

**Verfahren zur digitalen Dokumentation und Simulation von in einer
Personentransportanlage installierten Komponenten**

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur digitalen Dokumentation und Simulation von in einer Personentransportanlage installierten Komponenten.

Personentransportanlagen im Sinne der vorliegenden Schrift sind als Fahrtreppen, Fahrsteige oder Aufzüge ausgestaltet. Diese werden im Allgemeinen dazu eingesetzt,
10 Personen oder Gegenstände innerhalb eines Bauwerkes transportieren zu können. Aufzüge verbinden üblicherweise mehrere Etagen des Bauwerkes. Fahrtreppen und geneigte Fahrsteige verbinden üblicherweise zwei Etagen des Bauwerkes, während horizontale Fahrsteige auf derselben Etage angeordnet sind.

- 15 Bei Aufzügen wird im Bauwerk oder außen an dem Bauwerk ein Aufzugschacht beziehungsweise Einbauraum vorgesehen, innerhalb dessen verfahrbare Komponenten des Aufzuges wie beispielsweise eine oder mehrere Aufzugskabinen, ein Gegengewicht oder Ähnliches bewegt werden können. Die verfahrbaren Komponenten werden dabei meist mithilfe von Tragmitteln wie z.B. Seilen oder Riemen bewegt, die ihrerseits von
20 einer mittels eines Motors angetriebenen Treibscheibe bewegt werden. Daneben gibt es auch Aufzüge, die hydraulisch betätigt werden.

- Neben den genannten verfahrbaren Komponenten sind im Regelfall eine Vielzahl statische Komponenten des Aufzuges in dem Aufzugschacht angeordnet. Beispielsweise
25 können im Aufzugschacht Führungsschienen fest verankert sein, entlang denen die verfahrbaren Komponenten geführt bewegt werden können. Am Boden des Aufzugschachts ist meist ein Puffer vorgesehen, um beispielsweise im Falle einer Fehlfunktion oder eines Defekts in der Aufzuanlage ein hartes Aufschlagen der Aufzugkabine auf dem Boden zu vermeiden. Nahe einer Decke des Aufzugschachts oder
30 in einem separaten Maschinenraum des Bauwerkes ist eine Antriebseinheit vorgesehen, welche zum Beispiel die Tragmittel antreibt und dadurch die an diesen Tragmitteln befestigten verfahrbaren Komponenten innerhalb des Aufzugschachts bewegt. An verschiedenen Stockwerken des Bauwerkes sind in dem Aufzugschacht meist automatisch bewegbare Türen vorgesehen, welche einen Zugang zu der in einem bestimmten

Stockwerk angehaltenen Aufzugkabine freigeben können bzw. diesen Zugang blockieren können, sobald die Aufzugkabine sich von diesem Stockwerk wegbewegt. Zudem können in dem Aufzugsschacht ergänzende sicherheitsrelevante Aufzugkomponenten wie Sensoren, Schalter, Detektoren, Notbremsvorrichtungen, Evakuierungsvorrichtungen und dergleichen mehr angeordnet sei. Aufgrund ihrer Größe und engen Anbindung an die Bauwerkstruktur, werden Aufzüge üblicherweise in Komponenten zerlegt ins Bauwerk eingebracht und dort verbaut. Mit anderen Worten wird bei der Installation eines Aufzuges dieser nicht als Ganzes in den dafür vorgesehenen Einbauraum eingebaut, sondern dessen Komponenten an den dafür vorgesehenen Stellen im Aufzugsschacht montiert und so die Aufzugsanlage sukzessive im Aufzugsschacht aufgebaut.

Fahrtreppen weisen ein Stufenband und Fahrsteige ein Palettenband auf, das über einen ersten Zugangsbereich betreten und über einen zweiten Zugangsbereich verlassen werden kann. Seitlich des Stufenbandes oder Palettenbandes sind Balustraden mit umlaufenden Handlaufriemen angeordnet. Ferner sind eine Antriebseinheit, eine Steuerung und gegebenenfalls ergänzende sicherheitsrelevante Komponenten wie Sensoren, Schalter, Detektoren, und Notbremsvorrichtungen vorhanden. Alle diese Komponenten sind in und an einem Tragwerk angeordnet, welches zumindest an zwei Auflagerstellen des Bauwerkes abgestützt ist. Es ist gängige Praxis, eine Fahrtreppe oder ein Fahrsteig im Herstellerwerk komplett zusammenzubauen, zu verpacken und zum vorgesehenen Einsatzort zu transportieren und dort in das Bauwerk einzubauen. Die Installation einer Fahrtreppe oder eines Fahrsteiges kann zwar als Ganzes in ein Bauwerk eingebracht werden, üblicherweise sind diese Personentransportanlagen aber so lang, dass sie im Herstellerwerk nach der Funktionsüberprüfung in Sektionen unterteilt werden und diese Sektionen dann für den Versand verpackt werden. Je nach Ausgestaltung des Bauwerkes und der Fahrtreppe oder des Fahrsteiges kann es jedoch auch sein, dass diese in Komponenten zerlegt, angeliefert werden und im Bauwerk sukzessive zusammengebaut werden müssen. Dies ist insbesondere bei Modernisierungen von Fahrtreppen und Fahrsteigen der Fall, bei denen das Tragwerk der bisher eingesetzten Personentransportanlage weiterverwendet wird.

Zur Montage der Komponenten von Personentransportanlagen werden mechanische Verbindungskomponenten wie Anker, Schrauben, Klemm- und Spannelemente sowie stoffschlüssige Verbindungskomponenten wie Klebestellen oder Schweißnähte

verwendet, deren korrekte Applikation stark vom applizierenden Monteur abhängt. Gerade die Qualität der Applikationen von Verbindungskomponenten kann sich jedoch stark auf die Qualität der installierten Personentransportanlage hinsichtlich ihrer Laufruhe, ihrer Verschleißfestigkeit, ihres Energiekonsums, ihrer Schallemissionen und dergleichen mehr auswirken.

Bei der Erstinstallation einer Personentransportanlage und gegebenenfalls auch bei später erfolgenden Wartungen oder Modernisierungen einer bestehenden Personentransportanlagenlage ist es daher gängige Praxis vieler Hersteller bzw. Betreiber, abschließend eine Inspektion oder Endabnahme der im Bauwerk aufgenommenen Komponenten der Personentransportanlage durchzuführen und deren Ergebnisse in einem Protokoll festzuhalten. Eine solche Inspektion umfasst im Regelfall zumindest ein Notieren von Seriennummern sowie des Typs der aufgenommenen Komponenten und eine Dokumentation über deren ordnungsgemäßen Einbau. Im Fall von sicherheitsrelevanten Komponenten einer Personentransportanlage werden üblicherweise ergänzend eine Zertifikatnummer aufgenommen und Funktionstests durchgeführt.

Der Inspektions- bzw. Protokollierungsvorgang wird bisher meist manuell von einer Person wie beispielsweise einem entsprechend qualifizierten und zertifizierten Monteur durchgeführt, wobei diese Person eine riesige Anzahl der in dem Bauwerk aufgenommenen Komponenten der Personentransportanlage inspizieren, mit Soll-Vorgaben vergleichen und ein entsprechendes Protokoll erstellen muss. Dies kann zu sicherheitsrelevanten Fehlern bei der Dokumentation der Installation und/oder der Wartung der Personentransportanlage führen. Fehler bei der Dokumentation der Installation können auch bei später erfolgenden Wartungen der Anlagen einen erheblichen zusätzlichen Arbeitsaufwand und damit verbunden längere Ausfallzeiten und höhere Kosten verursachen.

Die Patenschrift EP 3 377 436 B1 beschreibt ein Verfahren, bei dem Betriebszustände von Aufzugskomponenten in einem Aufzugschacht automatisiert ausgelesen werden können, um sie zu Protokollieren und mit den Sollvorgaben vergleichen zu können. Allerdings ermöglicht diese Art der Protokollierung nur einen rudimentären Vergleich mit den Sollvorgaben und keine weiterführenden Betrachtungen, wie sie beispielsweise bei Montagefehlern durchgeführt werden müssten. Zudem muss jedes Bauteil, welches

verbaut werden soll, bereits eine eindeutige Kennzeichnung aufweisen, selbst wenn dieses Schüttgut ist, wie beispielsweise als Verbindungskomponenten dienende Schrauben, Stifte, Bolzen, Muttern etc. Eine Kennzeichnung solcher Verbindungskomponenten stellt einen erheblichen Aufwand für die Produktion und

5 Logistik dar.

Es besteht daher die Aufgabe, ein Verfahren sowie eine Erfassungseinrichtung zur digitalen Dokumentation von installierten Komponenten einer Personentransportanlage anzugeben, das weiterführende Betrachtungen ermöglicht und zudem kostengünstiger ist.

10

Diese Aufgabe wird gelöst durch die nachfolgend beschriebene Erfassungseinrichtung sowie durch das mit dieser Erfassungseinrichtung durchzuführende Verfahren zur digitalen Dokumentation und Simulation einer Personentransportanlage. Die Erfassungseinrichtung weist zumindest die folgenden Elemente auf:

- 15
- ein zentrales Positionsanalysegerät;
 - mindestens ein lokales Positionserfassungsgerät;
 - mindestens ein tragbares Werkzeug mit technischen Mitteln zur Erfassung von Daten von mit diesem Werkzeug verbauten Verbindungskomponenten, zusammen mit deren Position und Parametern, die von dem tragbaren Werkzeug während des Einbaus
- 20 gemessen werden; sowie
- eine zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit, in welcher Parameter zur Dokumentation und Simulation der Personentransportanlage gespeichert werden.

25 Das mit dieser Erfassungseinrichtung durchzuführende Verfahren weist zumindest die Schritte auf, dass eine Kommunikationsverbindung zwischen dem Werkzeug, dem mindestens einen lokalen Positionserfassungsgerät, dem zentralen Positionsanalysegerät und der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit aufgebaut wird. Sobald diese Kommunikationsverbindungen aufgebaut sind, können unter Verwendung

30 von Daten der verbauten Verbindungskomponenten, die von dem Werkzeug über das mindestens eine lokale Positionserfassungsgerät und das zentrale Positionsanalysegerät an die Zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit übertragen werden, Einbaudatensätze erzeugt werden. Hierbei umfasst ein Einbaudatensatz zumindest eine Identifikationskennung der zugeordneten, eingebauten Verbindungskomponente, deren

