

(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
12. Dezember 2024 (12.12.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/251481 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/4093 (2006.01) *G05B 19/4061* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/063363
- (22) Internationales Anmeldedatum:
15. Mai 2024 (15.05.2024)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2023 114 648.3
05. Juni 2023 (05.06.2023) DE
- (71) Anmelder: **TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN SE + CO. KG** [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (DE).
- (72) Erfinder: **WADEHN, Wolf**, 1201 B Pinewood, 5/63 Old, Tamil Nadu 603103 (IN).
- (74) Anwalt: **TRUMPF PATENTABTEILUNG**; Trumpf SE + Co. KG, Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

(54) Title: COMPUTER-IMPLEMENTED NESTING METHOD FOR GENERATING A NESTING PLAN BY NESTING WORKPIECE PARTS ON A WORKPIECE SHEET

(54) Bezeichnung: COMPUTERIMPLEMENTIERTES SCHACHTELUNGSVERFAHREN ZUM ERZEUGEN EINES SCHACHTELUNGSPLANS DURCH SCHACHTELUNG VON WERKSTÜCKTEILEN AUF EINER WERKSTÜCKTAFEL

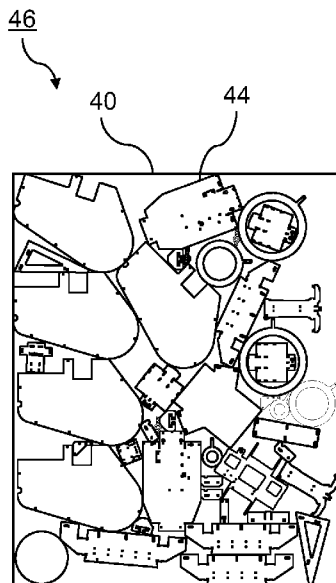


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a computer-implemented nesting method (100) for generating a nesting plan (46) by nesting workpiece parts (44) with different two-dimensional workpiece geometries on a workpiece sheet (40) with a two-dimensional workpiece sheet geometry, wherein the nesting plan (46) can be used for a laser cutting method (300) in order to cut workpiece parts (44) nested according to the nesting plan (46) out of the workpiece sheet (40). (Figure 4)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein computerimplementiertes Schachtelungsverfahren (100) zum Erzeugen eines Schachtelungsplans (46) durch Schachtelung von Werkstückteilen (44) mit unterschiedlichen zweidimensionalen Werkstückteilgeometrien auf einer Werkstücktafel (40) mit einer zweidimensionalen Werkstücktafelgeometrie, wobei der Schachtelungsplan (46) für ein Laserschneidverfahren (300) zum Ausschneiden der gemäß dem Schachtelungsplan (46) geschachtelten Werkstückteile (44) aus der Werkstücktafel (40) verwendbar ist. (Figure 4)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

5

10

15

20 **Titel:** Computerimplementiertes Schachtelungsverfahren zum
 Erzeugen eines Schachtelungsplans durch
 Schachtelung von Werkstückteilen auf einer
 Werkstücktafel

Beschreibung

25

Die Erfindung betrifft ein computerimplementiertes
Schachtelungsverfahren zum Erzeugen eines Schachtelungsplans
durch Schachtelung von Werkstückteilen mit unterschiedlichen
zweidimensionalen Werkstückteilgeometrien auf einer
30 Werkstücktafel mit einer zweidimensionalen
Werkstücktafelgeometrie, wobei der Schachtelungsplan für ein
Laserschneidverfahren zum Ausschneiden der gemäß dem
Schachtelungsplan geschachtelten Werkstückteile aus der auf
einer Werkstückauflage platzierten Werkstücktafel verwendbar
35 ist.

Einem Schneidverfahren, bei dem Werkstückteile aus einer
Werkstücktafel ausgeschnitten werden, vorgelagerte
Schachtelungsverfahren, beispielsweise unter Einsatz exakter

oder heuristischer Verfahren, sind aus dem Stand der Technik bekannt. Eine Schachtelung bezeichnet dabei eine Belegung oder Platzierung der zu schneidenden Werkstückteile auf der Werkstücktafel für das anschließende Laserschneidverfahren.

5 Mit anderen Worten werden den auszuschneidenden Werkstückteilen mit ihrer Werkstückteilgeometrie eindeutige Positionen auf der Werkstücktafel bzw. ihrer Werkstücktafelgeometrie zugewiesen. Diese Zuweisung bzw. Belegung, die hierin als Schachtelung der Werkstückteile auf
10 der Werkstücktafel bezeichnet wird, wird in dem Schachtelungsplan abgespeichert. Der Schachtelungsplan kann im Laserschneidverfahren abgerufen werden und durch Abfahren der Schneidkanten mit einem Laser entsprechend den Konturen der Werkstückteile auf der Werkstücktafel kann die Werkstücktafel
15 geschnitten werden, um die einzelnen Werkstückteile zu erhalten.

Zweck des Schachtelungsverfahrens ist es, einen Schachtelungsplan zu erzeugen, mittels dem es möglich ist,
20 dass die Werkstücktafel möglichst effizient genutzt wird, sodass möglichst wenig Verschnitt anfällt.

Eine Herausforderung beim Schachtelungsverfahren ist dadurch bedingt, dass beim Laserschneiden viel Laserenergie in
25 Richtung der Werkstückauflage mit der darauf aufliegenden Werkstücktafel abgestrahlt wird, da nur ein Teil der Laserenergie vom zu schneidenden Material der Werkstücktafel absorbiert wird. Typischerweise wird die Werkstückauflage daher als Verschleißteil betrachtet, das häufig ausgetauscht
30 werden muss. Eine derartige Werkstückauflage besteht typischerweise aus vertikalen Auflageleisten, die die Teile auf gleichmäßig verteilten Spitzen abstützen. Ein Problem bei

solchen Werkstückauflagen wiederum ist, dass die
ausgeschnittenen Werkstückteile zum Kippen neigen können,
wodurch ein Kollisionsrisiko zwischen dem gekippten
Werkstückteil und dem für das Laserschneidverfahren
5 eingesetzten Laserschneidkopf gegeben ist.

Eine Möglichkeit, dieses Risiko zu minimieren, besteht darin,
im Schachtelungsplan einen einheitlichen minimalen
Werkstückteileabstand zwischen je zwei benachbarten
10 Werkstückteilen zu verwenden, der insbesondere in Abhängigkeit
von dem Radius des Laserschneidkopfs bzw. seiner Düse gewählt
werden kann, sodass ein aktuell geschnittenes und gekipptes
Werkstückteil ohne Kollision passiert werden kann, wenn das
nächste Werkstückteil geschnitten wird. Im Stand der Technik
15 wird daher ein werkstückteileübergreifender bzw. einheitlicher
und konservativer Werkstückteileabstand von beispielsweise 15
mm zwischen Werkstückteilen gewählt. Vom Erfinder wurde
erkannt, dass dieser einheitliche Werkstückteileabstand zu
einer hohen Ineffizienz bei der Materialverwendung führt, weil
20 ein derart konservativer Werkstückabstand nicht immer zwingend
ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein
Schachtelungsverfahren vorzuschlagen, mit dem besonders
25 effiziente Schachtelungspläne erzeugt werden können.

Die Aufgabe wird durch ein computerimplementiertes
Schachtelungsverfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorgeschlagen
wird demnach ein computerimplementiertes
30 Schachtelungsverfahren zum Erzeugen eines Schachtelungsplans
durch Schachtelung von Werkstückteilen mit, insbesondere
unterschiedlichen, zweidimensionalen Werkstückteilgeometrien

auf einer Werkstücktafel mit einer zweidimensionalen Werkstücktafelgeometrie, wobei der Schachtelungsplan für ein Laserschneidverfahren zum Ausschneiden der gemäß dem Schachtelungsplan geschachtelten Werkstückteile aus der auf einer Werkstückauflage, insbesondere auf einem Auflagegitter, platzierten Werkstücktafel verwendbar ist, und wobei das Schachtelungsverfahren die folgenden Verfahrensschritte aufweist:

- (a) Einlesen von Geometriedaten der Werkstückteile,
- 10 (b) Ermitteln von individuellen Geometriecharakteristiken zumindest einiger der Werkstückteile aus ihren Geometriedaten,
- (c) Bestimmen von individuellen Werkstückabständen zwischen benachbarten Werkstückteilen auf der Werkstücktafel anhand
- 15 ihrer individuellen Geometriecharakteristiken, und
- (d) Schachteln der Werkstückteile mit ihren individuellen Werkstückabständen auf der Werkstücktafel.

