

Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung für eine Personentransportanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft eine kontinuierlich fördernde, begehbare Personentransportanlage, die als Fahrtreppe oder Fahrsteig ausgebildet ist.

5

Fahrtreppen und Fahrsteige dienen dazu, Passagiere auf Tritteinheiten wie Trittstufen oder Paletten stehend, innerhalb von Gebäuden oder Bauwerken zu befördern.

10 Eine Fahrtreppe beziehungsweise ein Fahrsteig weist beidseitig je einen bewegten Handlauf auf. Diese dienen dazu, dass sich Passagiere an einem der Handläufe der Fahrtreppe oder des Fahrsteigs festhalten können, um im Gleichgewicht zu bleiben und nicht zu stürzen. Beispielsweise kann ein Passagier aus dem Gleichgewicht geraten, wenn er einen unerwarteten Stoß von einem anderen Passagier bekommt oder die Fahrtreppe oder der Fahrsteig abrupt stoppt. Auch die bei Fahrtreppen vorhandenen Übergänge
15 zwischen den horizontalen Fahrabschnitten der Einstiegs- und Ausstiegsbereiche und dem dazwischenliegenden, schrägen Fahrabschnitt bergen eine gewisse Sturzgefahr, wenn sich die Stufen vertikal zueinander verschieben und der Passagier auf der oberen Stufe seine Fußspitzen nur knapp am Stufenrand platziert hat.

20 Allerdings muss sichergestellt sein, dass sich der Handlauf möglichst synchron mit dem Stufenband oder Palettenband bewegt. Da die Handläufe beziehungsweise Handlaufriemen meistens durch einen Friktionsantrieb angetrieben werden, muss der Handlauf ausreichend gegen das Friktionsrad vorgespannt sein, so dass die Reibkraft zwischen dem Handlauf und dem Friktionsrad des Handlaufantriebes ausreichend hoch
25 ist, um einen Schlupf zwischen diesen beiden Reibpartnern zu verhindern.

Um den Handlauf zu spannen, wird in der JP2008063056 A beispielsweise eine Handlauf-Spannvorrichtung mit einem Spannelement beschrieben. Aufgrund von Verschleisserscheinungen und Setzerscheinungen sowie der ständigen Biegewechsel
30 während des Betriebes wird der Handlauf länger und muss daher von Zeit zu Zeit nachgespannt werden. Um den Zeitpunkt des Nachspannens zu detektieren, ist bei dieser Handlauf-Spannvorrichtung ein Taster eingebaut, der die Endposition des Spannelementes abtastet und ein Signal an die Steuerung der Personentransportanlage abgibt, sobald diese erreicht ist und der Handlauf nachgespannt werden muss. Das

Problem dieser Vorrichtung besteht darin, dass der Zeitpunkt des Nachspannens erst dann angezeigt wird, wenn dies erforderlich ist, nicht aber eine Vorhersage über einen wahrscheinlichen Wartungstermin gemacht werden kann.

5 Zudem darf die Handlauf-Vorspannkraft auch nicht zu hoch sein, da sonst der Handlauf zu stark gegen die Führungsrollen und Führungsprofile, mit denen er umlaufend geführt ist, gepresst wird und dadurch der Energiebedarf zum Bewegen des Handlaufs sowie der damit einhergehende Verschleiss an diesen Teilen zu hoch ist. Eine zu starke Handlauf-Vorspannung ist mit diesem Taster ebenfalls nicht erkennbar.

10

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, eine präzise und aussagekräftigere Ermittlung der bestehenden Handlauf-Vorspannkraft zu erreichen.

15

Diese Aufgabe wird durch eine Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung für eine als Fahrsteig oder Fahrtreppe ausgestaltete Personentransportanlage gelöst. Hierzu weist die Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung zumindest einen Distanzsensord und eine Signalverarbeitungseinheit auf. Die vom Distanzsensord erfassten Messsignale können in der Signalverarbeitungseinheit verarbeitet und ausgewertet werden, wobei in der Signalverarbeitungseinheit aus dem Signalverlauf der Messsignale die

20 Schwingfrequenz eines abgetasteten Handlaufs der Personentransportanlage ermittelbar ist. Die ermittelte Schwingfrequenz kann zumindest mit einem unteren Schwellwert verglichen werden, wobei bei einer Unterschreitung des unteren Schwellwertes ein Alarmsignal generiert wird.

25

Mit anderen Worten wird in Analogie zu einer Schwingsaite anhand des Schwingverhaltens des Handlaufes die Handlauf-Vorspannkraft beurteilt. Bekannte Parameter sind hierbei die Länge eines freihängenden Bereichs des Handlaufs, dessen Aufbau, Dimensionen und verwendeten Materialien sowie die gemessenen Parameter Schwingfrequenz und gegebenenfalls die Amplitudenhöhe. Der zu ermittelnde Parameter

30 ist die Handlauf-Vorspannkraft. Je höher die Handlauf-Vorspannkraft ist, desto höher ist die Schwingfrequenz des Handlaufs und umgekehrt. Sobald die ermittelte Schwingfrequenz den unteren Schwellwert unterschritten hat, ist die minimale Handlauf-Vorspannkraft unterschritten und dies kann zu Schlupf zwischen den weiter oben erwähnten Reibpartnern führen. Aus dem Schwingverhalten beziehungsweise der sich

verändernden Schwingfrequenz kann auch ein Veränderungstrend erkannt werden, der sich extrapolieren lässt. Mittels dieser Extrapolation lässt sich eine Vorhersage machen, wann der untere Schwellwert erreicht wird und der Handlauf nachgespannt werden muss. Dadurch lassen sich Wartungen viel besser planen.