- gemessene Position und die bei der Montage dieser Verbindungskomponente vom Werkzeug gemessenen Einbauparameter. Diese Einbaudatensätze werden positionsdefiniert in einen, die physische Personentransportanlage abbildenden digitalen Doppelgänger-Datensatz einpflegt. Hierdurch werden direkte Verknüpfungen der
- 5 Einbauparameter mit den durch diese beeinflussten Komponenten geschaffen, die erst eine ausreichend präzise, mit dem Montagefortschritt kontinuierlich wachsende Dokumentation des Einbaus und dadurch eine fehlerfreie Dokumentation und aussagekräftige Simulation ermöglichen.
- 10 Selbstverständlich können hierbei auch die Komponenten erfasst werden, die mit dieser Verbindungskomponente miteinander, und/oder mit am Bauwerk ausgebildeten Befestigungsstellen verbunden werden. Diese Komponenten weisen in den meisten Fällen bereits werksseitig eine eindeutige, elektronisch erfassbare Identifikationskennung wie beispielsweise ein Barcode, ein Matrixcode, eine Seriennummer, einen RFID-Tag und
- 15 dergleichen mehr auf, die ebenfalls durch das Werkzeug oder durch ein separates Gerät erfasst werden können. Gegebenenfalls besteht auch die Möglichkeit, der Komponente durch das Werkzeug eine Identifikationskennung zuzuordnen, ohne dass dies physisch auf der Verbindungskomponente festgehalten wird.
- 20 Da mit dem Werkzeug die Position der Verbindungskomponente erfasst wird, werden gleichzeitig auch die genauen Positionen der damit verbundenen Komponenten im Raum definiert und können hierdurch ebenfalls entsprechend im digitalen Doppelgänger-Datensatz eingepflegt beziehungsweise angepasst werden.
- 25 Zur Dokumentation und Simulation ist wie vorangehend erwähnt, ein digitaler Doppelgänger-Datensatz vorgesehen. Das Erzeugen des digitalen Doppelgänger-Datensatzes umfasst dabei zumindest die folgenden Schritte, vorzugsweise aber nicht zwingend streng in der angegebenen Reihenfolge:
- 30 (i) Erstellen eines Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes aus kundenspezifischen Konfigurierungsdaten und Bauteilmodell-Datensätzen mit Soll-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage in einer Soll-Konfiguration wiedergeben;
- (ii) Erstellen eines Fertigungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Messen von Ist-Daten,

welche charakterisierende Eigenschaften von Komponenten der physischen Personentransportanlage direkt nach deren Fertigung wiedergeben und Ersetzen von Soll-Daten in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch entsprechende Ist-Daten; und

- 5 (iii) Erstellen und kontinuierliches Aktualisieren des digitalen Doppelgänger-Datensatzes basierend auf dem Fertigungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Modifizieren des Fertigungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes während der Montage der physischen Personentransportanlage unter Berücksichtigung von durch die Erfassungseinrichtung erfassten Daten, welche als Einbaudatensätze zumindest die ermittelten
- 10 Identifikationskennungen für die eingebauten Verbindungskomponenten, deren gemessene Positionen und deren gemessene Einbauparameter wiedergeben. Die Erstellung und kontinuierliche Aktualisierung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes erfolgt insbesondere dadurch, dass diese Einbaudatensätze auf den digitalen Doppelgänger-Datensatz übertragen werden und diesen entsprechend, charakterisierende
- 15 Eigenschaften der von den übertragenen Daten betroffenen Bauteilmodell-Datensätze aktualisiert werden. An dieser Stelle sei erwähnt, dass auch die vorgesehenen Verbindungskomponenten als Bauteilmodell-Datensätze im digitalen Doppelgänger-Datensatz abgebildet sind.
- 20 Mit anderen Worten kann ein Erstellen und Aktualisieren des digitalen Doppelgänger-Datensatzes in mehreren Teilschritten erfolgen. Dabei können die in dem Datensatz enthaltenen Daten sukzessive verfeinert und präzisiert werden, so dass die charakterisierenden Eigenschaften der in der physischen Personentransportanlage verbauten Bauteile mit fortlaufender Erstellung immer genauer hinsichtlich ihrer
- 25 tatsächlichen aktuellen Konfiguration im digitalen Doppelgänger-Datensatz wiedergegeben werden und mit fortlaufender Montage der physischen Personentransportanlage der digitale Doppelgänger-Datensatz hinsichtlich der Dokumentation und brauchbarer Daten für eine Simulation, vervollständigt wird.
- 30 Das heißt, dass die während der Montage erfassten und im digitalen Doppelgänger-Datensatz eingepflegten Einbaudatensätze auch mindestens eine charakterisierende Eigenschaft mindestens eines Bauteilmodell-Datensatzes beeinflussen können, beziehungsweise diese charakterisierende Eigenschaft des Bauteilmodell-Datensatzes entsprechend aktualisiert werden muss. Wie weiter unten in Zusammenhang mit den

Figuren ausführlich erklärt ist, betrifft ein Einbaudatensatz üblicherweise mehrere charakterisierende Eigenschaften von mehreren Bauteilmodell-Datensätzen. Mittels Simulationen können Veränderungen jeder einzelnen dieser charakterisierenden Eigenschaften für jeden betroffenen Bauteilmodell-Datensatz aus den erfassten Daten des Werkzeuges unter Zuhilfenahme der im digitalen Doppelgänger-Datensatz vorhandenen geometrischen Verhältnisse, den in den Bauteilmodell-Datensätzen hinterlegten physikalischen Eigenschaften sowie den bekannten Berechnungsmethoden aus den Gebieten der Physik, der Mechanik und der Festigkeitslehre errechnet werden. Die aufgrund der erfassten Veränderungen ermittelten, veränderten charakterisierenden Eigenschaften der betroffenen Bauteilmodell-Datensätze, können nun dahingehend beurteilt werden, ob die Montage an dieser Stelle ausreichend korrekt ausgeführt wurde oder nicht. Konkret könnte beispielsweise bei einer zu fest angezogenen Schraube ein damit ebenfalls zusammengepresstes Dämpfungselement aus Kunststoff beschädigt werden. Mit den durch das Werkzeug gemessenen Daten, die als Einbaudatensatz auf den digitalen Doppelgänger-Datensatz übertragen werden, können entsprechende Simulationen durchgeführt werden.

Hinsichtlich des vorangehenden Beispiels ist dank der beschriebenen Positionserfassung auch eindeutig klar, welches Dämpfungselement noch vor der Inbetriebnahme der physischen Personentransportanlage aufgrund der fehlerbehafteten Montage ersetzt werden muss. So können Folgeschäden an anderen Komponenten, die vielleicht schon bei der Inbetriebnahme auftreten würden, vermieden werden. Zudem könnten die durch die fehlerbehaftete Montage beschädigten Komponenten auch vor oder während der Inbetriebnahme durchgeführte Einstellungen an der Personentransportanlage beeinflussen, welche im nachfolgenden Betrieb beispielsweise zu höherem Energiekonsum und höherem Verschleiß führen könnten.

Die Dokumentation und Simulation der Komponenten erfolgt dabei für alle Personentransportanlagen in analoger Weise, wobei diese jedoch anlagenspezifisch erfasst werden. Unterschiede zwischen Fahrtreppen, Fahrsteigen und Aufzügen bestehen in der Wahl der Datenfelder und in der Simulation der technischen Prozesse.

Mit anderen Worten besteht die Anpassung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes in einer geeigneten Wahl der Datenfelder der Einbaudatensätze, die technische Parameter

einer spezifisch zugeordneten Personentransportanlage wiedergeben, die Identifikationskennung für eine eingebaute Verbindungskomponente, deren gemessene Einbauposition, die gemessenen Einbauparameter wie z.B. das Anzugsmoment beim Einbau der Verbindungskomponente, dessen Dimensionen oder Dimensionsänderungen und dergleichen mehr, sowie die Dokumentation des Einbaus zum Beispiel unter Verwendung von Kameraaufnahmen, wobei alle diese Parameter in der Regel von einem tragbaren Werkzeug erhoben oder gemessen werden. Die eingepflegten Daten bilden zusammen mit den Daten aus der Kundenspezifikation, den aus diesen zusammengestellten Bauteilmodell-Datensätzen und aus der Fertigung den digitalen Doppelgänger-Datensatz, der die Personentransportanlage konsistent beschreibt.

Mit anderen Worten umfasst die Dokumentation einen digitalen Doppelgänger-Datensatz (Digital Twin), welcher anlagespezifisch möglichst alle bei der Konzeption und Produktion anfallenden Daten jedes vorgesehenen Bauteils beziehungsweise jeder Komponente umfasst. Somit werden durch den digitalen Doppelgänger-Datensatz die räumlichen und physikalischen Beziehungen dieser Datenfelder untereinander geschaffen, der die räumliche Anordnung der die Personentransportanlage bildenden Komponenten beziehungsweise deren Bauteilmodell-Datensätze untereinander beschreibt und definiert, wobei die entsprechenden Datenfelder den davon betroffenen Bauteilmodell-Datensätzen und deren Schnittstellen zugeordnet sind.

Die Anpassung der Simulation auf der Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit besteht darin, das Verhalten, die Kräfte und Momente einer eingebauten Verbindungskomponente zu simulieren, insbesondere in Zusammenwirkung mit den Bauteilmodell-Datensätzen der weiteren physikalischen Komponenten der Personentransportanlage. Dadurch lassen sich Materialveränderungen und -spannungen, die außerhalb vordefinierter Toleranzbereiche liegen, ermitteln, so dass sicherheitskritische Zustände proaktiv, das heißt vor Ausfall eines Bauteils oder einer Baugruppe, vermieden werden können.

Detaillierter beschrieben, können während der Installation beziehungsweise Montage der physischen Komponenten der Personentransportanlage mit der Erfassungseinrichtung die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- 5
- S1 Aufbau einer ersten Kommunikationsverbindung zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät und der Zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit;
- S2 Aufbau einer zweiten Kommunikationsverbindung zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät und dem mindestens einen lokalen Positionserfassungsgerät, wobei jedes lokale Positionserfassungsgerät eindeutig einem zentralen Positionsanalysegerät zugeordnet ist; und
- 10 S3 Aufbau einer dritten Kommunikationsverbindung zwischen dem lokalen Positionsanalysegerät und dem mindestens einen Werkzeug;
- S4 Montage von mindestens einer Komponente der Personentransportanlage in dem dafür vorgesehenen Bauwerk mittels einer Verbindungskomponente unter Einsatz des Werkzeuges;
- 15 S5 Ermittlung einer Identifikationskennung durch automatisches Zuordnen oder wenn vorhanden, durch eine Erfassung einer Kennzeichnung der Verbindungskomponente für die eingebaute Verbindungskomponente durch das Werkzeug, sowie Messen von Einbauparametern durch das Werkzeug und Messen der Einbauposition der Verbindungskomponente durch das lokale Positionserfassungsgerät während des Einbaus;
- 20 S6 Dokumentation des Einbauvorganges durch das Werkzeug;
- S7 Zusammenstellung eines Einbaudatensatzes, welcher die ermittelte Identifikationskennung für die eingebaute Verbindungskomponente, deren gemessene Position, die gemessenen Einbauparameter und die Dokumentation des Einbauvorganges umfasst, im mindestens einen lokalen Positionserfassungsgerät, welches dem tragbaren Werkzeug zugeordnet ist;
- 25 S8 Übertragung des Einbaudatensatzes von dem mindestens einen lokalen Positionserfassungsgerät an das zentrale Positionsanalysegerät über die zweite Kommunikationsverbindung;
- S9 Übertragung der Einbaudatensätze von dem zentralen Positionsanalysegerät an die zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit über die
- 30 S10 positionsdefinierte Einpflege der Einbaudatensätze und der zugehörigen Metadaten, insbesondere Log-Daten in die dafür vorgesehenen Felder des digitalen Doppelgänger-Datensatzes der Personentransportanlage, der hierzu

auf der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit vorgesehen ist.

Der Aufbau der ersten, zweiten und dritten Kommunikationsverbindung kann sowohl drahtlos als auch kabelgebunden technisch umgesetzt werden. Wichtig ist dabei nur, dass jedes lokale Positionserfassungsgerät eindeutig einem zentralen Positionsanalysegerät zugeordnet ist. Die Trennung zwischen erster und zweiter Kommunikationsverbindung ermöglicht, dass eine Kommunikationsverbindung drahtlos und die andere kabelgebunden ausgeführt sein kann. Außerdem ermöglicht diese Trennung auch einen Wechsel zwischen drahtlosen Kommunikationstechnologien wie z.B. Bluetooth, NFC, Infrarot, RFID, Wi-Fi, Wireless HART, Wireless USB oder ZigBee je nach geometrischen und elektrischen Gegebenheiten und Einschränkungen in den Einbauschächten von Aufzügen oder durch die Raumbedingungen bei Fahrtreppen und Fahrsteigen. Die Trennung zwischen den Kommunikationsverbindungen bietet auch die Möglichkeit einer Aggregation der Einbaudatensätze in den lokalen Positionserfassungsgeräten vor der weiteren Datenübertragung vorzunehmen. Der Aufbau der ersten Kommunikationsverbindung kann auch über eine Kommunikationskomponente der Personentransportanlage erfolgen. Dies hat den Vorteil, dass die durch die Erfassungseinrichtung erfassten Daten auch in einer Datenspeichereinheit der Personentransportanlage eingespeichert werden können. Hierdurch sind diese Daten unverwechselbar mit der physischen Personentransportanlage verknüpft, und können dort immer wieder abgerufen werden. Gegebenenfalls ist es von Vorteil, wenn diese Daten in einem persistenten Speicher (Read Only Memory) der Datenspeichereinheit gespeichert werden.

