

Beschreibung

Verfahren zum Beladen eines Transportmittels mit einem Ladebehälter, Umschlagvorrichtung

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Detektieren einer Ladefläche eines Transportmittels zum automatisierten Beladen mit einem Ladebehälter.

10 Der Umschlag oder das Umschlagen ist in der Logistik neben dem Lagern und dem Transport einer der drei Hauptprozesse (TUL-Prozesse). Der Umschlag ist ein Vorgang, bei dem Güter das Transportmittel wechseln, also beispielsweise von einem LKW auf ein Schiff oder die Bahn verladen werden. Die
15 Begriffe des Beladens und Entladens werden teils synonym zum Umschlag gebraucht, teils stehen sie für das Verladen.

In Container-Terminals gehen die Kundenanforderungen beim Kauf oder Modernisierungen von Kranen immer mehr in Richtung
20 „Vollautomatisierte Krane“. Diese sollen ohne die zusätzlichen Eingriffe von Remote-Operatoren oder Kranfahrern arbeiten. In diesem Technikgebiet herrscht eine starke Konkurrenz zwischen den Anbietern. Entsprechende Automatisierungssysteme sind entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg von Um-
25 schlagvorrichtungen, insbesondere bei Großprojekten. Gleichfalls gibt es einen sehr großen Bedarf an Sensorik-Systemen, die das automatische Aufnehmen und Absetzen von Ladebehältern auf LKW unterstützen.

30 Ein Beispiel für eine Ladesituationen ist:
- Eine Zugmaschine mit leerem Anhänger fährt unter den Kran. Für einen automatischen Container-Umschlag muss bekannt sein, wo sich eine freie Ladefläche des Anhängers befindet.
- Ein beladener Anhänger fährt unter den Kran. Für einen au-
35 tomatischen Ladebehälter-Umschlag muss bekannt sein, wo zu entladende Ladebehälter sich befinden. Des Weiteren muss bekannt sein, ob noch eine weitere Ladefläche neben dem

bereits beladenem Anhänger frei ist, um ggf. einen weiteren Container auf dem Anhänger zu platzieren.

Bisherige Lösungen basieren auf dem expliziten Bekanntsein
5 der Trailer, die in einem Container-Terminal behandelt werden
können. Das heißt, dass nur eine bestimmte Anzahl von Zugma-
schinen und Container-Aufliegern, die dem Truck-Positionier-
System vorab bekannt sein müssen, abgefertigt werden können.
Dies erlaubt keine Behandlung von Straßen-Aufliegern, da hier
10 die Anzahl der Varianten hoch ist und jede Variante sich maß-
geblich unterscheiden kann. Zudem sind eine zeitintensive,
manuelle Vermessung und Parametrierung bei der Inbetriebnahme
dieser Auflieger notwendig, die von Kunden dann einer system-
eigenen Datenbank hinzugefügt werden müssen. Dies bringt fol-
15 gende Nachteile mit sich:

- herkömmliche Systeme sind unflexibel. Sobald eine neue
Art von Anhänger unter den Kran fährt, kann diese
nicht unterstützt werden,
- in der Regel können entsprechende Systeme nicht auf
20 Basis eines Regelwerks arbeiten, das beschreibt, wie
ein Anhänger aufgebaut sein muss, weil es keine ent-
sprechende gültige Norm gibt. Daher kann mit einem
System, das darauf basiert, dass Transportmittel vor-
her bekannt sind in der Praxis kein Erfolg beim auto-
25 nomen Umschlagen erzielt werden,
- herkömmliche Systeme weisen einen hohen Aufwand bei
der Inbetriebnahme auf, weil alle Anhänger zuerst ver-
messen und parametrieren werden müssen, bevor das Sys-
tem mit diesen umgehen kann; gleiches gilt für die
30 Wartung, weil der Kunde neuartige Transportmittel neu
erfassen muss, um diese behandeln zu können,
- herkömmliche Systeme weisen eine hohe Störanfälligkeit
auf, wenn ein neuer Anhängertyp einem alten Anhänger-
typ sehr ähnelt infolge der Verwechslungsgefahr,
- 35 - ein herkömmliches Umschlagsystem kann somit von dem
Hersteller nur angeboten werden, wenn alle zu unter-
stützenden Transportmittel bekannt sind.

Ausgehend von den Problemen des Standes der Technik hat es sich die Erfindung zur Aufgabe gemacht, ein Verfahren und eine Umschlagvorrichtung der eingangs definierter Art derart weiterzubilden, dass die erwähnten Nachteile vermieden werden.
5

Die Erfindung bezeichnet Container in der Folge als Ladebehälter.

10 Zur erfindungsgemäßen Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren eingangs definierter Art mit den zusätzlichen Merkmalen des Kennzeichens des unabhängigen Anspruchs 1 vorgeschlagen. Daneben schlägt die Erfindung eine Umschlagsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Vorrichtungsanspruch
15 vor. Die jeweils abhängigen Unteransprüche beinhalten vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Detektieren einer Ladefläche eines Transportmittels zum automatisierten Beladen
20 mit einem Ladebehälter.

Ebenso betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Beladen eines Transportmittels mit einem Ladebehälter umfassend das Verfahren zum Detektieren einer Ladefläche eines Transportmittels auch hinsichtlich aller erwähnten Weiterbildungen.

25 Daneben betrifft die Erfindung auch ein Verfahren zur Erzeugung von Anweisungen für eine Verladevorrichtung oder Umschlagvorrichtung, insbesondere einen Kran, zur Positionierung eines Ladebehälters auf der Ladefläche eines Transportmittels umfassend das Verfahren zum Beladen eines
30 Transportmittels mit einem Ladebehälter auch hinsichtlich aller erwähnten Weiterbildungen.

Einige von der Erfindung erkannten grundlegenden Problemstellungen liegen in:

- 35 - der Klassifizierung und Lokalisierung geeigneter Ladefläche,

- der Lokalisierung geeigneter Merkmale auf der Lade-
fläche, die möglichen Positionen für einen Ladebehäl-
ter vorgeben,
- Ermitteln einer Rotation des Lkws um die Hubwerk-
sachse des Krans (sog. Skew), damit die Rotation des
Lastaufnahmemittels angepasst werden kann. Die grund-
legende Problemstellung darin ist die hochgenaue und
zuverlässige Ermittlung der Rotation der Ladefläche.
Die Randbedingungen dabei sind, dass die Dichtever-
teilung der zugrunde liegenden 3D-Punktewolke sehr
ungleichförmig ist. Diese ist antiproportional zum
Abstand des Lasers, der zum Erzeugen der Punktewolke
verwendet wird. Des Weiteren darf die Ermittlung der
Rotation nicht länger als 500 Millisekunden dauern,
damit der automatisierte Ablauf des Krans nicht ge-
stört wird und somit ohne Prozessunterbrechung gear-
beitet werden kann.

Grundsätzlich werden nach der Erfindung folgende Schritte ab-
gearbeitet:

- a) Definieren eines räumlich festen Koordinatensystems, de-
ren erste und zweite Koordinatenrichtungen sich im We-
sentlichen in einer horizontalen Ebene befinden und de-
ren dritte Koordinatenrichtung sich im Wesentlich verti-
kal in Höhenrichtung erstreckt,
- b) Aufnehmen einer Oberflächengeometrie im Bereich eines
Umschlagbereichs,
- c) Identifizieren eines Bereichs eines Transportmittels,
- d) Bestimmen des Ortes einer Ladefläche des Transportmit-
tels,
- e) Bestimmen einer räumlichen Winkellage einer Ladefläche
des Transportmittels,
- f) Identifizieren und Klassifizieren einer oder mehrerer
bestimmter Ladeflächen des Transportmittels,
- g) Erkennen von Befestigungselementen und/oder von Füh-
rungselementen und/oder von Hindernissen und/oder Bela-
dungen an der Ladefläche.

- h) Auswahl eines Ladebehälters, der zu einer bestimmten Lade-
defläche und den dazugehörigen Befestigungselementen des
Transportmittels passt,
- 5 i) Beladen der Ladefläche des Transportmittels mit dem aus-
gewählten Ladebehälter.

Besonders zweckmäßig erfolgt eine Aufnahme der Oberflächenge-
ometrie im Bereich eines Umschlagsbereichs als Punktwolke.

10 Hierzu weist die Umschlagvorrichtung einen Scanner auf, der
bevorzugt als Laserscanner ausgebildet ist, mittels dessen
der Umschlagbereich punktweise gescannt wird, sodass dem Pro-
zessor einer Steuereinheit diese Punktwolke zur weiteren
Auswertung zur Verfügung gestellt werden kann.

15 Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass
zum Identifizieren eines Bereichs des Transportmittels das
Verfahren die weiteren Schritte im Einzelnen jeweils optional
umfasst:

- 20 - Eingeben der Punktwolke der Oberflächengeometrie als Aus-
gangs-Punktwolke,
- Definieren von sich entlang der ersten horizontalen Koordi-
natenrichtungen scheibenartig jeweils nebeneinander erstre-
ckender Volumina der Ausgangs-Punktwolke mit einer be-
25 stimmten Diskretisierungsweite bezüglich der ersten hori-
zontalen Koordinatenrichtungen,
- Reduktion der Ausgangs-Punktwolke um die Punkte einer An-
zahl äußerer Volumina, so dass von der Gesamtbreite der Vo-
lumina 30%-80%, bevorzugt 45% - 55%, besonders bevorzugt
30 50% verbleiben,
- Definieren der verbleibenden Volumina als neue Punktwolke.

Grundsätzlich können die Außenbereiche der Ausgangs-Punkte-
wolke auch ohne eine vorherige scheibenartige Aufteilung ent-
35 fernt werden, wobei sich diese Diskretisierung als besonders
zweckmäßig erwiesen hat. Das Entfernen des äußeren Bereichs
der Punktwolke dient hierbei im Wesentlichen der Beschleunigung
und der Vermeidung von Störeinflüssen. Daneben zeigt

sich, dass diese äußeren Bereiche zunächst zum Zwecke der Identifizierung eines Bereichs eines Transportmittels nicht erforderlich sind.

Hierbei sieht eine optionale Variante der Erfindung vor, dass
5 die bestimmte Diskretisierungsweite zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt, so dass Details der Ladefläche erkennbar sind.

Weiterhin kann die Störanfälligkeit des Verfahrens reduziert
10 werden, wenn das Verfahren die weiteren Schritte umfasst:
- Definition eines Intervalls gültiger Höhenwerte für die dritte Koordinatenrichtung der Ausgangs-Punktewolke,
- Verwerfen der Punkte in denjenigen Volumina, die ausschließlich Punkte mit Höhenwerten außerhalb des Intervalls
15 gültiger Höhenwerte aufweisen,
- Definieren dieser verbleibenden Punkte als neue Punktewolke, die das Transportmittel beinhaltet.

Zweckmäßig kann das Intervall gültiger Höhenwerte für die
20 dritte Koordinatenrichtung zwischen 20cm - 700cm betragen. Alternative kann das Intervall gültiger Höhenwerte für die dritte Koordinatenrichtung zwischen 20cm - 500cm betragen.

Nach diesen optionalen Schritten zur Verringerung der Störanfälligkeit sieht eine vorteilhafte Variante des Verfahrens
25 nach der Erfindung die Schritte einer Basisroutine vor, wobei diese Basisroutine in verschiedenen Varianten bzw. mittels unterschiedlicher Parametrierung für die Zwecke der Erfindung bzw. deren Weiterbildungen flexibel verwendbar ist:
30 - Eingeben der Punktewolke der Oberflächengeometrie als Ausgangs-Punktewolke,
- Auswählen einer horizontalen Koordinatenrichtungen als Profilrichtung,
- Definieren von sich entlang der nicht ausgewählten anderen
35 horizontalen Koordinatenrichtungen scheibenartig sich jeweils nebeneinander erstreckender Volumina der Ausgangs-Punktewolke mit einer bestimmten Diskretisierungsweite bezüglich der Profilrichtung,

- Erzeugen eines Höhenprofils in Profilrichtung aus Profilpunkten, wobei für jedes Volumen ein Profilpunkt definiert wird,
wobei die Koordinate des Profilpunkts in Profilrichtung zugewiesen wird als Koordinatenwert der Profilrichtung jeweils an einer bestimmten Position der Diskretisierungsweite des Volumens,
wobei diese bestimmte Position für jedes Volumen an der gleichen Stelle der Diskretisierungsweite ist,
wobei die Koordinate des Profilpunkts in Höhenrichtung zugewiesen wird als Koordinatenwert des jeweils in dem Volumen vorliegenden höchsten Wertes der dritten Koordinatenrichtung eines Punktes.
- Vorteilhaft sieht eine Weiterbildung des Verfahrens vor, dass zur Ermittlung der Enden eines Transportmittels in der ersten horizontalen Koordinatenrichtung zusätzlich folgende Schritte durchgeführt werden:
 - Eingeben der Punktwolke der Oberflächengeometrie als Ausgangs-Punktwolke,
 - Definieren von sich entlang der zweiten horizontalen Koordinatenrichtungen scheibenartig sich jeweils nebeneinander erstreckender Volumina der Ausgangs-Punktwolke mit einer zweiten Diskretisierungsweite von mindestens 15ft, bevorzugt mindestens 20ft beträgt,
 - die Schritte gemäß obiger Basisroutine für jedes einzelne der jeweils in den Volumina angeordneten Punktwolken, mit den Vorgaben:
 - a. die zweite horizontale Koordinatenrichtungen ist die Profilrichtung, so dass ein sich entlang der zweiten horizontalen Koordinatenrichtung erstreckendes Höhenprofil ergibt,
 - b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
 - vergleichen der bezüglich der zweiten horizontalen Koordinatenrichtungen breitesten Länge des Höhenprofils mit einem Mindestwert und verwerfen der in dem jeweiligen

Volumen befindlichen Punkte, wenn die breiteste Länge des Höhenprofils unter dem Mindestwert liegt,

- Definieren des nicht verworfenen Anteils der Ausgangspunktwolke, als neue Punktwolke, die das Transportmittel umfasst.

