

Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen einer Personentransportanlage unter Verwendung einer Erfassungseinrichtung und eines digitalen Doppelgängers

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen von Eigenschaften einer Personentransportanlage die als Fahrtreppe oder Fahrsteig ausgestaltet ist. Ferner betrifft die Erfindung eine mit einer vorgeschlagenen Vorrichtung ausgestattete Personentransportanlage, ein zur Durchführung des vorgeschlagenen
10 Verfahrens ausgebildetes Computerprogrammprodukt sowie ein dieses Computerprogrammprodukt speicherndes computerlesbares Medium.

Personentransportanlagen in Form von Fahrtreppen oder Fahrsteigen dienen dazu, Personen innerhalb von Gebäuden oder Bauwerken zu befördern. Dabei muss stets eine
15 ausreichende Betriebssicherheit, aber auch eine möglichst durchgängige Verfügbarkeit gewährleistet sein. Hierfür werden Personentransportanlagen herkömmlich meist in regelmäßigen Intervallen kontrolliert und/oder gewartet. Die Intervalle werden dabei in der Regel basierend auf Erfahrungen mit ähnlichen Personentransportanlagen festgelegt, wobei die Intervalle zur Wahrung der Betriebssicherung ausreichend kurz gewählt
20 werden müssen, so dass rechtzeitig vor Eintritt etwaiger sicherheitsgefährdender Betriebsbedingungen eine Kontrolle bzw. Wartung durchgeführt wird.

Bei älteren Personentransportanlagen werden die Kontrollen dabei meist völlig unabhängig vom tatsächlichen aktuellen Zustand der Personentransportanlage
25 durchgeführt. Das heißt, ein Techniker muss die Personentransportanlage besuchen und vor Ort inspizieren. Häufig wird dabei erkannt, dass keinerlei Wartung dringend notwendig ist. Der Besuch des Technikers stellt sich somit als überflüssig heraus und verursacht unnötige Kosten. Andererseits wird für den Fall, dass der Techniker tatsächlich Wartungsbedarf erkennt, in vielen Fällen eine weitere Anfahrt erforderlich, da
30 der Techniker erst vor Ort feststellen kann, welche Komponenten der Personentransportanlage einer Wartung bedürfen, und somit erst vor Ort ersichtlich wird, dass für eine Wartung bzw. Reparatur beispielsweise Ersatzteile oder spezielle Werkzeuge benötigt werden. Ein weiteres Problem besteht darin, dass nach ein paar Jahren - insbesondere wenn die Wartung von Drittfirmen durchgeführt wird – die Anlage nicht mehr

durchgehend technisch dokumentiert ist und es ist nur vor Ort feststellbar, welche Komponenten original sind und welche Komponenten durch Drittprodukte ersetzt worden sind, da es in dieser Branche sehr viele Anbieter ausschließlich für Ersatzteile und für die Wartung gibt.

5

Bei neueren Personentransportanlagen besteht teilweise bereits eine Möglichkeit, beispielsweise mithilfe von Sensoren und/oder durch ein Überwachen von deren aktiven Komponenten, das heißt zum Beispiel durch ein Überwachen eines Betriebs eines Transportbandes der Personentransportanlage, vorab und/oder von einem externen Kontrollzentrum aus Hinweise darüber zu erhalten, dass sich ein Zustand der Personentransportanlage verändert hat und dies eine Kontrolle bzw. Wartung der Personentransportanlage notwendig erscheinen lässt. Hierdurch können Wartungsintervalle gegebenenfalls verlängert bzw. bedarfsgerecht angepasst werden. Allerdings sind üblicherweise mehrere Sensoren erforderlich, die eine erhebliche Mehrinvestition bedeuten. Des Weiteren kann die zusätzliche Sensorik zu einer erhöhten Störanfälligkeit führen. Zudem kann auch in diesem Fall ein Techniker meist erst durch einen Besuch vor Ort erkennen, ob tatsächlich ein Wartungsbedarf besteht und ob eventuell Ersatzteile oder spezielle Werkzeuge benötigt werden. Auch bei diesen Anlagen kann je nach Wartungsanbieter nach einer gewissen Zeit nicht mehr eine durchgehende technische Dokumentation erwartet werden.

20

Es kann unter anderem ein Bedarf an einem Verfahren oder einer Vorrichtung bestehen, mithilfe derer eine Überwachung von Eigenschaften einer Personentransportanlage effizienter, einfacher, mit weniger Aufwand, ohne eine Notwendigkeit einer Inspektion vor Ort und/oder besser prognostizierbar durchgeführt werden kann. Ferner kann ein Bedarf an einer entsprechend ausgerüsteten Personentransportanlage, einem Computerprogrammprodukt zum Durchführen des Verfahrens auf einer programmierbaren Vorrichtung sowie einem computerlesbaren Medium mit einem darauf gespeicherten, solchen Computerprogrammprodukt bestehen.

25

Einem solchen Bedarf kann durch den Gegenstand gemäß einem der unabhängigen Ansprüche entsprochen werden. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen sowie der nachfolgenden Beschreibung definiert.

30

Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Überwachen eines Zustands einer physischen Personentransportanlage unter Verwendung eines Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes vorgeschlagen. Dieser umfasst die charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen der physischen Personentransportanlage in maschinen-verarbeitbarer Weise. Der Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz ist aus Bauteilmodell-Datensätzen aufgebaut die Daten umfassen, welche durch Messen charakterisierender Eigenschaften an der physischen Personentransportanlage nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk ermittelt wurden. Nachfolgend wird der Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz der besseren Lesbarkeit wegen durchgehend in abgekürzter Form als „ADDD“ bezeichnet.

Ferner umfasst die physische Personentransportanlage ein umlaufend angeordnetes Transportband, welches zumindest eine Fahrtreppenstufe oder Palette mit einer Erfassungseinrichtung aufweist. Durch die Erfassungseinrichtung können Beschleunigungen und Lageänderungen in allen drei Achsen während Betriebes erfasst und als Messdaten ausgegeben werden, wobei diese Messdaten auf den ADDD übertragen werden können. Durch dynamische Simulationen können mittels des ADDD aus den Messdaten sich ergebende Kräfte, Impulse und Schwingungen, welche auf die den physischen Bauteilen entsprechenden virtuellen Bauteile des virtuellen Transportbandes sowie auf die mit dem virtuellen Transportband in Interaktion stehenden virtuellen Bauteile wirken, ermittelt und beurteilt werden. Das heißt, dass durch dynamische Simulationen mittels des ADDD aus dem dynamischen Verhalten des Transportbandes sich ergebende Kräfte, Impulse und Schwingungen, die auf die virtuellen Bauteile des virtuellen Transportbandes sowie auf die mit dem virtuellen Transportband in Interaktion stehenden virtuellen Bauteile wirken, ermittelt und beurteilt werden können.

Demzufolge ermöglicht der ADDD, dass die von der Erfassungseinrichtung gelieferten Messdaten umfassend in ihrem Einsatzfeld untersucht und die zum Auswertungszeitpunkt richtigen Maßnahmen daraus abgeleitet werden können. Im Falle von fehlenden Fahrtreppenstufen oder Paletten kann augenblicklich eine Rückmeldung an die Steuerung der Personentransportanlage erfolgen, dass das Transportband festgesetzt werden muss. Zudem kann am ADDD ermittelt werden, an welcher Position sich die Fahrtreppenstufe oder Palette vom Stufenband gelöst hat und ob an dieser Position mit weiteren Schäden

zu rechnen ist, so dass entsprechendes Wartungs- und Reparaturmaterial bereitgestellt werden kann. Auch kann mittels Simulationen am ADDD die Schadensursache präziser und rascher ermittelt werden.

- 5 Im Falle von ungewöhnlichen Beschleunigungen oder (Schräg)Lageänderungen der mit der Erfassungseinrichtung ausgerüsteten Fahrtreppenstufen oder Paletten kann beispielsweise mittels einer vorausseilenden Simulation ermittelt werden, ob eine einseitige verschleißbedingte Kettenlängung beim Transportband der entsprechenden Personentransportanlage aufgrund ihrer spezifischen Konfiguration bereits zu
- 10 übermäßiger Belastung der Stufenrollen und Kettenrollen wegen Schrägzuges führen könnte. Auch ungewöhnliche Beschleunigungen können ausgewertet werden, so dass beispielsweise Probleme infolge des Schrägzuges im Bereich von Schienenstößen und Tangentialschienen mittels Simulationen untersucht werden können. Als Maßnahmen könnten nicht nur der Austausch der Förderkette des Transportbandes, sondern auch
- 15 Einstellarbeiten an den Führungsschienen und Tangentialschienen, die den Führungsweg des Transportbandes darstellen, erforderlich sein. Allerdings kann z.B. eine andere Personentransportanlage desselben Typs, die eine Förderkette mit derselben Kettenlängung aufweist, aufgrund der Anordnung ihrer Führungsschienen und Tangentialschienen ohne sofortige Maßnahmen weiterbetrieben werden. Der Vorteil liegt
- 20 somit in einer individuell auf jede Personentransportanlage zugeschnittenen Wartung.

- Mit anderen Worten bedeutet dies, dass der ADDD aufgrund der, die Wirklichkeit abbildenden, charakterisierenden Eigenschaften eine mit der physischen Personentransportanlage nahezu identische, virtuelle Simulationsumgebung zur
- 25 Verfügung stellt, mittels der die Auswirkungen der von der Erfassungseinrichtung erfassten Beschleunigungen und Lageänderungen der betreffenden physischen Fahrtreppenstufe oder Palette beurteilt werden können. Bei der Simulation werden den Messdaten entsprechende Bewegungen auf die entsprechende virtuelle Fahrtreppenstufe oder Palette übertragen und dann beispielsweise mittels der bekannten
- 30 Berechnungsmethoden aus den Gebieten der Physik, der Mechanik und der Festigkeitslehre die Kräfte und Impulse berechnet, die beim aneinanderprallen von Bauteilen, beispielsweise einer Stufenrolle mit der Führungsflanke einer Führungsschiene entstehen. Aus den Impulsen können auch mögliche Schwingungserscheinungen erkannt werden. Durch die aus der Simulation errechneten Kräfte sind Festigkeitsbetrachtungen

beispielsweise mittels der Finite-Elemente-Methode zu den einzelnen Bauteilen möglich, so dass sich der Zeitpunkt eines möglichen Versagens einzelner Bauteile vorausberechnen lässt.

- 5 Hinsichtlich des Auftretens von Beschleunigungen und Lageänderungen, die sich von den bei der Inbetriebnahme gemessenen Messdaten unterscheiden, können strukturelle Veränderungen lokalisiert werden. Wenn beispielsweise beim Umlaufen des physischen Transportbandes die Fahrtreppenstufe oder Palette mit der Erfassungseinrichtung an immer derselben Stelle einen „Hopser“ macht, deuten die dadurch erfassten Peaks darauf
- 10 hin, dass an der Führungsschiene etwas nicht stimmt. Dies kann beispielsweise eine Verschiebung von zwei Schienenstößen sein oder eine lokal begrenzte Ablagerung aus festgepresstem Schmiermittel und Schmutz. Wenn beim Umlaufen des physischen Transportbandes dessen Fahrtreppenstufe oder Palette mit der Erfassungseinrichtung jedoch ein kontinuierliches „Rattern“ erfasst, kann dies darauf hindeuten, dass die
- 15 Stufenrolle oder Kettenrolle dieser Fahrtreppenstufe oder Palette defekt ist. Ferner sind auch sich anbahnende Kollisionen detektierbar, wenn sich aufgrund von Verschleißerscheinungen das Spiel in den Förderketten des Transportbandes erhöht und daher die Fahrtreppenstufen oder Paletten durch eine Erhöhung ihres Freiheitsgrades mit den Kammplatten der Antrittsbereiche der Personentransportanlage kollidieren können.
- 20 Die Resultate dieser Simulationen und Berechnungen sind nur so gut, wie der ADDD die zugeordnete physische Personentransportanlage abbildet. Deshalb ist wesentlich, dass der ADDD aus Bauteilmodell-Datensätzen aufgebaut ist, die Daten umfassen, welche durch Messen charakterisierender Eigenschaften an der physischen Personentransportanlage
- 25 nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk ermittelt wurden. Die charakterisierenden Eigenschaften eines Bauteilmodell-Datensatzes können die vorhandenen geometrischen Verhältnisse, die in den Bauteilmodell-Datensätzen hinterlegten physikalischen Eigenschaften und dergleichen mehr sein. Dadurch unterscheiden sich die ADDD selbst von baugleichen Personentransportanlagen
- 30 voneinander, denn sie weisen als charakterisierende Eigenschaften beispielsweise statt Soll-Masse, die Ist-Masse der physischen Bauteile auf. Dadurch wird eine Toleranzkette mehrerer zusammengesetzter Bauteilmodell-Datensätze durch genaue Ist-Masse ersetzt, so dass die Positionen der virtuellen Bauteile im ADDD genau denen ihrer physischen Ebenbilder in der zugeordneten physischen Personentransportanlage entspricht.

Da mit dem ADDD eine präzise, mit der ihm zugeordneten physischen Personentransportanlage nahezu identische virtuelle Personentransportanlage vorhanden ist, kann dieser auch auf einer geeigneten Ausgabeeinrichtung, beispielsweise auf einem Computerbildschirm als dreidimensionale, animierte Grafik dargestellt werden. Hierbei können beispielsweise auch die den Beschleunigungen und Lageänderungen zugrundeliegenden Unebenheiten und Schäden an den virtuellen Bauteilmodell-Datensätzen genau modelliert und zur ursprünglichen Konstitution der Bauteile farblich abgesetzt werden, so dass der Betrachter, beispielsweise ein Servicetechniker genau sieht, an welchen Stellen Schäden zu beheben oder Einstellarbeiten durchzuführen sind.