Aufgrund des Vorhandenseins eines Werkzeuges, mindestens eines Positionserfassungsgerätes und eines Positionsanalysegerätes sind zumindest drei Punkte im dreidimensionalen Raum vorhanden, deren Abstände und Lagewinkel zueinander hochpräzise ausgemessen und dadurch die Koordinaten beziehungsweise die Einbauposition der montierten Verbindungskomponente genau bestimmt werden kann. Hierbei kann beispielsweise das Positionsanalysegerät als temporärer Bezugsnulldpunkt dienen, von dem ausgehend die Einbaupositionen sämtlicher verbauter Verbindungskomponenten und dadurch auch sämtlicher verbauter Komponenten der Personentransportanlage bestimmbar und in den digitalen Doppelgänger-Datensatz

- eingepflegt werden können. Zur Distanzmessung und Ausmessung der Lagewinkel können Laufzeiten von Funksignalen ausgewertet, oder Lasermesseinrichtungen, TOF-Bilderfassungssysteme und dergleichen mehr, eingesetzt werden. Grundsätzlich können alle bekannten Messsysteme eingesetzt werden, mit denen mit ausreichend hoher
- 5 Präzision, beispielsweise für den zu erfassenden Richtungsvektor im dreidimensionalen Raum auf einen zehntel Millimeter genau, die Position eines vorbestimmten Punktes der Verbindungskomponente zu einem vordefinierten Bezugspunkt im Einbauraum der Personentransportanlage gemessen werden kann.
- 10 Des Weiteren kann die Erfassungseinrichtung mindestens ein entfernbares, tragbares Anzeigegerät zur Unterstützung des Montagepersonals umfassen. Das tragbare Anzeigegerät kann beispielsweise ein Tablet, ein Laptop, ein Smartphone oder eine VR-Brille (Virtual Reality- Brille) sein. Zusammen mit den vorangehend beschriebenen Elementen der Erfassungseinrichtung kann den Verfahrensschritt S4 ergänzend, der
- 15 folgende Verfahrensschritt durchgeführt werden:
- S4A Anzeige einer von einem Monteur auszuführenden Tätigkeit auf dem tragbaren Anzeigegerät, wobei diese Tätigkeit unter Verwendung des tragbaren Werkzeugs und einer Verbindungskomponente basierend auf einer Montagespezifikation erfolgt, welche Montagespezifikation als Teil des
- 20 digitalen Doppelgänger-Datensatzes der Personentransportanlage in der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit hinterlegt ist.
- Bekanntermaßen ist es kaum vermeidbar, dass unterschiedliche Verbindungskomponenten, die eine hohe Ähnlichkeit miteinander haben, für die Montage
- 25 einer Personentransportanlage erforderlich sind. Dieser Unterschied kann bei zu verbauenden Schrauben beispielsweise nur deren Gewindelänge sein. Um Verwechslungen bei der Verwendung verschiedener Verbindungskomponenten möglichst zu unterbinden, kann die Erfassungseinrichtung ein Bereitstellungssystem für Verbindungskomponenten umfassen. Ein solches Bereitstellungssystem kann eine
- 30 Ausgabevorrichtung mit einer Ausgabesteuerung umfassen, die ebenfalls basierend auf der Montagespezifikation nur die jeweils zu verbauende Verbindungskomponente freigibt beziehungsweise ausgibt. Zusammen mit den vorangehend beschriebenen Elementen der Erfassungseinrichtung können den Verfahrensschritt S4 ergänzend, die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:

- 5 S4B automatisches Bereitstellen der Verbindungskomponente durch das
 Bereitstellungssystem basierend auf der Montagespezifikation; und
- S4C Einbau der angezeigten Verbindungskomponente in
 Verbindungskomponentenaufnahmen, die an Komponenten der
10 Personentransportanlage bzw. in dem Bauwerk, in das die
 Personentransportanlage eingebaut wird, für diese Verbindungskomponente
 vorgesehen sind, durch den Monteur unter Verwendung des tragbaren
 Werkzeugs.
- 15 Dieses Bereitstellungssystem kann im Sinne eines KANBAN-
 Produktionsprozesssteuerungsansatzes bewirtschaftet werden. Hierbei überwacht die
 Ausgabesteuerung den Vorrat an Verbindungskomponenten automatisch und bestellt in
 Abstimmung zur Montagespezifikation die noch zu verbauenden
 Verbindungskomponenten beim Lieferanten, wenn diese eine bestimmte Anzahl im
15 Bereitstellungssystem unterschreiten.
- Des Weiteren können unter Verwendung der Daten des digitalen Doppelgänger-
 Datensatzes die folgenden Verfahrensschritte durchgeführt werden:
- 20 S11 Simulation des Verhaltens, der Kräfte und Momente einer eingebauten
 Verbindungskomponente in Zusammenwirkung mit den weiteren
 Komponenten der Personentransportanlage zur Ermittlung von
 Materialveränderungen und Materialspannungen, die außerhalb vordefinierter
 Toleranzbereiche liegen, wobei die Simulation auf der Datenspeicherungs-
 und Datenverarbeitungseinheit erfolgt;
- 25 S12 Ermittlung von Korrekturarbeiten basierend auf den ermittelten
 Materialveränderungen und Materialspannungen.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht hierdurch, unmittelbar nach dem Montieren
 einer Verbindungskomponente deren Auswirkungen auf die verbauten Bauteile zu
 simulieren. Mit anderen Worten können, die durch die Verbindungskomponente
 verursachten internen Spannungen im Bereich der Verbindungskomponentenaufnahmen
 der Komponenten errechnet, und daraus Gestaltänderungen im Bereich dieser
 Verbindungskomponentenaufnahmen ermittelt werden. Sofern diese einen zulässigen
 Bereich (zum Beispiel die zulässige Materialspannung) nicht überschreiten, liegt eine

- korrekte Montage vor. Wenn diese überschritten wird, kann die fehlerhaft montierte Verbindungskomponente oder die durch sie beschädigte Komponente sofort erkannt und sogleich ersetzt werden. Durch die fortlaufende Protokollierung kann mit dem Fortschreiten der Montage eine nach der Montage durchzuführende Endkontrolle
- 5 entfallen oder zumindest auf ein Minimum wie beispielsweise gewisse Funktionskontrollen beschränkt werden. Hierdurch kann die Montagegüte der gesamten Personentransportanlage entscheidend erhöht, und die erforderliche Zeit für Inbetriebnahme-Tests und die Abnahmekontrolle zwischen der Fertigstellung der Personentransportanlage und deren Übergabe entscheidend reduziert werden.
- 10 Um die während der Montage anfallende Datenflut zu strukturieren und in eine durchgehend nachvollziehbare Form zu bringen, können die Einbaudatensätze auf dem mindestens einen lokalen Positionserfassungsgerät und/oder auf dem zentralen Positionsanalysegerät aggregiert werden. Die aggregierten Datensätze werden dann
- 15 periodisch in die dafür vorgesehenen Datenfelder des digitalen Doppelgänger-Datensatzes eingepflegt. Die Aggregation hat auch den Vorteil, dass temporär mehr Datenübertragungs- und Datenverarbeitungsressourcen für Simulationsvorgänge zur Verfügung stehen.
- 20 Vorzugsweise wird das Messen der Einbauposition und der Einbauparameter durch das tragbare lokale Positionserfassungsgerät während des Einbaus durch Ermittlung der Position des Werkzeuges relativ zur Position des zentralen Positionsanalysegeräts und/oder durch Ermittlung der beim Montagevorgang aktuellen GPS-Daten des Werkzeuges technisch umgesetzt. Hierbei können auch mehrere Positionserfassungsgeräte
- 25 involviert sein, so dass diese Distanzen und Winkel zueinander vermessen und aufgrund dieser Daten im Positionsanalysegerät die Position der verbauten Verbindungskomponente durch die präzise Lokalisierung des verbauenden Werkzeuges hochpräzise berechnet werden kann.
- 30 Wie bereits weiter oben erwähnt, kann der Einbau einer Verbindungskomponente dokumentiert werden. In dieser Dokumentation kann nicht nur der verbaute Zustand festgehalten werden, es können vorzugsweise auch der gesamte, oder zumindest wesentliche Sequenzen des Einbauvorganges aufgezeichnet werden. Bevorzugt erfolgt die Dokumentation des erfolgten Einbaus kamerabasiert.

In einer möglichen Ausführung der Erfindung kann die Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit zur Dokumentation und Simulation der Personentransportanlage die Designspezifikation, deren Parametrierung, die Montagespezifikation und für jede Verbindungskomponente Datenfelder für die Identifikationskennung, für die Position, für die gemessenen Einbauparameter und für die Dokumentation aufweisen. Zumindest die Designspezifikation, deren Parametrierung, und die Datenfelder für jede Verbindungskomponente sind im digitalen Doppelgänger-Datensatz zusammengefasst. Hierbei gibt die Designspezifikation und deren Parametrierung an, wie und welche Bauelemente der Personentransportanlage in welcher räumlichen Position zueinander und zum Bauwerk mit welcher Verbindungskomponente miteinander oder mit Teilen des Bauwerkes verbunden werden sollen, um aus diesen Bauteilen die gemäß der kundenspezifischen Konfigurierungsdaten definierte Personentransportanlage aufzubauen.

Die Montagespezifikation enthält alle erforderlichen Angaben, die zur Montage der Personentransportanlage in dem Bauwerk erforderlich sind. Dazu können der Montageablauf, Montageanweisungen, Daten für optische Pointer, Drehmomente, Schmiermittel und deren Dosierung und dergleichen mehr gehören. Ein optischer Pointer kann in einem lokalen Positionserfassungsgerät oder im tragbaren Werkzeug integriert sein und beispielsweise mittels eines Laserstrahls aufgrund der durch den digitalen Doppelgänger-Datensatz vorhandenen Soll-Vorgaben, die genaue Stelle markieren, an welcher die jeweils zu verbauende Verbindungskomponente montiert werden soll. Hierbei besteht aufgrund der Daten, die durch den digitalen Doppelgänger-Datensatz zur Verfügung stehen, auch die Möglichkeit, die mit der Verbindungskomponente zu montierenden Bauteile an der richtigen Stelle und in der richtigen Lage beispielsweise an die Schachtwand des Aufzugsschachtes des Bauwerkes zu projizieren.

Die Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit muss nicht zwingend am Montageort vorhanden sein. Diese kann auch durch ein rechnerfernes System, insbesondere ein Cloud-System, implementiert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann in einem Computerprogrammprodukt verwirklicht sein, das computerausführbare Anweisungen zur Implementierung der

Erfassungseinrichtung enthält, die dazu ausgebildet sind, zumindest die Verfahrensschritte S1 bis S10 zu implementieren. Dieses Computerprogrammprodukt kann in einem computerlesbaren Medium persistent gespeichert sein.