5

Zum Schwingen angeregt wird der Handlauf vorzugsweise durch seine Bewegung während des Förderbetriebes. Gegebenenfalls kann durch eine geeignet ausgestaltete Einrichtung wie beispielsweise ein kurzzeitig eingeschaltetes Wechsellmagnetfeld die Anregung zum Schwingen unterstützt werden, da die Handläufe üblicherweise Zugträger aus Stahllitzen aufweisen.

10

Der untere Schwellwert ist eine Vergleichsgrösse, welche die minimal erforderliche Handlauf-Vorspannkraft repräsentiert. Der untere Schwellwert und der weiter unten beschriebene obere Schwellwert werden vorzugsweise nach dem Zusammenbau einer Personentransportanlage durch Versuche an dieser ermittelt und können dann für alle baugleichen und gegebenenfalls sogar bauähnlichen Personentransportanlagen verwendet werden. Selbstverständlich können die Schwellwerte auch spezifisch für jede fertiggestellte Personentransportanlage ermittelt und beispielsweise in einem Speichermedium der Signalverarbeitungseinheit gespeichert und von diesem abgerufen werden. Dank des unteren Schwellwertes kann unter Zuhilfenahme einer Betriebszustandsinformation (ob die Personentransportanlage steht oder im Förderbetrieb ist) auch ein Handlaufversagen (Reissen) sofort erkannt und geeignete Massnahmen wie ein Notstopp der Personentransportanlage eingeleitet werden.

15

20

25

Wie bereits erwähnt, kann die ermittelte Schwingfrequenz auch mit mindestens einem oberen Schwellwert verglichen werden, wobei bei einer Überschreitung des oberen Schwellwertes ein Warnsignal generiert wird. Der obere Schwellwert repräsentiert hierbei die maximal zulässige Handlauf-Vorspannkraft.

30

Damit die Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung in der Personentransportanlage installiert werden kann, weist diese vorzugsweise eine Halterung für den Distanzsensor auf, wobei diese Halterung an einem feststehenden Bauteil der Personentransportanlage montierbar ist. Die Halterung kann derart konzipiert sein, dass im Betriebszustand der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung der Distanzsensor in einem freihängenden

Bereich des Handlaufs gegen eine Handauflagefläche oder gegen eine Rückseite des Handlaufs gerichtet ist. Die Handauflagefläche ist die breite Oberfläche des Handlaufs, auf welche die Benutzer ihre Hand auflegen und dabei die beiden Seitenflächen des Handlaufs mit Daumen und Fingern umgreifen. Die Rückseite des Handlaufs ist
5 üblicherweise mit einem gleitfähigen Gewebe versehen, damit diese möglichst gut auf den Oberflächen eines Führungsprofils gleiten kann. Somit bewegt sich bei dieser Anordnung die Handauflagefläche respektive Rückseite des Handlaufs auf den Sensor zu beziehungsweise von diesem weg. Die kontinuierlich erfassten Messwerte des Distanzsensors ergeben einen Messwertverlauf, der die am Handlauf auftretenden
10 Schwingungen wiedergibt. Unter einer kontinuierlichen Erfassung der Messwerte kann auch eine Erfassung in diskreten Schritten mit hoher Kadenz und dergleichen mehr verstanden werden, die einen aussagekräftigen und auswertbaren Messwertverlauf ergeben.

15 Um die Installation zu vereinfachen, kann die Halterung Einstellmittel zur Ausrichtung des Distanzsensors relativ zur Handauflagefläche oder zur Rückseite des Handlaufs aufweisen. Bei der Installation kann der Distanzsensor derart auf den Handlauf ausgerichtet werden, dass einerseits die Distanz kontinuierlich ausreichend präzise erfasst werden kann und dass andererseits der Handlauf beim Erreichen der minimalen
20 Vorspannung und damit der grössten Amplitude nicht mit dem Distanzsensor kollidiert.

Als Distanzsensor kann beispielsweise eine TOF-Kamera, ein Infrarot-Distanzsensor, ein Laser-Distanzsensor, ein Ultraschall-Sensor mit Laufzeiterfassung oder ein Radarsensor verwendet werden. Grundsätzlich ist jeder Sensor verwendbar, welcher die
25 Schwingungen als Distanz-Signalverlauf aufzeichnen kann.

Die Signalverarbeitungseinheit der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung kann beispielsweise im Distanzsensor, in einer Steuerung der Personentransportanlage oder in einer Datenwolke implementiert sein. Mit anderen Worten ist die
30 Signalverarbeitungseinheit nicht an einen bestimmten Ort gebunden, sie muss jedoch kabelgebunden und/oder kabellos signalübertragend mit dem Distanzsensor verbunden beziehungsweise zumindest periodisch verbindbar sein.