Mit anderen Worten wird die mittels der Erfassungseinrichtung an der physischen Personentransportanlage gemessene Dynamik des physischen Stufenbandes auf das virtuelle Stufenband des ADDD übertragen, so dass sich Kräfte und Impulse auf Bauteile ermitteln und sich die Unebenheiten und Schäden, welche die Beschleunigungen und Lageänderungen verursachen, modellieren und berechnen lassen. Insbesondere lassen sich mit Dauerfestigkeitsberechnungen der Zeitpunkt eines möglichen Versagens von Bauteilen berechnen

Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Überwachen eines Zustands einer physischen Personentransportanlage vorgeschlagen. Diese umfasst einen aus Bauteilmodell-Datensätzen aufgebauter ADDD, welcher charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der physischen Personentransportanlage in einer tatsächlichen Konfiguration der physischen Personentransportanlage nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk in maschinen-verarbeitbarer Weise wiedergibt.

Des Weiteren ist mindestens eine Erfassungseinrichtung mit einem 3-achsigen Beschleunigungssensor und Gyroskop vorgesehen. Durch diese können während des Betriebes einer physischen Personentransportanlage, Beschleunigungen und Lageänderungen einer physischen Fahrtreppenstufe oder Palette eines Transportbandes in allen drei Achsen entlang ihres Führungsweges als Messdaten erfasst werden. Diese Messdaten sind auf den ADDD übertragbar. Aus den übertragenen Messdaten können mittels statischer und dynamischer Simulationen am ADDD die sich ergebenden Kräfte,

Impulse und Schwingungen ermittelt und beurteilt werden, die auf die den physischen Bauteilen entsprechenden virtuellen Bauteile des virtuellen Transportbandes und auf die mit diesen virtuellen Bauteilen in Interaktion stehenden virtuellen Bauteile, einwirken.

- 5 Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird eine physische Personentransportanlage vorgeschlagen, welche eine Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform des zweiten Aspekts der Erfindung umfasst.

- 10 Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogrammprodukt vorgeschlagen, das maschinenlesbare Programmanweisungen umfasst, welche bei Ausführung auf einer programmierbaren Vorrichtung die Vorrichtung zum Durchführen oder Steuern eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform des ersten Aspekts der Erfindung veranlassen.

- 15 Gemäß einem fünften Aspekt der Erfindung wird ein computerlesbares Medium vorgeschlagen, auf dem ein Computerprogrammprodukt gemäß einer Ausführungsform des vierten Aspekts der Erfindung gespeichert ist.

- 20 Mögliche Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung können unter anderem und ohne die Erfindung einzuschränken als auf nachfolgend beschriebenen Ideen und Erkenntnissen beruhend angesehen werden.

- 25 Wie einleitend angemerkt, müssen Personentransportanlagen bisher meist vor Ort inspiziert werden, um erkennen zu können, ob tatsächlich eine Wartung bzw. Reparatur aktuell notwendig ist und, für den Fall, dass dies zutrifft, welche Maßnahmen konkret ergriffen werden müssen, das heißt zum Beispiel welche Ersatzteile und/oder Werkzeuge erforderlich sind.

- 30 Um dies zu umgehen wird vorgeschlagen, zur Überwachung einen ADDD zu verwenden. Der ADDD soll dabei Daten umfassen, welche charakterisierende Eigenschaften der die Personentransportanlage bildenden Bauteile charakterisieren und stellt in seiner Gesamtheit eine möglichst vollständige, digitale Abbildung der dem ADDD zugeordneten physischen Personentransportanlage dar. Dabei sollen die Daten des ADDD die Eigenschaften der Bauteile in ihrer tatsächlichen Konfiguration charakterisieren, das

heißt in einer Konfiguration, in der die Bauteile vollständig fertiggestellt und dann zu der Personentransportanlage zusammengebaut und in einem Bauwerk installiert wurden. Ebenso werden Beschleunigungen und Lageänderungen von Bauteilen des Transportbandes auf den ADDD übertragen, so dass dieser auch über die dynamischen
5 Informationen betreffend das Laufverhalten des physischen Transportbandes und deren Veränderungen über die Zeit aufweist.

Mit anderen Worten geben die in dem ADDD enthaltenen Daten nicht lediglich Soll-Eigenschaften der Bauteile wieder, wie sie beispielsweise beim Planen, Konzipieren bzw.
10 Kommissionieren der Personentransportanlage angenommen werden und wie sie beispielsweise aus hierbei verwendeten CAD-Daten betreffend die Bauteile entnommen werden können. Stattdessen sollen die in dem ADDD enthaltenen Daten die tatsächlichen Eigenschaften der in der fertig montierten und installierten Personentransportanlage verbauten Bauteile wiedergeben. Der ADDD kann somit als virtuelles Abbild der fertigen
15 Personentransportanlage bzw. der darin enthaltenen Bauteile angesehen werden.

Die in dem ADDD enthaltenen Daten sollen dabei die charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile ausreichend detailliert widerspiegeln, um daraus Aussagen über aktuelle strukturelle und/oder funktionelle Eigenschaften der physischen Personentransportanlage ableiten zu können. Insbesondere sollen anhand des ADDD Aussagen über aktuelle
20 strukturelle und/oder funktionelle Eigenschaften, welche einen aktualisierten Zustand der gesamten Personentransportanlage charakterisieren, abgeleitet werden können, die für eine Beurteilung von deren aktueller oder zukünftiger Betriebssicherheit, deren aktueller oder zukünftiger Verfügbarkeit und/oder einer aktuellen oder zukünftigen Notwendigkeit
25 für eine Wartung oder Reparatur herangezogen werden können.

Ein besonderer Vorteil ergibt sich aus der Verwendung des ADDD während der gesamten Lebensdauer der physischen Personentransportanlage. Wenn nämlich der ADDD weiterverwendet werden soll, wird eine durchgehende Dokumentation beziehungsweise
30 Nachführung der Daten des ADDD erzwungen, da sonst die Betriebsüberwachung, die Wartungsvorhersagen und die Zustandsermittlungen auf fehlerhaften Daten beruhen. Das bedeutet, dass bei einem Ersatz von Bauteilen die charakterisierenden Eigenschaften der Ersatzteile digitalisiert erfasst werden müssen. Bei den Wartungsarbeiten werden im ADDD die charakterisierenden Eigenschaften der ausgebauten Bauteile durch die

charakterisierenden Eigenschaften der Ersatzteile ersetzt. Ebenso sind allfällige Einstellungsmasse zu erfassen und auf den ADDD zu übertragen. Um den Monteuren die Arbeit zu erleichtern, können die Ausmessarbeiten der Bauteile und Einstellungsmasse durch optische Erfassungseinrichtungen wie beispielsweise ein Laserscanner oder eine TOF-Kamera (time of flight camera) auf der Baustelle erfasst werden. Deren Daten werden anschließend durch ein Verarbeitungsprogramm automatisch ausgewertet, für den ADDD aufbereitet und auf diesen übertragen.

Damit unterscheidet sich der ADDD beispielsweise von digitalen Daten, welche herkömmlich bei einer Herstellung von Personentransportanlagen erzeugt bzw. genutzt werden. Beispielsweise ist es üblich, bei einer Planung, Konzipierung bzw. Kommissionierung einer Personentransportanlage die dabei verwendeten Bauteile mithilfe von Computern und unter Verwendung von CAD- Programmen zu planen oder zu designen, sodass entsprechende CAD-Daten beispielsweise eine Soll-Geometrie eines Bauteils wiedergeben. Solche CAD-Daten geben jedoch nicht an, welche Geometrie ein gefertigtes Bauteil tatsächlich hat, wobei beispielsweise Fertigungstoleranzen oder Ähnliches dazu führen können, dass sich die tatsächliche Geometrie signifikant von der Soll-Geometrie unterscheidet. Genau solche Unterschiede wirken sich elementar auf Simulationsergebnisse und damit auf deren Aussagekraft aus.

Insbesondere geben herkömmlich verwendete Daten wie CAD-Daten nicht an, welche charakterisierenden Eigenschaften Bauteile angenommen haben, nachdem sie zu der Personentransportanlage zusammengebaut und in einem Bauwerk installiert wurden. Je nachdem, wie der Zusammenbau und die Installation durchgeführt wurden, können sich erhebliche Änderungen bei den charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile im Vergleich zu deren ursprünglich entworfenen Soll-Eigenschaften und/oder im Vergleich zu deren Eigenschaften direkt nach deren Herstellung, aber vor deren Zusammenbau bzw. Installation, ergeben.

Der ADDD unterscheidet sich auch von Daten, wie sie herkömmlich teilweise während einer Fertigung von komplexen Werkstücken oder Maschinen verwendet werden. Beispielsweise wird in der DE 10 2015 217 855 A1 ein Verfahren zur Prüfung einer Konsistenz zwischen Referenzdaten eines Fertigungsobjektes und Daten eines sogenannten digitalen Zwillings des Fertigungsobjekts beschrieben. Dabei wird ein als

5 Digitaler Zwilling bezeichnetes, digitales Abbild eines Werkstücks während der Fertigung mit dem Zustand des Werkstücks synchronisiert. Für den Produktionsablauf bedeutet dies, dass nach jedem Produktionsschritt die den digitalen Zwilling wiedergebenden Daten derart modifiziert werden, dass den durch den Produktionsschritt zu bewirkenden Änderungen von Eigenschaften des Werkstücks Rechnung getragen werden soll.

10 Beispielsweise kann vorgesehen sein, in einem Fertigungsschritt einen Bereich des Werkstücks durch Schleifen, Drehen oder Ähnliches gemäß Soll-Vorgaben abzutragen, sodass nach Durchführung des Fertigungsschritts auch der digitale Zwilling gemäß den Soll-Vorgaben modifiziert wird. Auf diese Weise soll der digitale Zwilling stets eine Information über den aktuellen Zwischenzustand des Werkstücks während dessen Fertigung liefern.

15 Allerdings ist gemäss der DE 10 2015 217 855 A1 insbesondere bei der Fertigung von Bauteilen für Personentransportanlagen nicht vorgesehen, in dem digitalen Zwilling Daten zu berücksichtigen, welche tatsächliche charakterisierende Eigenschaften der Bauteile wiedergeben, insbesondere tatsächliche charakterisierende Eigenschaften der Bauteile nach deren Zusammenbau zu einer fertigen Personentransportanlage und deren
20 Installation im Bauwerk. Stattdessen beruhen die in dem digitalen Zwilling aufgenommenen Daten zumeist ausschließlich auf Soll-Eigenschaften wie sie beispielsweise in Form von CAD-Daten wiedergegeben werden können.

25 Um den Zustand einer Personentransportanlage hinreichend genau und/oder zuverlässig überwachen oder gegebenenfalls sogar prognostizieren zu können, wird nun vorgeschlagen, hierfür verwendbare Daten in Form des ADDD bereitzustellen. Der ADDD liefert dabei über bloße Soll-Eigenschaften hinausgehende, mit der physischen Personentransportanlage abgegliche Informationen über die charakterisierenden Eigenschaften der in der Personentransportanlage verbauten Bauteile in ihrer
30 tatsächlichen Konfiguration. Solche Informationen können vorteilhaft dazu verwendet werden, beispielsweise Abweichungen der tatsächlichen charakterisierenden Eigenschaften von ursprünglich konzipierten charakterisierenden Eigenschaften der Personentransportanlage erkennen zu können. Aus solchen Abweichungen können dann geeignete Rückschlüsse gezogen werden, beispielsweise ob dadurch übermäßige Kräfte,

- Impulse und Schwingungen entstehen und deshalb bereits ein Bedarf für eine Wartung oder Reparatur der Personentransportanlage besteht, ob ein Risiko für erhöhten oder vorzeitigen Verschleiß besteht, etc. Beispielsweise können die Abweichungen aus bei der Fertigung der Bauteile eintretenden Fertigungstoleranzen, aus beim Zusammenbau der Bauteile oder bei deren Installation im Bauwerk bewirkten Veränderungen der charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile und/oder beim letztendlichen Betrieb der Personentransportanlage auftretenden Veränderungen der charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile herrühren.
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- Dadurch, dass der ADDD als virtuelle digitale Kopie der tatsächlichen Personentransportanlage Rückschlüsse auf in der Personentransportanlage aktuell vorherrschende charakterisierende Eigenschaften zulässt, können bestenfalls allein durch Analyse und/oder Verarbeitung des ADDD Informationen gewonnen werden, die Rückschlüsse auf den aktuellen Zustand der Personentransportanlage und insbesondere Rückschlüsse über eine eventuell notwendige Wartung oder Reparatur ermöglichen. Dabei können gegebenenfalls sogar Informationen darüber abgeleitet werden, welche Ersatzteile und/oder Werkzeuge für eine anstehende Wartung oder Reparatur benötigt werden.
- Der ADDD kann dabei in einem zur Durchführung des hierin vorgeschlagenen Verfahrens konfigurierten Computer bzw. einer entsprechenden Datenverarbeitungsanlage gespeichert, analysiert und/oder verarbeitet werden. Insbesondere können der Computer bzw. die Datenverarbeitungsanlage entfernt von der zu überwachenden Personentransportanlage, beispielsweise in einem entfernten Überwachungszentrum, angeordnet sein.
- Dementsprechend ermöglicht die Verwendung des ADDD, den Zustand der die Personentransportanlage charakterisierenden Eigenschaften kontinuierlich oder in geeigneten Zeitabständen fern von der physischen Personentransportanlage zu überwachen, um insbesondere Simulationsergebnisse, die eine Wartung oder Reparatur notwendig erscheinen lassen, zu erkennen. Gegebenenfalls können hierauf basierend konkrete Informationen betreffend bei der Wartung beziehungsweise Reparatur durchzuführender Arbeiten vorab allein basierend auf einer Analyse des ADDD abgeleitet werden, ohne dass ein Techniker die Personentransportanlage tatsächlich vor

Ort inspizieren müsste. Hierdurch können erheblicher Aufwand und Kosten eingespart werden.