- 5 Eine zur Durchführung des Verfahrens erforderliche Erfassungseinrichtung kann die folgenden Elemente aufweisen:
- Mindestens ein lokales Positionserfassungsgerät mit technischen Mitteln, die dazu ausgebildet sind, die weiter oben beschriebenen Schritte S2 bis S8 des Verfahrens zu implementieren. Vorzugsweise ist dieses tragbar und entfernbar
10 ausgestaltet, so dass es nur während der Montagezeit auf dem Montageplatz verbleibt und nach dem Abschluss der Montagearbeiten an einem neuen Montageplatz verwendet werden kann.
 - Ein zentrales Positionsanalysegerät mit technischen Mitteln, die dazu ausgebildet sind, die weiter oben beschriebenen Schritte S1, S8 und S9 des Verfahrens zu
15 implementieren. Auch dieses ist vorzugsweise tragbar und entfernbar ausgestaltet.
 - Mindestens ein entfernbares, tragbares Anzeigegerät zur Unterstützung von Monteuren. Auf diesem Anzeigegerät werden Instruktionen über den aktuell durchzuführenden Montageschritt übermittelt. Ferner kann das Anzeigegerät über
20 Eingabemöglichkeiten verfügen, mit dem durchgeführte Montageschritte bestätigt werden können.
 - Mindestens ein entfernbares, tragbares Werkzeug WZ mit technischen Mitteln zur Erfassung einer Identifikationskennung für eingebaute Verbindungskomponenten VE zusammen mit deren Position und Parametern, die
25 von dem tragbaren Werkzeug WZ während des Einbaus des gemessen werden;
 - Eine zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit mit technischen Mitteln, die dazu ausgebildet sind, die weiter oben beschriebenen Schritte S10 bis S12 zu implementieren. In der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit können auch Parameter zur Dokumentation und
30 Simulation der Personentransportanlage gespeichert werden. Um die Erfassungseinrichtung zu betreiben, kann eine Kommunikationsverbindung zwischen dem Werkzeug, dem mindestens einen lokalen Positionserfassungsgerät, dem zentralen Positionsanalysegerät und der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit aufgebaut werden.

- Einen digitalen Doppelgänger-Datensatz, welcher die Designspezifikation, deren Parametrierung, die Montagespezifikation für jede Verbindungskomponente, sowie Datenfelder für die Identifikationskennung, für die Position, für die gemessenen Einbauparameter und für die Dokumentation jeder
5 Verbindungskomponente, aufweist.

Zudem kann die Erfassungseinrichtung ein Bereitstellungssystem für Verbindungskomponenten umfassen. Das Bereitstellungssystem weist technischen Mittel auf, die dazu ausgebildet sind, die Schritte S4B und S4C des Verfahrens zu
10 implementieren. Mit anderen Worten kann das Bereitstellungssystem nur gerade die jeweils erforderliche Verbindungskomponente freigeben, welche für den anstehenden Montageschritt vorgesehen ist. Hierdurch werden Verwechslungen von ähnlichen Verbindungskomponenten ausgeschlossen, Montageschritte genau strukturiert und die Qualität der Montagearbeiten deutlich unabhängiger von den Fähigkeiten des
15 Montagepersonals gemacht. Dadurch kann der Aufwand für die der Fertigstellung der Personentransportanlage anschließende Konformitätsinspektion auf wenige Funktionstests reduziert werden.

Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die
20 beigefügte Zeichnung beschrieben, wobei weder die Zeichnung noch die Beschreibung als die Erfindung einschränkend auszulegen sind. Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu.

Figur 1 zeigt eine als Aufzuganlage ausgestaltete Personentransportanlage mit einer
25 erfindungsgemäßen Erfassungseinrichtung zur Anwendung eines erfindungsgemäßen Verfahrens, sowie ein in einer Datenwolke (Cloud) gespeicherter digitaler Doppelgänger-Datensatz, der die dargestellte Aufzuganlage abbildet.

Figur 2 beschreibt die Elemente der Erfassungseinrichtung und deren
30 Kommunikationsverbindungen und Kommunikationsnetzwerke innerhalb der in der Figur 1 dargestellten Erfassungseinrichtung sowie deren Zusammenwirken aufgeteilt in die Schritte S1 bis S12.

Figur 1 zeigt eine als Aufzuganlage ausgestaltete Personentransportanlage 11, bei der in einem Aufzugschacht 25 zwei verfahrbare Aufzugselemente 5, 7 in Form einer Aufzugskabine 5 und einem Gegengewicht 7 vertikal verfahren werden können. Der Aufzugsschacht 25 ist hierbei der in einem Bauwerk 3 ausgebildete Einbaubereich der Personentransportanlage 11. Die Aufzugskabine 5 wie auch das Gegengewicht 7 werden durch ein Tragmittel 9 in Form eines oder mehrerer Riemen oder Seile gehalten. Das Tragmittel 9 kann über eine Treibscheibe 13 eines mit einem Motor versehenen Antriebs 15 verlagert werden, um die daran aufgehängte Aufzugskabine 5 und das Gegengewicht 7 in entgegengesetzte Richtungen innerhalb des Aufzugschachts 25 zu verfahren. Die Enden des Tragmittels 9 sind jeweils an Befestigungsvorrichtungen 17 an einer Decke 23 des Aufzugschachts 25 befestigt.

In dem Aufzugschacht 25 ist zusätzlich zu den genannten verfahrbaren Aufzugskomponenten und fest installierten Aufzugskomponenten eine Vielzahl weiterer Aufzugskomponenten aufgenommen. Beispielsweise ist an einem Boden 19 des Aufzugschachts 25 ein Puffer 21 vorgesehen. An Wänden des Aufzugschachts 25 können Führungsschienen 27 mithilfe von Halteklammern 29 („brackets“) befestigt sein. Die Führungsschienen 27 können beispielsweise dazu dienen, die Aufzugskabine 5 oder das Gegengewicht 7 bei einer Vertikalbewegung zu führen. Angrenzend an Stockwerke 37 (mit unterbrochener Linie angedeutet) des Bauwerkes 3 können Schachttüren 31 vorgesehen sein, welche einen Zugang zu einer im Stockwerk 37 haltenden Aufzugskabine 5 freigeben können. Ferner können in dem Aufzugschacht 25 Sensoren 33 oder andere Teile einer Sensorik vorgesehen sein, die mit entsprechenden Gegenständen beispielsweise an der Aufzugskabine 5 zusammenwirken können, um beispielsweise eine genaue Position der Aufzugskabine 5 innerhalb des Aufzugschachts 25 bestimmen zu können. Die Sensoren 33 und das Gegenstück bilden damit eine Positionsmesseinheit für die Position der Aufzugskabine 5. Über die beispielhaft genannten Aufzugskomponenten hinaus können noch weitere Aufzugskomponenten in dem Aufzugschacht 25 angeordnet sein.

Erfindungsgemäß bildet ein digitaler Doppelgänger-Datensatz 111 die Personentransportanlage 11 ab, bevor deren physikalische Komponenten hergestellt und in richtiger Position und Lage im Bauwerk 3 montiert worden sind. Der digitale Doppelgänger-Datensatz 111 begleitet somit den gesamten Produktlebenszyklus der

Personentransportanlage 11 von der Planung über die Montage und den Betrieb bis hin zur deren Entsorgung. Die Daten des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 können beispielsweise als CAD-Datensatz in Bauteilmodell-Datensätzen 112 gegliedert, vorliegen, welche unter anderem als charakterisierende Eigenschaften geometrische
5 Abmessungen und/oder andere charakterisierende Eigenschaften der die Personentransportanlage 11 bildenden Bauteile wiedergeben.

Hierbei werden zur Planung erforderliche, kundenspezifische Konfigurierungsdaten 178 herangezogen, welche kundenseitig oder in Zusammenarbeit mit dem Kunden erstellt
10 worden sind. Solche kundenspezifische Konfigurierungsdaten 178 umfassen beispielsweise die gewünschte Transportkapazität, die Anzahl Stockwerke 37 sowie deren Stockwerkhöhen, die Abmaße des geplanten oder zur Verfügung stehenden Aufzugsschachtes 25 und die daraus ableitbare Breite v, Tiefe u und Höhe w der Aufzugskabine 5. Unter kundenspezifischen Konfigurierungsdaten 178 können somit
15 Vorgaben verstanden werden, welche Einzelfall-spezifisch vom Kunden zum Beispiel beim Ordern der zu erstellenden Personentransportanlage 11 vorgegeben werden. Die kundenspezifischen Konfigurierungsdaten 178 beziehen sich dabei typischerweise auf eine einzelne zu fertigende Personentransportanlage 11. Beispielsweise können die kundenspezifischen Konfigurierungsdaten 178 vorherrschende räumliche Bedingungen
20 am Einbauort, Schnittstelleninformationen zum Anbau an tragende Strukturen des Bauwerks 3, etc. umfassen. Kundenspezifische Konfigurierungsdaten 178 können auch Wünsche des Kunden hinsichtlich Funktionalität, Förderkapazität, Optik, etc. umfassen.

Zudem werden die Komponenten einer geplanten Personentransportanlage 11 bei deren
25 Konzeption speziell ausgewählt, um den für die konkrete Personentransportanlage 11 vorgegebenen Anforderungen und/oder Regularien gerecht werden zu können. Dazu wird jede Komponente hinsichtlich beispielsweise ihrer Art und Funktionsweise genau spezifiziert und beispielsweise ein bestimmter Ausführungstyp einer Komponente wie beispielsweise einer Halteklammer 29 für den konkreten Anwendungsfall ausgewählt.

30 Der digitale-Doppelgänger-Datensatz 111 der Personentransportanlage 11 kann mittels eines Computerprogramms 189 aus Bauteilmodell-Datensätzen 112 aufgebaut und in einem Speichermedium 115 gespeichert werden, wobei die Bauteilmodell-Datensätze 112 unterschiedliche Konfigurationen aufweisen können und durch charakterisierende

- Eigenschaften definiert sind. Jede charakterisierende Eigenschaft eines Bauteilmodell-Datensatzes 112 ist durch einen Vorgabe-Wert vordefiniert, durch einen Soll-Wert vorgegeben, oder durch einen Ist-Wert bestimmt. Üblicherweise bildet ein Bauteilmodell-Datensatz 112 einen physischen Bauteil in seiner Gesamtheit ab, das heißt, dass die
- 5 Informationen, die die charakterisierenden Eigenschaften liefern, das physische Bauteil möglichst präzise in virtueller Form wiedergeben. Das heißt, dass sich die charakterisierenden Eigenschaften auf einzelne Bauteile beziehen können, aus denen größere, komplexere Bauteilgruppen zusammengesetzt werden.
- 10 Die Erstellung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 kann automatisiert erfolgen, solange anhand der kundenspezifischen Konfigurationsdaten 178 eine eindeutige Auswahl der Bauteilmodell-Datensätzen 112 möglich ist. Sobald eine Auswahl zwischen verschiedenen, gleichartigen Bauteilen beziehungsweise diese abbildenden Bauteilmodell-Datensätze 112 möglich ist, können beispielsweise über ein Graphical-
- 15 User-Interface 173 einer Eingabeschnittstelle/Ausgabeschnittstelle 103 wie beispielsweise den dargestellten Laptop, die zur Auswahl stehenden Bauteilmodell-Datensätze 112 von Komponenten einer Personentransportanlage 11 aus einer oder mehreren Datenbanken 115, 175 ausgewählt und über vordefinierte Schnittstellen 135 in den digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 eingefügt werden. Zur Auswahl können in der
- 20 Datenbank 175 als Bauteilmodell-Datensätze 112 abgebildete Standard- Komponenten von Aufzugsanlagen 11 zur Verfügung stehen, wie beispielsweise verschiedene Gegengewicht-Bauteilmodell-Datensätze 177, Führungsschienen- Bauteilmodell-Datensätze 179, Schachttüren- Bauteilmodell-Datensätze 161, Kabinentüren- Bauteilmodell-Datensätze 163, Antriebs-Bauteilmodell-Datensätze 181 und Tragmittel-
- 25 Bauteilmodell-Datensätze 183 in verschiedenen Tragmittelführungsvarianten. Logischerweise kann auf der Eingabeschnittstelle/Ausgabeschnittstelle 103 auch ein virtuelles Abbild 171 des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 dargestellt werden.
- 30 Die vordefinierten Schnittstellen 135 sind charakterisierende Eigenschaften, welche Koordinaten am Bauteilmodell-Datensatz 112 im dreidimensionalen virtuellen Raum definieren, an deren Stelle diese mit anderen Bauteilmodell-Datensätzen 112 mittels der erfassten Daten beziehungsweise Einbaudatensätze DS von Verbindungskomponenten VE (siehe auch Figur 2) verbunden werden können. Die für den digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 erzeugten Soll- Daten dieser vordefinierten Schnittstellen 135 werden