Sobald die Signalverarbeitungseinheit eine Unterschreitung des unteren Schwellwertes

beziehungsweise eine Überschreitung des oberen Schwellwertes feststellt, kann diese ein Alarmsignal und/oder Warnsignal ausgeben. Dieses Alarmsignal und/oder Warnsignal kann an eine Steuerung der Personentransportanlage übermittelt werden. Hierdurch kann der Fahrbetrieb der Personentransportanlage dahingehend beeinflusst werden, dass er
5 beispielsweise sofort eingestellt wird, die Fahrgeschwindigkeit reduziert wird oder ein Zeitpunkt abgewartet wird, bis nur noch eine niedrige Benutzerzahl durch einen weiteren Sensor registriert wird und erst dann die Fahrtreppe für entsprechende Wartungsarbeiten stillgelegt wird.

10 Vorzugsweise weist jede Personentransportanlage für jeden ihrer Handläufe eine Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung auf.

Ferner kann die Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung eine Signalübertragungseinrichtung aufweisen oder mit einer Signalübertragungseinrichtung
15 verbindbar sein, über die zumindest der erfasste Signalverlauf der Messsignale an einen Digitaler-Doppelgänger-Datensatz der Personentransportanlage übermittelbar ist.

Mit anderen Worten kann parallel zur physisch existierenden Personentransportanlage ein diese Personentransportanlage virtuell abbildender Digitaler-Doppelgänger-Datensatz
20 vorhanden sein. Hierbei können die durch den Distanzsensor erzeugten Messsignale beziehungsweise Signalverläufe über die Signalübertragungseinrichtung auf den Digitaler-Doppelgänger-Datensatz übertragen werden. Durch die Verarbeitung dieser Messsignale und Signalverläufe in Verbindung mit den Daten des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes können dynamische Vorgänge der in Betrieb stehenden
25 Personentransportanlage in Echtzeit auf dem Digitaler-Doppelgänger-Datensatz simuliert und dargestellt werden.

Der digitale Doppelgänger-Datensatz umfasst die charakterisierenden Eigenschaften von Bauteilen der physischen Personentransportanlage in maschinen-verarbeitbarer Weise.
30 Dieser 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.

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
5 beispielsweise Rauigkeiten, Texturen, Beschichtungen, Farben, Reflektivitäten, etc. der Bauteile umfassen. Die charakterisierenden Eigenschaften können aber auch dynamische Informationen sein, beispielsweise ein Bewegungsvektor eines Bauteilmodell-Datensatzes, der dessen Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit relativ zu umgebenden Bauteilmodell-Datensätzen oder zu einem statischen Referenzpunkt des Digitaler-
10 Doppelgänger-Datensatzes angibt.

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
15 Bauteilgruppen zusammengesetzt werden. Alternativ oder ergänzend können sich die Eigenschaften auch auf aus mehreren Bauteilen zusammengesetzte komplexere Gerätschaften wie zum Beispiel Antriebsmaschinen, Getriebeeinheiten, Förderketten, etc. beziehen.

Die Signale des Distanzsensors werden als Messdaten auf den Digitaler-Doppelgänger-Datensatz übertragen und unter Verwendung eines Regelsatzes werden charakterisierende Eigenschaften der von den übertragenen Messdaten betroffenen Bauteilmodell-Datensätze neu ermittelt. Anschließend werden die charakterisierenden Eigenschaften der betroffenen Bauteilmodell-Datensätze mit den neu ermittelten, charakterisierenden
20 Eigenschaften aktualisiert. Konkret kann beispielsweise die vom Distanzsensor gemessene Schwingfrequenz und Amplitude auf den, den Handlauf darstellenden Bauteilmodell-Datensatz sowie auf die den Handlauf führenden Führungsprofile und Führungsrollen bildenden Bauteilmodell-Datensätze übertragen werden. Dadurch können
25 beispielsweise bei dem auf einem Bildschirm als virtuelle Darstellung wiedergegebenen Digitaler-Doppelgänger-Datensatz, alle dynamisch bewegbaren Bauteilmodell-Datensätze mit den gleichen Bewegungen dargestellt werden, wie sie deren physischen Bauteile in der physischen Personentransportanlage zum Zeitpunkt der Erfassung der Signale aufweisen. Aus den Bewegungen der Bauteilmodell-Datensätze lassen sich die Interaktionen der Bauteilmodell-Datensätze simulieren und mittels den entsprechenden,

30

bekannten Berechnungsprogrammen aus den Gebieten der Physik, der Mechanik und der Festigkeitslehre, die auf die Bauteile einwirkenden Kräfte ermitteln.

5 Danach können durch die Überwachung Veränderungen und Veränderungstrends der aktualisierten charakterisierenden Eigenschaften des umlaufend angeordneten Handlaufs und deren Einfluss auf den Handlauf und auf die mit diesem in Interaktion stehenden Bauteile mittels des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes durch Berechnungen und/oder durch statische und dynamische Simulationen verfolgt und beurteilt werden. Dadurch lässt sich der Wartungszeitpunkt sehr genau bestimmen und gegebenenfalls auch eine
10 Liste der durch Verschleiss zu ersetzenden, mit dem Handlauf in Interaktion stehenden Bauteile erstellen. Selbstverständlich sind auch am Digitaler-Doppelgänger-Datensatz Bewertungen bezüglich grenzwertüberschreitender dynamischer Vorgänge möglich, beispielsweise im Falle von sich aufschaukelnden Resonanzschwingungen.