Eine zusätzliche vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass mittels einer Profilerstellung des Transportmittels die Ränder bzw. Enden des Transportmittels identifiziert werden, indem das Verfahren Folgendes umfasst:

- Durchführen der Schritte gemäß obiger Basisroutine für die Punktwolke, mit den Vorgaben:
 - a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen ist die Profilrichtung, so dass ein sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung erstreckendes Höhenprofil ergibt,
 - b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
- Aufteilen des Profils in zweidimensionale Objektprofile, wobei ein Objektprofil sich über einen Bereich der ersten horizontalen Koordinatenrichtung erstreckt, der ausschließlich Profilpunkte mit Höhenwerte des Höhenprofils größer 0 aufweist,
- Zusammenfassen von Objektprofilen, die weniger als 3m, insbesondere weniger als 1,5m in der ersten horizontalen Koordinatenrichtung voneinander entfernt sind zu jeweils einem gemeinsamen Objektprofil, so dass sich in den sich ergebenden Bereichen der ersten horizontalen Koordinatenrichtung der gemeinsamen Objektprofile, jeweils die Transportmittel befinden.

Eine zusätzliche vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass zur Identifizierung der Ladefläche des Transportmittels, folgende Schritte durchgeführt werden:

- Durchführen der Schritte gemäß obiger Basisroutine für die Punktwolke, mit den Vorgaben:

- a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen ist die Profilrichtung, so dass ein sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung erstreckendes Höhenprofil ergibt,
- 5 b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
- Unterteilen des Höhenprofils in Segmente durch Bestimmen eines Segments mittels der Vorgabe, dass bei einer schrittweisen Auswertung von Punkt zu Punkt der vertikale Abstand vom vorherigen Punkt kleiner als 2 horizontale Diskretisierungsweiten ist,
- 10 - Definieren des längsten derart bestimmten Segments als vorläufige Ladeflächenerstreckungsabschätzung entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung.
- 15

Weiterhin kann ein Vertikalversatzes der Ladefläche aus dem Wertebereich der dritten vertikalen Koordinatenrichtungen der Ladeflächenerstreckungsabschätzung bevorzugt zumindest vorläufig bestimmt werden.

20

Zur Ermittlung einer Winkellage der Ladefläche des Transportmittels sieht eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung weitere Schritte vor:

- 25 - Durchführen der Schritte gemäß obiger Basisroutine für die Punktwolke, insbesondere für die Punktwolke ausschließlich im Bereich der vorläufigen Ladeflächenerstreckungsabschätzung nach dem vorhergehenden Anspruch 11 mit den Vorgaben:
- 30 a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen ist die Profilrichtung, so dass ein sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung erstreckendes Höhenprofil ergibt,
- 35 b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
- Unterteilen des Höhenprofils in Segmente durch Bestimmen eines Segments mittels der Vorgabe, dass bei einer

- schrittweisen Auswertung von Punkt zu Punkt der vertikale Abstand vom vorherigen Punkt kleiner als eine halbe horizontale Diskretisierungsweite ist,
- Definieren des längsten derart bestimmten Segments,
- 5 - Bestimmen eines Neigungswinkels des längsten derart bestimmten Segments als Neigungswinkel der Ladefläche.

- Zum Identifizieren von Kanten an der bestimmten Ladefläche des Transportmittels sieht eine vorteilhafte Weiterbildung
- 10 der Erfindung die weiteren Schritte vor:
- Bereitstellen eines Rasters bestehend aus einzelnen Rasterelementen des Bereichs,
 - Selektieren derjenigen Rasterelemente, die Punkte beinhalten,
- 15 - Bestimmen von Rasterelemente, die eine Kante des Transportmittels umfassen als Kantenrasterelemente,
- Sortieren der Kantenrasterelemente nach jeweiliger Kantenorientierung ausgehend von dem Raumkoordinatensystem in Gruppen von Kantenrasterelementen enthaltend Kantenpunkte, wobei die Gruppen umfassen:
- 20
- fallende Kantenpunkte in die erste horizontale Koordinatenrichtung,
 - steigende Kantenpunkte in die erste horizontale Koordinatenrichtung,
- 25
- fallende Kantenpunkte in die zweite horizontale Koordinatenrichtung,
 - steigende Kantenpunkte in die zweite horizontale Koordinatenrichtung,
- 30 - Erzeugen von Kantenlinien anhand der Kantenpunkte durch mehrfache Liniensegmentierungen für die jeweiligen Gruppen. Bei der Liniensegmentierung werden jeweils eine Linie durch möglichst viele vordefinierte Umgebungsvolumina von Kantenpunkten gelegt und diese Kantenpunkte werden durch die jeweilige Linie ersetzt.

35

Zur Ermittlung der Schrägstellung von Kantenlinien gegenüber der ersten horizontale Koordinatenrichtung sieht eine

bevorzugte Weiterbildung des Verfahrens die zusätzlichen Schritte vor:

- Zusammenfassen von Kantenlinien zu zusammengefassten Kantenlinien, wobei diejenigen Kantenlinien zusammengefasst werden, die gegenüber der ersten horizontalen Koordinatenrichtung bis auf einen Winkelabweichungsbereich den gleichen Winkel einschließen,
 - Bestimmen eines Gütefaktors für die Kantenlinien und/oder zusammengefassten Kantenlinien, wobei der Gütefaktor ansteigend oder proportional ansteigend ist mit der Anzahl der Kantenpunkte, die von der Kantenlinie oder den Kantenlinien, die der zusammengefassten Kantenlinie zugrunde liegen, ersetzt wurden,
 - Festlegen einer Längsachse des Transportmittels, wobei die Richtung derjenigen Kantenlinien und/oder zusammengefassten Kantenlinien als Richtung der Längsachse festgelegt werden, die eine Winkelabweichung zu der ersten horizontalen Koordinatenrichtung haben, die kleiner als 10° ist und deren Gütefaktor gegenüber den anderen am höchsten ist,
 - Ermitteln eines ersten Versatzwinkels zwischen der ersten horizontalen Koordinatenrichtung und der Längsachse des Transportmittels.
- Zum Identifizieren und Klassifizieren einer bestimmten Lade-
fläche des Transportmittels ist es nach einer vorteilhaften
Variante der Erfindung zweckmäßig, die folgenden weiteren
Schritte vorzusehen:
- Ausgehend von dem räumlich festen Koordinatensystem und unter Verwendung des Neigungswinkels und des ersten Versatzwinkels Definieren eines Transportmittelkoordinatensystems mit einer ersten im Wesentlichen horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung (in der Regel und bevorzugt die Fahrzeuglängsachse) entlang der Längsachse des Transportmittels, mit einer zweiten im Wesentlichen horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung (in der Regel und bevorzugt die Fahrzeugquerachse) quer zur ersten horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung und

einer dritten im Wesentlichen vertikalen zu den anderen Transportmittelkoordinatenrichtungen senkrechten dritten Transportmittelkoordinatenrichtung (in der Regel und bevorzugt die Höhenrichtung),

- 5 - Definieren einer zweidimensionalen Referenzkontur entsprechend einer Aufstandsfläche eines Ladebehälters bezüglich des Transportmittelkoordinatensystems,
- Identifizieren einer ebenen Ladefläche eines zu beladenden Transportmittels bevorzugt nach einem bereits oben
- 10 erläuterten Verfahren,
- Definieren einer zweidimensionalen Ladeflächenkontur als Projektion in Richtung der dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen der ebenen Ladefläche,
- Wiederholen eines virtuellen Versuchs, die Referenzkontur
- 15 an einer Referenzkonturposition mit der Ladeflächenkontur derart zu überlagern, dass bestimmte Kriterien erfüllt sind,

wobei die bestimmten Kriterien sind:

- 20 - keine Kante der Referenzkontur befindet sich außerhalb der Ladeflächenkontur und/oder
- die Referenzkontur ist vollständig in der Ladeflächenkontur angeordnet und/oder
- es befindet sich keine Kante der Ladefläche im Bereich der Überdeckung der Referenzkontur mit
- 25 der Ladeflächenkontur,

wobei die Referenzkonturpositionen, die die bestimmten Kriterien erfüllen, als gültige Referenzkonturpositionen klassifiziert werden,

- wobei bei jeder Wiederholung eine Verlagerung der
- 30 Referenzkontur an eine andere Referenzkonturpositionen mit einer vorgegebenen Schrittweite zu der Ladeflächenkontur in der ersten Transportmittelkoordinatenrichtungen erfolgt, wobei der Versuch so
 - lange wiederholt wird, bis die Referenzkontur die
 - 35 Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte in der ersten Transportmittelkoordinatenrichtungen durchschritten hat,

- wobei bei jeder Wiederholung eine Verlagerung der Referenzkontur mit einer vorgegebenen Schrittweite zu der Versuchskontur in der zweiten Transportmittelkoordinatenrichtungen erfolgt, wobei der Versuch so lange wiederholt wird, bis die Referenzkontur die Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte entlang der zweiten Transportmittelkoordinatenrichtung durchschritten hat und bis die Referenzkontur die Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte entlang der ersten Transportmittelkoordinatenrichtung durchschritten hat,
- wobei einander überlappende Referenzkonturen an gültigen Referenzkonturpositionen zu einer gemeinsamen gültigen Ladefläche zusammengefügt werden.

Im Grunde wird - vereinfacht in anderen Worten wiedergegeben - hierbei versucht eine 2d-Referenzkontur, insbesondere eine ISO Fläche (zum Beispiel eine ISO 20ft Fläche - <https://de.wikipedia.org/wiki/ISO-Ladebehälter>) virtuell auf der Ladefläche des Transportmittels zu platzieren. Erfüllt hierbei die Schnittfläche zwischen der virtuellen ISO 20ft-Ladebehälterfläche und der Oberfläche des Ladebehälter-Aufliegers bestimmte Kriterien (wie z.B. „keine Kante hängt in der Luft“, „es befindet sich kein Hindernis wie Seitenbegrenzungen in dem Rechteck bzw. der Ladebehältergrundfläche“), dann wird dieser Versuch als „gültig“ bewertet. Dieser Versuch wird schrittweise für alle möglichen Positionen der Ladebehälter-Grundfläche auf der Ladefläche des Transportmittels durchgeführt. Eine Fusion aller gültigen Versuche beschreibt schließlich eine für einen Ladebehälter zur Verfügung stehende durchgehende Ladefläche.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens nach der Erfindung sieht vor, dass ein beladenes Transportmittel erkannt wird, indem eine bestimmte bereits identifizierte Ladefläche eines Transportmittels als beladene Ladefläche klassifiziert wird, wenn die Punkte der Ladefläche in vertikaler Koordinatenrichtung im Bereich einer zu erwartenden Höhe eines

Ladebehälterdachs liegen.

Eine zusätzliche vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung zum Erkennen von Befestigungselementen umfasst die folgenden

5 Schritte nach der Identifizierung einer Ladefläche:

- Selektion derjenigen Punkte der Punktwolke im Horizontalbereich der identifizierten Ladefläche, die bezüglich eines vordefinierten Umgebungsvolumens einen lokalen Maximalwert der dritten Koordinatenrichtung aufweisen als
10 potenzielle Befestigungselementpositionen,
- Definition von vordefinierten Mustern horizontaler Anordnungen von Befestigungselementen,
- Vergleichen der Muster mit den potenziellen Befestigungselementpositionen zur Bestimmung einer besten Übereinstimmung, wobei diejenigen potenziellen Befestigungselementpositionen ohne Übereinstimmung mit einem Element eines
15 Musters verworfen werden und diejenigen mit einer Übereinstimmung als Befestigungselementpositionen festgelegt werden.

20 Bei der Definition von Mustern horizontaler Anordnungen von Befestigungselementen kann Branchen-Know-How genutzt werden. Ladebehälter bzw. Ladecontainer werden mit vier Befestigungselementen bzw. sogenannten Twistlocks auf einem Trailer befestigt. Es handelt sich um jeweils ein Twistlock an jeder
25 unteren Ecke des Ladebehälters. Daneben ist zu beachten, dass die Breite von Ladebehältern genormt ist (<https://de.wikipedia.org/wiki/ISO-Container>) und bei den gängigsten Ladebehältern sogar immer gleich ist.