- insbesondere bei der Erstellung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 durch maschinenlesbare Anweisungen 191 erzeugt und verarbeitet, so dass unter Berücksichtigung der kundenspezifischen Konfigurationsdaten 178 und eines in den maschinenlesbaren Anweisungen 191 implementierten, konfigurierbaren
- 5 Masteraufbauplanes (produktspezifischer generativer Aufbauplan und Stückliste), jeder ausgewählte und damit alle zur Bildung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 erforderlichen Bauteilmodell-Datensätze 112 im dreidimensionalen, virtuellen Raum in einer Soll-Konfiguration korrekt zueinander angeordnet werden können.
- 10 Charakterisierenden Eigenschaften eines Bauteilmodell-Datensatzes 112 im Sinne der vorliegenden Erfindung können geometrische Abmessungen q, r, s, Oberflächen-Beschaffenheiten, physikalische Eigenschaften, dynamische Eigenschaften und dergleichen mehr des durch diese abgebildeten Bauteils sein, wie dies am Beispiel eines Kabinen-Bauteilmodell-Datensatzes 153 gezeigt ist. Geometrische Abmessungen können
- 15 beispielsweise eine Länge, eine Breite, eine Höhe, ein Querschnitt, Radien, Verrundungen, etc. des Bauteils sein. Die Oberflächenbeschaffenheit des Bauteils kann beispielsweise Rauigkeiten, Texturen, Beschichtungen, Farben, Reflektivitäten, etc. umfassen. Physikalische Eigenschaften können das Gewicht beziehungsweise die Materialdichte, den Elastizitätsmodul, die Leitfähigkeit, das Trägheitsmoment, den
- 20 Biegefestigkeitswert und dergleichen mehr sein. Dynamische Eigenschaften können dem Bauteilmodell-Datensatz zugeordnete Bewegungs-Freiheitsgrade, Geschwindigkeitsprofile und dergleichen mehr sein.
- Die charakterisierenden Eigenschaften können sich aber nicht nur auf einzelne Bauteile,
- 25 sondern bei in sich abgeschlossenen Teilsystemen, auch auf Bauteilgruppen beziehen. Das heißt, dass sich die charakterisierenden Eigenschaften auch auf aus mehreren Bauteilen zusammengesetzte, komplexere Gerätschaften wie zum Beispiel Antriebsmotoren, Getriebeeinheiten, Tragmittel 9, etc. beziehen können. Im Verlaufe des Produktlebenszyklus einer Personentransportanlage 11 können die charakterisierenden
- 30 Eigenschaften ihres digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 von Vorgabe-Werte, über Soll-Werte hin zu Ist-Werten wechseln.
- Vorgabe-Werte im Sinne der vorliegenden Erfindung sind Werte, die die charakterisierenden Eigenschaften eines Bauteilmodell-Datensatzes 112 vordefinieren.

- Das heißt beispielsweise, dass ein Vorgabe-Wert eines, als Führungsschienen-Bauteilmodell-Datensatz 179 konfigurierten Bauteilmodell-Datensatzes 112, der eine Führungsschiene 27 abbildet, im Sinne eines Platzhalters eine Standardlänge definiert. Auch die Querschnittsform dieses Führungsschienen-Bauteilmodell-Datensatzes 179
- 5 kann durch Vorgabe-Werte vordefiniert sein. Es ist nun offensichtlich, dass die charakterisierende Eigenschaft des Führungsschienen-Bauteilmodell-Datensatzes 179, welche die Länge der Führungsschiene 27 repräsentiert, bei der Erstellung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 angepasst werden muss, während die Querschnittsform gegebenenfalls ausreichend durch die Vorgabe-Werte bereits definiert ist. Auch für
- 10 charakterisierende Eigenschaften, die materialspezifische Eigenschaften eines Bauteils wie dessen Elastizitätsmodul, dessen Kerbschlagzähigkeit und dergleichen mehr wiedergeben, reichen häufig die aus den Herstellerangaben übernommene Angaben als Vorgabe-Werte aus.
- 15 Soll-Werte im Sinne der vorliegenden Erfindung sind Werte, die die charakterisierenden Eigenschaften eines Bauteilmodell-Datensatzes 112 in einer Soll-Konfiguration definieren. Solche Soll-Werte sind üblicherweise durch die kundenspezifischen Konfigurationsdaten 178 bei einer geplanten Personentransportanlage 11 definiert oder können auf deren Basis errechnet werden. So werden beispielsweise beim Kabinen-
- 20 Bauteilmodell-Datensatz 153 die Breite s , die Tiefe r und die Höhe q der Aufzugskabine aus der gewünschten Transportkapazität der Personentransportanlage 11 errechnet, die in den kundenspezifischen Konfigurationsdaten 178 erfasst ist.
- Im Falle des vorangehend erwähnten, als Führungsschienen-Bauteilmodell-Datensatz 179
- 25 konfigurierten Bauteilmodell-Datensatzes 112, wird nun dessen Vorgabe-Wert für die Länge, der im Sinne eines Platzhalters als Standard-Länge definiert ist, durch einen Soll-Wert ersetzt, der durch die kundenspezifischen Konfigurationsdaten 178 vorgegeben wird. Gegebenenfalls ist der Soll-Wert auch noch mit einer Toleranzangabe versehen.
- 30 Ist-Werte im Sinne der vorliegenden Erfindung sind Werte, die am physischen Bauteil, welches durch den Bauteilmodell-Datensatz 112 virtuell abgebildet wird und nach diesem produziert wurde, durch Messen, Prüfen und Testen ermittelt wurden. Im Falle des Kabinen-Bauteilmodell-Datensatzes 153 werden als dessen charakterisierende

Eigenschaften definierende Soll-Werte Breite s, Tiefe r und Höhe q nun durch die gemessene Breite P, die gemessene Tiefe O und die gemessene Höhe N, modifiziert.

- 5 Je mehr charakterisierende Eigenschaften eines Bauteilmodell-Datensatzes 112 durch einen Ist-Wert definiert sind, desto präziser ist insgesamt die Simulationsumgebung und desto präziser können in der Simulationsumgebung die Auswirkungen der Montagearbeiten auf die Komponenten der montierten Personentransportanlage 11 ermittelt werden. Aus den vorgenannten Gründen können die Bauteilmodell-Datensätze 112 des als Simulationsumgebung dienenden, digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 in
- 10 gemischter Weise durch Vorgabe-Werte, Soll-Werte und Ist-Werte charakterisiert sein. Die enge und eindeutige Beziehung zwischen dem digitalen Doppelgänger Datensatz 111 und der physischen Personentransportanlage 11 wird durch den Doppelpfeil 113 symbolisiert.
- 15 Der digitale Doppelgänger-Datensatz 111 kann mithilfe einer programmierbaren Vorrichtung 101 erstellt und verwendet werden. Die programmierbare Vorrichtung 101 kann ein Einzelgerät wie beispielsweise ein Personal Computer, ein Laptop, ein Mobiltelefon, ein Tablet oder dergleichen mehr sein. Die programmierbare Vorrichtung 101 kann aber auch einen oder mehrere Computer umfassen. Insbesondere kann die
- 20 programmierbare Vorrichtung 101 aus einem Computernetzwerk gebildet sein, welches Daten in Form einer Datenwolke (Cloud) verarbeitet. Die programmierbare Vorrichtung 101 kann hierfür über das bereits erwähnte Speichermedium 115 verfügen, in dem die Daten des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 und die zu dessen Erstellung erforderlichen Bauteilmodell-Datensätze 112 verschiedener Konfiguration gespeichert
- 25 werden können, beispielsweise in elektronischer oder magnetischer Form. Die programmierbare Vorrichtung 101 kann ferner über Datenverarbeitungsmöglichkeiten verfügen. Beispielsweise kann die programmierbare Vorrichtung 101 einen Prozessor 117 aufweisen, mithilfe dessen Daten all dieser Bauteilmodell- Datensätze 112 und maschinenlesbaren Programmanweisungen 191 des Computerprogramms 189,
- 30 insbesondere auch Programmanweisungen zur Erstellung beziehungsweise zur Generierung eines dreidimensionalen digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 verarbeitet werden.

Die programmierbare Vorrichtung 101 kann ferner über die symbolisch durch den Doppelpfeil 119 dargestellte Geräteschnittstelle verfügen, über die Daten in die programmierbare Vorrichtung 101 eingegeben und/oder aus der programmierbaren Vorrichtung 101 ausgegeben werden können. Die programmierbare Vorrichtung 101
5 kann auch räumlich verteilt implementiert sein, beispielsweise wenn Daten über mehrere Computer verteilt in einer Datenwolke (Cloud) verarbeitet werden.

Insbesondere kann die programmierbare Vorrichtung 101 programmierbar sein, das heißt durch ein geeignet programmiertes Computerprogrammprodukt 109 dazu veranlasst
10 werden, Computer- verarbeitbare Schritte und Daten des anhand des in Zusammenhang mit der Figur 2 beschriebenen, erfindungsgemäßen Verfahrens 151 auszuführen oder zu steuern.

Das Computerprogrammprodukt 109 kann Anweisungen oder Code enthalten, welche
15 beispielsweise den Prozessor 117 der programmierbaren Vorrichtung 101 dazu veranlassen, durch eine Erfassungseinrichtung 201 erzeugte Daten abzuspeichern, auszulesen, zu verarbeiten, zu modifizieren, eine Simulationsumgebung zur Durchführung einer Simulation 141 (siehe Figur 2) auf Basis des dreidimensionalen Digitaler- Doppelgänger-Datensatzes 111 zu errichten, Optimierungsroutinen
20 durchzuführen etc. Insbesondere kann das Computerprogrammprodukt 109 in einer beliebigen Computersprache verfasst sein, sowie Programmanweisungen 107 enthalten, die bei den Simulationen 141 basierend auf dem digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 verarbeitet werden können. Das Computerprogrammprodukt 109 kann auf einen beliebigen computerlesbaren Medium 105 gespeichert sein, beispielsweise einem Flash-
25 Speicher, einer CD, einer DVD, RAM, ROM, PROM, EPROM, etc. Das Computerprogrammprodukt 109 und/oder die damit zu verarbeitenden Daten können auch auf einem Server oder mehreren Servern gespeichert sein, beispielsweise einer Datenwolke, von wo aus sie über ein Netz, beispielsweise das Internet, heruntergeladen werden können.