5 Gemäß einer Ausführungsform können die von der Erfassungseinrichtung übermittelten
Messdaten und/oder die daraus ermittelten, charakterisierenden Eigenschaften mit einer
Zeitinformation in einem Logfile abgespeichert werden. Dies hat den Vorteil, dass eine
Datenhistorie vorhanden ist, aus der beispielsweise besondere Ereignisse herausgelesen
werden können, wie zum Beispiel eine momentane übermäßige Krafteinwirkung durch
10 eine unsachgemäße Benutzung oder durch äußere Einwirkungen wie seismische Stöße
und dergleichen mehr.

 Ferner kann mittels der im Logfile abgespeicherten Messdaten und/oder
charakterisierenden Eigenschaften sowie von im Logfile gespeicherten Betriebsdaten
mittels stochastischer Methoden ein Veränderungstrend der Messdaten ermittelt werden.
15 Betriebsdaten sind Daten, die während des Betriebes einer Personentransportanlage
anfallen, beispielsweise die gesamte Betriebslaufzeit, die Leistungsaufnahme der
Antriebsmaschine, die Umgebungstemperatur, die Betriebstemperatur und dergleichen
mehr. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse lassen sich auf vielerlei Weise verwenden.
Wenn der Veränderungstrend der Messdaten linear ist, lässt sich für das davon betroffene
20 Bauteil das Lebensdauerende infolge zunehmender Impulsstärke oder zunehmender
Krafteinwirkung recht gut voraussagen. Wenn der Veränderungstrend eine abnehmende
Tendenz aufweist, weist dies auf ein Einlaufverhalten und damit auf einen zunehmend
stabileren Zustand des betroffenen Bauteils hin. Bei zunehmender Tendenz des
Veränderungstrends können verstärkte Verschleiß-, Zersetzungs- oder
25 Zerstörungserscheinungen diagnostiziert werden. Weiterführende Vorteile sind weiter
unten angegeben.

 Die Übertragung der Messdaten kann kontinuierlich, periodisch und/oder abhängig vom
Veränderungstrend der Messdaten erfolgen. Bei einer Abhängigkeit vom
30 Veränderungstrend bedeutet dies, dass bei linearer Tendenz des Veränderungstrends eine
fixe Periodendauer gewählt werden kann. Bei einer abnehmenden Tendenz kann die
Periodendauer zunehmend verlängert werden, während bei zunehmender Tendenz die
Periodendauer zwischen zwei Messungen zunehmend verkürzt werden kann.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das Überwachen des Zustandes der physischen Personentransportanlage auch ein Simulieren zukünftiger charakterisierender Eigenschaften der Personentransportanlage unter Verwendung des ADDD und basierend auf den Veränderungstrends der von der Erfassungseinrichtung erfassten Messdaten.

10 Die charakterisierenden Eigenschaften der physischen Bauteile können geometrische Abmessungen des Bauteils, das Gewicht des Bauteils und/oder die Oberflächenbeschaffenheit des Bauteils sein. Geometrische Abmessungen der Bauteile können beispielsweise eine Länge, eine Breite, eine Höhe, ein Querschnitt, Radien, Verrundungen, etc. der Bauteile sein. Die Oberflächenbeschaffenheit der Bauteile kann beispielsweise Rauigkeiten, Texturen, Beschichtungen, Farben, Reflektivitäten, etc. der Bauteile umfassen.

15 Die charakterisierenden Eigenschaften können sich auf einzelne Bauteile oder Bauteilgruppen beziehen. Beispielsweise können sich die charakterisierenden Eigenschaften auf einzelne Bauteile beziehen, aus denen größere, komplexere Bauteilgruppen zusammengesetzt werden. Alternativ oder ergänzend können sich die Eigenschaften auch auf aus mehreren Bauteilen zusammengesetzte komplexere
20 Gerätschaften wie zum Beispiel Antriebsmaschinen, Getriebeeinheiten, Förderketten, etc. beziehen.

25 Die charakterisierenden Eigenschaften vor der Inbetriebnahme können mit hoher Präzision ermittelt bzw. vermessen werden. Insbesondere können die charakterisierenden Eigenschaften mit einer Präzision ermittelt bzw. vermessen werden, die genauer ist als bei der Fertigung der Bauteile einzuhaltende Toleranzen.

30 Basierend auf den Veränderungstrends der Messdaten können an den Bauteilmodell-Datensätzen auch Veränderungen modelliert werden, welche entsprechende Lageänderungen und Beschleunigungen verursachen. Wenn zum Beispiel die Erfassungseinrichtung eine plötzliche, bleibende Schiefstellung der Fahrtreppenstufe oder Palette in zwei Achsen registriert, kann dies auf den entsprechenden Bauteilmodell-Datensatz des ADDD übertragen werden. Durch die Simulation der Schiefstellung der virtuellen Fahrtreppenstufe oder Palette ist ersichtlich, dass die virtuelle Stufenrolle oder

Kettenrolle der virtuellen Fahrtreppenstufe oder Palette in die virtuelle Führungsschiene eindringt. Sofern die Eindringtiefe dem Radius der Stufenrolle oder Kettenrolle entspricht, bedeutet dies, dass die physische Stufenrolle oder Kettenrolle defekt ist oder ganz weggebrochen ist. Der ADDD kann nun dahingehend aktualisiert werden, dass der entsprechende Bauteilmodell-Datensatz der Stufenrolle oder Kettenrolle entfernt wird und die Schiefstellung durch Änderung der entsprechenden charakterisierenden Merkmale der Fahrtreppenstufe oder Palette nachgeführt wird. Durch eine dynamische Simulation mit der schiefgestellten Fahrtreppenstufe oder Palette kann eine Kollision mit feststehenden Bauteilmodell-Datensätzen, beispielsweise mit der virtuellen Kammplatte simuliert und durch eine Kollisionskontrolle detektiert werden. In diesem Beispiel wird die dynamische Simulation mit dem ADDD eine räumliche Überschneidung der virtuellen Fahrtreppenstufe oder Palette mit der virtuellen Kammplatte ergeben. Eine entsprechende Auswertung kann das System durch geeignete Bildanalyseverfahren (Vergleich mit dem Ursprungszustand) automatisiert durchführen und die Resultate über eine geeignete Schnittstelle, beispielsweise als graphische Darstellung an einem Bildschirm ausgeben. Wenn durch die dynamische Simulation eine Kollisionsgefahr erkannt wird, erfolgt augenblicklich ein Sicherheitssignal an die physische Steuerung der physischen Personentransportanlage, die das Transportband sofort festsetzt.

Wenn der Veränderungstrend einer Schiefstellung zu einer Seite hin kontinuierlich zunimmt, deutet dies beispielsweise auf eine zumindest teilweise blockierte beziehungsweise schwergängige Stufenrolle oder Kettenrolle hin, die durch die umlaufende Bewegung des Transportbandes über die Führungsschiene gezogen und kontinuierlich am Umfang abgeschliffen wird. Mittels der Simulation wird ersichtlich, dass die Stufenrolle oder Kettenrolle scheinbar kontinuierlich in die Führungsschiene eindringt. Durch eine Extrapolation des Veränderungstrends unter Zuhilfenahme dynamischer Simulationen (das virtuelle Transportband wird mit der detektierten, zunehmenden Schiefstellung laufen gelassen) kann der Zeitpunkt ermittelt werden, wann und wo die Schiefstellung der virtuellen Fahrtreppenstufe oder Palette zu möglichen Kollisionen mit feststehenden, virtuellen Bauteilen führt.

Sofern Erfassungseinrichtung nur eine lokale Schiefstellung, das heißt, nur an einer bestimmten Stelle des Umlaufweges der Fahrtreppenstufe oder Palette, detektiert, kann dies auf eine Deformation oder lokale Absenkung einer der physischen Führungsschienen

hindeuten. Der Bauteilmodell-Datensatz der entsprechenden Führungsschiene kann nun angepasst werden, indem die entsprechenden, charakterisierenden Merkmale, welche die dreidimensionale Form beschreiben, entsprechend geändert werden. Hierdurch wird der ADDD aktualisiert. Mittels anschließender dynamischer Simulation können die

5 Auswirkungen auf die Stufenrollen oder Kettenrollen (z.B. Querkräfte) ermittelt und sich daraus ergebender zusätzlicher Verschleiß oder gar eine mögliche, fortschreitende Zerstörung der Stufenrolle oder Kettenrolle beispielsweise durch eine Analyse mit der Finite-Elemente- Methode ermittelt werden. Diese Resultate können dann zeitlich extrapoliert werden, so dass der Zeitpunkt eines möglichen Versagens und/oder einer

10 verschleißbedingt verursachten Kollision ermittelt werden kann.

Mit anderen Worten sollen mithilfe des ADDD vorzugsweise nicht lediglich in der Personentransportanlage aktuell vorherrschende Eigenschaften überwacht werden können, sondern mittels durchzuführender Simulationen unter Verwendung des ADDD

15 auch Rückschlüsse über zukünftig in der Personentransportanlage vorherrschende charakterisierende Eigenschaften gewonnen werden können.

Die Simulationen können dabei auf einem Computersystem ausgeführt werden. Mithilfe der Simulationen können ausgehend von aktuell in dem aktualisierten Digitaler-

20 Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten sowie gegebenenfalls unter Berücksichtigung von früher in dem aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz enthaltenen Daten Rückschlüsse auf eine zeitliche Entwicklung bei den erfassten Messwerten gezogen werden und somit Prognosen oder Extrapolation betreffend zukünftige zu erwartende Messwerte gewonnen werden. Bei den Simulationen können sowohl naturgesetzliche

25 Gegebenheiten berücksichtigt werden als auch auf Erfahrungen bei anderen Personentransportanlagen zurückgegriffen werden.

Das heißt, dass alternativ oder ergänzend bei den Simulationen Erfahrungen berücksichtigt werden können, die aus Experimenten und/oder durch die Beobachtung

30 anderer Personentransportanlagen gewonnen wurden und aus denen zum Beispiel eine Aussage darüber abgeleitet werden kann, wann eine eingetretene oder zukünftig zu erwartende Veränderung der Beschleunigungen und Lageänderungen als für die Funktion der gesamten Personentransportanlage wesentlich anzunehmen ist, sodass geeignete

Maßnahmen beispielsweise im Rahmen einer Wartung oder Reparatur eingeleitet werden sollten.

5 Die von der Erfassungseinrichtung erfassten Beschleunigungen und Lageänderungen können auch auf periodisch auftretende Peaks untersucht werden. Die auftretenden Peaks können einer Stelle des Führungsweges des Transportbandes zugeordnet werden. Üblicherweise werden solche Peaks durch Kollisionen verursacht. Das heißt, dass an dieser Stelle des Führungsweges ein Problem sein muss, welches einer raschen Behebung bedarf, damit keine physischen Bauteile zerstört werden oder sicherheitskritische
10 Situationen entstehen können.

Insbesondere kann das hierin vorgeschlagene Verfahren ferner ein Planen von durchzuführenden Wartungsarbeiten an der Personentransportanlage basierend auf den überwachten Beschleunigungen und Lageänderungen der Personentransportanlage
15 umfassen.

Mit anderen Worten können die Informationen, die beim erfindungsgemäßen Überwachen der Beschleunigungen und Lageänderungen der Personentransportanlage gewonnen werden, dazu genutzt werden, um zukünftige Wartungsarbeiten einschließlich
20 dabei notwendiger etwaiger Reparaturen bereits vorab geeignet planen zu können. Dabei kann von Vorteil sein, dass alleine durch Analyse des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes bereits wertvolle Informationen beispielsweise darüber erhalten werden können, welche Veränderungen in einer überwachten Personentransportanlage eingetreten sind und/oder mit welchem Verschleiß bei Bauteilen
25 der Personentransportanlage tatsächlich gerechnet werden muss. Diese Informationen können genutzt werden, um Wartungsarbeiten beispielsweise hinsichtlich eines Wartungszeitpunkts und/oder hinsichtlich bei der Wartung durchzuführender Tätigkeiten und/oder hinsichtlich bei der Wartung vorzuhaltender Ersatzteile bzw. Werkzeuge und/oder hinsichtlich der die Wartung durchführender Techniker, die eventuell spezielle
30 Fähigkeiten oder Wissen haben müssen, planen zu können. Die Planung der Wartungsarbeiten kann dabei in den meisten Fällen rein basierend auf einer Analyse des aktualisierten Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes erfolgen, das heißt ohne dass ein Techniker die Personentransportanlage vor Ort inspizieren müsste.

Mithilfe des Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes können auch neue, verbesserte physische Bauteile und insbesondere Steuerungskomponenten oder Erfassungseinrichtungen (Hard und Software) entwickelt und getestet werden. Hierbei kann nach dem Hardware-in-the-Loop Ansatz der Bauteilmodell-Datensatz einer zu prüfenden Komponente im Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz deaktiviert und dieser über geeignete Schnittstellen mit dem zu testenden Bauteil verbunden werden. Die geeignete Schnittstelle kann hierbei ein auf die mechanischen und/oder elektrischen Schnittstellen des physischen Bauteils angepasster Prüfstand sein, der mit einem den ADDD aufweisenden Computersystem verbunden ist. Anders ausgedrückt wird dem Hardware-in-the-Loop Ansatz gemäß dadurch ein eingebettetes System (z. B. reales elektronisches Steuergerät oder reale mechatronische Komponente, das physische Bauteil oder die physische Bauteilgruppe) über seine Ein- und Ausgänge mit dem ADDD verbunden, wobei der ADDD als Nachbildung der realen Umgebung des Systems beziehungsweise der gesamten Fahrtreppe oder des gesamten Fahrsteiges dient. Dadurch kann der ADDD aus Sicht des Tests zum Absichern von eingebetteten Systemen, zur Unterstützung während der Entwicklung sowie zur vorzeitigen Inbetriebnahme von Maschinen und Anlagen dienen.