15 Die vorliegende Erfindung umfasst auch ein Verfahren zur Verarbeitung und Auswertung von Messsignalen der oben beschriebenen Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung. Hierbei wird in der Signalverarbeitungseinheit aus dem Signalverlauf der Messsignale die Schwingfrequenz des abgetasteten Handlaufs ermittelt und die ermittelte Schwingfrequenz mit mindestens einem unteren Schwellwert
20 verglichen. Aus dem Vergleich (Veränderungstrend der Schwingfrequenz) und Differenz zum unteren Schwellwert lässt sich beispielsweise ein Wartungszeitpunkt ermitteln, bei dem der Handlauf nachgespannt werden muss. Bei einer Unterschreitung des unteren Schwellwertes wird ein Alarmsignal generiert, das zur Weiterverarbeitung beispielsweise an die Steuerung der Personentransportanlage übermittelt wird. Aufgrund des
25 Alarmsignals kann diese beispielsweise den Antrieb stoppen und eine Meldung an ein Wartungszentrum absetzen.

30 Die ermittelte Schwingfrequenz kann in der Signalverarbeitungseinheit auch mit mindestens einem oberen Schwellwert verglichen werden, wobei bei einer Überschreitung des oberen Schwellwertes ein Warnsignal generiert wird. Aufgrund des Warnsignals muss nicht zwingend der Antrieb gestoppt werden. Um aber übermäßigen Verschleiss zu vermeiden, kann die Signalverarbeitungseinheit beispielsweise eine Meldung an ein Mobiltelefon desjenigen Wartungsmitarbeiters senden, der soeben den Handlauf zu stark nachgespannt hat.

Zur Verifizierung der Schwingfrequenz aus dem Signalverlauf der Messsignale können zudem eine Anzahl aufeinanderfolgende Amplitudenhöhen des schwingenden Handlaufs ermittelt werden und diese mit einem Höhengrenzwert und einem Anzahlgrenzwert verglichen werden. Wenn eine bestimmte Anzahl von Amplituden den Höhengrenzwert überschreiten, bestätigt dies die zu tiefe Schwingfrequenz beziehungsweise zu tiefe Handlauf-Vorspannkraft.

Wie bereits erwähnt, kann der erfasste Signalverlauf an einen Digitaler-Doppelgänger-Datensatz der Personentransportanlage übermittelt und die Rückwirkungen des schwingenden Handlaufs auf weitere Komponenten der Personentransportanlage mittels statischer und dynamischer Simulationen ermittelt werden.

Da die Zugkräfte im Handlauf je nach Umlaufsinn infolge der Reibungsverhältnisse und der Lage des Handlaufantriebes relativ zur Lage des Distanzsensors unterschiedlich sind, ist die Schwingfrequenz eines Handlaufs in der Regel fahrtrichtungsabhängig. Demzufolge können die Schwellwerte in Abhängigkeit der Fahrtrichtung festgelegt werden.

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

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

Figur 1 zeigt schematisch die wichtigsten Komponenten beziehungsweise Bauteile einer Fahrtreppe, insbesondere deren Handlauf und deren Handlaufspannvorrichtung sowie die Komponenten einer erfindungsgemässen Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung mit einem Distanzsensor.

Figur 2 zeigt in vergrößerter Darstellung die Handlaufspannvorrichtung und den Distanzsensor der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung der in Figur 1 dargestellten Personentransportanlage.

- 5 Figur 3A zeigt einen fiktiven Signalverlauf der Messsignale des in den Figuren 1 und 2 dargestellten Distanzsensors.

Figur 3B zeigt eine mögliche Auswertung der in Figur 3A dargestellten Messsignale.

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

- Die Figur 1 zeigt schematisch die wichtigsten Komponenten beziehungsweise Bauteile einer als Fahrtreppe ausgestalteten Personentransportanlage 1. Diese weist ein mittels
15 Umrisslinien andeutungsweise dargestelltes Tragwerk 3 auf, welches zwischen zwei Auflagerstellen 5, 7 eines Bauwerkes 9 angeordnet ist. Das Tragwerk 3 nimmt hierbei die übrigen Komponenten der Personentransportanlage 1 auf, wie beispielsweise ein im Tragwerk 3 umlaufend geführtes Transportband 11, zwei Balustraden 13 mit je einem umlaufend geführten Handlauf 15 (nur eine Balustrade 13 dargestellt) eine
20 Antriebseinheit 17 zum Antreiben des Transportbandes 11 und der Handläufe 15, sowie eine Steuerung 19, die zum Steuern der Antriebseinheit 17 über eine Signalleitung 49 mit dieser verbunden ist.