30 Um das in der Figur 2 dargestellte, erfindungsgemäße Verfahren 151 zur digitalen Dokumentation und Simulation einer Personentransportanlage 11 durchführen zu können, wird wie in der Figur 1 symbolisch dargestellt, während der Montagearbeiten eine Erfassungseinrichtung 201 eingesetzt, die zumindest ein zentrales Positionsanalysegerät

PAG, mindestens ein lokales Positionserfassungsgerät PEG, mindestens ein tragbares Werkzeug WZ mit technischen Mitteln zur Erfassung von Daten von mit diesem Werkzeug WZ verbauten Verbindungskomponenten VE, zusammen mit deren Position und Parametern, die von dem tragbaren Werkzeug WZ während des Verbauens gemessen werden; und eine zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD, in
5 welche Parameter zur Dokumentation und Simulation der Personentransportanlage 11 gespeichert werden. Gegebenenfalls weist die Erfassungseinrichtung auch ein Bereitstellungssystem BSS auf, welches Verbindungskomponenten VE montageablauforientiert zur Montage der Komponenten der Personentransportanlage 11
10 ausgibt.

Die Figur 2 beschreibt somit die Elemente der in der Figur 1 dargestellten Erfassungseinrichtung 201, deren Kommunikationsverbindungen, Kommunikationsnetzwerke und deren Zusammenwirken, sowie das mit diesen Elementen
15 durchführbare Verfahren 151, aufgeteilt in die Schritte S1 bis S12.

Die Erfassungseinrichtung 201 weist insbesondere die folgenden Elemente auf:

- Ein zentrales Positionsanalysegerät PAG, in welchem durch ein Werkzeug WZ1, WZ2, ..., WZn der Erfassungseinrichtung 201 ermittelte Daten analysiert, zu
20 Einbaudatensätzen DS zusammengestellt und den richtigen Schnittstellen 135 zugeordnet werden.
- Mindestens ein lokales Positionserfassungsgerät PEG1, ..., PEGn, das eindeutig einem zentralen Positionsanalysegeräten PAG zugeordnet ist.
- Mindestens ein tragbares Werkzeug WZ1, WZ2, ..., WZn, welches technische
25 Mittel zur Erfassung von Daten von mit diesem Werkzeug WZ1, WZ2, ..., WZn verbauten Verbindungskomponenten VE, VE1.
- Eine zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD, in welcher Parameter zur Dokumentation und Simulation der Personentransportanlage 11 gespeichert werden.
- 30 • Optional ein Bereitstellungssystem BSS zur Bereitstellung von Verbindungskomponenten VE, VE1
- Optional mindestens ein tragbares Anzeigegerät DG zur Unterstützung von Monteuren.

Im nachfolgenden Text werden mehrfach vorkommende Elemente der Erfassungseinrichtung 201 und die Verbindungskomponenten VE, VE1 aus Übersichtsgründen bezüglich ihres Bezugszeichens nur dann spezifisch unterschieden, wenn sie im Zusammenhang mit dem beispielhaften Montagevorgang der Verbindungskomponente VE1 stehen. Allgemein weist das Werkzeug das Bezugszeichen WZ, das lokale Positionserfassungsgerät das Bezugszeichen PEG und eine Verbindungskomponente das Bezugszeichen VE auf.

Da die im Bauwerk 3 anzuordnenden Elemente der Erfassungseinrichtung 201 nur während der Montage der Personentransportanlage 11 erforderlich sind, sind das zentrale Positionsanalysegerät PAG und das mindestens eine Positionserfassungsgerät PEG sowie das Werkzeug WZ und die optionalen Komponenten vorzugsweise tragbar und aus dem Bauwerk 3 entfernbar ausgestaltet. Die zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD kann wie in der Figur 2 dargestellt, in der programmierbaren Vorrichtung 101 etabliert werden.

Zwischen den oben genannten Elementen der Erfassungseinrichtung 201 wird eine Kommunikationsverbindung aufgebaut, über die die von dem Werkzeug WZ erfassten und generierten Daten einer mit diesem Werkzeug WZ verbauten Verbindungskomponente VE über das mindestens eine lokale Positionserfassungsgerät PEG und das zentrale Positionsanalysegerät PAG an die Zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD übertragen werden. Die Zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD pflegt diese Daten vorzugsweise als Einbaudatensatz DS aufbereitet, positionsdefiniert in den digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 ein.

Die Kommunikationsverbindung zwischen dem Werkzeug WZ und der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD kann die folgende Architektur aufweisen:

- Eine erste drahtlose oder kabelgebundene Kommunikationsverbindung K1A, K1B zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät PAG und der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD, wobei gemäß dem Verfahrensschritt S1 diese entweder über ein Kommunikationsmodul 43 der Steuerung 41 der Personentransportanlage 11 oder über eine direkte Internetverbindung etabliert wird;

- Eine zweite Kommunikationsverbindung K2, die gemäß dem dargestellten Verfahrensschritt S2 zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät PAG und dem mindestens einen lokalen Positionserfassungsgeräte PEG etabliert wird; und
- Eine dritte drahtlose oder kabelgebundene Kommunikationsverbindung K3, die
5 gemäß dem dargestellten Verfahrensschritt S3 zwischen einem lokalen Positionserfassungsgerät PEG und dem damit zu verbindenden tragbaren Werkzeug WZ etabliert wird, wobei jeweils ein tragbares Werkzeug WZ einem Positionserfassungsgerät PEG eindeutig zugeordnet ist.

10 Vorzugsweise wird vor der eigentlichen Montage der Personentransportanlage 11 die Erfassungseinrichtung 201 im Bauwerk 3 eingerichtet. Hierbei wird wie in der Figur 1 gezeigt, zumindest das zentrale Positionserfassungsgerät PAG der Erfassungseinrichtung 201 an einer geeigneten Position im Bereich der zu erstellenden Personentransportanlage 11 im Bauwerk 3 angeordnet. Sofern das Positionserfassungsgerät PEG nicht mit dem
15 Werkzeug WZ fest verbunden ist, kann dieses vom Positionsanalysegerät PAG beabstandet, im Bereich der zu erstellenden Personaltransportanlage 11 angeordnet werden.

20 Wegen der geometrischen und elektrischen Gegebenheiten und Einschränkungen in Bauwerken 3 wie z.B. Stahlbetonteile, durch die drahtlosen Signale nicht oder nur schlecht übertragen werden können, ist eine Lokalisierung der verbauten Verbindungskomponente VE von außerhalb des Bauwerkes 3 beispielsweise mittels des GPS-Systems nahezu unmöglich. Zudem wäre die Ermittlung der Einbauposition POS der verbauten Verbindungskomponente VE1 kaum in der für Simulationen erforderlichen
25 Präzision möglich. Daher ist es vorteilhaft, die Kommunikationsverbindung zwischen dem Werkzeug WZ und der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD, wie bereits erwähnt und in der Figur 2 dargestellt, in mehrere separate Kommunikationsverbindungen K1A, K1B, K2, K3 zu unterteilen und die Elemente der Erfassungseinrichtung 201 gewissermaßen als lokales GPS-System innerhalb des
30 Bauwerkes 3 temporär installiert, zu nutzen.

Zur Etablierung der ersten drahtlosen oder kabelgebundenen Kommunikationsverbindung K1A, kann das zentrale Positionsanalysegerät PAG mittels eines geeigneten Kabels an einen Bus bzw. eine Schnittstelle der Steuerung 41 der Personentransportanlage 11

- angeschlossen werden. Der Anschluss des zentralen Positionsanalysegeräts PAG mittels eines geeigneten Kabels an einen Bus oder eine Schnittstelle der Personentransportanlage 11 hat den Vorteil, dass dieser kabelgebundene Anschluss die Manipulationssicherheit der Anlage erhöht. Drahtlos umgesetzte Kommunikationsstrecken bzw.
- 5 Kommunikationsteilstrecken können hingegen erforderlich sein, wenn zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät PAG und der Steuerung 41 der Personentransportanlage 11 längere Wegstrecken überwunden werden müssen, bei denen eine Kabelverbindung ein Risiko für die Arbeits- und Betriebssicherheit darstellt.
- 10 In der Steuerung 41 integriert oder mit dieser verbunden ist ein Kommunikationsmodul 43, über welches Daten zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät PAG und der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD ausgetauscht werden können. Die Kommunikation zwischen dem Kommunikationsmodul 43 und der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD kann drahtlos ausgeführt sein,
- 15 kann aber bei großen Installationen oder aus Sicherheitsgründen auch kabelbasiert erfolgen. Aus Sicherheitsgründen können die Einbaudatensätze DS alternativ auch zuerst auf einen tragbaren Computer des Monteurs hochgeladen werden, der danach die Daten über das Kommunikationsmodul 43 an die zentralen Datenspeicherungs- und
- 20 Datenverarbeitungseinheit ZD überträgt. Weiterhin bietet die Trennung zwischen den Kommunikationsverbindungen die Möglichkeit einer Aggregation der Einbaudatensätze DS in dem zentralen Positionsanalysegerät PAG vor der weiteren Datenübertragung und des Wechsels der Kommunikationstechnologie.
- 25 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform kann die erste Kommunikationsverbindung K1B zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät PAG und der Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD auch vollständig drahtlos umgesetzte Kommunikationsstrecken bzw. Kommunikationsteilstrecken aufweisen, wobei hierzu das zentrale Positionsanalysegerät PAG nicht näher dargestellte
- 30 Kommunikationsmittel aufweist, durch welche das zentrale Positionsanalysegerät PAG direkt mit einem Übertragungsnetzwerk, beispielsweise einem Mobilfunknetzwerk verbunden werden kann. Über diese Kommunikationsverbindung K1B können Daten im Wesentlichen kabellos zwischen dem zentralen Positionsanalysegerät PAG und der Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD übermittelt werden.

Die zweite Kommunikationsverbindung K2 kann aus den oben bereits diskutierten Gründen drahtlos oder kabelgebunden technisch umgesetzt werden. Wichtig ist dabei nur, dass jedes lokale Positionserfassungsgerät PEG eindeutig einem zentralen Positionsanalysegeräten PAG zugeordnet ist. Die Trennung zwischen erster und zweiter Kommunikationsverbindung K1A, K2 beziehungsweise K1B, K2 ermöglicht, dass eine Kommunikationsverbindung drahtlos und die andere kabelgebunden ausgeführt sein kann. Außerdem ermöglicht diese Trennung auch einen Wechsel zwischen drahtlosen Kommunikationstechnologien wie z.B. Bluetooth, NFC, Infrarot, RFID, Wi-Fi, Wireless HART, Wireless USB oder ZigBee je nach geometrischen und elektrischen Gegebenheiten und Einschränkungen in den die Personentransportanlagen 11 umgebenden Bauwerken 3. Die Trennung zwischen den Kommunikationsverbindungen bietet natürlich auch die Möglichkeit, eine Aggregation der Einbaudatensätze DS vor deren weiteren Datenübertragung in den lokalen Positionserfassungsgeräten PEG vorzunehmen.

Die dritte drahtlose oder kabelgebundene Kommunikationsverbindung K3 wird zwischen einem lokalen Positionserfassungsgerät PEG und dem jeweils verbunden tragbaren Werkzeug WZ etabliert, wobei jeweils ein tragbares Werkzeug WZ einem Positionserfassungsgerät PEG eindeutig zugeordnet ist. Aus den oben bereits ausführlich diskutierten Gründen und Vorteilen kann diese dritte Kommunikationsverbindung ebenfalls drahtlos oder kabelgebunden technisch umgesetzt werden. Alternativ kann das lokale Positionserfassungsgerät PEG in dem jeweiligen tragbaren Werkzeug WZ integriert sein. Wie andeutungsweise dargestellt, können natürlich zur Montage mehrere Werkzeuge WZ1, WZ2, ... WZn und mehrere lokale Positionserfassungsgeräte PEG1, PEG2, ... PEGn auf der Baustelle eingesetzt werden.