Ein weiterer Vorteil des ADDD ist sein inhärenter Systems-Engineering-Ansatz. Im Mittelpunkt des Systems Engineering steht, die vom Kunden gewünschten Anforderungen an das zu liefernde System, die in der Spezifikation enthalten sind, innerhalb des Kosten- und Zeitrahmens zu erfüllen, indem erstens das System in Subsysteme, Geräte und Software heruntergebrochen und spezifiziert wird und zweitens die Implementierung über alle Ebenen kontinuierlich bis zur Übergabe an den Kunden kontrolliert wird. Dabei soll insbesondere das gesamte Problem (Betrieb, Kosten, Zeitplan, Performance, Weiterbildung und Support, Test, Produktion und Wiederverwertung) berücksichtigt werden. Systems Engineering integriert all diese Ingenieursdisziplinen und Fähigkeiten in einen einheitlichen, teamorientierten strukturierten Prozess, der sich je nach Komplexität des Systems über mehrere Ebenen bis zu einem Gerät eines Unterauftragnehmers erstrecken kann. Dieser Prozess wird von der Konzeption über die Produktion bis hin zum Betrieb und in manchen Fällen bis zum Abbau beziehungsweise zur Wiederverwertung angewandt. Durch die Abbildung sämtlicher physischer Bauteile als Bauteilmodell-Datensätze mit all ihren charakterisierenden Eigenschaften und Schnittstelleninformationen - vereinigt und stetig

aktualisiert im ADDD - bietet dieser eine hervorragende System-Engineering Plattform um in kürzester Zeit die vom Kunden gewünschten Anforderungen an die zu liefernde Fahrtreppe oder den zu liefernden Fahrsteig über die Installation des physischen Produktes hinaus, umzusetzen.

5

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das vorgeschlagene Überwachungsverfahren auch ein Erstellen des ADDD. Das Erstellen des ADDD umfasst dabei zumindest die folgenden Schritte, vorzugsweise aber nicht zwingend streng in der angegebenen Reihenfolge:

- 10 (i) Erstellen eines Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes mit Soll-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage in einer Soll-Konfiguration wiedergeben;
- (ii) Erstellen eines Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Messen von Ist-Daten,
- 15 welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage in der tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage direkt nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk wiedergeben und Ersetzen von Soll-Daten in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch entsprechende Ist-Daten; und
- 20 (iii) Erstellen des ADDD basierend auf dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Aktualisieren und Abgleichen des Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes während des Betriebs der physischen Personentransportanlage unter Berücksichtigung der durch die Erfassungseinrichtung erfassten Lageänderungen und Beschleunigungen.

25

Mit anderen Worten kann ein Erstellen des ADDD 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 Personentransportanlage verbauten Bauteile mit fortlaufender Erstellung immer genauer

30 hinsichtlich ihrer tatsächlichen aktuellen Konfiguration wiedergegeben werden. Eine Verfeinerung wird insbesondere durch die Übertragung der Lageänderungen und Beschleunigungen erreicht, die ein nachmodellieren des virtuellen Führungsweges des Transportbandes erlaubt und dadurch eine äußerst präzise Simulationsumgebung schafft.

Der vorangehend beschriebene Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz ist jedoch nicht einfach „ab Stange“ verfügbar. Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst das Erstellen des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes ein vorgängiges Erstellen eines Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes unter Berücksichtigung von kundenspezifischen Konfigurationsdaten sowie ein Erstellen von Fertigungsdaten durch Modifizieren des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes unter Berücksichtigung von produktionspezifischen Daten.

Mit anderen Worten sollen beim anfänglichen Erstellen des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes sowohl kundenspezifische Konfigurationsdaten als auch produktionspezifische Daten berücksichtigt werden. Dabei wird zunächst im Regelfall ein Digitaler-Doppelgänger-Datensatz unter Berücksichtigung der kundenspezifischen Konfigurationsdaten aus Bauteilmodell-Datensätzen erstellt und dann dieser Digitaler-Doppelgänger-Datensatz unter Berücksichtigung der produktionspezifischen Daten zum Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz modifiziert bzw. verfeinert. Eventuell kann das Erstellen des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes auch iterativ ein mehrfaches Berechnen und Modifizieren von Daten des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes unter Berücksichtigung der Kunden- und/oder produktionspezifische Daten umfassen.

Unter kundenspezifischen Konfigurationsdaten können dabei Vorgaben verstanden werden, welche Einzelfall-spezifisch vom Kunden zum Beispiel beim Ordern der Personentransportanlage vorgegeben werden. Die kundenspezifischen Konfigurationsdaten beziehen sich dabei typischerweise auf eine einzelne zu fertigende Personentransportanlage. Beispielsweise können die kundenspezifischen Konfigurationsdaten vorherrschende räumliche Bedingungen am Einbauort, Schnittstelleninformationen zum Anbau an tragende Strukturen eines Bauwerks, etc. umfassen. Anders ausgedrückt können die kundenspezifischen Konfigurationsdaten zum Beispiel angeben, welche Länge die Personentransportanlage haben soll, welcher Höhenunterschied überwunden werden soll, in welcher Weise die Personentransportanlage an tragende Strukturen innerhalb des Gebäudes angebunden werden soll, und dergleichen mehr. Kundenspezifische Konfigurationsdaten können auch Wünsche des Kunden hinsichtlich Funktionalität, Förderkapazität, Optik, etc. umfassen. Die Daten des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes können beispielsweise als

CAD-Datensatz vorliegen, welcher unter anderem als charakterisierende Eigenschaften geometrische Abmessungen und/oder andere charakterisierende Eigenschaften der die Personentransportanlage bildenden Bauteile wiedergibt.

- 5 Die produktionsspezifischen Daten beziehen sich typischerweise auf Eigenschaften oder Vorgaben innerhalb einer Fertigungsfabrik oder Fertigungslinie, in der die Personentransportanlage gefertigt werden soll. Beispielsweise können, zum Beispiel je nachdem in welchem Land oder an welchem Ort eine Fertigungsfabrik steht, in der Fertigungsfabrik verschiedene Bedingungen herrschen und/oder Vorgaben einzuhalten
- 10 sein. Beispielsweise können in manchen Fertigungsfabriken bestimmte Materialien, Rohstoffe, Rohbauteile oder Ähnliches nicht verfügbar sein oder nicht verarbeitet werden. In manchen Fertigungsfabriken können Maschinen eingesetzt werden, die in anderen Fertigungsfabriken fehlen. Manche Fertigungsfabriken unterliegen aufgrund ihres Layouts Restriktionen hinsichtlich der darin zu fertigenden
- 15 Personentransportanlagen bzw. Komponenten derselben. Manche Fertigungsfabriken ermöglichen einen hohen Grad an automatisierter Fertigung, wohingegen andere Fertigungsfabriken beispielsweise aufgrund niedriger Lohnkosten eher manuelle Fertigung einsetzen können. Es können noch eine Vielzahl weiterer Bedingungen und/oder Vorgaben existieren, bezüglich derer sich Fertigungsumgebungen unterscheiden
- 20 können. All diese produktionsspezifischen Daten müssen typischerweise beim Planen bzw. Kommissionieren einer Personentransportanlage berücksichtigt werden, da von ihnen abhängig sein kann, in welcher Weise eine Personentransportanlage tatsächlich gebaut werden kann. Gegebenenfalls kann es erforderlich sein, den anfänglich erstellten Digitaler-Doppelgänger-Datensatz, welcher lediglich die kundenspezifischen
- 25 Konfigurationsdaten berücksichtigt hat, grundlegend zu modifizieren, um den produktionsspezifische Daten Rechnung tragen zu können.

- Vorzugsweise werden bereits beim Erstellen des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes statische und/oder dynamische Simulationen durchgeführt und der Kommissionierungs-
- 30 Digitaler-Doppelgänger-Datensatz wird unter Berücksichtigung von Ergebnissen der Simulationen erstellt. Eine dieser dynamischen Simulationen kann beispielsweise ein Anfahrverhalten bei einer Fahrtreppe sein. Hierbei werden vom Stillstand bis zur Nenngeschwindigkeit alle Friktionskräfte sowie Spiele und die von der Antriebsmaschine abhängigen Eigenschaften simuliert. Mit diesen Simulationen können kollisionskritische

Stellen überprüft, sowie die auf die einzelnen Bauteile beziehungsweise Bauteilmodell-Datensätze einwirkenden dynamischen Kräfte während des Anfahrens ermittelt werden.

5 Mit anderen Worten können zum Erstellen des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes, welcher unter Berücksichtigung der kundenspezifischen Konfigurierungsdaten die Grundlage des Kommissionierungs- Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes bilden, Simulationen durchgeführt werden, mit denen statische und/oder dynamische Eigenschaften der kommissionierten Personentransportanlage simuliert werden. Simulationen können beispielsweise in einem Computersystem durchgeführt werden.

10

Statische Simulationen analysieren hierbei beispielsweise ein statisches Zusammenwirken mehrerer zusammengebauter Bauteile. Mithilfe statischer Simulationen kann beispielsweise analysiert werden, ob es beim Zusammenbau von mehreren vordefinierten Bauteilen oder basierend auf Bauteilmodell- Datensätzen fallgerecht spezifizierter Bauteile zu Komplikationen kommen kann, beispielsweise, da jedes der Bauteile mit gewissen Fertigungstoleranzen gefertigt wird, sodass es bei ungünstiger Summierung von Fertigungstoleranzen zu Problemen kommen kann.

15

20 Die vorangehend erwähnten dynamischen Simulationen bei der Erstellung des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes analysieren beispielsweise ein dynamisches Verhalten von Bauteilen beim Betrieb der zusammengebauten Personentransportanlage. Mithilfe dynamischer Simulationen kann beispielsweise analysiert werden, ob bewegliche Bauteile, insbesondere die umlaufend angeordneten Bauteile innerhalb einer Personentransportanlage in einer gewünschten Weise verlagert werden können oder ob beispielsweise Kollisionen zwischen relativ zu einander beweglichen Bauteilen drohen.

25

Aus den vorangehenden Ausführungen ist zu entnehmen, dass im Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz zunächst lediglich Soll-Daten abgelegt sind, welche auf den Daten basieren, die beim Planen bzw. Kommissionieren der Personentransportanlage ermittelt wurden. Die Soll-Daten können unter anderem erhalten werden, wenn beispielsweise mit computergestützten Kommissionierungstools in Abhängigkeit von kundenspezifischen Konfigurierungsdaten charakterisierende Eigenschaften einer zu fertigenden Personentransportanlage berechnet werden. Beispielsweise können in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz

30

Daten betreffend Soll-Abmessungen, Soll-Anzahlen, Soll-Materialeigenschaften, Soll-Oberflächenbeschaffenheit etc. von bei der Fertigung der Personentransportanlage zu verwendenden Bauteilen abgelegt sein.

- 5 Der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz stellt somit ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage in ihrer Planungsphase bzw. Kommissionierungsphase dar, das heißt, bevor die Personentransportanlage anhand des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes tatsächlich gefertigt und installiert wird.
- 10 Ausgehend von dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz können dann die darin enthaltenen Soll-Daten mit zunehmendem Produktionsfortschritt sukzessive durch Ist-Daten ersetzt werden und dadurch ein Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz generiert werden. Die Ist-Daten geben dabei charakterisierende Eigenschaften der zunächst nur hinsichtlich ihrer Soll-Konfiguration definierten Bauteile der
- 15 Personentransportanlage in ihrer tatsächlichen Konfiguration direkt nach dem Zusammenbau der Personentransportanlage und deren Installation im Bauwerk an. Die Ist-Daten können durch manuelles und/oder maschinelles Vermessen der charakterisierenden Eigenschaften der Bauteile ermittelt werden. Hierzu können separate Messvorrichtungen und/oder in Bauteile integrierte oder an Bauteile angeordnete
- 20 Sensoren eingesetzt werden.

Der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz stellt somit ein virtuelles Abbild der Personentransportanlage direkt nach ihrer Fertigstellung, das heißt nach dem Zusammenbau der Bauteile und der Installation im Bauwerk, dar.

- 25 Wie bereits weiter oben erwähnt, ist für mindestens eine der physischen Fahrtreppenstufen oder Paletten einer physischen Personentransportanlage eine Erfassungseinrichtung vorgesehen. Mindestens eine der physischen Fahrtreppenstufen oder Paletten des Transportbandes der physischen Personentransportanlage kann eine
- 30 Kennzeichnung aufweisen. Die Erfassungseinrichtung kann ferner ein Identifizierungs- und Empfängermodul zur Erfassung der Kennzeichnungen umfassen, wobei das Identifizierungs- und Empfängermodul ortsfest in der physischen Personentransportanlage anzuordnen ist. Dadurch kann genau festgestellt werden, an

welcher Stelle oder welchen Stellen des Führungsweges des umlaufenden Transportbandes abnormale Lageänderungen und Beschleunigungen auftreten.

