

**Verfahren und Vorrichtung zur automatisierten Überwachung des Fahrbetriebes
einer Personenförderanlage**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des Fahrbetriebes einer oder
mehrerer Personenförderanlagen. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur
Durchführung dieses Verfahrens, eine entsprechend ausgestattete Personenförderanlage
sowie ein Computerprogrammprodukt und ein computerlesbares Medium.

10 Personenförderanlagen wie Fahrtreppen und Fahrsteige werden beispielsweise in
Bauwerken wie Kaufhäusern und grossen Einkaufszentren, aber auch in Bahnhöfen, U-
Bahnhöfen und Flughäfen zur Beförderung von Passagieren eingesetzt. Insbesondere
in den drei letztgenannten Bereichen kann eine erhöhte Unfallgefahr herrschen,
beispielsweise wenn in Zeitnot geratene Benutzer andere Benutzer auf den
15 Personenförderanlagen bedrängen. Dadurch können Personen auf dem Transportband
beziehungsweise Stufenband der Fahrtreppe oder auf dem Palettenband des Fahrsteiges
stürzen und sich erhebliche Verletzungen zuziehen, wenn das Stufenband oder
Palettenband nicht beispielsweise mittels eines Notstopps angehalten wird. Andere
wiederum missbrauchen Personenförderanlagen in leichtsinniger Weise als Sport- und
Spielgeräte und bringen sich und andere Benutzer dadurch in Gefahr.

20 Zur Überwachung von Personenförderanlagen werden herkömmlich Videokameras
eingesetzt, deren Videosequenzen in Echtzeit in einen Überwachungsraum übertragen
und dort auf Bildschirmen angezeigt werden. Vom Überwachungsraum aus werden
meistens mehrere Personenförderanlagen durch Überwachungspersonal überwacht.
25 Unaufmerksamkeit oder Ermüdung beim Überwachungspersonal kann jedoch dazu
führen, dass sich an der Personenförderanlage ergebende kritische Situationen nicht oder
nicht rechtzeitig wahrgenommen werden und dementsprechend Gegenmassnahmen bzw.
Hilfeleistungen nicht oder zu spät eingeleitet werden.

30 Um das vorgenannte Problem zu lösen, werden Überwachungssysteme so eingerichtet,
dass kritische Situationen von Benutzern auf der Personenförderanlage durch die
Verarbeitung von Bewegungssequenzaufnahmen mittels Bilderkennung automatisch
erkannt werden können. Sobald eine kritische Situation erkannt wird, wird die
entsprechende Bewegungssequenzaufnahme beispielsweise auf dem Bildschirm des

Überwachungsraums angezeigt, sodass Überwachungspersonal alarmiert wird und entsprechend zeitnah Gegenmassnahmen bzw. Hilfestellungen einleiten kann.

5 EP 3 276 535 A1 beschreibt ein solches Überwachungssystem für eine Personenförderanlage.

Bei einer Analyse von Bewegungssequenzaufnahmen, wie sie von Kameras, die zur Überwachung der Personenförderanlage eingesetzt werden, geliefert werden, wird im Rahmen einer Bilderkennung häufig mit Differenzbildern gearbeitet. Von einem oder
10 mehreren aktuell aufgenommenen Bildern einer Bewegungssequenzaufnahme wird typischerweise ein Referenzbild subtrahiert. Die aktuell aufgenommenen Bilder geben hierbei ein Abbild der realen Personenförderanlage einschliesslich der darauf befindlichen Passagiere und/oder Gegenstände wieder. Das Referenzbild hingegen gibt die Personenförderanlage ohne Passagiere und/oder Gegenstände wieder und wurde
15 beispielsweise vor einer Inbetriebnahme der Anlage aufgenommen. In den hierdurch gebildeten Differenzbildern sind nur noch die Passagiere und/oder Gegenstände wiedergegeben. Solche Differenzbilder lassen sich erheblich einfacher automatisiert auswerten als die ursprünglichen Bewegungssequenzaufnahmen, da in den
ursprünglichen Bewegungssequenzaufnahmen sehr viele Details der
20 Personenförderanlage abgebildet sind, welche eine Bildanalyse erschweren, ohne einen Beitrag im Rahmen einer Erkennung von kritischen Situationen auf der Personenförderanlage zu leisten.