Sobald wie vorangehend erläutert die Kommunikationsverbindungen K1A, K1B, K2, K3 etabliert sind, kann mit der Montage der Komponenten 29, 39 der Personentransportanlage 11 begonnen werden. Da diese Komponenten 39 55 in Begleitung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 hergestellt wurden, ist dieser logischerweise auch bereits vorhanden. Das Generieren und positionsdefinierte Einpflegen der Einbaudatensätze DS in den digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 erfolgt dann auf der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD gemäß den

nachfolgend erklärten Verfahrensschritten S4 bis S12, die ebenfalls in der Abbildung 2 dargestellt sind. Der Schritt S4 ist hierbei in Teilschritte S4A bis S4C unterteilt.

5 Stellvertretend für zumindest einige Verbindungskomponenten VE der Personentransportanlage 11, wird nachfolgend anhand der in der Figur 2 dargestellten Verbindungskomponente VE1 ein möglicher Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens 151 ausführlicher beschrieben.

10 Da wie in den Figuren 1 und 2 dargestellt, der Einbaudatensatz DS1 die Einbaudaten der zugeordneten Verbindungskomponente VE1 enthält, welche über Verbindungskomponentenaufnahmen 35 die beiden Komponenten 39, 55 der Personentransportanlage 11 miteinander und mit dem Bauwerk 3 verbindet, kann dieser Einbaudatensatz DS1 der entsprechenden Schnittstelle 135 im digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 zugeordnet werden. Die Verbindungskomponentenaufnahmen 35 dienen
15 somit als Schnittstellen der Komponenten 39, 55.

Die positionsdefinierenden, räumlichen Koordinaten beziehungsweise die Einbauposition POS des jeweiligen Einbaudatensatzes DS können sich hierbei auf einen Referenzpunkt RP des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 beziehen (siehe Figur 1), dessen
20 Referenzkoordinaten x^* , y^* beispielsweise zu einem Puffer-Bauteilmodell-Datensatz 165, den ausgemessenen Koordinaten x , y des Puffers 21 zum Positionsanalysegerät PAG entsprechen. Selbstverständlich sind hier noch weitere Möglichkeiten anwendbar, um einen positionsdefinierenden Bezug zwischen der physischen Personentransportanlage 11 und dem dreidimensionalen, virtuellen Modell des digitalen Doppelgänger-Datensatzes
25 111 herzustellen.

30 Sofern ein tragbares Anzeigegerät DG vorhanden ist, kann in einem Teilschritt S4A eine von einem Monteur auszuführende Tätigkeit auf diesem tragbaren Anzeigegerät DG angezeigt werden. Die angezeigten Informationen sind Teil einer Montage- bzw. Installationsspezifikation, die vorzugsweise im digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 in der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD hinterlegt ist.

Auf dem tragbaren Anzeigegerät DG wird einem Monteur die jeweils auszuführende Tätigkeit angezeigt, die gemäß der Montagespezifikation MS bzw.

Installationsspezifikation für den jeweils anstehenden Montageschritt festgelegt ist. Eine solche Anweisung kann beispielsweise heißen: „befestige mittels der Verbindungskomponente VE1 an einer bestimmten Einbauposition POS x, y, z im Einbauraum des Bauwerkes 3 eine Komponente 55 zusammen mit einer zweiten

5 Komponente 39 am Bauwerk 3 und ziehe diese Verbindung mit einem vorbestimmten Drehmoment M an.

Sofern ein Bereitstellungssystem BSS vorhanden ist, kann in einem nächsten Teilschritt S4B die zur vorangehend beschriebenen Tätigkeit erforderliche Verbindungskomponente

10 VE1 automatisch durch das Bereitstellungssystem BSS basierend auf der Montagespezifikation MS bereitgestellt werden. Hierbei werden in diesem Teilschritt S4B entsprechende Steuersignale von der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD an das Bereitstellungssystem BSS übermittelt.

15 In einem nächsten Schritt S4C erfolgt der Einbau der angezeigten Verbindungskomponente VE1 zusammen mit den Komponenten 39, 55 der Personentransportanlage 11 im Bauwerk 3 an der dafür vorgegebenen Stelle durch den Monteur, unter Verwendung des tragbaren Werkzeugs WZ2. Hierbei kann das Werkzeug WZ2, und/oder das lokale Positionserfassungsgerät PEG und/oder das zentrale

20 Positionsanalysegerät PAG über einen Pointer PT verfügen, der die vorgegebene Einbauposition im Einbauraum des Bauwerkes 3 beispielsweise mittels eines Laserstrahls markiert. Die hierzu erforderlichen Daten können über die etablierten Kommunikationsverbindungen K1A, K1B, K2, K3 von der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD an den Pointer PT übermittelt werden. Wie dargestellt,

25 kann das lokale Positionserfassungsgerät PEG2 im Werkzeug WZ2 integriert sein, so dass die Kommunikationsverbindung K3 hier über eine sehr kurze Distanz erfolgt.

Im dargestellten Beispiel befestigt der Monteur mittels der Verbindungskomponente VE1 über deren Verbindungskomponentenaufnahmen 35 die beiden Komponenten 39, 55 im

30 Bauwerk 3 mit einem vorbestimmten Drehmoment M. Dabei kann das in Spezifikation festgelegte Drehmoment M automatisch an das Werkzeug WZ2 übermittelt werden, um dessen Auslösemechanismus zu triggern. So lassen weitere Fehlerquellen beim Einbau vermeiden.

In einem nächsten Schritt S5 erfolgt die Ermittlung einer Identifikationskennung ID für die eingebaute Verbindungskomponente VE1 durch das Werkzeug WZ2 und das Messen der Einbauposition POS sowie der Einbauparameter EP durch das tragbare Werkzeug WZ2 während des Einbaus.

5

Die Ermittlung einer Identifikationskennung ID kann beispielsweise mittels eines geeigneten Leseegeräts erfolgen, welches eine eindeutige Kennzeichnung der Verbindungskomponente VE1 erfassen kann. Sofern die Verbindungskomponente VE1, wie in den meisten Fällen vorkommend, keine eindeutige Kennzeichnung aufweist, kann die Identifikationskennung ID auch fortlaufend vom Werkzeug WZ vergeben werden. Gegebenenfalls weisen die zu montierenden Komponenten 39, 55 der Personentransportanlage Marker MK1, MK2 auf, die ebenfalls durch das Werkzeug WZ erfasst werden können. Die Erfassung der Marker MK1, MK2 ermöglicht eine fortlaufende Kontrolle anhand des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111, ob an der entsprechenden Einbauposition tatsächlich die richtigen Komponenten 39, 55 verbaut werden.

10

15

Die Einbauposition POS kann unter Verwendung von Positionsermittlungssensoren, wie beispielsweise von GPS-basierten Sensoren gemessen werden, die zum Beispiel im Werkzeug WZ2 und/oder im lokalen Positionserfassungsgerät PEG und/oder im zentralen Positionsanalysegerät PAG angeordnet sind. Bevorzugt kommen hierbei GPS-basierten Triangulationsverfahren oder Differential GPS zum Einsatz. Alternativ kann die Einbaupositionsmessung durch lasergestützte Positionsermittlungsverfahren erfolgen, bevorzugt durch miteinander kommunizierende lasergestützte Positionsermittlungssensoren. Selbstverständlich können die nicht näher dargestellten Positionsermittlungssensoren auch eigenständige Elemente der Erfassungseinrichtung 201 sein und über eigene Kommunikationsverbindungen mit dem Werkzeug WZ und/oder lokalen Positionserfassungsgerät PEG und/oder zentralen Positionsanalysegerät PAG verbunden sein.

20

25

30

Im dargestellten. Beispiel ermittelt der Monteur unter Verwendung des Werkzeugs WZ2 eine Identifikationskennung ID für die eingebaute Verbindungskomponente VE1 und erfasst deren Einbauposition POS im Bauwerk 3 beispielsweise über die Position des Werkzeuges WZ2 relativ zum zentralen Positionsanalysegerät PAG bei Erreichen des

vorgegebenen Drehmoments M beziehungsweise Anzugsmomentes der als Schraube ausgebildeten Verbindungskomponente VE1. Zudem misst er mittels des Werkzeugs WZ Einbauparameter EP wie zum Beispiel das am Ende des Einschraubvorganges aufgebrauchte Drehmoment M.

5

In einem nächsten Schritt S6, der zeitlich nach oder während des Einschraubvorganges erfolgt, kann gegebenenfalls eine Dokumentation DK des Einbaus durch das Werkzeug WZ2 erstellt werden. Die Dokumentation DK kann beispielsweise mittels einer Kamera 57 und gegebenenfalls durch eine Merkmalsextraktion aus den Kamerabildern erfolgen.

10

Dabei können Übereinstimmungen und/oder Unterschiede zwischen den tatsächlichen, aus den Kamerabildern ausgelesenen Informationen über die verbauten Komponenten und gegebenenfalls deren Installation einerseits und den Soll-Vorgaben aus dem digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 andererseits ermittelt und diese als Dokumentation DS zum Einbaudatensatz DS hinzugefügt werden.

15

In einem nächsten Schritt S7 erfolgt die Zusammenstellung des Einbaudatensatzes DS1 vorzugsweise in dem lokalen Positionserfassungsgerät PEG2, das dem tragbaren Werkzeug WZ2 zugeordnet ist, mit dem die entsprechende Verbindungskomponente VE1 verbaut wurde. Der Einbaudatensatz DS1 umfasst zumindest die ermittelte Identifikationskennung ID der eingebauten Verbindungskomponente VE1, deren gemessene Position POS, deren gemessene Einbauparameter EP und gegebenenfalls die Dokumentation DK. Falls erforderlich, werden mehrere Einbaudatensätze DS auf dem lokalen Positionserfassungsgerät PEG2 vor deren weiterer Datenübertragung aggregiert.

20

25

In einem nächsten Schritt S8 erfolgt Übertragung der Einbaudatensätze DS von den mindestens einen lokalen Positionserfassungsgeräten PEG1, PEG2, ... PEGn an das zentrale Positionsanalysegerät PAG über die zweite Kommunikationsverbindung K2.

30

Bei dieser Übertragung über die zweite Kommunikationsverbindung K2 kann ein Wechsel zwischen drahtlosen Kommunikationstechnologien wie z.B. Bluetooth, NFC, Infrared, RFID, Wi-Fi, Wireless HART, Wireless USB oder ZigBee je nach geometrischen und elektrischen Gegebenheiten und Einschränkungen in den Einbauräumen von Personentransportanlagen 11 in den Bauwerken 3 erfolgen.