Hierbei werden vorzugsweise als Basis-Messdaten diejenigen Messdaten der
5 Erfassungseinrichtung herangezogen, die bei der Inbetriebnahme der Transportanlage oder nach deren Wartung und Reparatur erfasst wurden. Gegen diese Basis-Messdaten können nun die von der Erfassungseinrichtung erfassten Messdaten verglichen werden. Ausgehend von den Basis-Messdaten kann der Führungsweg durch die Aktualisierung der entsprechenden charakterisierenden Eigenschaften der involvierten Bauteilmodell-
10 Datensätze nachmodelliert werden. Das heißt, dass beispielsweise an einer bestimmten Stelle die als charakterisierenden Eigenschaften vorhandenen geometrischen Koordinaten eines Führungsschienen- Bauteilmodell-Datensatzes dahingehend verändert werden, dass dessen Fahrbahn einen „Buckel“ aufweist, der bei der dynamischen Simulation dieselben Beschleunigungen und Lageänderungen an der virtuellen Fahrtreppenstufe verursacht,
15 wie sie die Erfassungseinrichtung an der physischen Fahrtreppenstufe oder Palette des physischen Transportbandes erfasst.

Selbstverständlich kann auch für mehrere oder für jede physische Fahrtreppenstufe oder Palette eine Erfassungseinrichtung vorgesehen sein. Je mehr Erfassungseinrichtungen
20 vorhanden sind, desto präziser und rascher können Verwerfungen des Führungsweges erkannt und mittels Simulationen am ADDD potentielle Kollisionen erkannt werden, bevor an der physischen Personentransportanlage Schäden entstehen.

Bei der Inbetriebnahme der physischen Personentransportanlage wird deren
25 Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz mit den hierbei anfallenden Betriebsdaten und Betriebseinstellungsdaten zum ADDD ergänzt. Während des nachfolgenden Betriebs der Personentransportanlage kann der ADDD kontinuierlich oder in geeigneten Zeitabständen aktualisiert werden. Die in dem ADDD anfänglich abgelegten Daten werden hierzu während des Betriebs der Personentransportanlage
30 dahingehend modifiziert, dass auf Basis der von der Erfassungseinrichtung erfassten Lageänderungen und Beschleunigungen errechnete Veränderungen in den charakterisierenden Eigenschaften der die Personentransportanlage bildenden Bauteile berücksichtigt werden.

Der ADDD stellt zwar ein sehr präzises, virtuelles Abbild der Personentransportanlage während des Betriebs derselben und unter Berücksichtigung beispielsweise verschleißbedingter Änderungen im Vergleich zu den ursprünglich direkt nach der Fertigstellung gemessenen charakterisierenden Eigenschaften dar und kann somit als

5 ADDD zum kontinuierlichen bzw. wiederholten Überwachen der Eigenschaften der Personentransportanlage verwendet werden.

Es müssen aber nicht zwingend alle als Soll-Daten vorhandene, charakterisierende Eigenschaften eines Bauteils durch Ist-Daten des Bauteils oder durch die auf Basis des Belastungsprofils errechneten charakterisierenden Eigenschaften aktualisiert werden.

10 Demzufolge sind die charakterisierenden Eigenschaften der meisten Bauteile eines Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes und des daraus entstandenen ADDD durch eine Mischung von Soll-Daten, Ist-Daten und errechneten Daten charakterisiert.

15 Konkrete Ausgestaltungen, wie ein ADDD für eine Fahrtreppe bzw. einen Fahrsteig erstellt werden kann und wie darauf basierend der Zustand der Fahrtreppe bzw. des Fahrsteigs überwacht werden können, werden weiter unten mit Bezug auf bevorzugte Ausführungsformen dargelegt.

20 Ausführungsformen des hierin vorgestellten Verfahrens zum Überwachen des Zustands einer Personentransportanlage können mithilfe einer hierfür speziell konfigurierten Vorrichtung durchgeführt werden. Die Vorrichtung kann einen oder mehrere Computer umfassen. Insbesondere kann die Vorrichtung aus einem Computernetzwerk gebildet sein, welches Daten in Form einer Datenwolke (Cloud) verarbeitet. Die Vorrichtung kann

25 hierfür über einen Speicher verfügen, in dem die Daten des ADDD gespeichert werden können, beispielsweise in elektronischer oder magnetischer Form. Die Vorrichtung kann ferner über Datenverarbeitungsmöglichkeiten verfügen. Beispielsweise kann die Vorrichtung einen Prozessor aufweisen, mithilfe dessen Daten des ADDD verarbeitet werden können. Die Vorrichtung kann ferner über Schnittstellen verfügen, über die Daten

30 in die Vorrichtung eingegeben und/oder aus der Vorrichtung ausgegeben werden können. Insbesondere kann die Vorrichtung eine Erfassungseinrichtung aufweisen, die an oder in mindestens einer Fahrtreppenstufe oder Palette des physischen Transportbandes der Personentransportanlage angeordnet ist und mit deren Hilfe Beschleunigungen und Lageänderungen in allen drei Achsen aufgenommen werden können. Die Vorrichtung

kann prinzipiell Teil der Personentransportanlage sein. Vorzugsweise ist die Vorrichtung oder Teile davon jedoch nicht in der Personentransportanlage angeordnet, sondern entfernt zu dieser, beispielsweise in einem entfernten Kontrollzentrum, von dem aus der Zustand der Personentransportanlage überwacht werden soll. Die Vorrichtung kann auch

5 räumlich verteilt implementiert sein, beispielsweise wenn Daten über mehrere Computer verteilt in einer Datenwolke verarbeitet werden.

Insbesondere kann die Vorrichtung programmierbar sein, das heißt durch ein geeignet programmiertes Computerprogrammprodukt dazu veranlasst werden, das

10 erfindungsgemäße Verfahren auszuführen oder zu steuern. Das Computerprogrammprodukt kann Anweisungen oder Code enthalten, welche beispielsweise den Prozessor der Vorrichtung dazu veranlassen, Daten des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes abzuspeichern, auszulesen, zu verarbeiten, zu modifizieren, etc. Das Computerprogrammprodukt kann in einer beliebigen Computersprache verfasst

15 sein.

Das Computerprogrammprodukt kann auf einen beliebigen computerlesbaren Medium gespeichert sein, beispielsweise einem Flash-Speicher, einer CD, einer DVD, RAM, ROM, PROM, EPROM, etc. Das Computerprogrammprodukt und/oder die damit zu

20 verarbeitenden Daten können auch auf einem Server oder mehreren Servern gespeichert sein, beispielsweise in einer Datenwolke, von wo aus sie über ein Netz, beispielsweise das Internet, heruntergeladen werden können.

Abschließend wird darauf hingewiesen, dass einige der möglichen Merkmale und

25 Vorteile der Erfindung hierin mit Bezug auf unterschiedliche Ausführungsformen sowohl des vorgeschlagenen Verfahrens als auch der entsprechend ausgebildeten Vorrichtung zum Überwachen von Eigenschaften einer Personentransportanlage beschrieben sind. Ein Fachmann erkennt, dass die Merkmale in geeigneter Weise kombiniert, übertragen, angepasst oder ausgetauscht werden können, um zu weiteren Ausführungsformen der

30 Erfindung zu gelangen.

Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben, wobei weder die Zeichnungen noch die Beschreibung als die Erfindung einschränkend auszulegen sind.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung, aufweisend eine Erfassungseinrichtung, die in einer als Fahrtreppe ausgestalteten physischen Personentransportanlage angeordnet ist, sowie ein die physische Personentransportanlage abbildender Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz (ADDD), der in einer Datenwolke (Cloud) gespeichert ist und mit welcher Vorrichtung ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann.

Figur 2 zeigt schematisch eine Fahrtreppenstufe der Fahrtreppe aus der Figur 1 in dreidimensionaler Ansicht, wobei deren Trittelement und Setzelement nur angedeutet ist, um besser die Anordnung der Erfassungseinrichtung in der Fahrtreppenstufe zeigen zu können.

Figur 3 zeigt schematisch einen möglichen Verlauf der Messdaten, die von der in Figur 2 dargestellten Erfassungseinrichtung während einer Verlagerung der Fahrtreppenstufe entlang ihres Führungsweges erfasst wurde.

Figur 4 veranschaulicht ein Erstellen eines Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes (ADDD) und die Produktion einer physischen Personentransportanlage sowie deren Inbetriebnahme und die kontinuierliche Aktualisierung des ADDD von der Konfigurierung bis zum Betrieb der physischen Personentransportanlage.

Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in den verschiedenen Figuren gleiche oder gleichwirkende Merkmale.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1, umfassend eine Erfassungseinrichtung 200, die in einer physischen Personentransportanlage 2 angeordnet ist, sowie einen Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz (ADDD) 102 der physischen Personentransportanlage 2, der in einer Datenwolke (Cloud) 50 gespeichert ist, wobei mittels der Vorrichtung 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren 100 durchgeführt werden kann.

Die in Figur 1 dargestellte physische Personentransportanlage 2 ist in Form einer Fahrtreppe ausgestaltet und verbindet in einem Bauwerk 5 auf unterschiedlichen Höhen

gelegene und horizontal voneinander beabstandeten Ebenen E1 und E2. Mittels der physischen Personentransportanlage 2 können Passagiere zwischen den beiden Ebenen E1 und E2 befördert werden. Die physische Personentransportanlage 2 liegt an ihren gegenüberliegenden Enden auf Auflagestellen 9 des Bauwerks 5 auf.

5

Die physische Personentransportanlage 2 umfasst ferner ein nur in seinen Umrissen dargestelltes Tragwerk 19, welches sämtliche weiteren Bauteile der physischen Personentransportanlage 2 lasttragend aufnimmt. Dazu gehören statisch angeordnete physische Bauteile wie Führungsschienen 25, 26, 27, 28 (siehe Figur 2), die Hardware einer Steuerung 17 mit implementierter Steuerungssoftware, sowie nicht dargestellte, aber hinlänglich bekannte Komponenten, wie eine Antriebsmaschine, einen Antriebsstrang, von der Antriebsmaschine über den Antriebsstrang angetriebene Antriebskettenräder, ein Umlenkbogen und dergleichen mehr. Die physische Personentransportanlage 2 umfasst ferner Balustraden 13, die zu ihren beiden Längsseiten oberhalb des Tragwerks 19 an diesem angeordnet sind. Nachfolgend werden die Figuren 1 und 2 gemeinsam beschrieben.

10
15

Des Weiteren weist die physische Personentransportanlage 2 auch umlaufend angeordnete Bauteile 7, 11 auf, die naturgemäß während des Betriebes Lageänderungen und Beschleunigungen unterworfen sind. Es sind dies insbesondere ein Transportband 7, welches zwischen den beiden Ebenen E1, E2 im Tragwerk 19 entlang eines Führungsweges 10 (nur der Führungsweg des Vorlaufs ist erkennbar) umlaufend angeordnet ist, zwei Handläufe 11 beziehungsweise Handlaufriemen, die an den Balustraden 13 umlaufend angeordnet sind sowie die nicht dargestellten Komponenten des Antriebsstranges, welche die Bewegungen der Antriebsmaschine auf das Transportband 7 und die Handläufe 11 übertragen. Das Transportband 7 umfasst Fahrtreppenstufen 29 und Förderketten 31 sowie noch eine Vielzahl weitere Bauteile wie Stufenrollen 32, Kettenrollen 33, Stufenachsen 34 und dergleichen mehr.

20
25

Alternativ kann die physische Personentransportanlage 2 auch als Fahrsteig (nicht dargestellt) ausgestaltet sein, der hinsichtlich vieler seiner Bauteile ähnlich oder gleich wie die als Fahrtreppe dargestellte physische Personentransportanlage 2 aufgebaut ist.

30

Wie die Figur 1 zeigt, sind viele Bauteile der physischen Personentransportanlage 2 wie das Tragwerk 19, die Führungsschienen 25, 26, 27, 28, der gesamte Antriebsstrang die Antriebskettenräder und Umlenkbogen, die elektrische Ausrüstung wie Strom- und Signalleitungen, Sensoren und die Steuerung 17 durch Verkleidungsbauteile 15
5 abgedeckt und geschützt und daher von außen nicht einsehbar. Auch vom Transportband 7 sind in der Figur 1 nur ein Teil der Fahrtreppenstufen 29 des von Passagieren betretbaren Vorlaufs sichtbar.

Die Erfassungseinrichtung 200 ist in der Figur 2 noch detaillierter in dreidimensionaler
10 Ansicht dargestellt, wobei das Trittelement 36 und das Setzelement 37 der Fahrtreppenstufe 29 nur angedeutet ist, um die Anordnung der Elemente der Erfassungseinrichtung 200 in der Fahrtreppenstufe 29 besser zeigen zu können. Die Erfassungseinrichtung 200 umfasst im Wesentlichen ein Sensorelement 201, ein Signalverarbeitungs-, und Signalübertragungsmodul 203 ein Energieversorgungsmodul
15 205, eine Kennzeichnungseinrichtung 207 sowie ein Identifizierungs- und Empfängermodul 209.

Das Sensorelement 201 kann beispielsweise ein MPU-6050 Sensor sein, der in einem einzigen Chip einen dreiachsigen MEMS-Beschleunigungsmesser und einen MEMS-Kreisel beziehungsweise Gyroskop enthält. Dieser Chip misst wie dies schematisch
20 außerhalb der Fahrtreppenstufe 29 dargestellt ist, sehr genau Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ in allen drei Achsen x, y, z, da für jeden Kanal eine 16-Bit-Analog-Digital-Konvertierungs-Hardware vorhanden ist. Selbstverständlich sind auch andere Sensorelemente 201 oder mehrere Sensorelemente 201 verwendbar, die wie in der
25 Figur 2 angegeben, gesamthaft Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ in allen drei Achsen x, y, z erfassen und als Messdaten ausgeben können.