30 Eine alternative Variante der zuvor beschriebenen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung zum Erkennen von Befestigungselementen ist gegeben durch die Abfolge der Schritte nach der Identifizierung einer Ladefläche:

1. Definieren zweidimensionaler Referenzkonturen entsprechend Aufstandsflächen von Ladebehältern,
35
2. Definieren von Befestigungsreferenzkonturen entsprechend Befestigungsvorrichtungen von Ladebehältern,

3. Ermittlung von lokalen Maxima der Oberflächengeometrie in der vertikalen Koordinatenrichtung im Bereich der identifizierten Ladefläche,
4. Ermitteln von Bereichen der Befestigungsreferenzkonturen in denen durch Befestigungsmittel sich ergebende lokale Maxima der Oberflächengeometrie in der vertikalen Koordinatenrichtung angeordnet sind für jede Befestigungsreferenzkontur als Musterschablone für lokale Maxima,
5. Vergleichen der lokalen Maxima der Oberflächengeometrie mit den Musterschablone der Befestigungsreferenzkonturen, wobei diejenige Befestigungsreferenzkontur als vorliegend erkanntes Muster ausgewählt wird, in deren Bereichen für lokale Maxima der Musterschablone alle lokalen Maxima eine Entsprechung eines lokalen Maximums der Oberflächengeometrie aufweisen und bei der eine maximale Anzahl von lokalen Maxima der Musterschablone vorliegt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht Schritte zum Identifizieren und Klassifizieren einer bestimmten Ladefläche des Transportmittels mittels Befestigungsmitteln vor. Im Einzelnen sind folgende Schritte - auch in anderer Reihenfolge, als hier aufgeführt - vorgesehen:

- Identifizieren einer Ladefläche gemäß bereits oben beschriebener Verfahrensschritte,
- Erkennen und Unterscheiden von Elementen an der Ladefläche, insbesondere vorbestimmter Befestigungsmittel,
- Unterscheiden zwischen Ladeflächen unbeladener Transportmittel und mit Ladebehältern beladenen Ladeflächen von Transportmitteln.

30

Eine vorteilhafte Verfeinerung dieses Vorgehens sieht zum Erkennen und Unterscheiden bestimmter Befestigungsmittel folgende Schritte vor:

- Identifizieren von Punkten vertikal oberhalb der Ladefläche bezüglich der dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen,

35

- Ermittlung von lokalen Maxima der Oberflächengeometrie in der vertikalen Koordinatenrichtung im Bereich der identifizierten Ladefläche.

5 Eine weitere vorteilhafte weiterbildende Variante der Erfindung zum Erkennen und Unterscheiden von Elementen an der Lade-
fläche ist gegeben durch ein Elemente-Erkennungs-Verfahren,
dass auf eine mittels eines Scans bzw. Laserscans erzeugten
Punktwolke eines unbeladenen Transportmittels, insbesondere
10 von einem vorbestimmten Typ angewendet wird, um Elemente (d.
h. dreidimensionale Objekte, Befestigungselemente, Hinder-
nisse, Führungselemente) zu finden, die für die Bestimmung
des genauen Ladebereichs bzw. der Ladefläche, d. h. für die
Bestimmung einer genauen möglichen Position eines Ladebehäl-
15 ters auf der Ladefläche des Transportmittels, relevant sind.
Hierzu werden die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Identifizieren einer ebenen Ladefläche in der ge-
scannten Punktwolke,
2. Erkennen aller Punkte vertikal oberhalb der Ladeflä-
20 che,
3. Aufteilen der erkannten Punkte vertikal oberhalb der
Ladefläche in unterschiedliche Elemente,
4. Erstellen eines geometrischen Modells für die unter-
schiedlichen Elemente zur weiteren Bewertung bzw. Klas-
25 sifizierung der Elemente.

In der Praxis ergeben sich bei dem Identifizieren einer ebe-
nen Ladefläche in der gescannten Punktwolke die folgenden
Probleme:

1. die Ebene der Ladefläche ist aus der horizontalen Posi-
30 tion eines unbekannten Roll-, Nick- und Gier- Winkels
gedreht,
2. die Punktwolke selbst hat eine ungleichmäßige Dichte
von Punkten, von denen einige Teil der Struktur unter
dem Transportmittel sind.

35 Eine weitere vorteilhaft weiterbildende Variante der Erfin-
dung löst diese Probleme beim Identifizieren einer ebenen

Ladefläche in der gescannten Punktwolke, indem die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- a) Diskretisierung der Ladefläche, bei der nur der höchste Punkt pro Voxel erhalten bleibt. Das hat zur Folge, dass die Punkte vertikal unter der Ladefläche entfernt werden, die in diesem Zusammenhang nicht relevant sind,
- b) Identifizieren der Ladefläche als eine Ebene mittels einer Segmentierung auf Basis der RANSAC-Methode (RANSAC (englisch: random sample consensus) ist eine in der Literatur grundsätzlich dem Fachmann geläufige Methode).

Anschließend erfolgt eine Erkennung der Elemente, die an der Ladefläche auf der Ladefläche angeordnet sind. Dieses Teilverfahren zur Erkennung der Elemente weist die folgenden

Schritte auf:

1. Aufteilen von Punkten der Punktwolke oberhalb der Ladefläche des Transportmittels mittels eines euklidischen Clusterings in Gruppen benachbarter Punkte,
2. Durchführen eines weiteren euklidischen Clusterings für diese Gruppen, um zu sehen, ob die jeweilige Gruppe weiter unterteilt werden kann; Dieses zweite Clustering basiert bevorzugt auf einer diskreten Darstellung der Punkte und stützt sich hauptsächlich auf den Z-Abstand (anstelle des dreidimensionalen Abstands des vorherigen Clusterings); Besonders bevorzugt und wenn möglich, wird der ursprüngliche Cluster durch seine eigenen kleinen Partitionen ersetzt,
3. Erstellen des geometrischen Modells mittels Analysierens der erkannten Cluster mittels eines quadratischen Rasters in der horizontalen Ebene (die Koordinate der vertikalen Richtung wird ignoriert, vergleichbar mit der Projektion in die horizontale Ebene); Wenn eine oder mehrere Ecken eines Raster-Quadrats mit Punkten eines Clusters leer sind, wird der entsprechende Cluster aufgeteilt und als 2 verschiedene Quader in einer L-Konfiguration dargestellt; Andernfalls wird der gesamte Cluster als ein Quader dargestellt. Die Liste der Quader ist die Ausgabe diese

Verfahrensschritts, das geometrische Modell der Elemente auf der Ladefläche.

Eine vorteilhaft weiterbildende Variante der Erfindung zum
5 Erkennen und Unterscheiden von Elementen an der Ladefläche
ist gegeben durch ein Elemente-Erkennungs-Verfahren zur Ana-
lyse von Elementen bzw. dreidimensionalen Objekten in der von
dem Scanner (Laserscanner) erzeugten Punktwolke an der be-
reits identifizierten Ladefläche, wobei die Elemente sich auf
10 bzw. vertikal über der Ladefläche eines Transportmittels be-
finden (siehe auch „Identifizieren von Punkten vertikal ober-
halb der Ladefläche“). Hierdurch werden bevorzugt diejenigen
Elemente erkannt, die verwendet werden können, um die genaue
Ladefläche des Anhängers zu finden. Elemente, die über der
15 internen Ladefläche des Anhängers liegen, können auf diese
Weise bevorzugt in eine der folgenden Klassen eingeordnet
werden:

- Führungselemente: diese vertikalen Flügel (Strukturen)
sind Teil des Anhängerrahmens und dienen dazu, den Lade-
20 behälter auf den letzten Zentimetern seiner Abwärtsbewe-
gung in die richtige Position zu bringen.
- Flipper: dies sind kleine Leitbleche, die in den Rahmen
"geklappt" werden können, wenn der Ladebehälter über sie
gestülpt wird.
- 25 - Hindernisse: dies sind alle Elemente, die nicht mit dem
Ladebehälter in Berührung kommen sollen, z. B. die Kabine
des Lastwagens, Teile der Hafenanlage, unerwartete Gegen-
stände.

30 Das Elemente-Erkennungs-Verfahren ist hierbei bevorzugt in 3
Schritte unterteilt.

- I. In einem ersten Schritt erhalten alle an der Lade-
fläche befindlichen Elemente vertikal über der La-
defläche eines Transportmittels eine vorläufige
35 Klassifizierung, die auf der Höhe basiert: Ein Ele-
ment wird als Führungselement klassifiziert, wenn
es zwischen 15-50 cm hoch ist; Elemente die kleiner
als 15cm hoch sind, werden als sogenannte Flipper

klassifiziert; Elemente die größer als 50cm sind, werden als Hindernis klassifiziert.

5 II. In einem zweiten Schritt werden die vorderen und hinteren Enden des Anhängers überprüft (Umgebungsbereich: die jeweils einseitig der Längsrichtung angeordneten 3 m oder 2 m oder 1,5 m der Längserstreckung) und die dort angeordneten Elemente gegebenenfalls umklassifiziert.

10 Wenn ein Hindernis im vorderen oder hinteren Endbereich gefunden wird, werden andere Elemente in dem Umfeld (in dem oben definierten Umgebungsbereich und/oder auch im Bereich quer zu dem Hindernis) dieses Hindernisses zu Hindernissen umklassifiziert. In diesem Schritt werden die zahlreichen

15 Elemente behandelt, die durch ein komplexes Hindernis, z. B. eine Fahrerkabine, entstehen.

20 III. Der dritte Schritt umfasst eine Analyse und gegebenenfalls eine Umklassifizierung der verbleibenden Leitelemente und Flipper nach den folgenden Regeln anhand der jeweiligen relativen Position:

Im zentralen Bereich der Ladefläche eines Transportmittels werden als Leitelemente eingestufte Elemente als Flipper eingestuft. Während an der Grenze sowohl Leitelemente als auch Flipper vorhanden sind befinden sich im zentralen Bereich keine Leitelemente. Schließlich werden alle vorläufigen Klassifizierungen und die umklassifizierten Elemente als endgültig klassifiziert eingestuft.

25

30

Eine vorteilhafte Verfeinerung und Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht in der Unterscheidung zwischen unbeladenen Ladeflächen und beladenen Transportmitteln.

35

1. Bereits vorläufig mittels schon vorab beschriebener Verfahrensschritte erkannte Ladeflächen werden auf Grundlage

- des Abstands zum Boden sortiert in einerseits diejenigen, deren Höhenniveau innerhalb eines plausiblen Bereichs für eine beladbare Ladefläche liegen und diejenigen, die außerhalb eines plausiblen Bereichs für eine beladbare Lade-
- 5 fläche liegen. Diejenigen die innerhalb liegen, werden weiteren Verfahrensschritten unterzogen, die anderen werden als solche verworfen.
2. Ein „discretization + growing region clustering“ wird verwendet, um zu erkennen, ob eine Fläche in kleinere Teile
- 10 aufgeteilt werden kann (Die Methode des „growing region clustering“ ist grundsätzlich dem Fachmann bekannt und beruht hier auf der Annahme, dass die benachbarten Punkte innerhalb einer Region ähnliche Höhen-Werte haben. Das Verfahren besteht darin, einen Punkt mit seinen Nachbarn
- 15 bezüglich der dritten Koordinate (COZ) bzw. der Höhe zu vergleichen. Wenn ein Ähnlichkeitskriterium erfüllt ist (Unterschied < Schwellwert), kann der Punkt dem Cluster zugeordnet werden. Schließlich kann sich aus einem Bereich bzw. einer Fläche, die diesem Clustering unterzogen wird,
- 20 in Abhängigkeit des Schwellwertes, eine Mehrzahl an kleineren Teilen ergeben).
3. Alle Flächen, die kleiner als die Aufstandsfläche eines kleinsten möglichen Ladebehälters, insbesondere eines ISO-Ladebehälters, sind, werden aussortiert.
- 25 4. Eine Ebenensegmentierung (bevorzugt: RANSAC (englisch: random sample consensus)) wird verwendet, um die Position der Fläche genau zu bestimmen.
5. Dachkanten eines Ladebehälters in Längsrichtung können bevorzugt mittels eines geeigneten Teilverfahrens identifiziert werden, dieses kann beispielsweise die folgenden
- 30 Schritte umfassen:
- a) eine Seite des Ladebehälters wird durch eine Ebenensegmentierung (bevorzugt: RANSAC (englisch: random sample consensus)) identifiziert,
 - 35 b) eine Dachkante wird als mathematische Schnittlinie dieser Ebene mit der Oberfläche des Ladebehälters erkannt.

- 5 c) sollten die Schritte a) oder b) nicht zum Erfolg führen (zum Beispiel, weil die Qualität der Punktwolke nicht ausreichend ist), wird ein weiterer Schritt ausgeführt: c') die Extrempunkte der Oberfläche des Ladebehälter in Richtung der Dachkante (Längsrichtung des Transportmittels oder quer zur Längsrichtung) werden identifiziert; die Kante wird dann als Sekante der Extrempunkte erkannt.
- 10 d) Die Ausrichtung des Behälters wird anhand der Dachkanten berechnet.
- 15 e) Mit einem weiteren Teilverfahren wird erkannt, ob es sich um einen Zwillingsladebehälter handelt (siehe unten: Teilverfahren für Zwillingsladebehälter), und wenn dies der Fall ist, wird der Ladebehälter in zwei kleinere Ladebehälter aufgeteilt entsprechend der erkannten Lücke zwischen den Ladebehältern.
- 20 f) Die Oberfläche wird auf die ISO-Standardlänge gestreckt oder gestaucht. Dies geschieht auf der Grundlage der lokalen Auflösung der Punktwolke, d. h. eine Kante mit spärlichen Punkten und fehlenden Informationen ist verformbarer als eine, die durch eine Fülle von Punkten gut definiert ist.