Das erfindungsgemäße Schachtelungsverfahren ermöglicht durch das Schachteln mit individuellen Werkstückabständen statt

20 eines konservativen, einheitlichen Werkstückabstands eine deutlich effizientere Nutzung der Werkstücktafel. Denn durch die individuellen Werkstückabständen können auch geringere Werkstückabstände zwischen zumindest einigen oder allen der

25 Werkstückteilen gewählt werden, sodass Platz bzw. Fläche auf der Werkstücktafel gespart wird, welcher wiederum genutzt werden kann, um weitere Werkstückteile darauf anzuordnen bzw. zu schachteln. So wird das Material der Werkstücktafel von dem nach dem Schneiden verbleibenden Restgitter reduziert bzw.

30 wird der Verschnitt reduziert. Eine derart erhöhte Materialeffizienz durch engere Schachtelung der Werkstückteile lässt sich erfindungsgemäß, wie nachstehend näher beschrieben

wird, bei unverändert hoher Prozesssicherheit bezüglich des Laserschneidverfahrens erzielen.

Die individuellen Werkstückabstände werden dabei nicht etwa
5 wahllos gewählt. Stattdessen werden die individuellen
Werkstückabstände anhand von Geometriedaten, die zuvor
eingelesen werden, bestimmt. Dazu werden aus den eingelesenen
Geometriedaten individuelle Geometriecharakteristiken einiger
oder aller Werkstückteile, die auf der Werkstücktafel
10 verschachtelt werden, ermittelt. Dadurch wird es möglich, die
Geometrien der einzelnen Werkstückteile für die Bestimmung der
Werkstückabstände zugrunde zu legen und so geometrieabhängig
individuelle Werkstückabstände zu wählen. Individuell meint
dabei insbesondere, dass für jedes Werkstückteil jeweils
15 individuell ein Werkstückabstand gewählt wird. Dies meint
nicht, dass alle Werkstückabstände von benachbarten
Werkstückteilen verschieden sein müssen.

Die individuellen Werkstückabstände können frei gewählt sein
20 oder aus einer Gruppe von zumindest zwei oder mehr definierten
Werkstückabständen stammen, um das Schachtelungsverfahren zu
beschleunigen. Die Bestimmung der individuellen
Werkstückabstände kann beispielsweise über einen Algorithmus,
eine künstliche Intelligenz, eine Look Up-Table, usw.
25 erfolgen. Insbesondere wird bei der Bestimmung eines
individuellen Werkstückabstands eines Werkstückteils dessen
eigene Geometriecharakteristik und die Geometriecharakteristik
zumindest eines Werkstückteils oder aller (unmittelbar)
benachbarten Werkstückteile berücksichtigt.

30 Das Schachtelungsverfahren kann erstmalig einen
Schachtelungsplan erzeugen oder auf einen bereits erzeugten

Schachtelungsplan angewendet werden, sodass dieser (in
Verfahrensschritt (d)) teilweise umgeschachtelt wird. Das
Schachtelungsproblem des effizienten Schachtelns von
Werkstückteilen auf einer Werkstücktafel kann dabei
5 grundsätzlich in drei Teilprobleme aufgeteilt werden. Erstens
kann bestimmt werden, welches Werkstückteil auf welche
Werkstücktafel gelegt bzw. geschachtelt werden soll. Zweitens
kann bestimmt werden, in welcher Reihenfolge die einzelnen
Werkstückteile verschachtelt werden sollen. Drittens kann
10 schließlich bestimmt werden, an welcher eindeutigen Position
sich jedes Werkstückteil auf der Werkstücktafel befindet.
Jedes Teilproblem kann durch verschiedene Methoden,
insbesondere durch exakte Verfahren, heuristische Verfahren,
den Einsatz von künstlicher Intelligenz, usw. gelöst werden.
15 Das erfindungsgemäße Schachtelungsverfahren kann bei Bedarf
verschiedene der bekannten Methoden für ein effizientes
Schachteln umsetzen. Zwingend ist vorliegend bzgl. des
Schachtelns jedoch nur, dass die individuellen
Werkstückabstände für das Schachteln der Werkstückteile
20 verwendet werden. Mit anderen Worten kann das erfindungsgemäße
Schachtelungsverfahren selbstverständlich weitere Methoden
umsetzen, die neben den individuellen Werkstückabständen die
Position, Orientierung, usw. der einzelnen Werkstückteile auf
der Werkstücktafel vorgeben, um eine effiziente Schachtelung
25 zu erlauben.

Dass Verfahrensschritt (b) für zumindest einige der zu
schachtelnden Werkstückteile durchgeführt wird bedeutet, dass
es auch möglich ist, für zumindest eines oder mehrere
30 Werkstückteile den Werkstückabstand auch nach einem anderen
Verfahren zu bestimmen, so beispielsweise durch einen fest
definierten Werkstückabstand. Gleichwohl kann

selbstverständlich vorgesehen sein, dass für alle der zu schachtelnden Werkstückteile auf der Werkstücktafel individuelle Werkstückabstände bestimmt werden, um die Schachtelung vorzunehmen. Im Übrigen werden die

- 5 Verfahrensschritte (a) bis (d) insbesondere in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt.

Ganz besonders kann vorgesehen sein, dass das Ermitteln der individuellen Geometriecharakteristiken durch Abgleich der
10 eingelesebenen Geometriedaten mit zumindest einem vorgegebenen Geometrieparameter erfolgt. Vorteilhaft hieran ist, dass die Geometriedaten in einer definierten Art ausgewertet werden, um hieraus die individuellen Geometriecharakteristiken zu erhalten.

15

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der zumindest eine Geometrieparameter derart vorgegeben wird, dass er indikativ für ein Prozessrisiko des Laserschneidverfahrens ist. Dadurch, dass nun ein oder mehrere Geometrieparameter mit den

20

Geometriedaten abgeglichen werden, welche zumindest mit einem der insbesondere nachstehenden Prozessrisikoparameter korrelieren bzw. indikativ dafür sind, kann eine in Bezug auf Materialeffizienz einerseits und Prozesssicherheit andererseits optimierte Bestimmung von individuellen

25

Werkstückabständen vorgenommen werden.

Dabei kann vorgesehen sein, dass das Prozessrisiko eine Prozessstabilität des Laserschneidverfahrens, eine Kippwahrscheinlichkeit der Werkstückteile auf der

30

Werkstückauflage, eine Kollisionswahrscheinlichkeit der Werkstückteile mit einem beim Laserschneidverfahren verwendeten Schneidkopf und/oder eine Fallwahrscheinlichkeit

für ein Durchfallen der Werkstückteile durch die Werkstückauflage, insbesondere das Auflagegitter, ist. Je höher beispielsweise die Kippwahrscheinlichkeit eines Werkstückteils auf Basis seines oder seiner Geometrieparameter ist, desto größer kann sein individueller Werkstückabstand gewählt werden. Umgekehrt, wenn die Kippwahrscheinlichkeit gering ist, und insbesondere wenn auch die anderen Prozessrisikoparameter vorteilhaft sind, kann ein kleiner individueller Werkstückabstand bestimmt werden. So kann gewährleistet werden, dass große Werkstückabstände nur dort auf der Werkstücktafel bzw. im Schachtelungsplan verwendet werden, wo ein Prozessrisiko, insbesondere einer durch die voranstehenden Prozessrisikoparameter definierten Art, besteht. Wo hingegen das Prozessrisiko gering ist, kann der Werkstückabstand minimal gehalten werden oder auch ganz verschwinden. Allerdings wird ein gewisser Mindest-Werkstückabstand typischerweise für eine hohe Schnittqualität gewünscht, sodass vorzugsweise ein minimaler Werkstückabstand in dem Schachtelungsplan eingehalten wird, auch wenn individuelle Werkstückabstände bestimmt werden. Dieser minimale Werkstückabstand ist selbstverständlich kleiner als der zuvor erwähnte konservative einheitliche Werkstückabstand aus dem Stand der Technik, welcher zur Minimierung des Prozessrisikos gewählt wird.