Das Energieversorgungsmodul 205 weist einen Energiespeicher 204 und eine berührungslose Energieübertragungseinrichtung 206 auf, die über eine Induktionsschleife
30 elektrische Energie überträgt und so den Energiespeicher 204 laden kann. Der Energiespeicher 204 kann ein Akkumulator, Kondensator oder dergleichen mehr sein.

Die Kennzeichnungseinrichtung 207 kann eine einfache Marke mit einem Matrixcode oder Barcode sein. Besonders vorteilhaft ist jedoch ein RFID-Tag, da dieser sehr robust

und funktionssicher ist. Es können sowohl passive, als auch aktive RFID-Tags verwendet werden, wobei der aktive RFID-Tag eine elektrische Verbindung zu einem Energiespeicher haben muss, beispielsweise zum Energiespeicher 204 der Erfassungseinrichtung 200. Es können alle Fahrtreppenstufen 29 des Transportbandes 7 mit einer Kennzeichnungseinrichtung 207 versehen sein, nicht nur die dargestellte
5 Fahrtreppenstufe 29 mit der Erfassungseinrichtung 200.

Das Identifizierungs- und Empfängermodul 209 ist in geeigneter Weise auf die Kennzeichnungseinrichtung 207 abgestimmt und identifiziert zum einen die
10 Fahrtreppenstufen 29, die gerade an ihr vorbeiziehen. Entsprechend wird eine Positionsinformation generiert, welche Fahrtreppenstufe 29 gerade im Erfassungsbereich des Identifizierungs- und Empfängermoduls 209 ist. Dadurch lassen sich die jeweiligen Messdaten der auftretenden Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ präzise derjenigen Stelle des Führungsweges 10 zuordnen, an dem sie aufgetreten
15 sind.

Wenn alle Fahrtreppenstufen 29 eine Kennzeichnungseinrichtung 207 aufweisen, kann das Identifizierungs- und Empfängermodul 209 auch als Fehlstufendetektor dienen, denn die Reihenfolge der Kennzeichnungseinrichtungen 207 kann ebenfalls im Identifizierungs- und Empfängermodul 209 abgespeichert sein. Wenn eine Fahrtreppenstufe 27 fehlt, wird
20 vom Identifizierungs- und Empfängermodul 209 augenblicklich ein Warnsignal an die Steuerung 17 der physischen Personentransportanlage 2 übermittelt und das physische Transportband 7 festgesetzt.

Zum anderen kann das Identifizierungs- und Empfängermodul 209 auch die von der Erfassungseinrichtung 200 ermittelten Messdaten der Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ empfangen, gegebenenfalls aufbereiten (beispielsweise gewisse betriebsbedingte Frequenzen ausfiltern) und an die Datenwolke 50 und/oder die
25 Steuerung 17 weiterleiten. Selbstverständlich kann das Identifizierungs- und Empfängermodul 209 auch in zwei voneinander getrennten Einheiten vorhanden sein.
30

Zum besseren Verständnis der Funktion der Erfassungsrichtung 200, ist auf der rechten Führungsschiene 26 der Kettenrolle 33 eine Ablagerung 300 dargestellt, über die die Kettenrolle 33 gerade rollt. Damit diese Ablagerung 300 besser erkennbar ist, ist ein

Stück der Führungsschiene 26 ausgebrochen dargestellt. Diese Ablagerung 300 kann festgepresster Schmutz sein, es kann aber auch ein in die physische Personentransportanlage 2 eingezogener Gegenstand wie beispielsweise eine Sandale oder ein Textillappen sein. Sobald die Kettenrolle 33 die Ablagerung 300 überrollt, hebt
5 sich diese Ecke der Fahrtreppenstufe 29. Zudem lenkt aufgrund des einseitigen Widerstandes der Ablagerung 300 die Fahrtreppenstufe 29 nach rechts aus, wenn sich diese in Fahrtrichtung L bewegt. Durch die Auslenkung prallt die Kettenrolle 33 an die Führungsflanke 24 der Führungsschiene 26 und wird von dieser zurückgeworfen. In der
10 Figur 3 ist dieses Ereignis ebenfalls aus den Messdaten für die Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ beim Zeitpunkt t_4 ersichtlich.

Die Figur 3 zeigt ein Diagramm der von der Erfassungseinrichtung 200 erfassten Messdaten beziehungsweise die Messwertverläufe, da die Messdaten über eine Zeitachse t aufgetragen sind. Oberhalb der Zeitachse t sind die Messdaten der
15 Beschleunigungen a_x , a_y , a_z für die entsprechenden Achsen x , y , z aufgetragen, unterhalb der Zeitachse t , die Messdaten der Lageänderungen α , β , γ oder noch präziser ausgedrückt, die Lageänderungswinkel um die jeweiligen Achse x , y , z .

Beim Zeitpunkt t_0 wird die Fahrtreppe gestartet, das heißt, dass das physische
20 Transportband 7 und damit die Fahrtreppenstufe 29 bis zum Erreichen der Nenngeschwindigkeit in der Fahrtrichtung L beschleunigt wird. Das Beschleunigen der Fahrtreppenstufe 29 schlägt sich sowohl in den Messdaten der x -Achse als auch in der z -Achse nieder, da sich die Fahrtreppenstufe 29 mit der Erfassungseinrichtung 200 im schrägen Teil des Führungsweges 10 befindet. Die Messdaten dieser Beschleunigungen
25 a_x , a_z nehmen daher bis zum Zeitpunkt t_1 zu und werden bis zum Zeitpunkt t_2 konstant beibehalten, wodurch das Transportband 7 gleichmäßig beschleunigt. Ab dem Zeitpunkt t_2 wird die Beschleunigung reduziert, da beim Zeitpunkt t_3 die Nenngeschwindigkeit des Transportbandes 7 erreicht ist. Während dieser Phase erfolgt keine wesentliche
30 Lageänderung.

Wenn zum Zeitpunkt t_4 die Kettenrolle 33 über die Ablagerung 300 rollt, ist dies als Peak
73 aus allen sechs Messwertverläufen ersichtlich. In der z -Achse nimmt die Beschleunigung a_z beim Aufrollen und Abrollen jeweils zu, so dass der Messwertverlauf
zwei „Kamelbuckel“ zeigt. Durch die Auslenkung und das Anprallen der

Fahrtreppenstufe 29 an der Führungsflanke 24 ist in der x-Achse ebenfalls ein zweimaliger Anstieg der entsprechenden Beschleunigung- Messdaten a_x erkennbar. In der y-Achse findet durch den Widerstand der Ablagerung 300 zuerst eine leichte Verzögerung mit anschließender Beschleunigung auf die Nenngeschwindigkeit statt.

5

Da die Kettenrolle 33 beim Überfahren der Ablagerung 300 zuerst angehoben und dann wieder auf das Führungsschienenenniveau abgesenkt wird, kippt die Fahrtreppenstufe 29 während des Überfahrens einerseits auf, was deutlich an den erfassten Messdaten erkennbar ist, die die Lageänderung α um die x-Achse repräsentieren. Andererseits findet auch eine Schiefstellung der Fahrtreppenstufe 29 statt, so dass bezüglich der y-Achse ebenfalls eine Lageänderung β feststellbar ist. Interessant ist auch der Verlauf der Messdaten zur Lageänderung γ um die z-Achse, die deutlich die Auslenkung der Fahrtreppenstufe 29 bis zum Anprallen der Kettenrolle 33 an der Führungsflanke 24 und das anschließende Rückstellen der Fahrtreppenstufe 29 infolge der Zugkraft an den Förderketten 31 auf den vorgesehene Führungsweg 10 der Kettenrolle 33 dokumentieren. Wie aber in der Figur 1 dargestellt, lassen sich mit den Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ auch statische und dynamische Simulationen durchführen.

Hierzu umfasst die Vorrichtung 1 gemäß der Figur 1 den Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 102, der nachfolgend der besseren Lesbarkeit wegen abgekürzt als ADDD 102 bezeichnet wird. Der ADDD 102 ist ein möglichst umfassendes, dem aktuellen physischen Zustand der physische Personentransportanlage 2 nachgeführtes virtuelles Abbild und stellt daher eine der physischen Personentransportanlage 2 zugeordnete, virtuelle Personentransportanlage dar. Das heißt, dass der ADDD 102 nicht nur ein virtuelles Hüllenmodell der physischen Personentransportanlage 2 ist, welches in etwa dessen Abmaße repräsentiert, sondern es ist jedes einzelne physische Bauteil vom Handlauf 11 bis zur letzten Schraube mit möglichst allen seinen charakterisierenden Eigenschaften auch in digitalisierter Form im ADDD 102 vorhanden und abgebildet.

Die charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen können geometrische Abmessungen der Bauteile wie beispielsweise eine Länge, eine Breite, eine Höhe, ein Querschnitt, Radien, Verrundungen, etc. sein. Auch die Oberflächenbeschaffenheit der Bauteile wie beispielsweise Rauigkeiten, Texturen, Beschichtungen, Farben, Reflektivitäten, etc. gehören zu den charakterisierenden Eigenschaften. Ferner können auch Materialwerte

wie beispielsweise das Elastizitätsmodul, der Biegegechselfestigkeitswert, die Härte, der Kerbschlagzähigkeitswert, der Zugfestigkeitswert, und/oder Freiheitsgrade, die mögliche Relativbewegungen eines Bauteils zu benachbarten Bauteilen beschreiben, etc. als charakterisierende Eigenschaften des jeweiligen Bauteils hinterlegt sein. Es handelt sich
5 hierbei nicht um theoretische Eigenschaften (Soll-Daten), wie sie beispielsweise auf einer Fertigungszeichnung zu finden sind, sondern um tatsächlich am physischen Bauteil ermittelte charakterisierende Eigenschaften (Ist-Daten). Auch montagerelevante Angaben wie beispielsweise das tatsächlich aufgebrachte Anzugsdrehmoment einer Schraube und damit deren Vorspannkraft sind vorzugsweise dem jeweiligen Bauteil zugeordnet.

10

Die Vorrichtung 1 kann beispielsweise ein oder mehrere Computersysteme 111 umfassen. Insbesondere kann die Vorrichtung 1 ein Computernetzwerk umfassen, welches Daten in Form einer Datenwolke 50 (Cloud) speichert und verarbeitet. Die Vorrichtung 1 kann hierfür über einen Speicher, oder wie symbolisch dargestellt, über Speicherressourcen in
15 der Datenwolke 50 verfügen, in dem die Daten des ADDD 102 (symbolisch als dreidimensionales Abbild der physischen Personentransportanlage 2 dargestellt) gespeichert werden können, beispielsweise in elektronischer oder magnetischer Form. Das bedeutet, dass der ADDD 102 an einem beliebigen Speicherort abgespeichert sein kann.

20

Die Vorrichtung 1 kann ferner über Datenverarbeitungsmöglichkeiten verfügen. Beispielsweise kann die Vorrichtung 1 einen Prozessor aufweisen, mithilfe dessen Daten des ADDD 102 verarbeitet werden können. Die Vorrichtung 1 kann ferner über Schnittstellen 53, 54 verfügen, über die Daten in die Vorrichtung 1 eingegeben und/oder
25 aus der Vorrichtung 1 ausgegeben werden können. Insbesondere kann die Vorrichtung 1 interne Schnittstellen 51, 52 aufweisen, wobei die Schnittstelle 51 zwischen dem ADDD 102 und der physischen Personentransportanlage 2 eine Kommunikation zur Erfassungseinrichtung 200 ermöglicht, die an oder in der Personentransportanlage 2 angeordnet ist und mit deren Hilfe Lageänderungen α , β , γ und Beschleunigungen a_x , a_y ,
30 a_z mindestens einer Fahrtreppenstufe 29 gemessen und ermittelt werden können.

Die Vorrichtung 1 kann prinzipiell gesamthaft in der physischen Personentransportanlage 2, verwirklicht sein, wobei deren ADDD 102 beispielsweise in deren Steuerung 17 gespeichert ist und dessen Daten durch die Steuerung 17 verarbeitet werden kann.

Vorzugsweise ist der ADDD 102 der Vorrichtung 1 jedoch nicht in der physischen Personentransportanlage 2 gespeichert, sondern entfernt zu dieser, beispielsweise in einem entfernten Kontrollzentrum, von dem aus der Zustand der physischen Personentransportanlage 2 überwacht werden soll oder in der von überall her
5 beispielsweise über eine Internetverbindung erreichbaren Datenwolke 50. Die Vorrichtung 1 kann auch räumlich verteilt implementiert sein, beispielsweise wenn Daten des ADDD 102 über mehrere Computer verteilt in der Datenwolke 50 verarbeitet werden.

Insbesondere kann die Vorrichtung 1 programmierbar sein, das heißt durch ein geeignet
10 programmiertes, den ADDD 102 umfassendes Computerprogrammprodukt 101 kann diese dazu veranlasst werden, das erfindungsgemäße Verfahren 100 auszuführen oder zu steuern. Das Computerprogrammprodukt 101 kann Anweisungen oder Code enthalten, welche beispielsweise einen Prozessor der Vorrichtung 1 dazu veranlassen, gemäß dem implementierten Verfahren 100 Daten des ADDD 102 abzuspeichern, auszulesen, zu
15 verarbeiten, zu modifizieren, etc. Das Computerprogrammprodukt 101 kann in einer beliebigen Computersprache verfasst sein.

Das Computerprogrammprodukt 101 kann auf einem beliebigen computerlesbaren Medium gespeichert sein, beispielsweise einem Flash-Speicher, einer CD, einer DVD,
20 RAM, ROM, PROM, EPROM, etc. Das Computerprogrammprodukt 101 und/oder die damit zu verarbeitenden Daten können auch auf einem Server oder mehreren Servern gespeichert sein, beispielsweise in der Datenwolke 50, von wo aus sie über ein Netz, beispielsweise das Internet, heruntergeladen werden können.