25 Zwillingsladebehälter sind zwei Ladebehälter (in der Regel jeweils 20-Fuß-Ladebehälter), die mit einem verhältnismäßig (kleiner als 50cm, insbesondere kleiner als 30cm) kleinen Abstand dazwischen hintereinander angeordnet sind. In der Regel sind diese Ladebehälter gleich lang, sodass sich dieser Abstand beziehungsweise diese Lücke in der Mitte dieser Zwillingskombination befindet.

30 Ein Teilverfahren zur Erkennung von Zwillingsladebehältern oder auch Doppelladebehältern kann bevorzugt die folgenden Schritte umfassen:

- 35 1. Identifizieren des Bereichs, in dem die Lücke zu erwarten ist,
2. Diskretisierten des Ladebehälters als ein zweidimensionales Profil (von der Seite gesehen, in 2D-Bins diskretisiert),

3. Prüfen, ob in der Mitte ein leeres Feld angeordnet ist, und falls zutreffend klassifizieren des Ladebehälters als Zwillingsladebehälter,
4. Prüfen, ob der analysierte Ladebehälter dargestellt ist mit einer signifikanten Anzahl von Punkten unterhalb oder oberhalb der durchschnittlichen Oberfläche, und falls zutreffend klassifizieren des Ladebehälters als Zwillingsladebehälter,
5. Wiederholen der Schritte 2-4 mit jeweils einer anderen Diskretisierungsbasis - also eines anderen Startpunkts, an dem die Diskretisierung ansetzt, sodass die Schritte der Diskretisierung jeweils etwas verschoben sind, sodass Artefakte des Scans keinen Einfluss auf die Ergebnislage haben.

Im Folgenden ist die Erfindung anhand eines speziellen Ausführungsbeispiels zur Verdeutlichung näher beschrieben. Es zeigen:

- Figur 1 eine schematische, dreidimensionale Darstellung eines Umschlagortes,
- Figur 2 ein schematisches Ablaufdiagramm des Verfahrens nach der Erfindung,
- Figur 3 Punktwolke eines Transportmittels,
- Figur 4 Profil des Transportmittels aus Figur 3,
- Figur 5 Illustration einer Diskretisierung anhand des Details einer Fahrerkabine des Transportmittels aus den Figuren 3 und 4,
- Figur 6 Analyse des Profils aus den Figuren 4 und 5,
- Figur 7 Ermittlung von Transportmittelgrenzen,
- Figur 8 Seitenansicht unsymmetrische Kabine,
- Figur 9 Draufsicht unsymmetrische Kabine,
- Figur 10 Ausgangslage Punktwolke,
- Figur 11 Gerastertes Fahrzeug,
- Figur 12 Fallende Kantenpunkte in X-Richtung,
- Figur 13 Steigende Kantenpunkte in X-Richtung,
- Figur 14 Fallende Kantenpunkte in Y-Richtung,
- Figur 15 Steigende Kantenpunkte in Y-Richtung,

- Figur 16 Linien basierend auf fallenden Kantenpunkten in X-Richtung,
- Figur 17 Linien basierend auf steigenden Kantenpunkten in X-Richtung,
- 5 Figur 18 Linien basierend auf fallenden Kantenpunkten in Y-Richtung,
- Figur 19 Linien basierend auf steigenden Kantenpunkten in Y-Richtung,
- Figur 20 Linien basierend auf Kantenpunkten in X-Richtung und Y-Richtung,
- 10 Figur 21 Verfahren zum Klassifizieren einer Ladefläche,
- Figur 22 Verfahren zum Erkennen von Elementen an einer Ladefläche,
- Figur 23 Verfahren zum Erkennen Doppel-Ladebehältern,
- 15 Figur 24 Punktwolke eines internen Transportmittels mit markierten Elementen,
- Figur 25 Ebene der Ladefläche erkannt,
- Figur 26 Punkte von Elementen oberhalb der Ladefläche,
- Figur 27 Erkannte Elemente an der Ladefläche,
- 20 Figur 28 Diskretisierung von Elementen an der Ladefläche,
- Figur 29 Erkannte Quader von Elementen,
- Figur 30 Punktwolke eines halb beladenen Transportmittels,
- Figur 31 Absetzposition mittels Befestigungselementen an der Ladefläche erkannt,
- 25 Figur 32 maximale und minimale Umfangsgeometrie der Befestigungselemente,
- Figur 33 Absetzposition erkannt mittels Führungselementen,
- 30 Figur 34 Reduktion eines Voxels auf einen vertikalen Maximalwert pro Voxel,
- Figur 35 lokale Maxima der Ladefläche und erkannte Befestigungselemente,
- Figur 36 Transportmittel mit erkannter Absetzposition anhand Befestigungselementen.
- 35

Figur 1 zeigt einen Umschlagplatz bzw. Umschlagbereich TOA eines Containerterminals bzw. eine Umschlagvorrichtung CTT mit einem Kran CRN. Die Umschlagvorrichtung dient dem Laden von Containern bzw. Ladebehältern CNT mittels eines Krans CRN auf Ladeflächen LDR oder von Ladeflächen LDR. Der gegenwärtige technische Trend bewegt sich in Richtung vollautomatisierter Krane CRN mit mindestens einer Steuereinheit CTU, die weitestgehend autonom arbeiten. Figur 1 zeigt hierbei, dass die Umschlagvorrichtung CTT die Oberflächengeometrie des Transportmittels TRT einschließlich der Ladefläche LDR und/oder des Ladebehälter CNT mittels eines Scanners SCN bzw. eines Scanvorgangs erfasst. Hierbei kommt bevorzugt ein Laserscanner zur Anwendung, der die gewünschte Genauigkeit und Zuverlässigkeit aufweist und eine sogenannte Punktwolke PCL erzeugt, wobei die Punkte EPT jeweils Koordinaten der Oberfläche des gescannten Bereichs definieren.

Figur 2 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm des Verfahrens nach der Erfindung. Das Beladen eines Transportmittels TPC mit einem Ladebehälter CNT erfolgt grundsätzlich in den folgenden Schritten:

- a) Definieren eines räumlich festen Koordinatensystems MCS (Figur 1), deren erste und zweite Koordinatenrichtungen COX, COY sich im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene PLN befinden und deren dritte Koordinatenrichtung COZ sich im Wesentlichen vertikal in Höhenrichtung HDR erstreckt,
- b) Aufnehmen einer Oberflächengeometrie SGT im Bereich des Umschlagbereichs TOA,
- c) Identifizieren eines Bereichs eines Transportmittels TPT,
- d) Bestimmen des Ortes einer Ladefläche LDR des Transportmittels TPT,
- e) Bestimmen einer räumlichen Winkellage einer Ladefläche des Transportmittels TPT,
- f) Identifizieren und Klassifizieren einer oder mehrerer bestimmter Ladeflächen LDR des Transportmittels TPT,

- g) Erkennen von Befestigungselementen TWL und/oder von Führungselementen GDE und/oder von Hindernissen OBT und/oder Beladungen LOD an der Ladefläche LDR,
- h) Auswahl eines Ladebehälter CNT, der zu einer bestimmten Ladefläche LDR und den dazugehörigen Befestigungselementen TWL des Transportmittels TRT passt,
- i) Beladen der Ladefläche LDR des Transportmittels TRT mit dem ausgewählten Ladebehälter CNT.

Die Figur 3 zeigt die Aufnahme einer Oberflächengeometrie SGT eines Transportmittels TRT, dessen Ladefläche LDR nicht mit einem Ladebehälter CNT beladen ist. Die mittels eines Laserscanners aufgenommene Aufnahme besteht aus einer Vielzahl von Punkten EPT, die in dem räumlich festen Koordinatensystem MCS jeweils als Werte dreier Koordinatenrichtungen COX, COY, COZ definiert sind, wobei die Vielzahl an Punkten EPT auch als Punktwolke PCL bezeichnet wird.

Figur 4 zeigt als Weiterbildung der Erfindung eine Ausgabe eines Verfahrens, dass ein Höhenprofil HPR entlang einer Profilrichtung DZP bestehend aus Profilpunkten PPT erzeugt. Figur 5 zeigt hierbei anhand des Details einer Fahrerkabine des Transportmittels TPT aus den Figuren 3 und 4 das aus den Profilpunkten PPT bestehende Höhenprofil HPR.

Bevor die eigentliche Profilbildung erfolgt, sieht eine zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung eine Reduktion der Punktwolke PCL der Oberflächengeometrie vor, dass seitliche Bereiche der aufgenommenen Punktwolke PCL aus einer Ausgangs-Punktwolke PCI zunächst entfernt. Im Einzelnen ist ein schrittweises Vorgehen vorgesehen, umfassend:

- Eingeben der Punktwolke PCL der Oberflächengeometrie SGT als Ausgangs-Punktwolke PCI,
- Definieren von sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtungen COX scheibenartig jeweils nebeneinander erstreckender Volumina VLM der Ausgangs-Punktwolke PCI mit einer bestimmten Diskretisierungsweite DCW bezüglich der ersten horizontalen Koordinatenrichtungen COX,

- Reduktion der Ausgangs-Punktewolke PCI um die Punkte einer Anzahl äußerer Volumina VLM (das Abtrennen der äußerer Volumina VLM ist in Figur 3 mittels der strichpunktiierten Linien angedeutet; diese Linien verlaufen parallel zur ersten Koordinatenrichtung COX), so dass von der Gesamtbreite der Volumina VLM 30%-80%, bevorzugt 45% - 55%, besonders bevorzugt 50% verbleiben,
- Definieren der verbleibenden Volumina VLM als neue Punktewolke PCI.

10

Weiterhin kann es je nach Auflösung der Punktewolke PCL zweckmäßig sein, Punkte aus der Punktewolke zu entfernen, die nicht in einem Höhenintervall liegen, das mit Sicherheit nicht im Bereich einer potenziellen Ladefläche LDR liegt. Ein zweckmäßiges Intervall gültiger Höhenwerte für die dritte Koordinatenrichtung COZ liegt hierfür beispielsweise zwischen 20cm - 700cm. Im Einzelnen ist ein schrittweises Vorgehen vorgesehen, umfassend:

- Definition eines Intervalls gültiger Höhenwerte IVH für die dritte Koordinatenrichtung COZ der Ausgangs-Punktewolke PCI,
- Verwerfen der Punkte EPT in denjenigen Volumina VLM, die ausschließlich Punkte EPT mit Höhenwerten außerhalb des Intervalls gültiger Höhenwerte IVH (siehe schematisch Figur 3) aufweisen,
- Definieren dieser verbleibenden Punkte EPT als neue Punktewolke PCI, die das Transportmittel TPT beinhaltet.

Die Erstellung des eigentlichen Höhenprofils HPR, erfolgt gemäß der hier nachfolgend aufgezeigten Basisroutine und umfasst im Einzelnen die Schritte:

- Eingeben der Punktewolke PCL der Oberflächengeometrie SGT als Ausgangs-Punktewolke PCI,
- Auswählen einer horizontalen Koordinatenrichtungen COX, COY als Profilrichtung DZP,
- Definieren von sich entlang der nicht ausgewählten anderen horizontalen Koordinatenrichtungen COY, COX scheibenartig sich jeweils nebeneinander erstreckender Volumina VLM der

- Ausgangs-Punktewolke PCI mit einer bestimmten Diskretisierungsweite DCW (siehe auch Fig.5) bezüglich der Profilrichtung DZP,
- Erzeugen eines Höhenprofils HPR in Profilrichtung DZP aus
5 Profilpunkten, wobei für jedes Volumen ein Profilpunkt PPT definiert wird,
 - wobei die Koordinate des Profilpunkts PPT in Profilrichtung DZP zugewiesen wird als Koordinatenwert der Profilrichtung jeweils an einer bestimmten Position der Diskretisierungsweite DCW des Volumens VLM,
10 wobei diese bestimmte Position für jedes Volumen VLM an der gleichen Stelle der Diskretisierungsweite DCW ist,
 - wobei die Koordinate des Profilpunkts PPT in Höhenrichtung HDR zugewiesen wird als Koordinatenwert des jeweils in
15 dem Volumen VLM vorliegenden höchsten Wertes der dritten Koordinatenrichtung COZ eines Punktes EPT.

Diese Basisroutine ermöglicht eine flexible Auswahl der Profilrichtung DZP, sodass Profile sowohl in der 1. horizontalen
20 Koordinaten Richtung COX als auch entlang der 2. horizontalen Koordinaten Richtung COY erstellt werden können.

Figur 5 zeigt hierbei Details einer Fahrerkabine eines Transportmittels TPT, wobei die einzelnen Profilpunkte PPT jeweils
25 um eine Diskretisierungsweite DCW beanstandet sind. Besonders zweckmäßig ist es hierbei, wenn die Diskretisierungsweite DCW zwischen 1cm – 1m bevorzugt 5cm – 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt, so dass Details der Ladefläche aus dem sich ergebenden Höhenprofil HPR erkennbar sind.