Ganz besonders können die individuellen Geometriecharakteristiken jeweils einen Wert für zumindest einen der vorgenannten Prozessrisikoparameter von Prozessstabilität, Kippwahrscheinlichkeit, Kollisionswahrscheinlichkeit und Fallwahrscheinlichkeit angeben. Durch eine derartige Berechnung ist es mittels der Angabe der individuellen Geometriecharakteristik jeweils

möglich, das von einem Werkstückteil ausgehende Prozessrisiko anzugeben.

Ganz besonders kann vorgesehen sein, dass der zumindest eine
5 Geometrieparameter wenigstens einer der folgenden
Geometrieparameter ist: eine Auflagefläche, ein
Flächenschwerpunkt und eine Erstreckung entlang mindestens
einer Koordinate in einem zweidimensionalen Koordinatensystem.
Es hat sich in besonderem Maße gezeigt, dass die vorgenannten
10 Geometrieparameter entscheidenden Einfluss auf relevante
Prozessrisikoparameter beim Laserschneidverfahren haben, ganz
besonders auf die vorgenannten Prozessparameter von
Prozessstabilität, Kippwahrscheinlichkeit
Kollisionswahrscheinlichkeit und Fallwahrscheinlichkeit. So
15 kann beispielsweise entscheidend sein, ob die Auflagefläche
eines Werkstückteils typischerweise auf mehr oder weniger als
drei Auflagepins der Werkstückauflage aufliegt. Entscheidend
kann auch sein, ob ein Werkstückteil typischerweise entlang
der beiden Koordinaten bzw. Achsen des zweidimensionalen
20 Koordinatensystems auf zwei Auflagepins der Werkstückauflage
aufliegt. Diese Faktoren und beispielsweise auch der
Flächenschwerpunkt des Werkstückteils bestimmen als
Geometrieparameter vorliegend das Prozessrisiko für ein
Werkstückteil, insbesondere seine Kipp- und
25 Kollisionswahrscheinlichkeit. Durch den Abgleich der
Geometriedaten mit diesen Geometrieparametern wird es möglich
einzuschätzen, wie hoch das Prozessrisiko ist. Dabei können
unterschiedliche Wertebereiche für die Geometrieparameter
hinterlegt sein, beispielsweise in der zuvor erwähnten Look
30 Up-Tabelle, ganz besonders mit unterschiedlichen
Prozessrisikowerten und ggf. auch mit Werkstückabständen für
die jeweiligen Wertebereiche bzw. Prozessrisikowerte. So ist

es besonders schnell möglich, für die Werkstückteile jeweils individuelle Werkstückabstände zu bestimmen.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die Werkstückauflage
5 Auflagebereiche umfasst, welche insbesondere durch
Auflagestege und/oder Auflagepins gebildet sind. In einer
Variante können die Auflagepins an den Auflagestegen
angeordnet sein, wobei die Auflagestege parallel zueinander
angeordnet sind. Eine Werkstückauflage mit derartigen
10 Auflagebereichen hat den Vorteil, dass sie kostengünstig
herstellbar ist und eine einfache Laserbearbeitung einer
darauf aufliegenden Werkstücktafel ermöglicht. Allerdings hat
sie den Nachteil, dass diese vom Laser beschädigt werden kann,
sodass sie repariert oder ausgetauscht werden muss und ferner,
15 dass Werkstückteile darauf verkippen und mit dem Schneidkopf
kollidieren können.

Grundsätzlich ist es möglich, das erfindungsgemäße
Schachtelungsverfahren unabhängig von der Kenntnis der Lage
20 der einzelnen Werkstückteile auf der Werkstückauflage,
insbesondere den Auflagestegen und/oder Auflagepins,
auszuführen. Es hat sich allerdings gezeigt, dass der Aufbau
der Werkstückauflage und die Anordnung der Werkstückteile auf
der Werkstückauflage, insbesondere ihren Auflagepins,
25 ebenfalls eine Rolle für das vorstehend erläuterte
Prozessrisiko spielt, also insbesondere, ob es zu einem Kippen
von Werkstückteilen und einer möglichen Kollision mit dem
Schneidkopf kommt. Insbesondere ist es zur Verringerung des
Prozessrisikos nun möglich, dass bei der Bestimmung der
30 individuellen Werkstückabstände eine voraussichtliche Lage der
Werkstückteile auf der Werkstückauflage bestimmt wird und die

voraussichtliche Lage bei der Bestimmung der individuellen Werkstückabstände berücksichtigt wird.

Insbesondere kann die voraussichtliche Lage die Information
5 umfassen, auf welchen Auflagebereichen, beispielsweise
Auflagepins, der Werkstückauflage die Werkstückteile aufliegen
und diese Information bei der Bestimmung der individuellen
Werkstückabstände berücksichtigt wird. Die voraussichtliche
Lage kann dabei beispielsweise durch entsprechende Sensorik
10 und/oder Kameras an der entsprechenden Bearbeitungsmaschine
ermittelt werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass bei der Bestimmung der
individuellen Werkstückabstände zumindest ein Schneidparameter
15 des Laserschneidverfahrens, ein Maschinenparameter einer
Bearbeitungsmaschine zum Bearbeiten der Werkstücktafel
und/oder ein Materialparameter der Werkstücktafel
berücksichtigt wird. Der Schneidparameter kann dabei
insbesondere ein Gasdruck und/oder eine Schnittspaltbreite
20 sein. Der Materialparameter kann beispielsweise eine
Materialdicke und/oder ein Materialgewicht, insbesondere ein
spezifisches Gewicht pro Volumen, sein. So können die
individuellen Werkstückabstände noch präziser so bestimmt
werden, dass ein bestimmtes, insbesondere vorab gewähltes,
25 Prozessrisiko nicht überschritten wird.

Grundsätzlich kann dabei ein Prozessrisiko des
Laserschneidverfahrens in einem separaten Verfahrensschritt
vorgegeben werden und beim Bestimmen der individuellen
30 Werkstückabstände mit einbezogen werden. So können ein Maß von
Materialeffizienz und Prozesssicherheit des
Schachtelungsverfahrens, die als Ziele des

Schachtelungsverfahrens einander zumindest teilweise gegenüberstehen, jeweils vorgegeben werden, und zwar durch die entsprechende Bestimmung der individuellen Werkstückabstände.