Aufgrund der im ADDD 102 vorhandenen Daten, lässt sich dieser beziehungsweise lassen sich dessen virtuellen Bauteile durch ein Ausführen des
25 Computerprogrammproduktes 101 in einem Computersystem 111 aufrufen und als eine dreidimensionale, virtuelle Personentransportanlage darstellen. Diese kann virtuell mittels Zoomfunktionen und Bewegungsfunktionen „durchwandert“ und erkundet werden.
30 Hierbei sind auch Bewegungsabläufe, Kollisionssimulationen, statische und dynamische Festigkeitsanalysen unter Zuhilfenahme der Finiten-Elemente-Methode und interaktive Abfragen zu aktuellen charakterisierenden Eigenschaften einzelner virtueller Bauteile und Bauteilgruppen möglich. Das heißt, dass beispielsweise aus dem ADDD 102 das virtuelle umlaufend angeordnete Transportband 107, welches das Pendant des physischen

Transportbandes 7 darstellt, ausgewählt werden kann. Mit diesem lassen sich Simulationen durchführen, wobei bei den Simulationen die von der Erfassungseinrichtung 200 erfassten Messdaten zu Lageänderungen α , β , γ und Beschleunigungen a_x , a_y , a_z auf die entsprechende virtuelle Fahrtreppenstufe 129 des virtuellen Transportbandes 107 übertragen werden.

Mit anderen Worten können diese Simulationen automatisiert durch das im Computerprogrammprodukt 101 implementierte Verfahren 100 initialisiert werden. Sie können aber auch von „Außen“ das heißt über eine Eingabe zum Beispiel über die als Tastatur dargestellte Schnittstelle 53 des Computersystems 111 initialisiert werden. Die Übertragung der Messdaten erfolgt über die Schnittstelle 51 zwischen der physischen Personentransportanlage 2 und dem ADDD 102 beziehungsweise dem laufenden Computerprogramm (Verfahren 100) des Computerprogrammproduktes 101. Hierbei werden die Messdaten der Erfassungseinrichtung 200 (siehe auch Figuren 2 und 3) abgefragt und die Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ gemäß den Zuordnungsinformationen des Identifizierungs- und Empfängermoduls 209 auf die Bewegungen der entsprechenden Bauteilmodell-Datensätze beziehungsweise der entsprechenden virtuellen Fahrtreppenstufen 129 übertragen. Die Messdaten beziehungsweise ganze Messdatenverläufe können in einem Logfile 104 abgelegt werden. Um diese Einträge historisch zu ordnen, können sie mit einer Zeitinformation 103 im Logfile 104 abgespeichert werden.

Wie in der Figur 1 schematisch dargestellt, kann ein Benutzer, beispielsweise ein Techniker, eine Abfrage über den Zustand der physischen Personentransportanlage 2 tätigen, indem er über das Computersystem 111 das Computerprogramm 100 des Computerprogrammproduktes 101 startet beziehungsweise darauf zugreift. Das Computersystem 111 kann fester Bestandteil der Vorrichtung 1 sein, es kann aber auch nur eine temporäre Zugehörigkeit annehmen, während mit ihm über die Schnittstelle 52 auf Daten des ADDD 102 zugegriffen wird.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Figur 1 wurde aufgrund von automatisch generierten Meldungen und Warnhinweisen ein Techniker auf Probleme im Bereich der oberen Ebene E2 aufmerksam gemacht. Da das physische Transportband 7 schon einige Zeit läuft, ist durch einen automatisiert durchgeführten, periodischen Vergleich der

Messwerte der Erfassungseinrichtung 200 dieser Bereich aufgefallen, da die Messwerte der Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ wie in der Figur 3 zum Zeitpunkt t_4 dargestellt, deutlich von den sonst an dieser Stelle des Führungsweges 10 zu erwartenden Messwerten abweichen, wie sie beispielsweise nach dem Zeitpunkt t_3 vorhanden sind. Diese sich von den ursprünglichen, bei der Inbetriebnahme erfassten Messwerten abhebenden Peaks 73 eignen sich somit hervorragend, um automatisiert überwacht zu werden.

Um den Warnhinweisen nachzugehen, hat der Techniker über Zoomfunktionen einen Bereich 60 des ADDD 102 ausgewählt. Hierbei kann auf dem als Datenausgabe dienenden Bildschirm 54 eine kleine Navigationsgrafik 55 dargestellt sein, auf der mittels eines Pointers 56 der ausgewählte Bereich 60 angezeigt wird. Beim ausgewählten Bereich 60 handelt es sich um den in der Ebene E2 vorhandenen, virtuellen Zutrittsbereich, bei welchem die virtuellen Fahrtreppenstufen 129 unter die dort angeordnete, virtuelle Kammplatte 132 einlaufen. Aufgrund des gezoomten Bereiches 60 sind lediglich die virtuellen Führungsschienen 126, 128, die virtuelle Kammplatte 132 sowie zwei virtuelle Fahrtreppenstufen 129 des Transportbandes 107 zu sehen.

Mittels dynamischer Simulationen am ADDD 102 können die Auswirkungen der abweichenden Messdaten beurteilt werden, indem beispielsweise der virtuelle Führungsweg 310 dahingehend modifiziert wird, dass eine über diesen Führungsweg 310 fahrende, virtuelle Fahrtreppenstufe 129 dieselben Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ erfährt, wie die physische Fahrtreppenstufe 29. Konkret wird der virtuelle Führungsweg 310 nachmodelliert, indem beispielsweise der virtuellen Führungsschiene 126 eine virtuelle Ablagerung 330 an der richtigen Stelle hinzugefügt wird. Durch die im Logfile 104 hinterlegte Messwerthistorie kann auch simuliert werden, ob die virtuelle Ablagerung 330 zur virtuellen Kammplatte 132 hin, wandert. Bei diesen Simulationen heben und senken sich die virtuellen Fahrtreppenstufen 129 in orthogonaler Richtung zur Fahrtrichtung L, wenn die virtuellen Kettenrollen 127 über die Ablagerung 330 fahren. Wenn sich die virtuelle Ablagerung 330 hin zur virtuellen Kammplatte 132 bewegt, kann die führende Kante 122 der virtuellen Fahrtreppenstufe 129 mit der virtuellen Kammplatte 132 kollidieren. Dasselbe ist logischerweise auch bei der physischen Personentransportanlage 2 zu befürchten, weshalb auf Basis der vorangehend

beschriebenen Simulationsergebnisse eine Wartung der physischen Personentransportanlage 2 eingeleitet werden sollte.

5 Es ist auch möglich, dass die Ablagerung von den überfahrenden Kettenrollen weggewalzt wird und daher die Messwerte der Erfassungseinrichtung immer kleiner werden, so dass der Techniker aus den Simulationen am ADDD 102 erkennt, dass sich das Problem von alleine löst und kein Wartungseingriff erforderlich ist.

10 Wenn sich die Ablagerung in Richtung der Kammlatte bewegt, kann durch eine geeignete Simulationsextrapolation auf Basis der Messwerthistorie der Zeitpunkt eines möglichen Schadensereignisses ermittelt und präventive Wartungsarbeiten vor diesem Zeitpunkt geplant und durchgeführt werden. Um die dabei anfallende Datenmenge zu begrenzen, kann eine rückverfolgbare Historie auch auf ein Zeitfenster beschränkt sein, wobei die bei der Inbetriebnahme aufgezeichneten Messdaten als Referenzwerte erhalten
15 bleiben müssen.

Nach einer Wartung ist logischerweise die Ablagerung 300 nicht mehr vorhanden, so dass die Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ an dieser Stelle des Führungsweges 10 wieder annähernd denjenigen Messwerten entsprechen, die von der
20 Erfassungseinrichtung 200 bei der Inbetriebnahme der physischen Fahrttreppe 2 erfasst wurden. Den nunmehr aktuellen Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ entsprechend, wird der virtuelle Führungsweg 310 wieder nachmodelliert beziehungsweise der ADDD 102 entsprechend aktualisiert.

25 Aus Gründen der Fertigungstoleranzen der Bauteile und durch die bei der Herstellung und/oder bei der Inbetriebnahme und/oder bei einer vorangehenden Wartung gemachten Einstellungen weist nicht jede physische Personentransportanlage 2 die genau gleichen geometrischen Verhältnisse bezüglich der Bauteile und deren Einbaulage auf. Genaugenommen ist jede physische Personentransportanlage in der Gesamtheit der
30 charakterisierenden Eigenschaften ihrer Bauteile einzigartig und dementsprechend unterscheiden sich auch alle ADDD 102 (wenn auch nur geringfügig) voneinander. Im beispielhaft ausgewählten Bereich 60 führt dies dazu, dass eine bestimmte, durch die Erfassungseinrichtung 200 erfasste Lageänderung bei der einen physischen Personentransportanlage 2 bereits zu einer Kollision von Fahrttreppe 29 und

Kammplatte führen kann, während bei einer anderen physischen Personentransportanlage 2 gleicher Auslegung noch lange keine Gefahr einer Kollision besteht. Anhand dieses Beispiels ist leicht erkennbar, dass aufgrund der Analysemöglichkeiten, die der ADDD 102 mit seinen virtuellen Bauteilen bietet, für jedes physische Bauteil einer Personentransportanlage 2 dessen Weiterverwendung, dessen Einjustierung in seinem Umfeld oder dessen Ersatz unter Verwendung des ADDD 102 ermittelt und entsprechende Wartungsarbeiten geplant werden können.

Die Figur 4 veranschaulicht anhand eines mit zusätzlichen Informationen versehenen Diagramms die wichtigsten Verfahrensschritte des erfindungsgemässen Verfahrens 100 (markiert mittels unterbrochener Linie) bei der Erstellung eines ADDD 102, die Produktion einer physischen Personentransportanlage 2 im Rahmen dieser Erstellung sowie die Inbetriebnahme der physischen Personentransportanlage 2 und die Aktualisierung des ADDD 102 aufgrund der erfassten Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ . Die hauptsächlichen Verfahrensschritte des Verfahrens 100 sind gegliedert in:

- im ersten Verfahrensschritt 110 eine Erfassung der kundenspezifischen Konfigurationsdaten 113;
 - im zweiten Verfahrensschritt 120 eine Erstellung eines Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes unter Einbeziehung von Bauteilmodell-Datensätzen und den kundenspezifischen Konfigurationsdaten 113;
 - im dritten Verfahrensschritt 130 eine Überführung des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes in einen Fertigungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz;
 - im vierten Verfahrensschritt 140 eine Fertigung der physischen Personentransportanlage 2 anhand des Fertigungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes; sowie
 - im fünften Verfahrensschritt 150 eine Installation der physischen Personentransportanlage 2 in einem Bauwerk 5 und die Aktualisierung des Fertigungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes zum ADDD 102.
- Sämtliche Datenverarbeitung und die Datenspeicherung sowie die schrittweise Erstellung des ADDD 102 erfolgt hierbei beispielhaft über die Datenwolke 50.

Die Ausgangslage 99 zur Ausführung des erfindungsgemässen Verfahrens 100 kann eine Planung und spätere Erstellung oder ein Umbau eines Bauwerkes 5 wie beispielsweise eines Shoppingcenters, eines Flughafengebäudes, einer U-Bahnstation und dergleichen mehr sein. Hierbei ist gegebenenfalls auch eine als Fahrtreppe oder Fahrsteig
5 ausgestaltete Personentransportanlage 2 vorgesehen. Aufgrund des Einsatzprofils und den Einbauverhältnissen wird die gewünschte Personentransportanlage 2 konfiguriert.

Dazu kann beispielsweise ein Internetbasiertes Konfigurierungsprogramm zur Verfügung stehen, welches dauerhaft oder temporär in einem Computersystem 111 installiert ist.
10 Mittels verschiedener Eingabemasken 112 werden kundenspezifische Konfigurierungsdaten 113 abgefragt und in einem Logfile 104 unter einer Identifizierungsnummer gespeichert. Das Logfile 104 kann beispielsweise in der Datenwolke 50 gespeichert werden. Optional kann dem Architekten des Bauwerkes 5 anhand seiner kundenspezifischen Konfigurierungsdaten 113 ein digitales Hüllenmodell
15 zur Verfügung gestellt werden, welches er zwecks Visualisierung des geplanten Gebäudes in sein digitales Gebäudemodell einfügen kann. Als kundenspezifische Konfigurierungsdaten 113 werden beispielsweise Koordinaten des vorgesehenen Einbauraumes, die erforderliche maximale Förderleistung, Förderhöhe, Einsatzumfeld, etc. abgefragt.

20 Wenn der Architekt mit der durch ihn konfigurierten Personentransportanlage 2 zufrieden ist, kann er diese unter Angabe der kundenspezifischen Konfigurierungsdaten 113, beispielsweise durch einen Hinweis auf die Identifizierungsnummer oder den Identifizierungscode des Logfiles 104, beim Hersteller in Auftrag geben.

25 Bei einem Bestellungseingang, dargestellt durch den zweiten Verfahrensschritt 120, der auf ein Logfile 104 referenziert wird, wird zunächst ein Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 121 erstellt, der eine Soll-Konfiguration angibt. Beim Erstellen des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes 121 werden Bauteilmodell-Datensätze 114, 115, ..., NN
30 verwendet, die für eine Fertigung der physischen Bauteile vorgesehen sind. Das heißt, dass für jedes physische Bauteil ein Bauteilmodell-Datensatz 114, 115, ..., NN beispielsweise in der Datenwolke 50 abgespeichert ist, der alle charakterisierenden Eigenschaften (Abmaße, Toleranzen, Werkstoffeigenschaften, Oberflächengüte,

Schnittstelleninformationen zu weiteren Bauteilmodell-Datensätzen, Freiheitsgrade, etc.) dieses Bauteils in einer Soll-Konfiguration enthält.

