Verfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die historischen Auftragsdaten (3) Ist-Datensätze (2) von abgeschlossenen Ist-Aufträgen enthalten.

7. Verfahren (100) nach Anspruch 6, wobei für ermittelte Kann-Aufträge auf Basis der historischen Auftragsdaten (3) unterschiedliche Eingangswahrscheinlichkeiten prognostiziert werden.

8. Verfahren (100) nach Anspruch 7, wobei nur solche Kann-Aufträge in die Erzeugung von dem zumindest einen Schachtelungsplan (5) einbezogen werden, welche eine vorgegebene Mindest-Eingangswahrscheinlichkeit aufweisen.

9. Verfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei aus dem zumindest einen Schachtelungsplan (5) zumindest ein Schachtelungskennwert (6) ausgewertet wird.

10. Verfahren (100) nach Anspruch 9, wobei der zumindest eine Schachtelungskennwert (6) einen Materialbedarf, einen Materialverschnitt, einen Qualitätskennwert und/oder einen Auftragsdauer kennwert für die Ausführung des Schachtelungsplans (5) durch die Laserschneidmaschine (10) angibt.

11. Verfahren (100) nach Anspruch 9 oder 10, wobei aus mehreren erzeugten Schachtelungsplänen (5) für den zumindest einen Ist-Auftrag und den zumindest einen Kann-Auftrag ein oder mehrere Schachtelungspläne (5) zur Ausführung durch die Laserschneidmaschine (10) bei Eingang des zumindest einen Kann-Auftrags ausgewählt werden, welche den optimalsten zumindest einen Schachtelungskennwert (6) aufweisen.

12. Verfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei für den zumindest einen erzeugten Schachtelungsplan (5) ein Steuerungsplan (7) für eine Steuervorrichtung (24) der zumindest einen Laserschneidmaschine (10) erzeugt wird, wobei der Steuerungsplan (7) derart ausgebildet ist, dass die Laserschneidmaschine (10) gemäß dem zumindest einen erzeugten Schachtelungsplan (5) Werkstückteile (44) aus dem zumindest einen Werkstück (40) ausschneidet, wenn der Steuerungsplan (7) von der Steuervorrichtung (24) ausgeführt wird.

13. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren (100) gemäß einem der voranstehenden Ansprüche auszuführen.

14. System (60) zum Erzeugen zumindest eines Schachtelungsplans (5) von aus zumindest einem Werkstück (40) auszuschneidenden Werkstückteilen (44) auf dem zumindest einen Werkstück (40)

mittels zumindest einer Laserschneidmaschine (10), wobei das System (60) aufweist:

- ein Bereitstellungsmodul (62) zum Bereitstellen von zumindest einem Ist-Datensatz (2) zumindest eines eingegangenen Ist-Auftrags, wobei der zumindest eine Ist-Datensatz (2) Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück (40) auszuschneidenden Werkstückteile (44) enthält,
- ein Ermittlungsmodul (64) Ermitteln zumindest eines nicht eingegangenen Kann-Auftrags auf Basis von historischen Auftragsdaten (3), wobei der zumindest eine Kann-Auftrag zumindest einen Kann-Datensatz (4) enthält, und wobei auch der zumindest eine Kann-Datensatz (4) Parameter für die aus dem zumindest einen Werkstück (40) auszuschneidenden Werkstückteile (44) enthält, und
- ein Erzeugungsmodul (68) zum Erzeugen des zumindest einen Schachtelungsplans (5) auf Basis des zumindest einen Ist-Datensatzes (2) und wenigstens eines des zumindest einen Kann-Datensatzes (4).

15. Laserbearbeitungsanlage (50) mit zumindest einer Laserbearbeitungsmaschine (10) zum Ausschneiden von Werkstückteilen (44) aus einem Werkstück (40) und einem System (60) gemäß Anspruch 14.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