Allerdings kann eine konkrete Umsetzung der Erzeugung von Differenzbildern komplex
25 sein. Insbesondere die Tatsache, dass sich Teile der Personenförderanlage wie zum Beispiel deren Transportband während des Betriebs relativ zu anderen Teilen bewegen, kann eine Erzeugung von Differenzbildern erschweren. Beispielsweise können einfach auswertbare Differenzbilder im Allgemeinen nur erzeugt werden, wenn ein aktueller Betriebszustand der Personenförderanlage, d.h. beispielsweise eine aktuelle
30 Positionierung von deren Transportband, möglichst exakt mit demjenigen Betriebszustand übereinstimmt, in dem die Personentransportanlage bei Aufnahme des Referenzbildes war. Beispielsweise sollten Stufenkanten einer überwachten Fahrtreppe in dem aktuell aufgenommenen Bild einer Bewegungssequenzaufnahme positionsgenau mit Stufenkanten in einem Referenzbild übereinstimmen.

Bei einem alternativen Ansatz zur automatisierten Überwachung von Personenförderanlagen können spezielle Kameras eingesetzt werden, welche in der Lage sind, dreidimensionale Aufnahmen eines überwachten Bereichs zu liefern. Beispielsweise
5 können TOF-Kameras (Time Of Flight) eingesetzt werden, bei denen zusätzlich zu einer lateralen Bildauflösung auch eine Information eines Abstandes von in dem überwachten Bereich beobachteten Objekten beziehungsweise erfassten Bildpunkten relativ zu der Kamera ermittelt wird. Ein überwachter Distanzbereich kann hierbei so gewählt werden, dass bewegte Komponenten der Personenförderanlage wie beispielsweise deren Stufen
10 bzw. Paletten nicht mehr erfasst werden. Gegebenenfalls kann der seitliche Erfassungsbereich der TOF-Kamera auch so begrenzt werden, dass seitlich des Transportbandes angeordnete Balustraden nicht mehr erkennbar sind. In diesem Fall kann zwar auf eine Erzeugung von Differenzbildern verzichtet werden. Wichtige Bereiche der Personenförderanlage wie beispielsweise die Fussräume auf Trittplatten der Stufen
15 werden jedoch in den Bewegungssequenzaufnahmen derart eingestellter TOF-Kameras nicht wiedergegeben, sodass diese bei der Beurteilung von kritischen Situationen nicht berücksichtigt werden können.

Um die vorangehend beschriebenen Probleme zu lösen, besteht ein Bedarf, ein
20 Überwachungsverfahren und ein Überwachungssystem bereitzustellen, welche eine zuverlässige und/oder verhältnismässig einfach zu implementierende automatisierte Überwachung eines Fahrbetriebes einer Personenförderanlage ermöglichen. Ferner besteht ein Bedarf an einer entsprechend ausgestatteten Personenförderanlage sowie an einem Computerprogrammprodukt zur Implementierung des Überwachungsverfahrens
25 sowie an einem das Computerprogrammprodukt speichernden computerlesbaren Medium.

Einem solchen Bedarf wird durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche entsprochen. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen sowie
30 der nachfolgenden Beschreibung angegeben und in den Figuren visualisiert.

Gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur automatisierten Überwachung eines Fahrbetriebes einer Personenförderanlage mittels eines Überwachungssystems beschrieben. Das Überwachungssystem weist hierbei ein