- 5 Im Übrigen kann vorgesehen sein, dass die Werkstückteile anhand ihrer Geometriedaten in mindestens zwei Geometrieklassen klassifiziert werden und individuelle Geometriecharakteristiken nur für diejenigen Werkstückteile ermittelt werden, welche in eine vordefinierte der zwei
- 10 Geometrieklassen fallen. Dabei kann eine der zumindest zwei Geometrieklassen so gewählt werden, dass in diese Geometrieklasse Werkstückteile klassifiziert werden, die ein (Mindest-)Prozessrisiko aufweisen. Dadurch kann eine Vorauswahl von Werkstückteilen anhand ihres Prozessrisikos
- 15 vorgenommen werden. Wenn beispielsweise Werkstückteile anhand ihrer Geometriedaten erkennbar typischerweise sehr stabil auf der Werkstückauflage aufliegen, beispielsweise weil sie sehr groß sind und auf vielen Auflagepunkten der Werkstückauflage aufliegen, ist das Prozessrisiko für ein Kippen und
- 20 Kollidieren dieser Werkstückteile mit dem Schneidkopf sehr gering. Durch Klassifizieren solcher Werkstückteile in eine Geometrieklasse ohne Prozessrisiko wird es nicht mehr erforderlich, das Schachtelungsverfahren mit sämtlichen Verfahrensschritten auch für diese Werkstückteile auszuführen.
- 25 Stattdessen kann für diese Werkstückteile beispielsweise jeweils ein vorab definierter minimaler Werkstückabstand gewählt werden, der ein Mindestmaß für eine gewünschte Schnittqualität sein kann. In eine weitere Geometrieklasse können beispielsweise Werkstückteile klassifiziert werden,
- 30 welche sehr klein sind und daher durch die Werkstückauflage durchfallen würden und daher nicht mit dem Schneidkopf kollidieren können. Derartige Werkstückteile werden

typischerweise so geschachtelt, dass sie nach dem Laserschneiden mit Microjoints an dem Restgitter verbleiben. Auch für diese Werkstückteile ist es nicht erforderlich, das gesamte Schachtelungsverfahren mit den Schritten (a) bis (d) auszuführen. So kann das Schachtelungsverfahren sich durch eine intelligente Vorauswahl auf die kritischen Werkstückteile konzentrieren. Denn die individuellen Geometriecharakteristiken werden nur für diejenigen Werkstückteile ermittelt, welche in die vordefinierte Geometrieklasse fallen, bei denen ein Prozessrisiko gegeben ist.

Im Übrigen kann vorgesehen sein, dass das Schachtelungsverfahren ferner den Verfahrensschritt eines Bestimmens von individuellen Werkstückorientierungen auf der Werkstücktafel für zumindest einige der Werkstückteile anhand ihrer individuellen Geometriecharakteristik umfasst. Nun kann durch die bestimmte individuelle Werkstückorientierung bestimmt werden, ob das Prozessrisiko eines Werkstückteils durch Neuorientierung gesenkt werden kann, ganz besonders, wenn die relative Position des Werkstückteils auf den Auflagebereichen der Werkstückauflage bekannt ist. Anhand der individuellen Geometriecharakteristik kann nun vorzugsweise das Prozessrisiko eines Werkstückteils bestimmt werden und durch Neuorientierung auf der Werkstücktafel ggf. gesenkt werden.

Die eingangs erwähnte Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Computerprogrammprodukt nach Anspruch 13. Das Computerprogrammprodukt umfasst Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer diesen

veranlassen, das erfindungsgemäße Schachtelungsverfahren auszuführen.

Das Computerprogrammprodukt kann beispielsweise ein

- 5 Computerprogrammcode an sich oder ein Produkt sein, welches das Computerprogramm beinhaltet, beispielsweise ein Datenträger oder ein Datenspeicher.

Die eingangs erwähnte Aufgabe wird auch gelöst durch ein

- 10 Bearbeitungsverfahren nach Anspruch 14. Das Bearbeitungsverfahren ist zum Bearbeiten einer Werkstücktafel eingerichtet, wobei das Bearbeitungsverfahren aufweist:

- das erfindungsgemäße Schachtelungsverfahren zum Erzeugen eines Schachtelungsplans einer Schachtelung von
- 15 Werkstückteilen mit unterschiedlichen zweidimensionalen Werkstückteilgeometrien auf einer Werkstücktafel mit einer zweidimensionalen Werkstücktafelgeometrie, und
- ein Laserschneidverfahren zum Ausschneiden der gemäß dem Schachtelungsplan geschachtelten Werkstückteile aus der
- 20 Werkstücktafel, insbesondere mittels eines aus einem Schneidkopf austretenden Laserschneidstrahls, wobei zum Ausschneiden der Werkstückteile mit dem Laserschneidstrahl Schneidkonturen der Werkstückteilgeometrien der gemäß dem Schachtelungsplan geschachtelten Werkstückteile auf der
- 25 Werkstücktafel abgefahren werden.

Die eingangs erwähnte Aufgabe wird schließlich auch durch ein System nach Anspruch 15 gelöst. Das System ist zum Bearbeiten einer Werkstücktafel eingerichtet, wobei das System aufweist:

- 30 - einen Computer zum Ausführen des Schachtelungsverfahrens des erfindungsgemäßen Bearbeitungsverfahrens, und

- eine Laserschneidvorrichtung zum Ausführen des Laserschneidverfahrens des (erfindungsgemäßen) Bearbeitungsverfahrens.

5 Der Computer, der insbesondere als Steuereinheit oder als Teil der Steuereinheit ausgeführt sein kann, kann auch für die Steuerung der Schneidvorrichtung eingesetzt werden. Der Computer kann das erfindungsgemäße Computerprogrammprodukt aufweisen.

10

Der Computer und die Laserschneidvorrichtung können örtlich voneinander versetzt oder örtlich beieinander sein. Sie können beispielsweise durch eine drahtlose oder drahtgebundene Kommunikation miteinander verbunden sein oder zumindest für
15 eine solche Kommunikationsverbindung eingerichtet sein. So kann der Computer beispielsweise in einer entfernten Cloud sein und der Laserschneidvorrichtung, insbesondere einer Bearbeitungsmaschine mit der Laserschneidvorrichtung, den erzeugten Schachtelungsplan drahtlos übersenden. Alternativ
20 kann die Bearbeitungsmaschine mit dem Computer den Schachtelungsplan lokal erzeugen.

Das System kann insbesondere eine Bearbeitungsmaschine aufweisen, wobei die Laserschneidvorrichtung Teil der
25 Bearbeitungsmaschine sein kann. Eine solche Bearbeitungsmaschine kann zudem selbstverständlich weitere Komponenten aufweisen, die für das Bearbeitungsverfahren notwendig oder förderlich sind, wie beispielsweise eine Werkstückauflage, eine Werkstückteilsammelvorrichtung, einen
30 (Linear-)Roboter zum Verfahren des Schneidkopfs, usw. Wenn der Computer in der Bearbeitungsmaschine verortet ist, kann das

System insbesondere durch die Bearbeitungsmaschine gebildet sein.

Merkmale, die hierin in Bezug auf das Schachtelungsverfahren
5 beschrieben sind, gelten gleichsam in Bezug auf das
Computerprogrammprodukt, das Bearbeitungsverfahren und das
System sowie jeweils umgekehrt.

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

Es zeigen:

15
Figur 1 eine perspektivische Ansicht eines Systems in
Form einer Bearbeitungsmaschine gemäß einem
Ausführungsbeispiel der Erfindung;

20
Figur 2 eine schematische Ansicht einer
Laserschneidvorrichtung als Teil der
Bearbeitungsmaschine der Fig. 1;

Figur 3 eine schematische Ansicht eines
25 Schachtelungsplans;

Figur 4 eine schematische Ansicht eines
Schachtelungsverfahrens gemäß einem
Ausführungsbeispiel der Erfindung;

30

Figur 5 eine schematische Ansicht des Schachtelungsverfahrens der Fig. 4 in der Anwendung.

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

Figur 1 zeigt ein System 10 in Form einer
10 Bearbeitungsmaschine, ganz besonders in Form einer Laserschneidmaschine, ferner besonders in Form einer Laserschneid-Flachbettwerkzeugmaschine, mit einer Laserschneidvorrichtung 20, in der ein Laserschneidvorgang mit einem Laserschneidstrahl 1 (siehe Fig. 2) durchgeführt wird.
15 Insbesondere wird ein Fokus des Laserschneidstrahls 1 von einem Computer 50 (siehe Fig. 2), insbesondere in Form einer Steuervorrichtung der Bearbeitungsmaschine, entlang vorgegebener, in einem Schneidbereich angeordneter Schneidkonturen 42 über eine plattenförmige Werkstücktafel 40,
20 insbesondere ein sich im Wesentlichen zweidimensional erstreckendes Blech, geführt, um aus diesem Werkstückteile 44 mit spezifischen, gemäß einem Schachtelungsplan 46 (siehe Fig. 3) vorgegebenen Formen bzw. Geometrien (siehe vorgegebene Formen der Werkstückteile 44 in der Werkstücktafel 40 gemäß
25 dem Schachtelungsplan 46) auszuschneiden. Der Schachtelungsplan 46 kann dabei durch einen Steuerungsplan für den Computer 50 vorgegeben sein.