- Im vorliegenden Beispiel ist ein rückführendes Trum 21 des Handlaufs 15 in einem
25 Balustradensockel 25 mittels Führungsrollen 27 geführt, während dessen vorlaufendes Trum 23 an Führungsprofilen 29 (siehe Figur 2, Schnitt A-A) geführt wird. Der für Benutzer sichtbare und damit greifbare Teil des Handlaufes 15 ist das vorlaufende Trum 23, während das rücklaufende Trum 21 im Balustradensockel 25 verborgen ist.

- 30 Die Antriebseinheit 17 ist mit einer Hauptantriebswelle 31 wirkverbunden. Um die Hauptantriebswelle 31 ist auch das Transportband 11 geführt und wird über diese angetrieben. Der Handlauf 15 wird durch Friktionsräder 35 eines Handlaufantriebes 33 angetrieben, wobei diese Friktionsräder 35 ebenfalls über die Hauptantriebswelle 31 mit der Antriebseinheit 17 wirkverbunden sind. Damit eine ausreichende Kraftübertragung

zwischen den Friktionsrädern 35 und dem Handlauf 15 erfolgen kann, ist eine Handlaufspannvorrichtung 37 vorgesehen. Mittels dieser kann der Handlauf 15 vorgespannt werden. Wie das rückführende Trum 21 des Handlaufs 15, sind auch die Handlaufspannvorrichtung 37, der Handlaufantrieb 33 und die den Handlauf 15
5 stellenweise führenden Führungsrollen 27 innerhalb des Balustradensockels 25 angeordnet.

Des Weiteren ist im Balustradensockel 25 ein Distanzsensor 43 einer Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 angeordnet. Der Distanzsensor 43 ist
10 über eine mit unterbrochener Linie dargestellte Signalleitung 45 mit der Steuerung 19 der Personentransportanlage 1 verbunden. Wie angedeutet, kann eine Signalverarbeitungseinheit 47 der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 in der Steuerung 19 angeordnet oder in deren Elektronik implementiert sein. Sie kann aber auch im Distanzsensor 43 selbst implementiert sein, oder sogar ausserhalb des physischen
15 Bereichs der Personentransportanlage 1, beispielsweise in einer Datenwolke (Cloud) 95 verwirklicht sein.

Um Schwingungen des Handlaufs 15 erfassen zu können, wird der Distanzsensor 43 in einem freihängenden Bereich 57 des Handlaufs 15, vorzugsweise zwischen zwei
20 Führungsrollen 27 angeordnet. Je nach vorhandener Handlauf-Vorspannkraft hängt der Handlauf im freihängenden Bereich 57 unterschiedlich stark durch. Wenn er korrekt gespannt ist, hängt er wie durch die ausgezogenen Linie 51, dargestellt, leicht durch. Wenn er zu fest gespannt ist, weist er eher die mit strichpunktierter Linie 53 dargestellte Lage auf und wenn er zu wenig gespannt ist, die mit unterbrochener Linie 55 dargestellte
25 Lage.

Figur 2 zeigt in vergrößerter Darstellung die Handlaufspannvorrichtung 37 und den Distanzsensor 43 der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 der in Figur 1 dargestellten Personentransportanlage 1. Die Handlaufspannvorrichtung 37 weist einen
30 Rollenträger 69 mit Druckrollen 67, eine Spindel 63, Einstellmuttern 65 und eine Abstützung 61 auf. Die Abstützung 61 ist an einem feststehenden Bauteil 81 der Personentransportanlage 1, im dargestellten Beispiel an einem Obergurt des Tragwerkes 3 beispielsweise mit Schrauben befestigt. Die Spindel 63, die mit dem Rollenträger 69 fest verbunden ist, lässt sich mittels der Einstellmuttern 65 relativ zur Abstützung 61

einstellen, so dass die gewünschte Handlauf-Vorspannkraft auf den Handlauf 15 aufgebracht werden kann. Selbstverständlich sind auch anders ausgestaltete Handlaufspannvorrichtungen 37 einsetzbar, beispielsweise mit einem Federelement. Allerdings muss auch eine solche Handlaufspannvorrichtung 37 von Zeit zu Zeit nachgespannt werden.

Die Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 weist eine Halterung 71 auf, die ebenfalls am Obergurt beziehungsweise an einem feststehenden Bauteil 81 der Personentransportanlage 1 montiert ist. Die Halterung 71 ist derart konzipiert, dass im Betriebszustand der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 deren Distanzsensord 43, genauer ein Sensorkopf 77 des Distanzsensors 43 in einem freihängenden Bereich 51 des Handlaufs 15 gegen eine Handauflagefläche 83 oder gegen eine Rückseite 85 des Handlaufs 15 gerichtet ist. Ferner weist die Halterung 71 Einstellmittel 73, 75 zur Ausrichtung des Distanzsensors 43 relativ zur Handauflagefläche 83 oder zur Rückseite 85 des Handlaufs 15 auf. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind diese Einstellmittel 73, 75 Justiermuttern 75, die gleichzeitig auch der Befestigung des Distanzsensors dienen und Langloch- Schraubenverbindungen 73, um die Halterung 71 am feststehenden Bauteil 81 zu montieren und auszurichten.