- Gefahrenanalysemodul und mindestens ein Bewegungserfassungsmodul auf. Das Bewegungserfassungsmodul ist auf die Personenförderanlage gerichtet und dazu konfiguriert, elektronisch verarbeitbare Bewegungssequenzaufnahmen von Situationen zu erfassen, die sich auf der zugeordneten Personenförderanlage ereignen. Das Verfahren
- 5 umfasst zumindest die folgenden Schritte, möglicherweise, aber nicht notwendigerweise, in der angegebenen Reihenfolge:
- Empfangen von realen Bewegungssequenzaufnahmen in dem Gefahrenanalysemodul, wobei die realen Bewegungssequenzaufnahmen durch das mindestens eine Bewegungserfassungsmodul erfasst wurden;
- 10 Empfangen von Daten eines digitalen Doppelgängers der Personenförderanlage in dem Gefahrenanalysemodul, wobei die Daten zumindest Informationen betreffend physikalische Eigenschaften der Personenförderanlage umfassen, die einen Rückschluss auf ein visuelles Erscheinungsbild der Personenförderanlage in einem vorbestimmten Bewegungszustand ermöglichen;
- 15 Ermitteln von Informationen betreffend dynamische Objekte an der Personenförderanlage durch das Gefahrenanalysemodul, wobei die Informationen basierend auf den empfangenen Daten des digitalen Doppelgängers und den realen Bewegungssequenzaufnahmen ermittelt werden;
- Ermitteln einer Information betreffend eine aktuelle Gefahrensituation an der
- 20 Personenförderanlage durch das Gefahrenanalysemodul basierend auf einer Analyse von Bewegungen der ermittelten dynamischen Objekte; und
- Ausgeben eines Warnhinweises durch das Gefahrenanalysemodul basierend auf der ermittelten Information betreffend die aktuelle Gefahrensituation.
- 25 Gemäss einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung in Form eines Überwachungssystems zum Überwachen eines Fahrbetriebes einer Personenförderanlage beschrieben. Dabei weist das Überwachungssystem ein Gefahrenanalysemodul auf, welches dazu konfiguriert ist, Daten von einem Bewegungserfassungsmodul sowie von einem Datenbankmodul zu empfangen. Das Bewegungserfassungsmodul ist auf die
- 30 Personenförderanlage gerichtet und dazu konfiguriert, elektronisch verarbeitbare Bewegungssequenzaufnahmen von Situationen zu erfassen, die sich auf der zugeordneten Personenförderanlage ereignen. In dem Datenbankmodul sind Daten eines digitalen Doppelgängers der Personenförderanlage gespeichert, wobei die Daten zumindest Informationen betreffend physikalische Eigenschaften der Personenförderanlage

umfassen, die einen Rückschluss auf ein visuelles Erscheinungsbild der Personenförderanlage in einem vorbestimmten Bewegungszustand ermöglichen. Das Gefahrenanalysemodul ist dazu konfiguriert, ein Verfahren gemäss einer Ausführungsform des ersten Aspekts der Erfindung durchzuführen oder zu steuern.

5

Gemäss einem dritten Aspekt der Erfindung wird eine Personenförderanlage beschrieben, welche ein Transportband, einen Antrieb zum Antreiben des Transportbands, eine Steuerung zum Steuern des Antriebs und ein Überwachungssystem gemäss einer Ausführungsform des zweiten Aspekts der Erfindung aufweist, wobei das Bewegungserfassungsmodul des Überwachungssystems zumindest auf Teilbereiche des Transportbandes gerichtet ist.

10

Gemäss einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein Computerprogrammprodukt beschrieben, welches 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 mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt gemäss einer Ausführungsform des vierten Aspekts der Erfindung beschrieben.

20

Kurz zusammengefasst und ohne den Umfang der Erfindung zu beschränken kann eine der Erfindung zugrunde liegende Idee darin gesehen werden, den Fahrbetrieb einer Personenförderanlage zu überwachen, indem Bewegungssequenzaufnahmen, die von einem Bewegungserfassungsmodul mit beispielsweise einer Kamera geliefert werden, nicht, wie herkömmlich, mit Aufnahmen abgeglichen werden, die als Referenzbilder dienen und die ebenfalls mit einer Kamera aufgenommen wurden, um letztendlich Differenzbilder zu erstellen, aus denen dann Informationen über aktuelle Gefahrensituation abgeleitet werden können. Stattdessen sollen statt solcher Referenzbilder Daten eines digitalen Doppelgängers der Personenförderanlage genutzt werden, um Informationen über dynamische Objekte, wie zum Beispiel sich bewegende Passagiere, deren Gepäck und mitgeführten Objekte, Tiere und dergleichen mehr an der Personenförderanlage zu ermitteln, um dann letztendlich durch eine Analyse von