Die Bearbeitungsmaschine umfasst hier beispielhaft ferner eine
30 Entnahmeevorrichtung 30. Die Entnahmeevorrichtung 30 ist hier der besseren Darstellbarkeit halber offen gezeigt, kann aber alternativ wie die Laserschneidvorrichtung 20 in Fig. 1 auch

teilweise oder vollständig eingehaust sein. Beispielhaft 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 eine zu schneidende Werkstücktafel 40 (als Roh- oder Ausgangsmaterial) aufgelegt und gelagert werden und in das Gehäuse der Laserschneidvorrichtung 20 für den Laserschneidvorgang eingebracht werden. Nach dem vollendeten Laserschneidvorgang kann die Palette 38, wie in Fig. 1 gezeigt, mit einer bearbeiteten Werkstücktafel 40 aus der Laserschneidvorrichtung 20 gefahren werden, sodass gemäß dem Schachtelungsplan 46 geschnittene Werkstückteile 44 von dem von der Werkstücktafel 40 verbleibenden Restwerkstück absortiert und aus der Bearbeitungsmaschine entnommen werden können.

Figur 2 zeigt ein Laserschneidverfahren 300 in der Laserschneidvorrichtung 20. Ein Schneidkopf 24, der von dem Computer 50 gesteuert wird und den Laserschneidstrahl 1 zum Ausschneiden der Werkstückteile 44 aus der Werkstücktafel 40 auf die Werkstücktafel 40 emittiert, kann im Schneidbereich frei positioniert werden, so dass der Laserschneidstrahl 1 im Wesentlichen entlang beliebiger zweidimensionaler Schneidkonturen 42 über die zu schneidende Werkstücktafel 40 geführt werden kann. Dabei ist eine Schneidkontur 42 für den Laserschneidstrahl 1 jeweils anhand des Schachtelungsplans 46 in dem Computer 50 vorgegeben, um die Werkstückteile 44 aus der Werkstücktafel 40 auszuschneiden. Der Computer 50 ist hier beispielhaft als fester Teil der Bearbeitungsmaschine gezeigt, kann aber alternativ drahtlos mit der Bearbeitungsmaschine verbunden sein und das System 10 damit formen. Auch kann ein über den gezeigten Computer 50 hinausgehender Computer 50 zum

Schachteln eingesetzt werden. Der Schachtelungsplan 46 gibt die Anordnung der einzelnen Werkstückteile 44 auf der Werkstücktafel 40 an, wie in der Fig. 1 zu sehen ist. Außerdem kann der Schachtelungsplan 46 die Vorgabe von Einstechpunkten und vorgegebener Anschnitte zum Einstechen des Laserschneidstrahls 1 und Führen des Laserschneidstrahls 1 entlang der Anschnitte zu der Schneidkontur 42 umfassen (nicht gezeigt).

10 Beim Laserschneiden erwärmt der Laserschneidstrahl 1 das Metall der Werkstücktafel 40 entlang der vorgegebenen Schneidkonturen 42, bis es schmilzt. Ein Schneidgasstrahl, insbesondere aus Stickstoff und/oder Sauerstoff, kann im Bereich des Laserschneidstrahls 1 aus dem Schneidkopf 24 austreten und das geschmolzene Material der Werkstücktafel 40 nach unten und aus dem sich ausbildenden Spalt drücken. Die Werkstücktafel 40 wird somit beim Schneiden vom Laserschneidstrahl 1 vollständig durchtrennt.

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

Im gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Palette 38 eine Werkstückauflage 36 auf. Die Werkstückauflage 36 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 aus, auf denen die Werkstücktafel 40 abgelegt bzw. aufgelegt wird.

Fig. 1 zeigt ferner eine Kamera 22 der Bearbeitungsmaschine, die beispielhaft an der Laserschneidvorrichtung 20 bzw. ihrem Gehäuse angeordnet ist. Die Kamera 22 kann Teil des Computers 50 der Bearbeitungsmaschine sein oder damit in Verbindung stehen. Die Kamera 22 ist hier nur rein beispielhaft und der besseren Darstellbarkeit halber auf die Entnahmevorrichtung 30 ausgerichtet und kann alternativ oder zusätzlich auch auf die Laserschneidvorrichtung 20 ausgerichtet sein, insbesondere innerhalb des Gehäuses der Laserschneidvorrichtung 20 angeordnet sein. Außerdem können alternativ oder zusätzlich zur Kamera 22 auch Sensoren verwendet werden.

Figur 4 zeigt ein computerimplementiertes Schachtelungsverfahren 100 zum Erzeugen des Schachtelungsplans 46. Ein dazu korrespondierendes, nicht gezeigtes Schachtelungssystem kann dabei teilweise oder vollständig in einem (nicht gezeigten) Computerprogrammprodukt enthalten sein. Das Schachtelungssystem und das Schachtelungsverfahren 100 können beispielsweise von dem Computer 50 oder einer anderen Steuervorrichtung oder einem Computer der Bearbeitungsmaschine ausgeführt werden.

Ausweislich der Fig. 4 weist das Schachtelungsverfahren 100 verschiedene Verfahrensschritte 102, 104, 106, 108 auf. In einem ersten Verfahrensschritt 102 werden dabei Geometriedaten 200 der auf der Werkstücktafel 40 zu schachtelnden Werkstückteile 44 eingelesen. Diese Geometriedaten können beispielsweise in Form von CAD-Daten vorliegen.

In einem zweiten Verfahrensschritt 104 werden individuelle Geometriecharakteristiken 204 der Werkstückteile 44 aus den Geometriedaten 200 ermittelt. Dazu erfolgt ein Abgleich zwischen den eingelesenen Geometriedaten 200 mit einem oder
5 mehreren vorgegebenen Geometrieparametern 202, die indikativ für ein Prozessrisiko beim Laserschneidverfahren 300 sind. Bei diesem Prozessrisiko handelt es sich insbesondere um eine Kippwahrscheinlichkeit der Werkstückteile 44 und/oder eine Kollisionswahrscheinlichkeit der Werkstückteile 44 mit dem
10 Schneidkopf 24, insbesondere wenn diese auf der Werkstückauflage 36 kippen.

In einem dritten Verfahrensschritt 106 des Schachtelungsverfahrens 100 werden dann individuelle
15 Werkstückabstände 206 zwischen benachbarten Werkstückteilen 44 auf der Werkstücktafel 40 anhand der zuvor ermittelten individuellen Werkstückcharakteristiken 204 ermittelt. Anders als bekannt wird damit kein das Prozessrisiko minimierender, einheitlicher Werkstückabstand 208 (siehe Fig. 5), wie im
20 Stand der Technik, eingesetzt.

Schließlich erfolgt in einem vierten Verfahrensschritt 108 des Schachtelungsverfahrens 100 das Schachteln der Werkstückteile 44 mit ihren zuvor bestimmten individuellen Werkstückabständen
25 206 auf der Werkstücktafel 40. Dabei kann es sich um ein erstes Schachteln handeln, bei dem verschiedene Algorithmen, künstliche Intelligenzen oder andere Verfahren zum Einsatz kommen können, um das Schachteln möglichst effizient zu gestalten. Es kann sich alternativ aber auch um ein
30 Umschachteln handeln, bei dem ein bereits bestehender Schachtelungsplan 46 verändert wird. Dadurch, dass die individuellen Werkstückabstände 206 geringer als konservative,

einheitliche Werkstückabstände 208 (siehe Fig. 5), wie im Stand der Technik, sind, kommt es dabei zu einem Flächengewinn 210 (siehe Fig. 5) auf der Werkstücktafel 40, sodass zudem weitere Werkstückteile 44 auf der Werkstücktafel 40

5 geschachtelt werden können.