Der Distanzsensord 71 muss in der Lage sein, eine schnelle Abfolge von Distanzmessungen durchzuführen, das heisst, die durch Schwingungen verursachten, wechselnden Distanzen (dargestellt durch den Doppelpfeil 87 und die mit unterbrochenen Linien angedeuteten Auslenkungen des Handlaufs im freihängenden Bereich 51) als Messsignale und deren Signalverlauf zu erfassen. Hierzu geeignet sind verschiedene Distanzsensoren 71 wie beispielsweise eine TOF-Kamera, ein Infrarot-Distanzsensord, ein Laser-Distanzsensord, ein Ultraschall-Sensord mit Laufzeiterfassung oder ein Radarsensord.

Wie bereits erwähnt, werden die Messsignale und deren Signalverlauf beispielsweise über die Signalleitung 45 an die Signalverarbeitungseinheit 47 übertragen. Selbstverständlich kann anstelle einer Signalleitung 45 auch eine kabellose Übermittlung erfolgen, beispielsweise über eine Bluetooth-Verbindung und dergleichen mehr.

Die Signalverarbeitungseinheit 47 selbst kann im Distanzsensord 71 angeordnet sein. Sie kann aber wie in der Figur 1 dargestellt, auch in der Steuerung 19 der

Personentransportanlage 1 integriert sein. Ferner ist es auch möglich, dass die Signalverarbeitungseinheit 47 in einer Datenwolke (Cloud) implementiert ist und dort die erforderlichen Auswertungen gemacht werden. Zudem kann die Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 über Kommunikationsmittel 89 verfügen oder mit
5 Kommunikationsmittel 89 verbindbar sein, über die zumindest der erfasste Signalverlauf der Messsignale an einen Digitaler-Doppelgänger-Datensatz 101 der Personentransportanlage 1 übermittelbar ist.

Eine mögliche Auswertung der Messsignale M und des Signalverlaufs MV sind in den
10 Figuren 3A und 3B dargestellt. Die Figur 3A zeigt einen fiktiven Signalverlauf MV der Messsignale M des in den Figuren 1 und 2 dargestellten Distanzsensors 43.

Der dargestellte Signalverlauf MV zeigt links beginnend eine niedrige Amplitude A und eine hohe Schwingfrequenz f. Über die Betriebszeit t erfolgt ein Vorspannkraft-Verlust
15 am Handlauf 15 infolge von Setzerscheinungen im Material des Handlaufs 15 sowie durch Verschleiss. Dadurch vermag der Handlauf 15 zunehmend weiter auszuschlagen, so dass die Schwingfrequenz f sinkt und die Amplitudenhöhe H der Amplituden A zunimmt. Selbstverständlich ereignet sich der Vorspannkraftverlust nicht binnen einiger Schwingungen, sondern tatsächlich über einen sehr langen Zeitraum.

20 Die Figur 3B zeigt die aus dem Signalverlauf MV ermittelte Frequenzkurve FK sowie einen oberen Schwellwert OS und einen unteren Schwellwert US. Links beginnend, ist die gemessene Schwingfrequenz f so hoch, dass die Frequenzkurve FK den oberen Schwellwert OS übersteigt. Der Handlauf 15 ist somit viel zu stark gespannt, weshalb in
25 der Signalverarbeitungseinheit 47 ein Warnsignal W generiert wird und dieses beispielsweise dem Wartungsmonteur an sein Mobiltelefon übermittelt wird, so dass dieser unmittelbar nach dem Nachspannen des Handlaufs 15 sieht, dass die Handlauf-Vorspannkraft zu hoch ist. Er kann dann die Handlauf-Vorspannkraft soweit senken, dass der obere Schwellwert OS unterschritten wird. Selbstverständlich kann das Warnsignal W
30 auch an die in Figur 1 dargestellte Steuerung 19 der Personentransportanlage 1 übermittelt und hierdurch der Fahrbetrieb der Personentransportanlage 1 nach wenigen Sekunden gestoppt werden.

Durch den fortwährenden Betrieb der Personentransportanlage 1 nimmt die Handlauf-

Vorspannkraft kontinuierlich ab, wodurch die Schwingfrequenz f abnimmt und die Amplitudenhöhe H zunimmt. Irgendwann unterschreitet die Schwingfrequenz f den unteren Schwellwert US , wobei durch die Signalverarbeitungseinheit 47 ein Alarmsignal Z ausgegeben wird. Der untere Schwellwert US ist so bemessen, dass bei normaler

5 Belastung des Handlaufs 15 gerade noch kein Schlupf zwischen dem Friktionsrad 35 des Handlaufantriebes 33 und dem Handlauf 15 entsteht (siehe Figur 1). Der untere Schwellwert US kann beispielsweise mittels Versuche ermittelt werden, er lässt sich aber auch aus den geometrischen Daten, des Handlaufantriebes 33, den Reibungskoeffizienten zwischen Handlauf 15 und den verschiedenen Reibungspartnern entlang der gesamten

10 Handlauf- Führungsstrecke sowie der Handlauf-Vorspannkraft berechnen.

Da je nach Umlaufsinn infolge der Reibungsverhältnisse und der Lage des Handlaufantriebes 33 und der Handlauf-Spannvorrichtung 37 relativ zur Lage des Distanzsensors 71 die Zugkräfte im Handlauf 15 unterschiedlich sind, ist die

15 Schwingfrequenz f eines Handlaufs 15 fahrtrichtungsabhängig. Demzufolge können die Schwellwerte in Abhängigkeit der Fahrtrichtung festgelegt werden.