30 Figur 6 illustriert das Ergebnis zweier Unterverfahren GLB, LCL einer die Erfindung vorteilhaft weiterbildenden Methode zur Identifizierung einer Ladefläche LDR des Transportmittels TPT. Zunächst erfolgt eine gröbere Analyse des Höhenprofils des Transportmittels TPT, die auch als eine globale Betrachtungsweise, gröbere Betrachtungsweise oder als erstes
35 Unterverfahren GLP bezeichnet werden kann:

- Durchführen der oben definierten Basisroutine für die Punktwolke PCL, mit den Vorgaben:
 - a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen COX ist die Profilrichtung DZP, so dass ein sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX erstreckendes Höhenprofil HPR ergibt,
 - b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite DCW zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
- Unterteilen des Höhenprofils HPR in Segmente durch Bestimmen eines Segments mittels der Vorgabe, dass bei einer schrittweisen Auswertung von Punkt zu Punkt der vertikale Abstand vom vorherigen Punkt kleiner als 2 horizontale Diskretisierungsweiten DCW ist,
- Definieren des längsten derart bestimmten Segments als vorläufige Ladeflächenerstreckungsabschätzung PLE entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX.
Hierbei ist es zweckmäßig einen Vertikalversatz VFS aus dem Wertebereich der dritten vertikalen Koordinatenrichtungen COZ der Ladeflächenerstreckungsabschätzung PLE zu definieren.

Das zweite Unterverfahren LCL (Figur 6) zur Identifizierung einer Ladefläche des Transportmittels TPT erfolgt als eine feinere Analyse des Höhenprofils (lokale Betrachtungsweise) des Transportmittels, sodass auch eine Ermittlung der vertikalen Winkellage bzw. Schrägstellung oder auch Verkipfung der Ladefläche des Transportmittels TPT ermöglicht wird. Im Einzelnen:

- Durchführen der oben definierten Basisroutine für die Punktwolke PCL, insbesondere für die Punktwolke PCI ausschließlich im Bereich der vorläufigen Ladeflächenerstreckungsabschätzung PLE nach der vorhergehenden globalen Betrachtungsweise mit den Vorgaben:
 - a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen COX ist die Profilrichtung DZP, so dass ein sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX erstreckendes Höhenprofil HPR ergibt,

- b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite DCW zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
- Unterteilen des Höhenprofils HPR in Segmente durch Bestimmen eines Segments mittels der Vorgabe, dass bei einer schrittweisen Auswertung von Punkt zu Punkt der vertikale Abstand vom vorherigen Punkt kleiner als eine halbe horizontale Diskretisierungsweite DCW ist,
 - Definieren des längsten derart bestimmten Segments,
 - Bestimmen eines Neigungswinkels PTC des längsten derart bestimmten Segments als Neigungswinkel PTC der Ladefläche LDR.

Sofern mehrere Transportmittel TPT hintereinander in einer Reihe stehen, ermöglicht das nachstehend schrittweise definierte Verfahren das Abgrenzen der einzelnen Transportmittel TPT zueinander, wie es in der Figur 7 im Ergebnis dargestellt ist. Die Ermittlung der Enden eines Transportmittels TPT in der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX, umfasst im Einzelnen:

- Eingeben der Punktwolke PCL der Oberflächengeometrie SGT als Ausgangs-Punktwolke PCI,
- Definieren von sich entlang der zweiten horizontalen Koordinatenrichtungen COY scheibenartig sich jeweils nebeneinander erstreckender Volumina VLM der Ausgangs-Punktwolke PCI mit einer zweiten Diskretisierungsweite DCW von mindestens 15ft, bevorzugt mindestens 20ft beträgt,
- die Schritte nach der oben definierten Basisroutine für jede einzelne der jeweils in den Volumina VLM angeordnete Punktwolke PCL, mit den Vorgaben:
 - a. die zweite horizontale Koordinatenrichtungen COY ist die Profilrichtung DZP, so dass ein sich entlang der zweiten horizontalen Koordinatenrichtung COY erstreckendes Höhenprofil HPR ergibt,
 - b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite DCW zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt. Zu schmale Abschnitte werden aussortiert durch Vergleichen der bezüglich der

- zweiten horizontalen Koordinatenrichtungen COY breitesten Länge des Höhenprofils HPR mit einem Mindestwert und verwerfen der in dem jeweiligen Volumen VLM befindlichen Punkte EPT, wenn die breiteste Länge unter dem Mindestwert liegt. Schließlich erfolgt eine Definition des nicht verworfenen Anteils der Ausgangs-Punktewolke PCI, als neue Punktewolke PCL, die das Transportmittel TPT umfasst.
- Weiterhin ist vorgesehen, dass die oben definierte Basisroutine für die neu definierte Punktewolke PCL durchgeführt wird, mit den Vorgaben:
- die erste horizontale Koordinatenrichtungen COX ist die Profilrichtung DZP, so dass ein sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX erstreckendes Höhenprofil HPR ergibt,
 - wobei die bestimmte Diskretisierungsweite DCW zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
 - Aufteilen des Profils in zweidimensionale Objektprofile OBP, wobei ein Objektprofil OBP sich über einen Bereich der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX erstreckt, der ausschließlich Profilpunkte mit Höhenwerte des Höhenprofils HPR größer 0 aufweist,
 - Zusammenfassen von Objektprofilen OBP, die weniger als 3m, insbesondere weniger als 1,5m in der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX voneinander entfernt sind zu jeweils einem gemeinsamen Objektprofil MOP, so dass sich in den sich ergebenden Bereichen der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX der gemeinsamen Objektprofile MOP, jeweils die Transportmittel befinden.

Figur 8 zeigt eine Seitenansicht eines Transportmittels mit einer Kabine CBN. Die Figur 9 zeigt hierzu eine Draufsicht (Vogelperspektive). Die Punktewolke PCL ist in der Praxis nicht immer symmetrisch bezüglich der z.B. ersten Koordinatenrichtung COX bzw. der Fahrtrichtung, wodurch eine z.B. horizontale Winkelstellung des Transportmittels TPT bzw. der Ladefläche LDR nach konventionellen Ansätzen häufig falsch

berechnet wird. Bei einer unsymmetrischen Kabine CBN, so sind die als Terminaltraktoren ausgebildeten Transportmittel TPT - wie in den beiden Figuren 8, 9 häufig gestaltet, scheitern viele Methoden, die zum Beispiel nur eine Profilsicht oder
5 einen Höhenschnitt verwenden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, zunächst aus der Punktwolke PCL Kanten der Ladefläche LDR des Transportmittels TPT zu identifizieren. Figur 10 zeigt zunächst die Ausgangslage der Punktwolke PCL. Figur 11 zeigt hierbei das Bereitstellen eines Rasters SGS bestehend aus einzelnen Rasterelementen SGM des Bereichs ARA. Anschließend erfolgt das Selektieren derjenigen Rasterelemente SGM, die Punkte EPT beinhalten, und ein Bestimmen von Rasterelementen SGM, die eine Kante des Transportmittels TPT umfassen
10 als Kantenrasterelemente SGE. Im nächsten Schritt erfolgt ein Sortieren der Kantenrasterelemente SGE nach jeweiliger Kantenorientierung ausgehend von dem Raumkoordinatensystem MCS in Gruppen von Kantenrasterelementen SGE enthaltend Kantenpunkte EPT, wobei die Gruppen umfassen:

Figur 12: fallende Kantenpunkte EPT in die erste horizontale Koordinatenrichtung COX,
Figur 13: steigende Kantenpunkte EPT in die erste horizontale Koordinatenrichtung COX,
25 Figur 14: fallende Kantenpunkte EPT in die zweite horizontale Koordinatenrichtung COY,
Figur 15: steigende Kantenpunkte EPT in die zweite horizontale Koordinatenrichtung COY.

30 Die Figuren 16 bis 19 zeigen erkannte Kantenlinien ELN anhand der Kantenpunkte EPT durch mehrfache Liniensegmentierungen für die jeweiligen Gruppen, wobei bei der Liniensegmentierung jeweils eine Linie durch möglichst viele vordefinierte Umgebungsvolumina von Kantenpunkten EPT gelegt wird und diese
35 Kantenpunkte EPT durch die jeweilige Linie ersetzt werden. Im Einzelnen sind in den Figuren folgende Linien dargestellt: Figur 16 zeigt Linien basierend auf fallenden Kantenpunkten in X-Richtung, Figur 17 zeigt Linien basierend auf steigenden

Kantenpunkten in X-Richtung, Figur 18 zeigt Linien basierend auf fallenden Kantenpunkten in Y-Richtung, Figur 19 zeigt Linien basierend auf steigenden Kantenpunkten in Y-Richtung. Figur 20 zeigt schließlich die Zusammenschau der erkannten
5 Linien basierend auf Kantenpunkten in X-Richtung und Y-Richtung.

Zweckmäßig können die erkannten Kanten der Ladefläche LDR zur Ermittlung einer Schrägstellung der Ladefläche LDR genutzt
10 werden unter Anwendung des folgenden Unterverfahrens mit den Schritten:

- Zusammenfassen von Kantenlinien ELN zu zusammengefassten Kantenlinien ELN, wobei diejenigen Kantenlinien ELN zu-
sammengefasst werden, die gegenüber der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX bis auf einen Winkelabweichungsbereich den gleichen Winkel einschließen,
15
- Bestimmen eines Gütefaktors für die Kantenlinien ELN und/oder zusammengefassten Kantenlinien ELN, wobei der Gütefaktor ansteigend oder proportional ansteigend ist mit der Anzahl der Kantenpunkte EPN, die von der Kantenlinie ELN oder den Kantenlinien ELN, die der zusammengefassten Kantenlinie ELN zugrunde liegen, ersetzt wurden,
20
- Festlegen einer Längsachse LAX des Transportmittels TPT, wobei die Richtung derjenigen Kantenlinien ELN und/oder zusammengefassten Kantenlinien ELN als Richtung der Längsachse LAX festgelegt werden, die eine Winkelabweichung zu der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX haben, die kleiner als 10° ist und deren Gütefaktor gegenüber den anderen am höchsten ist,
25
- Ermitteln eines ersten Versatzwinkels OA1 zwischen der ersten horizontalen Koordinatenrichtung COX und der Längsachse LAX des Transportmittels TPT.
30

Figur 21 illustriert ein vorteilhaft weiterbildendes Verfahren der Erfindung zum Klassifizieren einer Ladefläche LDR, wobei beispielsweise wie folgt verfahren wird:
35

- Ausgehend von dem räumlich festen Koordinatensystem MCS und unter Verwendung des Neigungswinkels PTC und des ersten

- Versatzwinkels OA1 definieren eines Transportmittelkoordinatensystems TCS mit einer ersten im Wesentlichen horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung TCX entlang der Längsachse LAX des Transportmittels TPT, mit einer zweiten im Wesentlichen horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung TCY quer zur ersten horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung TCX und einer dritten im Wesentlichen vertikalen zu den anderen Transportmittelkoordinatenrichtungen TCX, TCY senkrechten dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen TCZ,
- Definieren einer zweidimensionalen Referenzkontur ISO entsprechend einer Aufstandsfläche FPT eines Ladebehälters bezüglich des Transportmittelkoordinatensystems TCS,
 - Identifizieren einer ebenen Ladefläche LDR eines zu beladenden Transportmittels nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 14, insbesondere nach 9 - 14,
 - Definieren einer zweidimensionalen Ladeflächenkontur als Projektion in Richtung der dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen TCZ der ebenen Ladefläche LDR,
 - Wiederholen (Figur 21 zeigt hier hintereinander beispielhaft gültige (VLD) und ungültige (NVD) Versuche den ISO-Ladebehälter zu positionieren und anschließend werden die gültigen Versuche zusammengefasst) eines virtuellen Versuchs, die Referenzkontur an einer Referenzkonturposition mit der Ladeflächenkontur derart zu überlagern, dass bestimmte Kriterien erfüllt sind,
 - wobei die bestimmten Kriterien (andere Referenzkonturposition sind ungültig (NVD)) sind (es ist auch möglich, nur eine Auswahl dieser Kriterien zu benutzen):
- keine Kante der Referenzkontur befindet sich außerhalb der Ladeflächenkontur und
 - die Referenzkontur ist vollständig in der Ladeflächenkontur angeordnet und
 - es befindet sich keine Kante der Ladefläche im Bereich der Überdeckung der Referenzkontur mit der Ladeflächenkontur,

wobei die Referenzkonturpositionen, die die bestimmten Kriterien erfüllen, als gültige Referenzkonturpositionen VLD klassifiziert werden, wobei bei jeder Wiederholung eine Verlagerung der Referenzkontur an eine andere Referenzkonturpositionen mit einer vorgegebenen Schrittweite zu der Ladeflächenkontur in der ersten Transportmittelkoordinatenrichtungen TCX erfolgt, wobei der Versuch so lange wiederholt wird, bis die Referenzkontur die Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte in der ersten Transportmittelkoordinatenrichtungen TCX durchschritten hat,

5 wobei bei jeder Wiederholung eine Verlagerung der Referenzkontur mit einer vorgegebenen Schrittweite zu der Versuchskontur in der zweiten Transportmittelkoordinatenrichtungen TCY erfolgt, wobei der Versuch so lange wiederholt wird, bis die Referenzkontur die Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte entlang der zweiten Transportmittelkoordinatenrichtung TCY durchschritten

10 hat und bis die Referenzkontur die Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte entlang der ersten Transportmittelkoordinatenrichtung TCX durchschritten hat,

15 wobei einander überlappende Referenzkonturen an gültigen Referenzkonturpositionen zu einer gemeinsamen gültigen Ladefläche LDR zusammengefügt werden.