Ein anschauliches Beispiel der Ausführung des Schachtelungsverfahrens 100 der Fig. 4 ist schematisch in Fig. 5 für einen kleinen und rein exemplarischen Ausschnitt eines Schachtelungsplans 46 mit drei geschachtelten Werkstückteilen 44 gezeigt. Durch das Schachtelungsverfahren 100 werden nicht die ansonsten konservativen und einheitlichen Werkstückabstände 208 zwischen den Werkstückteilen 44 gewählt. Stattdessen werden individuelle Werkstückabstände 206 gewählt, 10 die dem gemäß den Geometrieparametern 202 berücksichtigten Prozessrisiko Rechnung tragen. Vorliegend ist dabei im rechten Ausschnitt des Schachtelungsplans 46, welches ein Ergebnis des Schachtelungsverfahrens 100 ist, beispielhaft zu sehen, dass die individuellen Werkstückabstände 206 jeweils kleiner als 15 die einheitlichen Werkstückabstände 208 in dem linken Ausschnitt des Schachtelungsplans 46 sind. In Anwendung auf alle Werkstückteile 44 und bei Betrachtung des gesamten Schachtelungsplans 46 wird deutlich, dass so der zuvor erwähnte Flächengewinn 210 (der hier nur rein schematisch und 20 beispielhaft als gestrichelte Fläche angedeutet ist) zustande kommt und eine effizientere Schachtelung mit geringerem Materialüberschuss erzielbar ist.

Patentansprüche

1. Computerimplementiertes Schachtelungsverfahren (100) zum Erzeugen eines Schachtelungsplans (46) durch Schachtelung von Werkstückteilen (44) mit, insbesondere unterschiedlichen, zweidimensionalen Werkstückteilgeometrien auf einer Werkstücktafel (40) mit einer zweidimensionalen Werkstücktafelgeometrie, wobei der Schachtelungsplan (46) für ein Laserschneidverfahren (300) zum Ausschneiden der gemäß dem Schachtelungsplan (46) geschachtelten Werkstückteile (44) aus der auf einer Werkstückauflage (36), insbesondere auf einem Auflagegitter, platzierten Werkstücktafel (40) verwendbar ist, und wobei das Schachtelungsverfahren (100) die folgenden Verfahrensschritte aufweist:
- (a) Einlesen von Geometriedaten (200) der Werkstückteile (44),
 - (b) Ermitteln von individuellen Geometriecharakteristiken (204) zumindest einiger der Werkstückteile (44) aus ihren Geometriedaten (200),
 - (c) Bestimmen von individuellen Werkstückabständen (206) zwischen benachbarten Werkstückteilen (44) auf der Werkstücktafel (40) anhand ihrer individuellen Geometriecharakteristiken (204), und
 - (d) Schachteln der Werkstückteile (44) mit ihren individuellen Werkstückabständen (206) auf der Werkstücktafel (40).
2. Schachtelungsverfahren (100) nach Anspruch 1, wobei das Ermitteln der individuellen Geometriecharakteristiken

(204) durch Abgleich der eingelesenen Geometriedaten (200) mit zumindest einem vorgegebenen Geometrieparameter (202) erfolgt.

- 5 3. Schachtelungsverfahren (100) nach Anspruch 2, wobei der
 zumindest eine Geometrieparameter (202) derart vorgegeben
 wird, dass er indikativ für ein Prozessrisiko des
 Laserschneidverfahrens (300) ist.
- 10 4. Schachtelungsverfahren (100) nach Anspruch 3, wobei das
 Prozessrisiko eine Prozessstabilität des
 Laserschneidverfahrens (300), eine Kippwahrscheinlichkeit
 der Werkstückteile (44) auf der Werkstückauflage (36),
 eine Kollisionswahrscheinlichkeit der Werkstückteile (46)
15 mit einem beim Laserschneidverfahren (300) verwendeten
 Schneidkopf (24) und/oder eine Fallwahrscheinlichkeit für
 ein Durchfallen der Werkstückteile (44) durch die
 Werkstückauflage (36) ist.
- 20 5. Schachtelungsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 2
 bis 4, wobei der zumindest eine Geometrieparameter (202)
 wenigstens einer der folgenden Geometrieparameter (202)
 ist: eine Auflagefläche, ein Flächenschwerpunkt und eine
 Erstreckung entlang mindestens einer Koordinate in einem
25 zweidimensionalen Koordinatensystem.
6. Schachtelungsverfahren (100) nach einem der voranstehenden
 Ansprüche, wobei die Werkstückauflage (36) Auflagebereiche
 umfasst, welche insbesondere durch Auflagestege und/oder
30 Auflagepins gebildet sind.

7. Schachtelungsverfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei bei der Bestimmung der individuellen Werkstückabstände (206) eine voraussichtliche Lage der Werkstückteile (44) auf der Werkstückauflage (40) bestimmt
5 wird und die voraussichtliche Lage bei der Bestimmung der individuellen Werkstückabstände (206) berücksichtigt wird.
8. Schachtelungsverfahren (100) nach Anspruch 7, wobei die voraussichtliche Lage die Information umfasst, auf welchen
10 Auflagebereichen der Werkstückauflage (36) die Werkstückteile (44) aufliegen und diese Information bei der Bestimmung der individuellen Werkstückabstände (206) berücksichtigt wird.
- 15 9. Schachtelungsverfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei bei der Bestimmung der individuellen Werkstückabstände (206) zumindest ein Schneidparameter des Laserschneidverfahrens (300), ein Maschinenparameter einer Bearbeitungsmaschine zum Bearbeiten der Werkstücktafel
20 (40) und/oder ein Materialparameter der Werkstücktafel (40) berücksichtigt wird.
10. Schachtelungsverfahren (100) nach Anspruch 9, wobei der Schneidparameter ein Gasdruck und/oder eine
25 Schnittspaltbreite ist.
11. Schachtelungsverfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Werkstückteile (44) anhand ihrer Geometriedaten (200) in mindestens zwei Geometrieklassen
30 klassifiziert werden und individuelle Geometriecharakteristiken (204) nur für diejenigen

Werkstückteile (44) ermittelt werden, welche in eine vordefinierte der zwei Geometrieklassen fallen.

12. Schachtelungsverfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei das Schachtelungsverfahren (100) ferner den Verfahrensschritt eines Bestimmens von individuellen Werkstückorientierungen auf der Werkstücktafel (40) für zumindest einige der Werkstückteile (44) anhand ihrer individuellen Geometriecharakteristik (204) umfasst.

13. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer (50) diesen veranlassen, das Schachtelungsverfahren (100) nach einem der voranstehenden Ansprüche auszuführen.

14. Bearbeitungsverfahren zum Bearbeiten einer Werkstücktafel (40), wobei das Bearbeitungsverfahren aufweist:

- das Schachtelungsverfahren (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zum Erzeugen eines Schachtelungsplans (46) einer Schachtelung von Werkstückteilen (44) mit unterschiedlichen zweidimensionalen Werkstückteilgeometrien auf einer Werkstücktafel (40) mit einer zweidimensionalen Werkstücktafelgeometrie, und
- ein Schneidverfahren (300) zum Ausschneiden der gemäß dem Schachtelungsplan (46) geschachtelten Werkstückteile (44) aus der Werkstücktafel (40), insbesondere mittels eines aus einem Schneidkopf (24) austretenden Laserschneidstrahls (1), wobei zum Ausschneiden der Werkstückteile (44) mit dem Laserschneidstrahl (1) Schneidkonturen (42) der Werkstückteilgeometrien der gemäß dem Schachtelungsplan (46) geschachtelten

Werkstückteile (44) auf der Werkstücktafel (40)
abgefahren werden.