Das Alarmsignal Z wird an die Steuerung 19 der Personentransportanlage 1 übermittelt und diese stellt aus Sicherheitsgründen beispielsweise den Fahrbetrieb der

20 Personentransportanlage 1 ein, bis der Handlauf 15 mittels der Handlaufspannvorrichtung 37 wieder nachgespannt wurde.

Wie aus der Figur 3A ersichtlich ist, können zur Verifizierung der Schwingfrequenz f aus dem Signalverlauf MV der Messsignale M eine Anzahl aufeinanderfolgende

25 Amplitudenhöhen H des schwingenden Handlaufs 15 ermittelt, und diese mit einem Höhengrenzwert HG und einem Anzahlgrenzwert n verglichen werden. Dadurch kann eine unzulässig tiefe Handlauf-Vorspannkraft auch dann ermittelt werden, wenn der Handlauf 15 durch äussere Einflüsse, beispielsweise durch rasches Zerren am Handlauf 15 zu höherfrequentem Schwingen angeregt wird und dadurch den unteren Schwellwert

30 US nicht unterschreitet. Die Amplitudenhöhe H verrät in diesem Spezialfall die zu tiefe Handlauf-Vorspannkraft. Gleichzeitig werden aber einmalige Überschreitungen des Höhengrenzwertes HG aufgrund des Anzahlgrenzwertes n nicht berücksichtigt, so dass erst ein Alarmsignal A generiert wird, wenn der Höhengrenzwert HG im betrachteten Zeitraum beziehungsweise in den mehreren, aufeinanderfolgenden Amplituden A

mehrfach überschritten wurde.

In der Figur 1 ist eine weitere Möglichkeit dargestellt, die Messsignale M und deren Signalverlauf MV der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 beziehungsweise von deren Distanzsensor 43, auszuwerten. Hierzu wird ein digitaler Doppelgänger-Datensatz 101 verwendet, welcher beispielsweise in einer Datenverarbeitungseinrichtung 95 (Cloud) gespeichert ist. Dieser digitale Doppelgänger-Datensatz 101 bildet die Personentransportanlage 1 virtuell ab. Das heisst, jedes einzelne Bauteil der Personentransportanlage 1 ist auch im digitalen Doppelgänger-Datensatz 101 wiedergegeben. Vorzugsweise ist der digitale Doppelgänger-Datensatz 101 in Bauteilmodell-Datensätze 113 strukturiert, die über Schnittstelleninformationen miteinander verknüpft sind. Mit anderen Worten werden die Bauteile der Personentransportanlage 1 als Bauteilmodell-Datensätze 113 wiedergegeben. Jeder dieser Bauteilmodell-Datensätze 113 (zum Beispiel der Bauteilmodell-Datensatz 113 der Führungsrolle 27) weist möglichst vollständig alle charakterisierenden Eigenschaften des abzubildenden, physischen Bauteils auf. Ferner sind die im digitalen Doppelgänger-Datensatz 101 vorhandenen Schnittstelleninformationen dazu da, die Anordnung der Bauteile im dreidimensionalen Raum zueinander, deren Wechselwirkung miteinander bei der Einwirkung und Übertragung von Kräften, Momenten und dergleichen mehr, sowie gegebenenfalls deren Bewegungs-Freiheitsgrade zueinander, wiederzugeben.

Dieser digitale Doppelgänger-Datensatz 101 kann beispielsweise über eine Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 99, im dargestellten Beispiel ein Personal Computer, aus der Datenverarbeitungseinrichtung 95 heruntergeladen, weiterverarbeitet und zu Simulationen 105 herangezogen werden. Selbstverständlich können die Simulationen 105 auch in der Datenverarbeitungseinrichtung 95 durchgeführt werden, wobei die Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 99 dann nur die Funktion eines Computerterminals aufweisen kann.

Um die Simulationen 105 durchführen zu können, besteht wie durch den Doppelpfeil 97 dargestellt, beispielsweise die Möglichkeit, über die Signalübertragungseinrichtung 89 der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 die Messsignale und den Signalverlauf des Distanzsensors 43 auf den digitalen Doppelgänger-Datensatz 101 zu übertragen. Derart ergänzt, können mit diesem dann die Simulationen 105 durchgeführt

werden, indem untersucht wird, wie sich die Messsignale M der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung 41 auf die einzelnen, durch Bauteilmodell-Datensätze 113 dargestellten, virtuellen Bauteile des digitalen Doppelgänger-Datensatzes 101 auswirken.

5 Bei der gesamten Durchführung der Simulation 105 ist die Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 99 mit der Datenverarbeitungseinrichtung 95, wie durch den Doppelpfeil 115 dargestellt, in Kommunikation. Dementsprechend können die Simulation 105 und die Simulationsergebnisse 107 als virtuelle Darstellung 103 auf der Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 99 dargestellt werden. Hierdurch lassen sich Vorgänge, die sich bei der in
10 Betrieb stehenden Personentransportanlage 1 ereignen, in Echtzeit auf der Eingabe/Ausgabe-Schnittstelle 99 in ausgewerteter Form darstellen.