- In einem nächsten Schritt S9 kann eine Übertragung der Einbaudatensätze DS von dem zentralen Positionsanalysegerät PAG an die zentrale Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD direkt über die erste Kommunikationsverbindung K1B erfolgen. Falls erforderlich werden mehrere Einbaudatensätze DS auf dem zentralen
- 5 Positionsanalysegerät PAG vor deren Übertragung weiter aggregiert. Auch bei dieser ersten Kommunikationsverbindung K1B kann ein Wechsel zwischen den o.g. drahtlosen Kommunikationstechnologien erfolgen. Alternativ kann, wie in Abbildung 2 ebenfalls dargestellt, die erste Kommunikationsverbindung K1A auch über ein
- 10 Kommunikationsmodul 43 der Steuerung 41 der Personentransportanlage 11 zur Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD erfolgen. Hierbei können die Einbaudatensätze DS auch in einem lokalen Datenspeicher LS der Steuerung 41 abgespeichert werden, um sie als digitale Montagedokumentation persistent mit der Personentransportanlage 11 zu verknüpfen.
- 15 In einem nächsten Schritt S10 erfolgt eine positionsdefinierte Einpflege der Einbaudatensätze DS und der zugehörigen Metadaten, insbesondere Log-Daten, in dafür vorgesehenen Felder des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111, die auf der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD dafür bereitgestellt werden.
- 20 Die Einbaudatensätze DS und zugehörigen Metadaten werden hierbei unter Verwendung der Daten des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 weiterverarbeitet. Der Einbaudatensatz DS kann der jeweiligen Schnittstelle 135 zugeordnet, im digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 hinterlegt werden. Zudem kann aufgrund der gemessenen Position POS die der Wirklichkeit tatsächlich entsprechende, räumliche Lage der
- 25 jeweiligen Schnittstelle 135 und der an dieser Schnittstelle 135 miteinander verbundenen Bauteilmodell-Datensätze 112 im virtuellen, dreidimensionalen Raum gegenüber der ursprünglich definierten Soll-Position nachgeführt werden, so dass eine präzisere Übereinstimmung des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 mit der durch ihn
- 30 abgebildeten Personentransportanlage 11 erreicht wird. Durch die Daten des Einbaudatensatzes DS können gegebenenfalls auch charakterisierende Eigenschaften von Bauteilmodell-Datensätzen 112 Veränderungen unterworfen sein, so dass durch Simulationen (siehe weiter unten die Schritte S11, S12) und Berechnungen diese charakterisierenden Eigenschaften neu bestimmt und die bisherigen charakterisierenden

Eigenschaften in den entsprechenden Bauteilmodell-Datensätzen 112 aktualisiert werden können.

- 5 Der digitale Doppelgänger-Datensatz 111 kann in der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD durch eine Datenbank DB mit entsprechenden Datenstrukturen repräsentiert werden. Alternativ können der digitale Doppelgänger-Datensatz 111 und/oder die Einbaudatensätze DS und zugehörigen Metadaten durch XML Dokumente mit entsprechenden Grammatiken z.B. in XSD repräsentiert werden. Die Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD enthält somit einen digitalen
- 10 Doppelgänger-Datensatz 111 mit mindestens einer Designspezifikation, deren Parametrierung, die Installations- beziehungsweise Montagespezifikation MS für die zu installierende Personentransportanlage 11 und für jede Verbindungskomponente VE Datenfelder für die Daten des zugehörigen Einbaudatensatzes DS.
- 15 Wie bereits erwähnt, kann die Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD durch ein rechnerfernes System beziehungsweise eine programmierbaren Vorrichtung 101 technisch umgesetzt werden, insbesondere durch einen Cloud-Speicher für die Datenspeicherungseinheit und ein Cloud-Computingsystem oder gehostete Server für die Datenverarbeitungseinheit. Wie bei Schritt S9 erklärt, ist es möglich, die
- 20 Einbaudatensätze DS auch in einen lokalen persistenten Datenspeicher LS, der an die Steuerung 41 der Personentransportanlage 11 angeschlossen ist, lokal zu speichern. Dieser lokale Datenspeicher LS wird dabei mit einem Datenspeicher in der programmierbaren Vorrichtung 101 regelmäßig synchronisiert. Eine solche Datensynchronisation zwischen lokalem und entferntem Datenspeicher ist bei Cloud-
- 25 Lösungen zu benutzerdefinierten Zeitpunkten üblich, beispielsweise alle 10 Minuten oder einmal pro Stunde oder pro Tag je nach Änderungsrate der Daten.
- In einem nächsten Schritt S11 kann mittels der Daten des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 und der Einbaudatensätze DS eine Simulation 141 des Verhaltens, der
- 30 Kräfte und Momente jeder eingebauten Verbindungskomponente VE in Zusammenwirkung mit den weiteren physikalischen Komponenten der Personentransportanlage 11 zur Ermittlung von Materialveränderungen und Materialspannungen, die außerhalb vordefinierter Toleranzbereiche liegen, durchgeführt

werden, wobei die Simulation auf der Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD erfolgt.

Die Simulation 141 des Verhaltens, der Kräfte und Momente kann unter Verwendung
5 gängiger Softwarelösungen z.B. MATLAB, SIMULINK oder MAPLE unter
Zuhilfenahme von Programmen zur Berechnung von finiten Elementen durchgeführt
werden. Wie bereits oben ausgeführt, kann die Simulation 141 auch auf Cloud-
Computingsystemen oder gehosteten Server erfolgen. Solche Lösungen skalieren besser
als lokale Rechenkapazitäten, weil jeweils nur die für die Zeit der Simulation 141 die
10 Rechenkapazitäten bereitgestellt und bezahlt werden müssen. Die Figur 2 zeigt
symbolisch eine Simulation 141 der montierten Verbindungskomponente VE1 mit einer
übertrieben dargestellten Quetschung der Verbindungskomponentenaufnahmen 35 durch
ein zu hoch aufgebrachtes Drehmoment M.

Das heißt, dass die während der Montage erfassten und im digitalen Doppelgänger-
Datensatz 111 eingepflegten Einbaudatensätze DS auch mindestens eine
charakterisierende Eigenschaft mindestens eines Bauteilmodell-Datensatzes 112
beeinflussen können, beziehungsweise diese charakterisierende Eigenschaft des
Bauteilmodell-Datensatzes 112 entsprechend aktualisiert werden muss. Konkret bedeutet
20 dies, dass ein Einbaudatensatz DS üblicherweise mehrere charakterisierende
Eigenschaften von mehreren Bauteilmodell-Datensätzen 112 betrifft. Mittels der
Simulationen 141 können Veränderungen jeder einzelnen, dieser charakterisierenden
Eigenschaften für jeden betroffenen Bauteilmodell-Datensatz 112 aus den erfassten
Einbauparameter EP des Werkzeuges WZ unter Zuhilfenahme der im digitalen
25 Doppelgänger-Datensatz 111 vorhandenen geometrischen Verhältnisse, den in den
Bauteilmodell-Datensätzen 112 hinterlegten physikalischen Eigenschaften sowie den
bekannten Berechnungsmethoden aus den Gebieten der Physik, der Mechanik und der
Festigkeitslehre errechnet werden. Die aufgrund der erfassten Einbaudatensätze DS
ermittelten, veränderten charakterisierenden Eigenschaften der betroffenen
30 Bauteilmodell-Datensätze 112 können nun dahingehend beurteilt werden, ob die Montage
an dieser Stelle ausreichend korrekt ausgeführt wurde oder nicht. Konkret könnte
beispielsweise bei einer zu fest angezogenen Schraube ein damit ebenfalls
zusammengepresstes Dämpfungselement aus Kunststoff, beschädigt werden. Durch die
durch das Werkzeug WZ gemessenen Daten, die als Einbaudatensatz EP auf den digitalen

Doppelgänger-Datensatz 111 positionsbezogen übertragen werden, können somit entsprechende Simulationen 141 durchgeführt werden.

5 In einem nächsten Schritt S12 kann eine Ermittlung von Korrekturarbeiten basierend auf den durch die Simulation 141 ermittelten Materialveränderungen und Materialspannungen erfolgen.

10 Wenn die Simulation 141 des Verhaltens, der Kräfte und Momente der eingebauten Verbindungskomponente VE in Zusammenwirkung mit den weiteren physikalischen Komponenten 39, 55 der Personentransportanlage 11 Materialveränderungen und -spannungen außerhalb vordefinierter Toleranzbereiche ergeben, können bereits unmittelbar nach der fehlerhaften Montage Korrekturarbeiten veranlasst werden, die die entsprechenden Komponenten 39, 55 analysieren und ggf. austauschen. Durch diese proaktiven Maßnahmen lassen sich längere ungeplante Ausfallzeiten der
15 Personentransportanlage 11 vermeiden und Ersatzteile können frühzeitig für eine Behebung dieser Montagefehler angeliefert werden.

Dank der beschriebenen Positionserfassung ist auch eindeutig klar, welches Dämpfungselement noch vor der Inbetriebnahme der physischen Personentransportanlage
20 11 ersetzt werden muss. So können Folgeschäden an anderen Komponenten, die vielleicht schon bei der Inbetriebnahme auftreten würden, vermieden werden. Zudem könnten die durch die fehlerbehaftete Montage beschädigten Komponenten auch vor oder während der Inbetriebnahme durchgeführte Einstellungen an der Personentransportanlage 11 beeinflussen, welche im nachfolgenden Betrieb beispielsweise zu höherem
25 Energiekonsum und höherem Verschleiß führen könnten.

Es ist auch möglich, dass an Komponenten der Personentransportanlage 11 Einstellungen bereits vor der Montage oder auch während der Montage vorgenommen werden müssen. Derartige Einstellungen können beispielsweise bei einer Fangbremse eines Aufzugs ein
30 Bremsmoment oder bei einer Geschwindigkeitsüberwachung eine maximal erlaubte Geschwindigkeit sein. Diese Einstellungen können ebenfalls im digitalen Doppelgänger-Datensatz 111 als Daten abgelegt und später ausgelesen und in Simulationen 141 verwendet werden.

Ferner kann ein Protokoll 261 ausgegeben werden, welches die ausgelesenen komponentenspezifischen Informationen und gegebenenfalls die installationsspezifischen Informationen für alle Komponenten oder für ausgewählte, insbesondere funktionskritische Komponenten der Personentransportanlage 11 angibt. Mit anderen Worten können die im Rahmen des Verfahrens 151 ermittelten Informationen über die im Bauwerk 3 installierten Komponenten einer Personentransportanlage 11 als Einbaudatensätze DS oder Teile davon in die dafür vorgesehenen Felder des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 111 auf der zentralen Datenspeicherungs- und Datenverarbeitungseinheit ZD eingepflegt sowie in ein Protokoll 261 aufgenommen werden.

Ein solches Protokoll 261 kann in einer für einen Menschen lesbaren Form ausgegeben werden. Beispielsweise kann das Protokoll 261 als Liste ausgedruckt werden. In einer solchen Liste können beispielsweise alle in dem Bauwerk 3 aufgenommenen Komponenten 39, 55, VE, VE1 zusammen mit ihren installationsspezifischen Informationen beziehungsweise Einbaudatensätzen DS aufgelistet sein.

Alternativ kann das Protokoll 261 in einer maschinenlesbaren Weise erstellt werden, beispielsweise als elektronisches Protokoll. Außerdem können die ausgelesenen Einbaudatensätze DS mit Soll-Vorgaben verglichen werden. In diesem Fall kann ergänzend ein Protokoll 261 ausgegeben werden, dass beispielsweise Übereinstimmungen und/oder Unterschiede zwischen den ausgelesenen Einbaudatensätzen DS einerseits und den Soll-Vorgaben andererseits auflistet. Dabei können die Übereinstimmungen und/oder Unterschiede bezüglich der Einbaudatensätze DS im Protokoll 261 bezüglich der komponentenspezifischen Informationen enthalten sein oder es kann ein separates Protokoll 261 bezüglich der Einbaudatensätze DS erstellt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass einige der möglichen Merkmale und Vorteile der Erfindung hierin mit Bezug auf unterschiedliche Ausführungsformen beschrieben sind. Ein Fachmann erkennt, dass die Merkmale in geeigneter Weise kombiniert, angepasst oder ausgetauscht werden können, um zu weiteren Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen.

- Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass Begriffe wie „aufweisend“, „umfassend“, etc. keine anderen Elemente oder Schritte ausschließen und Begriffe wie „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließen. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind,
- 5 auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.