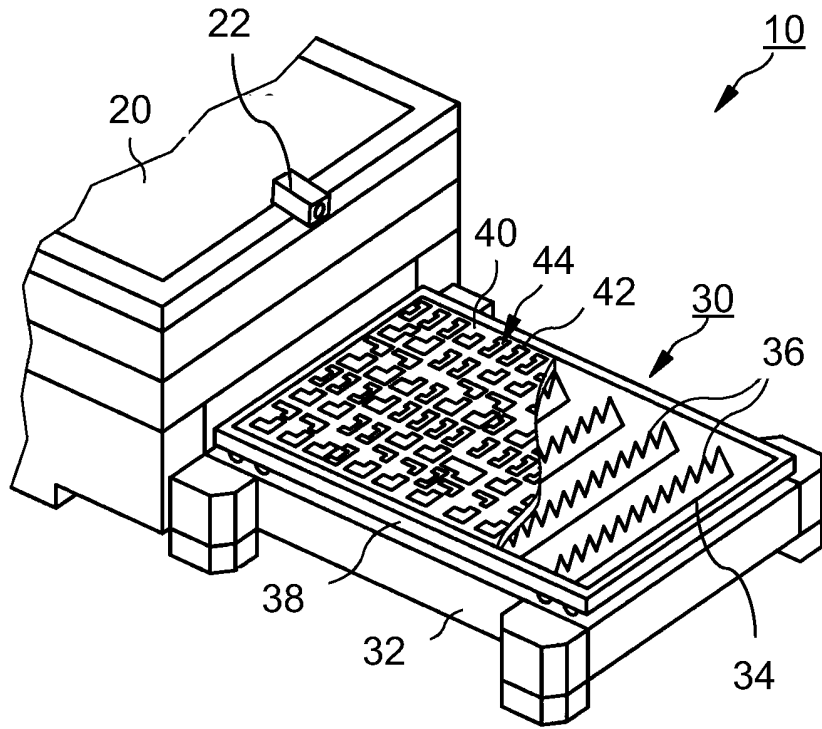


Fig. 1

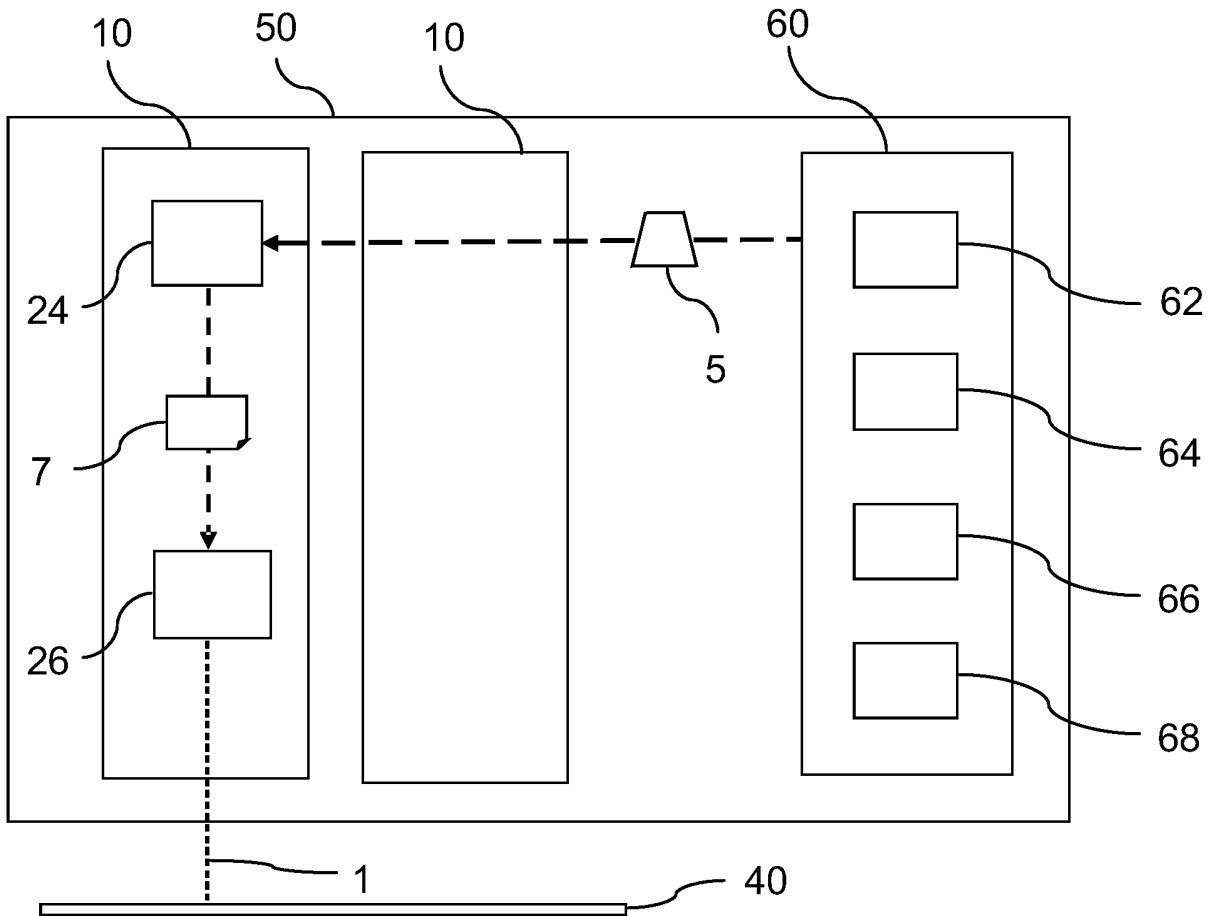