Obwohl die Figuren 1 und 2 eine als Fahrtreppe ausgestaltete Personentransportanlage 1 zeigen, ist es offensichtlich, dass die vorliegende Erfindung auch in einer als Fahrsteig
15 ausgestalteten Personentransportanlage 1 verwendet werden kann.

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,
20 die mit Verweis auf eines der obigen 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.

25

30

Patentansprüche

1. Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) für eine als Fahrsteig oder
Fahrtreppe ausgestaltete Personentransportanlage (1), wobei die Handlaufspannungs-
5 Überwachungseinrichtung (41) zumindest einen Distanzsensor (34) und eine
Signalverarbeitungseinheit (47) aufweist und die vom Distanzsensor (34) erfassten
Messsignale (M) in der Signalverarbeitungseinheit (47) verarbeitbar und auswertbar sind,
dadurch gekennzeichnet, dass in der Signalverarbeitungseinheit (47) aus dem
Signalverlauf (MV) der Messsignale (M) die Schwingfrequenz (f) eines abgetasteten
10 Handlaufs (15) der Personentransportanlage (1) ermittelbar ist und die ermittelte
Schwingfrequenz (f) mit mindestens einem unteren Schwellwert (US) und/oder oberen
Schwellwert (OS) vergleichbar ist, wobei bei einer Unterschreitung des unteren
Schwellwertes (US) ein Alarmsignal (Z) generiert wird beziehungsweise bei einer
Überschreitung des oberen Schwellwertes (OS) ein Warnsignal (W) generiert wird.
15
2. Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach Anspruch 1, wobei
diese eine Halterung (37) aufweist die an einem feststehenden Bauteil (81) der
Personentransportanlage (1) montierbar ist, wobei die Halterung (37) derart konzipiert ist,
dass im Betriebszustand der Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) deren
20 Distanzsensor (34) in einem freihängenden Bereich (51) des Handlaufs (15) gegen eine
Handauflagefläche (83) oder gegen eine Rückseite (85) des Handlaufs (15) gerichtet ist.
3. Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach Anspruch 2, wobei die
Halterung (37) Einstellmittel (73, 75) zur Ausrichtung des Distanzsensors (34) relativ zur
25 Handauflagefläche (83) oder zur Rückseite (85) des Handlaufs (15) aufweist.
4. Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach einem der Ansprüche 1
bis 3, wobei der Distanzsensor (34) eine TOF-Kamera, ein Infrarot-Distanzsensor, ein
Laser-Distanzsensor, ein Ultraschall-Sensor mit Laufzeiterfassung oder ein Radarsensor
30 ist.
5. Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach einem der Ansprüche 1
bis 4, wobei die Signalverarbeitungseinheit (47) im Distanzsensor (34), in einer
Steuerung (19) der Personentransportanlage (1) oder in einer Datenwolke (95)

implementiert ist.

5 6. Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Alarmsignal (Z) und/oder Warnsignal (W) an eine Steuerung (19) der Personentransportanlage (1) übermittelbar ist und hierdurch der Fahrbetrieb der Personentransportanlage (1) beeinflussbar ist

10 7. Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei diese Kommunikationsmittel (89) aufweist oder mit Kommunikationsmittel (89) verbindbar ist, über die zumindest der erfasste Signalverlauf (MV) der Messsignale (M) an einen Digitaler-Doppelgänger-Datensatz (101) der Personentransportanlage (1) übermittelbar ist.

15 8. Personentransportanlage (1) mit mindestens einer Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

20 9. Verfahren zur Verarbeitung und Auswertung von Messsignalen (M) einer Handlaufspannungs-Überwachungseinrichtung (41) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in der Signalverarbeitungseinheit (47) aus dem Signalverlauf (MV) der Messsignale (M) die Schwingfrequenz (f) des abgetasteten Handlaufs (15) ermittelt wird und die ermittelte Schwingfrequenz (f) mit mindestens einem unteren Schwellwert (US) und/oder oberen Schwellwert (OS) verglichen wird, wobei bei einer Unterschreitung des unteren Schwellwertes (US) ein Alarmsignal (Z) generiert wird, beziehungsweise bei einer Überschreitung des oberen Schwellwertes (OS) ein Warnsignal (W) generiert wird.

30 10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei zur Verifizierung der Schwingfrequenz (f) aus dem Signalverlauf (MV) der Messsignale (M) eine Anzahl aufeinanderfolgende Amplitudenhöhen (H) des schwingenden Handlaufs (15) ermittelt werden und diese mit einem Höhengrenzwert (HG) und einem Anzahlgrenzwert (n) verglichen werden.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei der erfasste Signalverlauf (MV) an einen Digitaler-Doppelgänger-Datensatz (101) der Personentransportanlage (1) übermittelt wird und die Rückwirkungen des schwingenden Handlaufs (15) auf weitere

Komponenten der Personentransportanlage (1) mittels statischen und dynamischen Simulationen unter Verwendung des Digitaler-Doppelgänger-Datensatzes (101) ermittelt werden.

- 5 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die Schwellwerte (OS, US) in Abhängigkeit der Fahrtrichtung festgelegt werden.