20

25

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Ladefläche LDR eines Transportmittels TPT als beladene Ladefläche LDR klassifiziert wird, wenn die Punkte der Ladefläche LDR in vertikaler Koordinatenrichtung COZ im Bereich einer zu erwartenden Höhe eines Ladebehälterdachs liegen (siehe auch: Figur 30, Punktwolke eines halb beladenen Transportmittels).

30

Figur 22 zeigt das Ergebnis eines Verfahrens zum Erkennen von Elementen (Befestigungselementen TWL und/oder von Führungselementen GDE und/oder von Hindernissen OBT und/oder Beladungen LOD) an einer Ladefläche LDR. Zunächst ist nach einem der

35

oben beschriebenen Verfahren eine Ladefläche LDR identifiziert worden. Anschließend werden Befestigungselemente TWL erkannt durch:

- 5 - Selektion derjenigen Punkte der Punktwolke PCL im Horizontalbereich der identifizierten Ladefläche LDR, die bezüglich eines vordefinierten Umgebungsvolumens einen lokalen Maximalwert der dritten Koordinatenrichtung COZ aufweisen als potenzielle Befestigungselementpositionen TWP (siehe auch Figuren 34, 35),
- 10 - Definition von vordefinierten Mustern PTW (siehe auch Figur 35) horizontaler Anordnungen von Befestigungselementen TWL,
- Vergleichen der Muster PTW mit den potenziellen Befestigungselementpositionen TWP zur Bestimmung einer besten
- 15 Übereinstimmung, wobei diejenigen potenzielle Befestigungselementpositionen TWP ohne Übereinstimmung mit einem Element eines Musters PTW verworfen werden und diejenigen mit einer Übereinstimmung als Befestigungselementpositionen TWP festgelegt werden.
- 20 Hinsichtlich der vordefinierten Muster PTW wird Branchen-Know-How benutzt. Ladebehälter CNT bzw. Container werden in der Regel mit vier Befestigungselementen TWL bzw. Twistlocks auf einem Trailer befestigt. Hierbei befindet sich ein Twistlock an jeder unteren Ecke des Containers. Zusätzlich wird
- 25 genutzt, dass die Breite von Ladebehälter CNT genormt (<https://de.wikipedia.org/wiki/ISO-Container>) ist.

Figur 23 illustriert ein Verfahren, das die Erfindung vorteilhaft weiterbilden kann, zum Erkennen von Doppel-Ladebehältern oder Zwillingsladebehälter DCT. Zwillingsladebehälter DCT sind zwei Ladebehälter CNT (in der Regel jeweils 20-Fuß-Ladebehälter), die mit einem verhältnismäßig kleinen (z.B. 50cm oder 30cm – also, klein gegenüber dem gewöhnlichen Abstand zwischen Transportmitteln) Abstand dazwischen hintereinander angeordnet sind. In der Regel sind diese Ladebehälter CNT gleich lang, sodass sich dieser Abstand bzw. diese

35 Lücke in der Mitte befindet.

Ein Teilverfahren zur Erkennung von Zwillingsladebehältern oder auch Doppelladebehältern kann bevorzugt die folgenden Schritte umfassen:

- 5 1. Identifizieren des Bereichs, in dem die Lücke zu erwarten ist (hierbei wird bevorzugt die Mitte der Doppelanordnung analysiert, wobei besonders bevorzugt angenommen wird, dass die Einzel-Ladebehälter jeweils 20ft lang sind),
- 10 2. Diskretisierten des Ladebehälters als ein zweidimensionales Profil (von der Seite gesehen, in 2D-Bins diskretisiert),
- 15 3. Prüfen, ob in der Mitte ein leeres Feld angeordnet ist, und falls zutreffend klassifizieren des Ladebehälters als Zwillingsladebehälter.
- 20 4. Prüfen, ob der analysierte Ladebehälter dargestellt ist mit einer signifikanten Anzahl von Punkten unterhalb oder oberhalb der durchschnittlichen Oberfläche, und falls zutreffend klassifizieren des Ladebehälters als Zwillingsladebehälter,
- 25 5. Wiederholen der Schritte 2-4 mit jeweils einer anderen Diskretisierungsbasis - also eines anderen Startpunkts, an dem die Diskretisierung ansetzt, sodass die Schritte der Diskretisierung jeweils etwas verschoben sind, sodass Artefakte des Scans keinen Einfluss auf die Ergebnisgüte haben.

Figur 24 zeigt eine Punktwolke PCL eines internen Transportmittels TRT mit markierten Elementen ELM an einer Ladefläche LDR. Eine vorteilhafte Verfeinerung dieses Vorgehens
30 sieht zum Erkennen und Unterscheiden bestimmter Befestigungselemente TWL folgende Schritte vor:

- 35 - Identifizieren von Punkten vertikal oberhalb der Ladefläche LDR bezüglich der dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen TCS (siehe z.B. Figur 25: Erkennen der Ebene der Ladefläche LDR),
- Ermittlung von lokalen Maxima der Oberflächengeometrie in der vertikalen Koordinatenrichtung im Bereich der identifizierten Ladefläche LDR (siehe z.B. Figur 26:

Isolieren der Punkte von Elementen oberhalb der Lade-
fläche).

Eine weitere vorteilhaft weiterbildende Variante der Erfin-
5 dung zum Erkennen und Unterscheiden von Elementen an der La-
defläche ist gegeben durch ein Elemente-Erkennungs-Verfahren
Verfahren, dass auf eine mittels eines Scans bzw. Laserscans
erzeugten Punktwolke PCL eines unbeladenen Transportmit-
tels TPT, insbesondere von einem vorbestimmten Typ angewendet
10 wird, um Elemente (d. h. dreidimensionale Objekte, Befesti-
gungselemente, Hindernisse, Führungselemente) zu finden, die
für die Bestimmung des genauen Ladebereichs bzw. der Ladeflä-
che LDR, d. h. für die Bestimmung einer genauen Position ei-
nes Ladebehälters CNT auf der Ladefläche LDR des Transport-
15 mittels TPT, relevant sind.

Hierzu werden die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Identifizieren einer ebenen Ladefläche LDR in der ge-
scannten Punktwolke PCL (siehe Figur 25: Erkennen der
Ebene der Ladefläche LDR),
- 20 2. Erkenne aller Punkte vertikal oberhalb der Ladeflä-
che LDR (siehe Figur 26: Isolieren der Punkte von Ele-
menten ELM oberhalb der Ladefläche LDR),
3. Aufteilen der erkannten Punkte vertikal oberhalb der
Ladefläche LDR in unterschiedliche Elemente ELM (Figur
25 27: Erkannte Elemente an der Ladefläche - hier Führungs-
elemente GDE),
4. Erstellen eines geometrischen Modells GMD für die un-
terschiedlichen Elemente zur weiteren Bewertung bzw.
Klassifizierung der Elemente (Figur 28: Diskretisierung
30 von Elementen an der Ladefläche, Figur 29: Erkannte Qua-
der von Elementen).

In der Praxis ergeben sich bei dem Identifizieren einer ebe-
nen Ladefläche LDR in der gescannten Punktwolke PCL die fol-
35 genden Probleme:

3. die Ebene der Ladefläche LDR ist aus der horizontalen
Position eines unbekannten Roll-, Nick- und Gier- Win-
kels gedreht,

4. die Punktwolke selbst hat eine ungleichmäßige Dichte von Punkten, von denen einige Teil der Struktur unter dem Transportmittel sind.

Eine weitere vorteilhaft weiterbildende Variante der Erfindung löst diese Probleme beim Identifizieren einer ebenen Ladefläche LDR in der gescannten Punktwolke PCL, indem die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- 5 c) Diskretisierung der Ladefläche LDR, bei der nur der höchste Punkt HPV pro Voxel VXL erhalten bleibt (siehe Figur 34: Reduktion eines Voxels VXL auf einen vertikalen Maximalwert pro Voxel VXL). Das hat zur Folge, dass die Punkte vertikal unter der Ladefläche entfernt werden, die in diesem Zusammenhang nicht relevant sind. Ein Effekt dieses Schritts ist die Beschleunigung des Verfahrens ohne Genauigkeitsverlust.
- 10 d) Auf Basis der derart reduzierten Punktwolke PCL erfolgt ein Identifizieren der Ladefläche als eine Ebene mittels einer Segmentierung auf Basis der RANSAC-Methode (RANSAC (englisch: random sample consensus); z.B.: https://en.wikipedia.org/wiki/Random_sample_consensus).
- 15
- 20

Anschließend erfolgt eine Erkennung der Elemente, die an der Ladefläche LDR angeordnet sind. Dieses Teilverfahren zur Erkennung der Elemente ELM weist die folgenden Schritte auf:

- 25 1. Aufteilen von Punkten der Punktwolke oberhalb der Ladefläche LDR des Transportmittels TPT mittels eines euklidischen Clusterings in Gruppen benachbarter Punkte.
2. Durchführen eines weiteren euklidischen Clusterings ECL für diese Gruppen, um zu sehen, ob die jeweilige Gruppe weiter unterteilt werden kann (Figur 28 zeigt hier eine Diskretisierung von Elementen an der Ladefläche). Dieses zweite Clustering basiert bevorzugt auf einer diskreten Darstellung der Punkte und stützt sich bevorzugt hauptsächlich, besonders bevorzugt ausschließlich auf den Z-Abstand (anstelle des dreidimensionalen Abstands des vorherigen ersten euklidischen Clusterings). Besonders
- 30
- 35

bevorzugt und wenn möglich, wird der ursprüngliche Cluster durch seine eigenen kleinen Partitionen ersetzt.

3. Erstellen des geometrischen Modells mittels Analysierens der erkannten Cluster mittels eines quadratischen Rasters in der horizontalen Ebene (die Koordinate der vertikalen Richtung wird ignoriert, vergleichbar mit der Projektion in die horizontale Ebene; siehe Figur 29: Erkannte Quader von Elementen GMD.

Wenn eine oder mehrere Ecken eines Raster-Quadrats mit Punkten eines Clusters leer sind, wird der entsprechende Cluster aufgeteilt und als 2 verschiedene Quader in einer L-Konfiguration LCF dargestellt. Andernfalls wird der gesamte Cluster als ein Quader dargestellt. Die Liste der Quader GMD ist die Ausgabe dieses Verfahrensschritts, das geometrische Modell der Elemente auf der Ladefläche. Erkannte Elemente an der Ladefläche sind in der Figur 27 beispielhaft gezeigt.

Eine vorteilhaft weiterbildende Variante der Erfindung zum Erkennen und Unterscheiden von Elementen an der Ladefläche LDR ist gegeben durch ein Elemente-Erkennungsverfahren zur Analyse von Elementen bzw. dreidimensionalen Objekten in der von dem Scanner (Laserscanner) erzeugten Punktwolke CLD an der bereits identifizierten Ladefläche LDR, wobei die Elemente sich auf bzw. vertikal über der Ladefläche LDR eines Transportmittels TPT befinden (siehe auch „Identifizieren von Punkten vertikal oberhalb der Ladefläche“). Hierdurch werden bevorzugt diejenigen Elemente erkannt, die verwendet werden können, um die genaue Ladefläche LDR des Anhängers zu finden. Elemente, die über der internen Ladefläche LDR des Anhängers liegen, können auf diese Weise bevorzugt in eine der folgenden Klassen eingeordnet werden:

- Führungselemente: Diese vertikalen Flügel (Strukturen) sind Teil des Anhängerrahmens und dienen dazu, den Ladebehälter auf den letzten Zentimetern seiner Abwärtsbewegung in die richtige Position zu bringen,

- Flipper: Kleine Leitbleche, die in den Rahmen "geklappt" werden können, wenn der Ladebehälter über sie gestülpt wird,
- Hindernisse: Alles, was nicht mit dem Ladebehälter in Be-
rührung kommen soll, z. B. die Kabine des Lastwagens,
Teile der Hafenanlage, unerwartete Gegenstände.

Das teilweise in den Figuren 26, 27 ergebnishaft dargestellte Elemente-Erkennungs-Verfahren ist hierbei bevorzugt in 3 Schritte unterteilt.

IV. In einem ersten Schritt erhalten alle an der Lade-
fläche LDR befindlichen Elemente (siehe z.B. Figur
26, 27) vertikal über der Ladefläche LDR eines
Transportmittels eine vorläufige Klassifizierung,
die auf der Höhe basiert: Ein Element wird als Füh-
rungselement GDE klassifiziert, wenn es zwischen
15-50 cm hoch ist; Elemente die kleiner als 15cm
hoch sind, werden als Flipper FLP klassifiziert;
Elemente die größer als 50cm sind, werden als Hin-
dernis OBT klassifiziert.

V. In einem zweiten Schritt werden die vorderen und
hinteren Enden des Anhängers überprüft (die jeweils
endseitig der Längsrichtung angeordneten 3m oder 2m
oder 1,5m der Längserstreckung) und die dort ange-
ordneten Elemente gegebenenfalls umklassifiziert.
Wenn ein Hindernis OBT im vorderen oder hinteren
Endbereich gefunden wird, werden andere Elemente in
dem Umfeld (im Bereich quer zu dem Hindernis OBT)
dieses Hindernisses OBT zu Hindernissen OBT umklas-
sifiziert. In diesem Schritt werden die zahlreichen
Elemente behandelt, die durch ein komplexes Hinder-
nis OBT, z. B. eine Fahrerkabine, entstehen.