Fig. 2

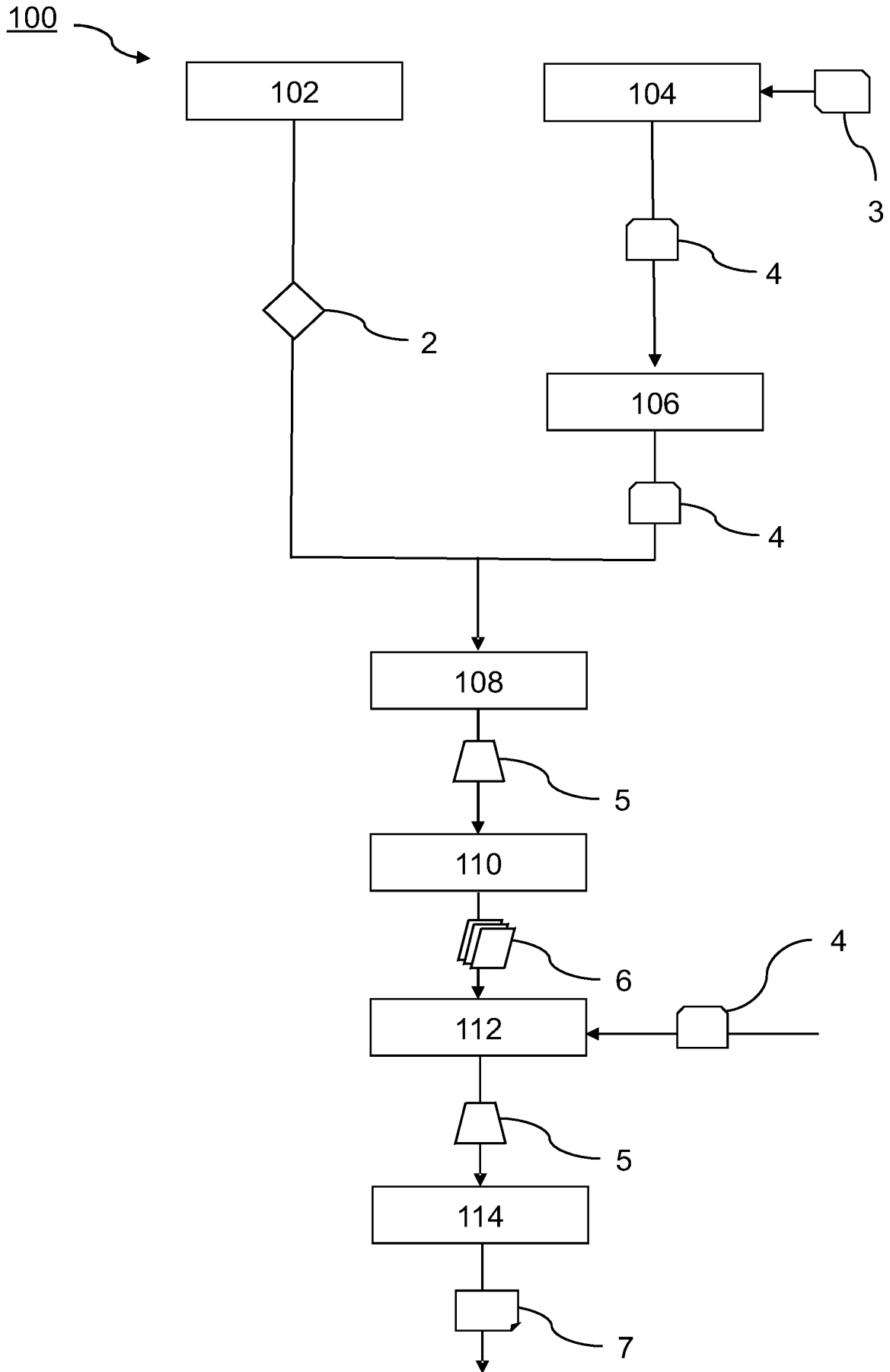


Fig. 3