5 Mittels der kundenspezifischen Konfigurationsdaten 113 werden nun die zur Erstellung des Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 121 erforderlichen Bauteilmodell-Datensätze 114, 115, ..., NN anhand logischer Verknüpfungen automatisiert ausgewählt sowie deren Anzahl und Anordnung im dreidimensionalen Raum bestimmt. Anschließend werden diese Bauteilmodell-Datensätze 114, 115, ..., NN mittels ihrer Schnittstelleninformationen zu einem entsprechenden Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 10 121 der Personentransportanlage 2 vereinigt. Hierbei ist es offensichtlich, dass eine Fahrtreppe oder ein Fahrsteig aus einigen tausend Einzelteilen besteht (repräsentiert durch die Bezugszeichen ..., NN) und dementsprechend ebenso viele Bauteilmodell-Datensätze 114, 115, ..., NN zur Erstellung eines Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 121 herangezogen und verarbeitet werden müssen. Der Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 15 121 weist für alle herzustellenden beziehungsweise zu beschaffenden physischen Bauteile Soll-Daten auf, welche charakterisierende Eigenschaften der zum Bau erforderlichen Bauteile der Personentransportanlage 2 in einer Soll-Konfiguration wiedergeben. Der Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 121 kann wie durch den Pfeil 161 dargestellt, in der Datenwolke 50 abgespeichert werden und bildet gewissermaßen auch die Ausgangsbasis 20 des ADDD 102.

Im dritten Verfahrensschritt 130 wird durch ein Ergänzen des digitalen, dreidimensionalen Doppelgänger-Datensatzes 121 mit produktionsspezifischen Daten 136 hernach der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 135 erzeugt, der 25 alle für die Produktion der kommissionierten Personentransportanlage 2 erforderlichen Fertigungsdaten enthält. Solche produktionsspezifischen Daten 136 können beispielsweise den Produktionsstandort, den an diesem Produktionsstandort verwendbaren Werkstoff, die zur Produktion des physischen Bauteiles eingesetzten Fertigungsmittel, Durchlaufzeiten und dergleichen mehr enthalten. Dieser 30 Ergänzungsschritt wird, wie durch den Pfeil 162 dargestellt, am noch im Aufbau befindlichen ADDD 102 vollzogen.

Der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 135 kann gemäß dem vierten Verfahrensschritt 140 anschließend in den Fertigungsanlagen 142 des

Herstellerwerkes (hierfür stellvertretend die Abbildung einer Schweißlehre für ein Tragwerk 19) verwendet werden, um die Produktion der physischen Bauteile (hierfür stellvertretend die Abbildung eines Tragwerks 19) der physischen Personentransportanlage 2 zu ermöglichen. Im Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 135 sind ebenfalls die Montageschritte zur physischen Personentransportanlage 2 definiert. Bei und nach der Fertigung der physischen Bauteile sowie beim Zusammenbau der daraus entstehenden, physischen Personentransportanlage 2 werden zumindest ein Teil der charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen und montierten Baugruppen beispielsweise durch Vermessen und zerstörungsfreie Prüfverfahren erfasst und diese den entsprechenden virtuellen Bauteilen zugeordnet, in den noch unfertigen ADDD 102 übertragen. Hierbei ersetzen als charakterisierende Eigenschaften die an den physischen Bauteilen gemessenen IST-Daten die zugeordneten Soll-Daten des Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes 135. Mit dieser durch den Pfeil 163 dargestellten Übertragung wandelt sich mit fortlaufendem Produktionsfortschritt der Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 135 immer mehr hin zum ADDD 102. Dieser ist jedoch immer noch nicht ganz komplett, sondern bildet zuerst einen sogenannte Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz.

Nach ihrer Fertigstellung kann die physische Personentransportanlage 2 wie im fünften Verfahrensschritt 150 dargestellt, in das nach den Plänen des Architekten erstellte Bauwerk 5 eingebaut werden. Da beim Einbau gewisse Einstellarbeiten ausgeführt werden müssen und schon bei der ersten Inbetriebnahme Betriebsdaten entstehen (beispielsweise auch die von der Erfassungseinrichtung 200 erfassten Beschleunigungen a_x , a_y , a_z und Lageänderungen α , β , γ entlang des Führungsweges 10), werden auch diese Daten auf den Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz übertragen und in charakterisierende Eigenschaften der davon betroffenen virtuellen Bauteile umgerechnet. Mit dieser durch den strichpunktierten Pfeil 164 dargestellten Aktualisierung wandelt sich der Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz in den ADDD 102, der ebenso wie die physische Personentransportanlage 2 die volle Einsatzbereitschaft erreicht. Ab diesem Zeitpunkt kann der ADDD 102 jederzeit in das Computersystem 111 geladen und zur detaillierten Analyse des Zustandes der physischen Personentransportanlage 2 eingesetzt werden.

Der fünfte Verfahrensschritt 150 bildet jedoch nicht einen eigentlichen Abschluss des erfindungsgemäßen Verfahrens 100, da der ADDD 102 während seiner Lebensdauer immer wieder aktualisiert wird. Dieser Abschluss erfolgt erst mit dem Lebensdauerende der physischen Personentransportanlage 2, wobei hier ein letztes Mal die Daten des
5 ADDD 102 nutzbringend für den Entsorgungsvorgang der physischen Bauteile eingesetzt werden können.

Der ADDD 102 wird wie weiter oben ausführlich beschrieben und durch den strichpunktierten Pfeil 164 symbolisiert, während der gesamten Lebensdauer der
10 Personentransportanlage 2 kontinuierlich und/oder periodisch durch die Übertragung von Messdaten aktualisiert. Diese Messdaten können wie bereits erwähnt, sowohl von der Erfassungseinrichtung 200, als auch durch eine Eingabe beispielsweise durch das Wartungspersonal erfasst und auf den ADDD 102 übertragen werden. Selbstverständlich lässt sich der ADDD 102 zusammen mit den zur Arbeit mit dem ADDD102
15 erforderlichen Programmanweisungen 166 auf einem beliebigen Speichermedium als Computerprogrammprodukt 101 speichern.

Obwohl die vorliegende Erfindung in den Figuren 1 bis 4 am Beispiel einer Fahrtreppe ausführlich beschrieben wurde, ist es offensichtlich, dass die beschriebenen
20 Verfahrensschritte und eine entsprechende Vorrichtung gleichermaßen auch für Fahrsteige Anwendung finden. 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
25 Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

30

Patentansprüche

1. Verfahren (100) zum Überwachen eines Zustands einer physischen Personentransportanlage (2) unter Verwendung eines Aktualisierter-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes ADDD (102), welcher charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der physischen Personentransportanlage (2) in maschinen-verarbeitbarer Weise umfasst, wobei
- der ADDD (102) aus Bauteilmodell-Datensätzen (114 – NN) aufgebaut ist, die Daten umfassen, welche durch Messen charakterisierender Eigenschaften an der physischen Personentransportanlage (2) nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk (5) ermittelt wurden;
 - die physische Personentransportanlage (2) zudem ein umlaufend angeordnetes Transportband (7) umfasst, welches zumindest eine Fahrtreppenstufe (29) oder Palette mit einer Erfassungseinrichtung (200) aufweist, durch die Beschleunigungen (a_x , a_y , a_z) und Lageänderungen (α , β , γ) in allen drei Achsen (x , y , z) während des Betriebes erfasst und als Messdaten ausgegeben werden können;
- diese Messdaten auf den ADDD (102) übertragen werden und durch dynamische Simulationen mittels des ADDD (102) aus den Messdaten sich ergebende Kräfte, Impulse und Schwingungen, die auf die den physischen Bauteilen entsprechenden, virtuellen Bauteile (129) des virtuellen Transportbandes (107) sowie auf die mit dem virtuellen Transportband (107) in Interaktion stehenden virtuellen Bauteile (126, 128) wirken, ermittelt und beurteilt werden.
2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, wobei die von der Erfassungseinrichtung (200) übermittelten Messdaten der Beschleunigungen (a_x , a_y , a_z) und Lageänderungen (α , β , γ) mit einer Zeitinformation (103) in einem Logfile (104) abgespeichert werden.
3. Verfahren (100) nach Anspruch 2 wobei mittels der im Logfile (104) gespeicherten Messdaten der Beschleunigungen (a_x , a_y , a_z) und Lageänderungen (α , β , γ) sowie von im Logfile (104) gespeicherten Betriebsdaten mittels stochastischer Methoden ein Veränderungstrend der Messdaten ermittelt wird.

4. Verfahren (100) nach Anspruch 3, wobei das Überwachen des Zustandes der physischen Personentransportanlage (2) ein Simulieren zukünftiger charakterisierender Eigenschaften der physischen Personentransportanlage (2) unter Verwendung des ADDD (102) und basierend auf den Veränderungstrends der Beschleunigungen (a_x , a_y , a_z) und Lageänderungen (α , β , γ), umfasst.
- 5
5. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die von der Erfassungseinrichtung (200) erfassten Beschleunigungen (a_x , a_y , a_z) und Lageänderungen (α , β , γ) auf periodisch auftretende Peaks (73) untersucht werden und beim Auftreten von Peaks (37) diese einer Stelle des Führungsweges (10) des physischen Transportbandes (7) beziehungsweise nach der Übertragung der Messdaten auf den ADDD (102), einer Stelle des virtuellen Führungsweges (310) zugeordnet werden.
- 10
6. Verfahren (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend ein Erstellen des ADDD (102); wobei das Erstellen des ADDD (102) umfasst:
- 15
- Erstellen eines Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes (135) mit Soll-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der Personentransportanlage (2) in einer Soll-Konfiguration wiedergeben;
 - 20 • Erstellen eines Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes basierend auf dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz (135) durch Messen von Ist-Daten, welche charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der physischen Personentransportanlage (2) in der tatsächlichen Konfiguration der Personentransportanlage (2) direkt nach deren Zusammenbau und Installation in einem Bauwerk (5) wiedergeben und Ersetzen von Soll-Daten in dem Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz (135) durch entsprechende Ist-Daten; und
 - 25 • Erstellen des ADDD (102) basierend auf dem Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatz durch Aktualisieren des Fertigstellungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes während des Betriebs der physischen Personentransportanlage (2) unter Berücksichtigung der durch die Erfassungseinrichtung (200) erfassten Beschleunigungen (a_x , a_y , a_z) und Lageänderungen (α , β , γ).
 - 30

7. Verfahren (100) nach Anspruch 6, wobei das Erstellen des
Kommissionierungs-Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes (135) ein Erstellen eines
Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes (121) aus Bauteilmodell-Datensätzen (114, ..., NN)
unter Berücksichtigung von kundenspezifischen Konfigurationsdaten (113), sowie ein
5 Erstellen von Fertigungsdaten durch Modifizieren des Digitaler-Doppelgänger-
Datensatzes (121) unter Berücksichtigung von produktionsspezifischen Daten (136),
umfasst.
8. Vorrichtung (1) zum Überwachen eines Zustands einer physischen
10 Personentransportanlage (2), umfassend:
- einen aus Bauteilmodell-Datensätzen (114 – NN) aufgebauter ADDD (102),
welcher charakterisierende Eigenschaften von Bauteilen der physischen
Personentransportanlage (2) in einer tatsächlichen Konfiguration der physischen
Personentransportanlage (2) nach deren Zusammenbau und Installation in einem
15 Bauwerk (5) in maschinen-verarbeitbarer Weise wiedergibt; sowie
 - mindestens eine Erfassungseinrichtung (200), mit einem 3-achsigen
Sensorelement (201) aufweisend einen Beschleunigungssensor und ein
Gyroskop, durch welches Beschleunigungen (a_x , a_y , a_z) und Lageänderungen
(α , β , γ) einer physischen Fahrtreppenstufe (29) oder Palette eines physischen
20 Transportbandes (7) einer physischen Personentransportanlage (2) in allen drei
Achsen (x, y, z) entlang ihres Führungsweges (10) während des Betriebes als
Messdaten erfassbar sind;
- wobei diese Messdaten auf den ADDD (102) übertragbar sind und daraus sich ergebende
Kräfte, Impulse und Schwingungen auf die den physischen Bauteilen entsprechenden
25 virtuellen Bauteile des virtuellen Transportbandes (107) und auf die mit diesen virtuellen
Bauteilen in Interaktion stehenden virtuellen Bauteile mittels des ADDD (102) durch
dynamische Simulationen ermittelbar und beurteilbar sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei für mindestens eine der physischen
30 Fahrtreppenstufen (29) oder Paletten einer physischen Personentransportanlage (2) eine
Erfassungseinrichtung (200) vorgesehen ist und jede physische Fahrtreppenstufe (29)
oder Palette des Transportbandes (7) der physischen Personentransportanlage (2) eine
Kennzeichnung (207) aufweist, und die Erfassungseinrichtung (200) ferner ein
Identifizierungs- und Empfängermodul (209) zur Erfassung der Kennzeichnungen (207)

umfasst, wobei das Identifizierungs- und Empfängermodul (207) ortsfest in der physischen Personentransportanlage (2) angeordnet ist.

5 10. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei für jede physische Fahrtreppenstufe (29) oder Palette einer physischen Personentransportanlage (2) eine Erfassungseinrichtung (200) vorgesehen ist.

10 11. Physische Personentransportanlage (2), umfassend eine Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10.

12. Computerprogrammprodukt (101), umfassend maschinenlesbare Programmanweisungen (166), welche bei Ausführung auf einer programmierbaren Vorrichtung (50, 111) die Vorrichtung (50, 111) zum Durchführen oder Steuern eines Verfahrens (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 veranlassen.

15 13. Computerlesbares Medium mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt (101) gemäß Anspruch 12.