VI. Der dritte Schritt umfasst eine Analyse und gegebe-
nenfalls eine Umklassifizierung der verbleibenden
Leitelemente GDE und Flipper FLP nach den folgenden
Regeln anhand der jeweiligen relativen Position:

Im zentralen Bereich der Ladefläche eines Transportmittels werden als Leitelemente GDE eingestufte Elemente als Flipper FLP eingestuft. Während an der Grenze sowohl Leitelemente als auch Flipper FLP vorhanden sind befinden sich im zentralen Bereich keine Leitelemente. Schließlich werden alle vorläufigen Klassifizierungen und die umklassifizierten Elemente ELM als endgültig klassifiziert eingestuft.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass alle möglichen Positionen, in denen ein Ladebehälter CNT auf ein Transportmittel TPT gestellt oder von ihm entnommen werden kann, auf der Grundlage einer Liste bekannter Merkmale des Transportmittels TPT ermittelt werden.

Zu den Merkmalen können gehören:

- Ladebehälter CNT, die bereits auf demselben Transportmittel TPT geladen wurden,
- Befestigungselemente TWL, insbesondere Twistlocks
- Führungselemente GDE,
- Flipper FLP,
- sonstige Hindernisse OBT.

Besagte Weiterbildung der Erfindung verwendet drei verschiedene Unterverfahren, um diese Merkmale zum Zwecke des Beladens zu nutzen, und führt die Ergebnisse dieser Unterverfahren dann zusammen.

Das in Figur 30 teilweise illustrierte erste Unterverfahren wertet aus, ob bereits ein Ladebehälter CNT auf einer Ladefläche LDR des Transportmittels TPT platziert ist. Sofern bereits ein Ladebehälter LDR auf dem Transportmittel TRT angeordnet ist, gilt die Position des Ladebehälters CNT als gültige Position, die bereits von einem Ladebehälter CNT belegt ist (der Ladebehälter CNT kann abgeladen werden (kann gepickt werden)).

Das zweite Unterverfahren wertet aus, ob Befestigungselemente TWL, insbesondere Twistlocks paarweise angeordnet sind. Hierbei wird jedes Paar (eines auf der linken, das andere auf der rechten Seite Transportmittels TPT) mit jedem anderen
5 Paar abgeglichen, wobei nach einer Konfiguration gesucht wird, die hinsichtlich des Abstands in Längsrichtung (Längsachse LAX) des Transportmittels TPT eine plausible Länge für einen Standard-Ladebehälter CNT hat.

10 Das in den Figuren 31, 32, 33 teilweise illustrierte dritte Unterverfahren nutzt vorhandene Führungselemente GDE, um die Position und Neigung der Ladefläche LDR zu schätzen. Hierbei wird ein virtueller Quader VQD derart positioniert, dass er ausgehend von einer Horizontallage minimale gedreht
15 alle Führungselemente GDE enthält.

Besonders bevorzugt und aus Gründen der Effizienz wird diese Position des Quaders VQD als Grundlage für ein neues Koordinatensystem (siehe auch oben: eines Transportmittelkoordinatensystems TCS mit einer ersten im Wesentlichen horizontalen
20 Transportmittelkoordinatenrichtung TCX entlang der Längsachse LAX des Transportmittels TPT, mit einer zweiten im Wesentlichen horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung TCY quer zur ersten horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung TCX und einer dritten im Wesentlichen vertikalen
25 len zu den anderen Transportmittelkoordinatenrichtungen TCX, TCY senkrechten dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen TCZ) verwendet, auf das sich in der Folge alle auf das Transportmittel TPT bezogenen Auswertungen, Berechnungen und Positionsangaben beziehen.

30 In einem nächsten Schritt wird das hinsichtlich der horizontalen Ausdehnung minimale Rechteck RCT bestimmt, das von den Führungselementen, Befestigungselementen und anderen Elementen an der Ladefläche umschlossen wird.

35 In einem nächsten Schritt wird das maximale horizontale Rechteck RCT, das die Merkmale umschließt, die das minimale Rechteck RCT berühren, ermittelt.

In einem nächsten Schritt werden die Hindernisse OBT berücksichtigt, indem sowohl das maximale horizontale Rechteck RCT als auch das minimale Rechteck RCT so weit verkleinert werden, dass sich in dem Horizontalbereich dieser beiden Rechtecke RCT keine Hindernisse OBT mehr befinden.

In einem nächsten Schritt wird der größte Standard-Ladebehälter CNT ermittelt, der in das maximale horizontale Rechteck RCT hinsichtlich der Aufstandsfläche passt (vergleichbar mit der Darstellung in Figur 21).

In einem nächsten Schritt wird das minimale horizontale Rechteck so vergrößert, dass der größte Standard-Ladebehälter CNT von diesem Rechteck umschlossen werden kann.

Schließlich wird noch eine Auswertung durchgeführt, um die möglichen Positionen des Ladebehälters CNT auf der Ladefläche LDR zu ermitteln innerhalb des angepassten minimalen Rechtecks RCT.

Diese 3 Unterverfahren werden parallel betrieben und die entsprechenden Ergebnisse summenartig miteinander kombiniert; da jede der 3 Unterverfahren nur die gefundenen gültigen Positionen zurückgibt, ist die Zusammenführung eine einfache Summe der Aufstandsflächen der gültigen Positionen.

Patentansprüche

1. Verfahren (PRC) zum Detektieren einer Ladefläche (LDR) eines Transportmittels (TPT) zum automatisierten Beladen mit
5 einem Ladebehälter (CNT),
gekennzeichnet, durch:

- j) Definieren eines räumlich festen Koordinatensystems (MCS), deren erste und zweite Koordinatenrichtungen (COX, COY) sich im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene (PLN) befinden und deren dritte Koordinatenrichtung (COZ) sich im Wesentlich vertikal in Höhenrichtung (HDR) erstreckt,
10
- k) Aufnehmen einer Oberflächengeometrie (SGT) im Bereich eines Umschlagbereichs (TOA),
- 15 l) Identifizieren eines Bereichs eines Transportmittels (TPT),
- m) Bestimmen des Ortes einer Ladefläche des Transportmittels (TPT),
- n) Bestimmen einer räumlichen Winkellage einer Ladefläche
20 des Transportmittels (TPT),
- o) Identifizieren und Klassifizieren einer oder mehrerer bestimmter Ladeflächen (LDR) des Transportmittels (TPT),
- p) Erkennen von Befestigungselementen (TWL) und/oder von Führungselementen (GDE) und/oder von Hindernissen (OBT)
25 und/oder Beladungen (LOD) an der Ladefläche (LDR)

2. Verfahren (PRC) nach Anspruch 1, wobei die Oberflächengeometrie (SGT) im Bereich eines Umschlagbereichs (TOA) als Punktwolke (PCL) aufgenommen ist.
30

3. Verfahren (PRC) nach Anspruch 2, wobei zum Identifizieren eines Bereichs eines Transportmittels (TPT) das Verfahren (PRC) umfasst:

- Eingeben der Punktwolke (PCL) der Oberflächengeometrie (SGT) als Ausgangs-Punktwolke (PCI),
35
- Definieren von sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtungen (COX) scheibenartig jeweils nebeneinander erstreckender Volumina (VLM) der Ausgangs-Punktwolke (PCL)

- mit einer bestimmten Diskretisierungsweite (DCW) bezüglich der ersten horizontalen Koordinatenrichtungen (COX),
- Reduktion der Ausgangs-Punktewolke (PCI) um die Punkte einer Anzahl äußerer Volumina (VLM), so dass von der Gesamtbreite der Volumina (VLM) 30%-80%, bevorzugt 45% - 55%, besonders bevorzugt 50% verbleiben,
 - Definieren der verbleibenden Volumina (VLM) als neue Punktewolke (PCI).
4. Verfahren (PRC) nach Anspruch 2 oder 3, wobei zum Identifizieren eines Bereichs eines Transportmittels (TPT) das Verfahren (PRC) umfasst:
- Definition eines Intervalls gültiger Höhenwerte (IVH) für die dritte Koordinatenrichtung (COZ) der Ausgangs-Punktewolke (PCI),
 - Verwerfen der Punkte (EPT) in denjenigen Volumina (VLM), die ausschließlich Punkte (EPT) mit Höhenwerten außerhalb des Intervalls gültiger Höhenwerte (IVH) aufweisen,
 - Definieren dieser verbleibenden Punkte (EPT) als neue Punktewolke (PCI), die das Transportmittel (TPT) beinhaltet.
5. Verfahren (PRC) nach Anspruch 2, 3 oder 4, umfassend:
- Eingeben der Punktewolke (PCL) der Oberflächengeometrie (SGT) als Ausgangs-Punktewolke (PCI),
 - Auswählen einer horizontalen Koordinatenrichtungen (COX, COY) als Profilrichtung (DZP),
 - Definieren von sich entlang der nicht ausgewählten anderen horizontalen Koordinatenrichtungen (COX, COY) scheibenartig sich jeweils nebeneinander erstreckender Volumina (VLM) der Ausgangs-Punktewolke (PCI) mit einer bestimmten Diskretisierungsweite (DCW) bezüglich der Profilrichtung (DZP),
 - Erzeugen eines Höhenprofils (HPR) in Profilrichtung (DZP) aus Profilpunkten, wobei für jedes Volumen ein Profilpunkt (PPT) definiert wird,
 - wobei die Koordinate des Profilpunkts (PPT) in Profilrichtung (DZP) zugewiesen wird als Koordinatenwert der Profilrichtung jeweils an einer bestimmten Position der Diskretisierungsweite (DCW) des Volumens (VLM),

wobei diese bestimmte Position für jedes Volumen (VLM) an der gleichen Stelle der Diskretisierungsweite (DCW) ist,
- wobei die Koordinate des Profilpunkts (PPT) in Höhenrichtung (HDR) zugewiesen wird als Koordinatenwert des jeweils
5 in dem Volumen (VLM) vorliegenden höchsten Wertes der dritten Koordinatenrichtung (COZ) eines Punktes (EPT).

6. Verfahren (PRC) nach Anspruch 3 und/oder 5, wobei die bestimmte Diskretisierungsweite (DCW) zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt, so dass
10 Details der Ladefläche erkennbar sind.

7. Verfahren (PRC) nach Anspruch 4 oder 5, wobei das Intervall gültiger Höhenwerte für die dritte Koordinatenrichtung (COZ) zwischen 20cm - 700cm ist.
15

8. Verfahren (PRC) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche zur Ermittlung der Enden eines Transportmittels (TPT) in der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX), umfassend
20

- Eingeben der Punktwolke (PCL) der Oberflächengeometrie (SGT) als Ausgangs-Punktwolke (PCI),
- Definieren von sich entlang der zweiten horizontalen Koordinatenrichtungen (COY) scheibenartig sich jeweils
25 nebeneinander erstreckender Volumina (VLM) der Ausgangs-Punktwolke (PCI) mit einer zweiten Diskretisierungsweite (DW2) von mindestens 15ft, bevorzugt mindestens 20ft beträgt,
- die Schritte nach Anspruch 5 für jede einzelne der jeweils
30 in den Volumina (VLM) angeordneten Punktwolken (PCI), mit den Vorgaben:
 - a. die zweite horizontale Koordinatenrichtungen (COY) ist die Profilrichtung (DZP), so dass ein sich entlang der zweiten horizontalen Koordinatenrichtung (COY) erstreckendes Höhenprofil (HPR) ergibt,
35
 - b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite (DCW) zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,

- vergleichen der bezüglich der zweiten horizontalen Koordinatenrichtungen (COY) breitesten Länge (YMX) des Höhenprofils (HPR) mit einem Mindestwert (YMN) und verwerfen der in dem jeweiligen Volumen (VLM) befindlichen Punkte (EPT), wenn die breiteste Länge (YMX) unter dem Mindestwert (YMN) liegt,
 - Definieren des nicht verworfenen Anteils der Ausgangspunktewolke (PCI), als neue Punktewolke (PCI), die das Transportmittel (TPT) umfasst.
9. Verfahren (PRC) nach Anspruch 8, mit den weiteren anschließenden Schritten:
- Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 5 für die Punktewolke (PCI), mit den Vorgaben:
 - a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen (COX) ist die Profilrichtung (DZP), so dass ein sich entlang der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX) erstreckendes Höhenprofil (HPR) ergibt,
 - b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite (DCW) zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders bevorzugt 10cm beträgt,
 - Aufteilen des Profils in zweidimensionale Objektprofile (OBP), wobei ein Objektprofil (OBP) sich über einen Bereich der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX) erstreckt, der ausschließlich Profilpunkte mit Höhenwerte des Höhenprofils (HPR) größer 0 aufweist,
 - Zusammenfassen von Objektprofilen (OBP), die weniger als 3m, insbesondere weniger als 1,5m in der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX) voneinander entfernt sind zu jeweils einem gemeinsamen Objektprofil (MOP), so dass sich in den sich ergebenden Bereichen der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX) der gemeinsamen Objektprofile (MOP), jeweils die Transportmittel befinden.
10. Verfahren (PRC) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche zur Identifizierung einer Ladefläche des Transportmittels (TPT),

- Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 5 für die Punk-
tewolke (PCI), mit den Vorgaben:
 - a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen (COX)
ist die Profilrichtung (DZP), so dass ein sich ent-
lang der ersten horizontalen Koordinatenrich-
tung (COX) erstreckendes Höhenprofil (HPR) ergibt,
 - b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite (DCW)
zwischen 1cm - 1m bevorzugt 5cm - 15cm, besonders
bevorzugt 10cm beträgt,
 - Unterteilen des Höhenprofils (HPR) in Segmente durch Be-
stimmen eines Segments mittels der Vorgabe, dass bei einer
schrittweisen Auswertung von Punkt zu Punkt der vertikale Ab-
stand vom vorherigen Punkt kleiner als 2 horizontale Diskre-
tisierungsweiten (DCW) ist,
 - Definieren des längsten derart bestimmten Segments als vor-
läufige Ladeflächenerstreckungsabschätzung (PLE) entlang der
ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX).
11. Verfahren (PRC) nach mindestens dem vorhergehenden An-
spruch 10,
- Definieren eines Vertikalversatzes (VFS) aus dem Wertebe-
reich der dritten vertikalen Koordinatenrichtungen (COZ) der
Ladeflächenerstreckungsabschätzung (PLE).
12. Verfahren (PRC) nach mindestens einem der vorhergehenden
Ansprüche zur Ermittlung einer Winkellage einer Ladefläche
des Transportmittels (TPT),
- Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 5 für die Punk-
tewolke (PCI), insbesondere für die Punktwolke (PCI)
ausschließlich im Bereich der vorläufigen Ladeflächener-
streckungsabschätzung (PLE) nach dem vorhergehenden An-
spruch 10 mit den Vorgaben:
 - a. die erste horizontale Koordinatenrichtungen (COX)
ist die Profilrichtung (DZP), so dass ein sich ent-
lang der ersten horizontalen Koordinatenrich-
tung (COX) erstreckendes Höhenprofil (HPR) ergibt,

- b. wobei die bestimmte Diskretisierungsweite (DCW)
zwischen 1cm – 1m bevorzugt 5cm – 15cm, besonders
bevorzugt 10cm beträgt,
- Unterteilen des Höhenprofils (HPR) in Segmente durch Be-
stimmen eines Segments mittels der Vorgabe, dass bei einer
5 schrittweisen Auswertung von Punkt zu Punkt der vertikale Ab-
stand vom vorherigen Punkt kleiner als eine halbe horizontale
Diskretisierungsweite (DCW) ist,
 - Definieren des längsten derart bestimmten Segments,
 - 10 - Bestimmen eines Neigungswinkels (PTC) des längsten derart
bestimmten Segments als Neigungswinkel (PTC) der Ladeflä-
che (LDR).
13. Verfahren (PRC) nach mindestens einem der vorhergehenden
15 Ansprüche, zum Identifizieren von Kanten an der bestimmten
Ladefläche (LDR) des Transportmittels (TPT),
gekennzeichnet, durch
- Bereitstellen eines Rasters (SGS) bestehend aus einzelnen
Rasterelementen (SGM) des Bereichs (ARA)
 - 20 - Selektieren derjenigen Rasterelemente (SGM), die
Punkte (EPT) beinhalten,
 - Bestimmen von Rasterelemente (SGM), die eine Kante des
Transportmittels (TPT) umfassen als Kantenrasterele-
mente (SGE)
 - 25 - Sortieren der Kantenrasterelemente (SGE) nach jeweiliger
Kantenorientierung ausgehend von dem Raumkoordinatensys-
tem (MCS) in Gruppen von Kantenrasterelementen (SGE) ent-
haltend Kantenpunkte (EPT), wobei die Gruppen umfassen:
 - fallende Kantenpunkte (EPT) in die erste horizontale
30 Koordinatenrichtung (COX),
 - steigende Kantenpunkte (EPT) in die erste horizontale
Koordinatenrichtung (COX),
 - fallende Kantenpunkte (EPT) in die zweite horizontale
Koordinatenrichtung (COY),
 - 35 - steigende Kantenpunkte (EPT) in die zweite horizon-
tale Koordinatenrichtung (COY),
 - Erzeugen von Kantenlinien (ELN) anhand der Kanten-
punkte (EPT) durch mehrfache Liniensegmentierungen für

die jeweiligen Gruppen, wobei bei der Liniensegmentierung jeweils eine Linie durch möglichst viele vordefinierte Umgebungsvolumina von Kantenpunkten (EPT) gelegt wird und diese Kantenpunkte (EPT) durch die jeweilige Linie ersetzt werden.

14. Verfahren (PRC) nach mindestens dem vorhergehenden Anspruch 13, zum Ermitteln der Schrägstellung von Kantenlinien (ELN) gegenüber der ersten horizontale Koordinatenrichtung (COX), gekennzeichnet durch
- Zusammenfassen von Kantenlinien (ELN) zu zusammengefassten Kantenlinien (ELN), wobei diejenigen Kantenlinien (ELN) zusammengefasst werden, die gegenüber der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX) bis auf einen Winkelabweichungsbereich (DAG) den gleichen Winkel einschließen,
 - Bestimmen eines Gütefaktors (QFC) für die Kantenlinien (ELN) und/oder zusammengefassten Kantenlinien (ELN), wobei der Gütefaktor (QFC) ansteigend oder proportional ansteigend ist mit der Anzahl der Kantenpunkte (EPN), die von der Kantenlinie (ELN) oder den Kantenlinien (ELN), die der zusammengefassten Kantenlinie (ELN) zugrunde liegen, ersetzt wurden,
 - Festlegen einer Längsachse (LAX) des Transportmittels (TPT), wobei die Richtung derjenigen Kantenlinien (ELN) und/oder zusammengefassten Kantenlinien (ELN) als Richtung der Längsachse (LAX) festgelegt werden, die eine Winkelabweichung zu der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX) haben, die kleiner als 10° ist und deren Gütefaktor (QFC) gegenüber den anderen am höchsten ist,
 - Ermitteln eines ersten Versatzwinkels (OA1) zwischen der ersten horizontalen Koordinatenrichtung (COX) und der Längsachse (LAX) des Transportmittels (TPT).

15. Verfahren (PRC) nach mindestens dem vorhergehenden Anspruch 14, zum Identifizieren und Klassifizieren einer

bestimmten Ladefläche (LDR) des Transportmittels (TPT),
gekennzeichnet, durch

- Ausgehend von dem räumlich festen Koordinatensystems (MCS) und unter Verwendung des Neigungswinkels (PTC) und des ersten Versatzwinkels (OA1) definieren eines Transportmittelkoordinatensystems (TCS) mit einer ersten im Wesentlichen horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung (TCX) entlang der Längsachse (LAX) des Transportmittels (TPT), mit einer zweiten im Wesentlichen horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung (TCY) quer zur ersten horizontalen Transportmittelkoordinatenrichtung (TCX) und einer dritten im Wesentlichen vertikalen zu den anderen Transportmittelkoordinatenrichtungen (TCX, TCY) senkrechten dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen (TCZ),
- Definieren einer zweidimensionalen Referenzkontur (ISO) entsprechend einer Aufstandsfläche (FPT) eines Ladebehälters bezüglich des Transportmittelkoordinatensystems (TCS),
- Identifizieren einer ebenen Ladefläche (LDR) eines zu beladenden Transportmittels nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 14, insbesondere nach 9 - 14,
- Definieren einer zweidimensionalen Ladeflächenkontur als Projektion in Richtung der dritten Transportmittelkoordinatenrichtungen (TCZ) der ebenen Ladefläche (LDR),
- Wiederholen eines virtuellen Versuchs, die Referenzkontur an einer Referenzkonturposition mit der Ladeflächenkontur derart zu überlagern, dass bestimmte Kriterien erfüllt sind,

wobei die bestimmten Kriterien sind:

- keine Kante der Referenzkontur befindet sich außerhalb der Ladeflächenkontur,
- die Referenzkontur ist vollständig in der Ladeflächenkontur angeordnet,
- es befindet sich keine Kante der Ladefläche im Bereich der Überdeckung der Referenzkontur mit der Ladeflächenkontur,

wobei die Referenzkonturpositionen, die die bestimmten Kriterien erfüllen, als gültige Referenzkonturpositionen klassifiziert werden,

wobei bei jeder Wiederholung eine Verlagerung der Referenzkontur an eine andere Referenzkonturpositionen mit einer vorgegebenen Schrittweite zu der Ladeflächenkontur in der ersten Transportmittelkoordinatenrichtungen (TCX) erfolgt, wobei der Versuch
5 so lange wiederholt wird, bis die Referenzkontur die Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte in der ersten Transportmittelkoordinatenrichtungen (TCX) durchschritten hat,
10 wobei bei jeder Wiederholung eine Verlagerung der Referenzkontur mit einer vorgegebenen Schrittweite zu der Versuchskontur in der zweiten Transportmittelkoordinatenrichtungen (TCY) erfolgt, wobei der Versuch so lange wiederholt wird, bis die Referenzkontur die Versuchskontur
15 entlang aller möglichen Schritte entlang der zweiten Transportmittelkoordinatenrichtung (TCY) durchschritten hat und bis die Referenzkontur die Versuchskontur entlang aller möglichen Schritte entlang der ersten Transportmittelkoordinatenrichtung (TCX) durchschritten hat,
20 wobei einander überlappende Referenzkonturen an gültigen Referenzkonturpositionen zu einer gemeinsamen gültigen Ladefläche zusammengefügt werden.

16. Verfahren (PRC) nach mindestens einem der vorhergehenden
25 Ansprüche, in denen eine Ladefläche (LDR) identifiziert wurde, wobei eine bestimmte Ladefläche (LDR) eines Transportmittels (TPT) als beladene Ladefläche (LDR) klassifiziert wird, wenn die Punkte der Ladefläche (LDR) in vertikaler Koordinatenrichtung (COZ) im Bereich einer zu erwartenden Höhe
30 eines Ladebehälterdachs liegen.

17. Verfahren (PRC) nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, in denen eine Ladefläche (LDR) identifiziert wurde, wobei ein Erkennen von Befestigungselementen (TWL) umfasst:
35 - Selektion derjenigen Punkte der Punktwolke (PCL) im Horizontalbereich der identifizierten Ladefläche (LDR), die bezüglich eines vordefinierten Umgebungsvolumens einen lokalen

Maximalwert der dritte Koordinatenrichtung (COZ) aufweisen
als potenzielle Befestigungselementpositionen (TWP),
- Definition von vordefinierten Mustern (PTW) horizontaler
Anordnungen von Befestigungselementen (TWL),
5 - Vergleichen der Muster (PTW) mit den potenziellen Befesti-
gungselementpositionen (TWP) zur Bestimmung einer besten
Übereinstimmung, wobei diejenigen potenzielle Befestigungs-
elementpositionen (TWP) ohne Übereinstimmung mit einem Ele-
ment eines Musters (PTW) verworfen werden und diejenigen mit
10 einer Übereinstimmung als Befestigungselementpositionen (TWP)
festgelegt werden.

18. Verfahren zur Erzeugung von Anweisungen für eine Um-
schlagvorrichtung (CTT), insbesondere einen Kran (CRN), zur
15 Positionierung eines Ladebehälters (CNT) auf der Ladeflä-
che (LDR) eines Transportmittels umfassend das Verfah-
ren (PRC) zum Detektieren einer Ladefläche (LDR) nach mindes-
tens einem der vorhergehenden Ansprüche 1- 17 umfassend den
weiteren Schritt:

20 h) Auswahl eines Ladebehälters (CNT), der zu einer bestimm-
ten Ladefläche (LDR) und den dazugehörigen Befestigungs-
elementen (TWL) des Transportmittels (TRT) passt.

19. Verfahren zum Beladen eines Transportmittels (TPT) mit
25 einem Ladebehälter umfassend das Verfahren zur Erzeugung von
Anweisungen für eine Umschlagvorrichtung (CTT) nach mindes-
tens dem vorhergehenden Anspruch 18 umfassend den weiteren
Schritt:

i) Beladen der Ladefläche (LDR) des Transportmittels (TRT)
30 mit dem ausgewählten Ladebehälter (CNT).

20. Umschlagvorrichtung (CTT) mit einem Kran (CRN) und einer
Steuereinheit (CTU), mittels derer der Kran (CRN) steuerbar
ist,

35 wobei die Steuereinheit (CTU) mindestens einen Prozes-
sor (CPU) umfasst und

wobei die Umschlagvorrichtung (CTT) mindestens einen Um-
schlagbereich zum Abstellen eines Transportmittels (TPT)

umfasst und einen Ladebehälterbereich zum Abstellen mindestens eines Ladebehälters (CNT) umfasst,
wobei die Umschlagvorrichtung mindestens einen Scanner (SCN) umfasst, mittels dessen der Umschlagbereich punktwise auf-
5 nehmbar ist,
wobei die Steuereinheit (CPU) mit dem Scanner (SCN) in Verbindung steht, sodass die Punkte in Form einer Punktwolke (PCL) von dem Scanner (SCN) an die Steuereinheit (CPU) übermittelbar sind,
10 wobei die Steuereinheit (CPU) derart ausgebildet und konfiguriert ist, dass diese das Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche ausführt, um eine zu beladene Ladefläche (LDR) zu identifizieren und deren Position zu bestimmen und den Kran (CRN) anhand dieser Position derart zu steuern,
15 ern, einen Ladebehälter (CNT) von dem Ladebehälterbereich auf die zu beladene Ladefläche zu stellen.