15. System (10) zum Bearbeiten einer Werkstücktafel (40),

5 wobei das System (10) aufweist:

- einen Computer (50) zum Ausführen des
Schachtelungsverfahrens (100) des Bearbeitungsverfahrens
gemäß Anspruch 14, und

10 - eine Laserschneidvorrichtung (20) zum Ausführen des
Laserschneidverfahrens (300) des Bearbeitungsverfahrens.

15

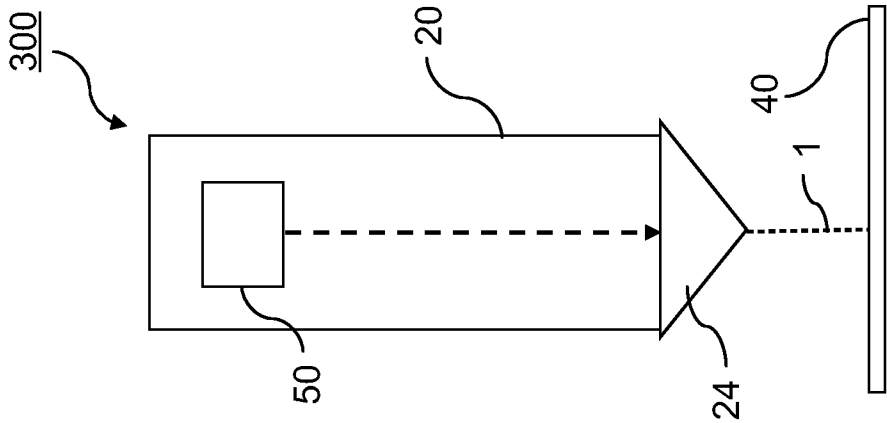


Fig. 2

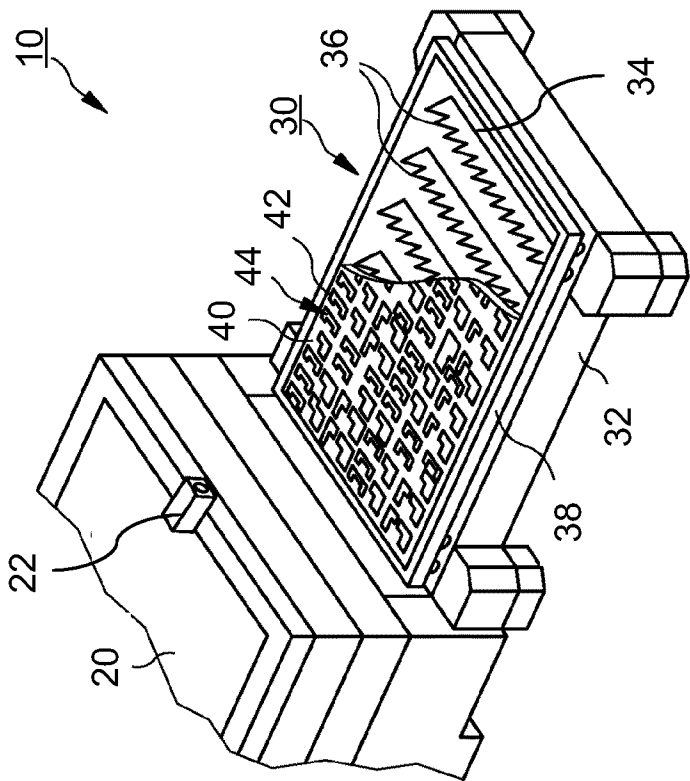
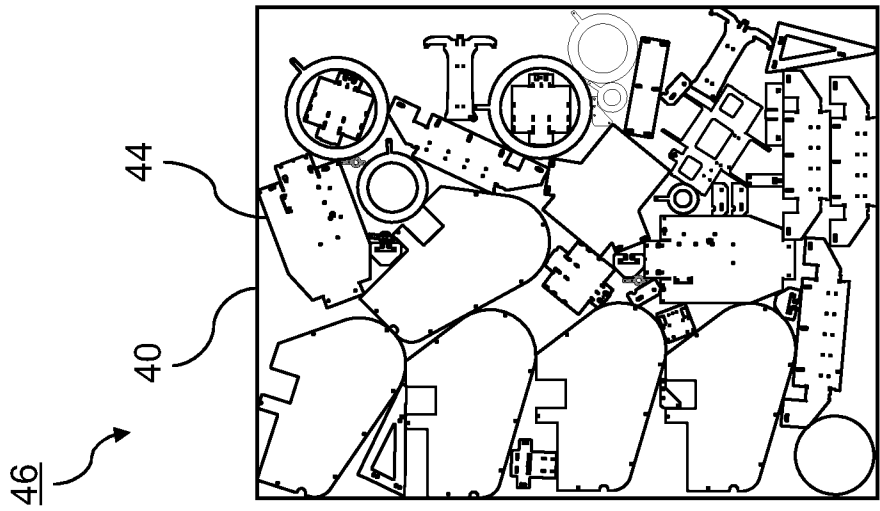
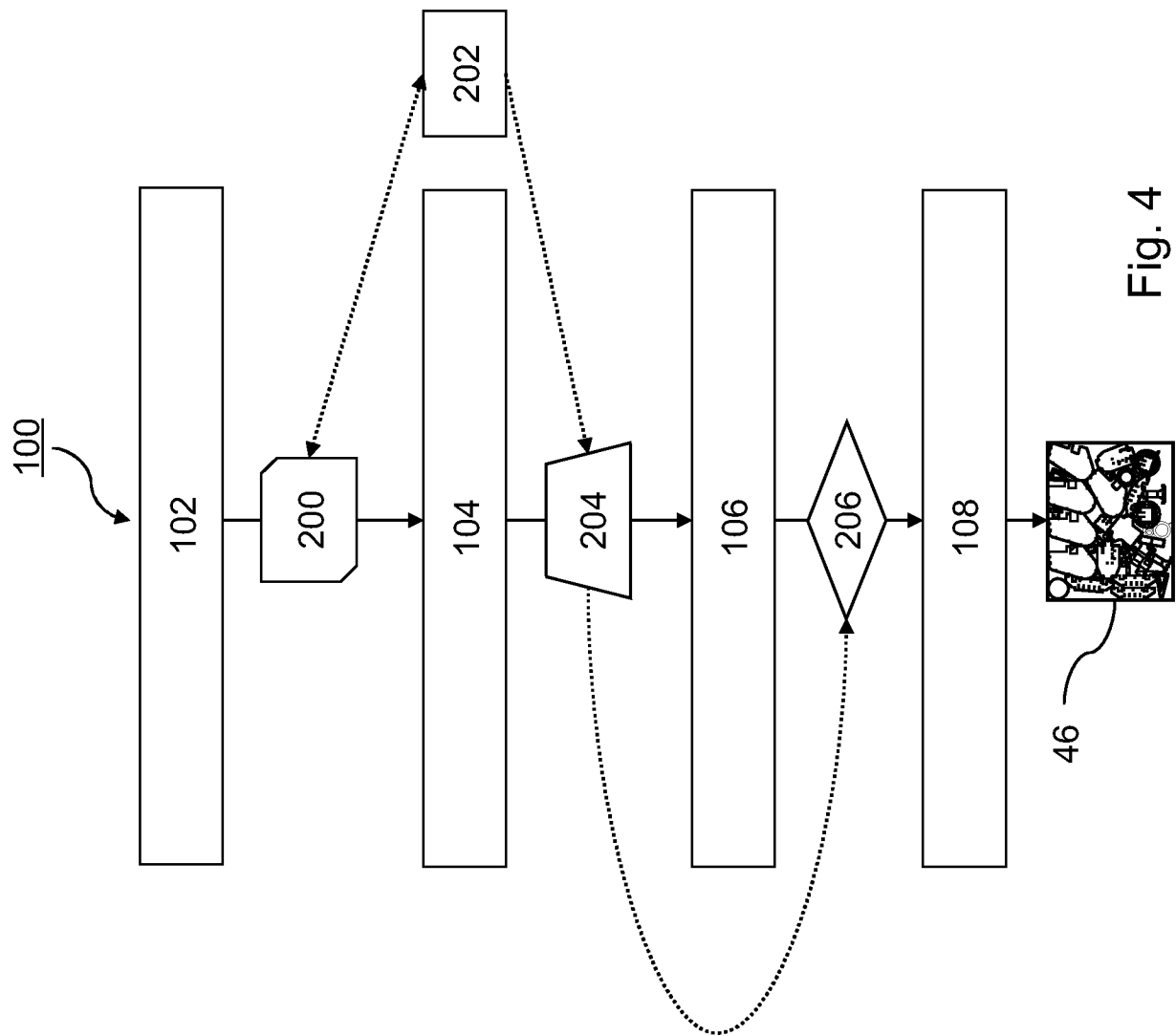


Fig. 1



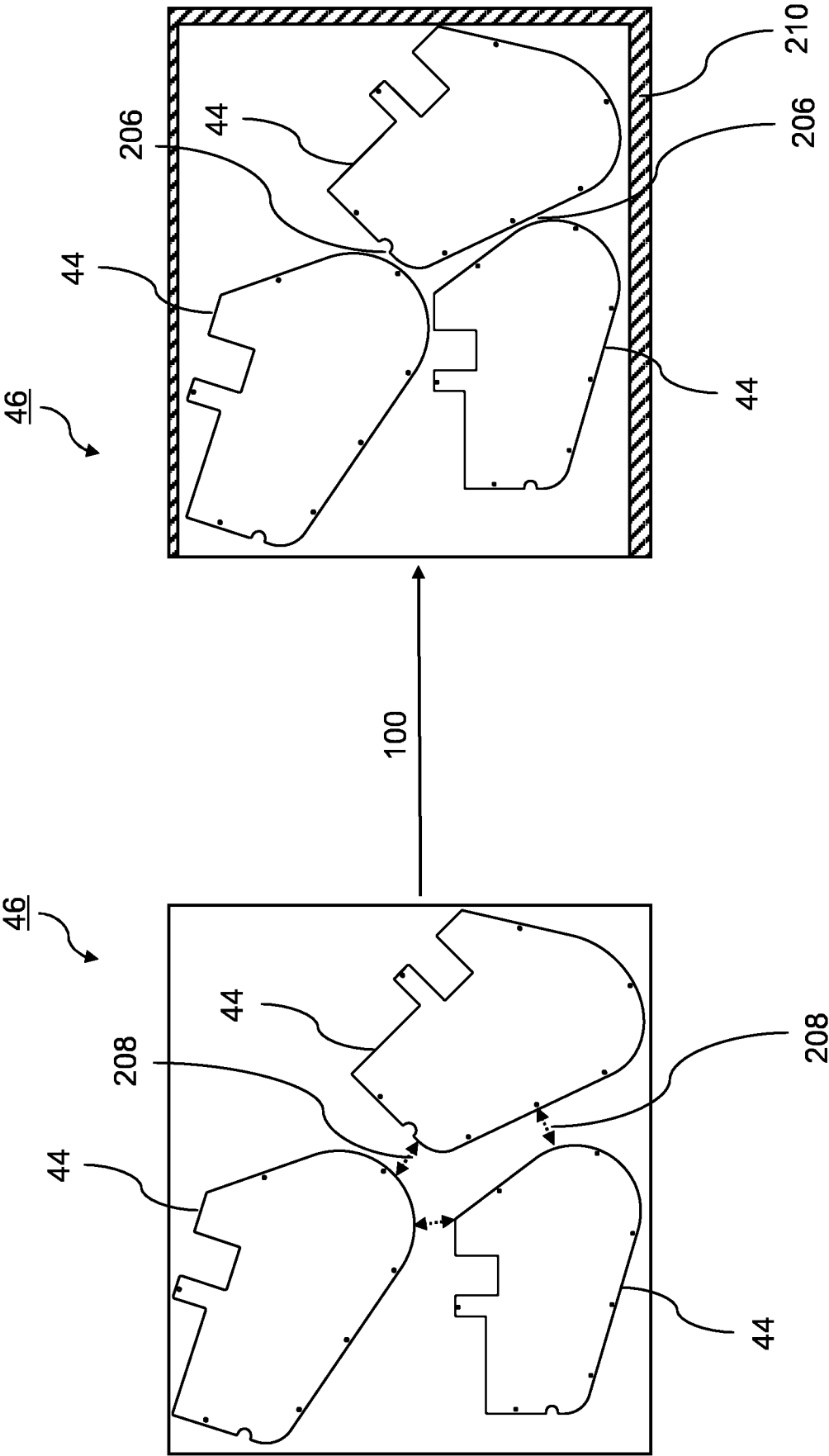


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/063363

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G05B 19/4093 (2006.01)i; G05B 19/4061 (2006.01)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) G05B 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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2020079221 A1 (TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH CO KG [DE]) 23 April 2020 (2020-04-23) abstract page 1, paragraph 1 - page 1, paragraph 2 page 2, line 15 - page 8, line 26 page 9, line 24 - page 33, line 33	1-15
A	BENNEL ET AL. "The geometry of nesting problems: A tutorial" <i>EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH</i> , ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Vol. 184, No. 2, 10 September 2007 (2007-09-10), pages 397-415 DOI: 10.1016/J.EJOR.2006.11.038 ISSN: 0377-2217, XP022240592 abstract sections 1-4	1-15
A	EP 4080301 A1 (BYSTRONIC LASER AG [CH]) 26 October 2022 (2022-10-26) abstract paragraph [0050] - paragraph [0055]	1-15
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 August 2024		Date of mailing of the international search report 10 September 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Kielhöfer, Patrick Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/063363

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	HANS GRABOWSKI ET AL. "Schnittstellen zum Austausch produktdefinierender Daten" <i>V.D.I.-ZEITSCHRIFT</i> , Vol. 128, No. 10, 01 May 1986 (1986-05-01), pages 333-343 XP001376879 abstract sections 1-5	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/063363

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020079221	A1	23 April 2020	CN	113168154	A	23 July 2021
				DE	102018126077	A1	23 April 2020
				EP	3867714	A1	25 August 2021
				US	2021229308	A1	29 July 2021
				WO	2020079221	A1	23 April 2020

EP	4080301	A1	26 October 2022	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G05B19/4093 G05B19/4061
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G05B

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2020/079221 A1 (TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH CO KG [DE]) 23. April 2020 (2020-04-23) Zusammenfassung Seite 1, Absatz 1 - Seite 1, Absatz 2 Seite 2, Zeile 15 - Seite 8, Zeile 26 Seite 9, Zeile 24 - Seite 33, Zeile 33 ----- -/-	1 - 15

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ 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 29. August 2024	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 10/09/2024
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 Kielhöfer, Patrick

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	BENNELL ET AL: "The geometry of nesting problems: A tutorial", EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Bd. 184, Nr. 2, 10. September 2007 (2007-09-10), Seiten 397-415, XP022240592, ISSN: 0377-2217, DOI: 10.1016/J.EJOR.2006.11.038 Zusammenfassung Abschnitte 1-4 -----	1-15
A	EP 4 080 301 A1 (BYSTRONIC LASER AG [CH]) 26. Oktober 2022 (2022-10-26) Zusammenfassung Absatz [0050] - Absatz [0055] -----	1-15
A	HANS GRABOWSKI ET AL: "Schnittstellen zum Austausch produktdefinierender Daten", V.D.I.-ZEITSCHRIFT,, Bd. 128, Nr. 10, 1. Mai 1986 (1986-05-01), Seiten 333-343, XP001376879, Zusammenfassung Abschnitte 1-5 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/063363

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2020079221 A1	23-04-2020	CN 113168154 A	23-07-2021
		DE 102018126077 A1	23-04-2020
		EP 3867714 A1	25-08-2021
		US 2021229308 A1	29-07-2021
		WO 2020079221 A1	23-04-2020

EP 4080301 A1	26-10-2022	KEINE	