25

30

Bewegungen dieser dynamischen Objekte auf aktuelle Gefahrensituationen rückschliessen zu können. Die Daten des digitalen Doppelgängers geben hierbei physikalische Eigenschaften der Personenförderanlage wie räumliche Dimensionen von Bauteilen und deren dynamische Bewegungen wieder, die einen Rückschluss auf ein
5 Erscheinungsbild derselben ermöglichen. Dementsprechend können diese Daten genutzt werden, um beispielsweise virtuelle Bewegungssequenzaufnahmen zu generieren, die den von dem Bewegungserfassungsmodul überwachten Bereich der Personenförderanlage wiedergeben. Diese virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen können dann genutzt werden, um Informationen über die sich an der Personenförderanlage bewegend
10 dynamischen Objekte abzuleiten. Gegebenenfalls können die virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen ähnlich wie herkömmliche Referenzbilder zur Erzeugung von Differenzbildern mittels einer Subtraktion von den realen Bewegungssequenzaufnahmen genutzt werden. Im Vergleich zu einer Nutzung herkömmlicher Referenzbilder lassen sich die virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen jedoch aus den Daten des digitalen
15 Doppelgängers mit höherer Präzision, weniger Bildartefakten und/oder geringerer Rechenleistung ermitteln. Ausserdem können die virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen in verhältnismässig einfacher Weise mit den aktuell aufgenommenen realen Bewegungssequenzaufnahmen synchronisiert werden, wodurch eine Erzeugung von Differenzbildern erheblich vereinfacht werden kann.
20

Nachfolgend werden mögliche Ausgestaltungen und Vorteile von Ausführungsformen in genaueren Einzelheiten beschrieben.

Eine Personenförderanlage ist dazu eingerichtet, Passagiere und/oder Gegenstände
25 innerhalb eines Bauwerks zu befördern. Die Personenförderanlage kann beispielsweise als Fahrtreppe oder als Fahrsteig ausgebildet sein. Die Personenförderanlage verfügt hierbei über stationäre Komponenten, die fest mit dem Bauwerk verbunden sind, wie beispielsweise ein tragendes Gerüst, ein Antrieb, Balustraden, etc. Ferner verfügt die Personenförderanlage über bewegbare Komponenten, die relativ zu den stationären
30 Komponenten verlagerbar sind. Bei Fahrtreppen bilden beispielsweise mehrere Stufen, die in einer Bewegungsrichtung hintereinander miteinander gekoppelt sind, ein Stufenband, das von einem Antrieb relativ zu den stationären Komponenten umlaufend verlagert werden kann. Bei Fahrsteigen sind mehrere Paletten hintereinander miteinander gekoppelt, um ein umlaufend verlagerbares Palettenband zu bilden. Passagiere können

das umlaufende Stufenband bzw. Palettenband nutzen, um sich entlang eines Fahrwegs transportieren zu lassen.

- 5 Um den Fahrbetrieb der Personenförderanlage überwachen zu können, verfügt diese über ein Überwachungssystem, in dem Daten, die von einem Bewegungserfassungsmodul ermittelt werden, von einem Gefahrenanalysemodul ausgewertet werden, um Informationen über aktuelle Gefahrensituationen ableiten zu können und daraufhin gegebenenfalls Warnhinweise ausgeben zu können.
- 10 Das Bewegungserfassungsmodul ist hierbei eine Vorrichtung, die dazu konfiguriert ist, Bewegungssequenzaufnahmen von Situationen, die sich auf der Personenförderanlage ereignen, zu erfassen. Insbesondere soll das Bewegungserfassungsmodul dazu konfiguriert sein, Situationen an der Personenförderanlage optisch bzw. visuell zu überwachen und dementsprechend bildgebend als Daten, welche die
- 15 Bewegungssequenzaufnahmen repräsentieren, auszugeben. Die Bewegungssequenzaufnahmen können hierbei eine Mehrzahl von aufeinanderfolgenden Bildaufnahmen sein, die beispielsweise einen Bereich der Personenförderanlage zweidimensional oder dreidimensional wiedergeben. Hierzu kann das Bewegungserfassungsmodul beispielsweise eine oder mehrere Bilderfassungseinrichtungen wie zum Beispiel Fotokameras, Videokameras, Wärmebildkameras, Laserscanner, TOF-Kameras, ein Set von mehreren Sensoren und/oder dergleichen mehr
- 20 einsetzen, deren Bewegungssequenzaufnahmen dementsprechend als Bildsequenz, Videofilmsequenz, Wärmebildsequenz, etc. in elektronisch verarbeitbarer Form erfasst werden. Bei der Verwendung von mehreren Bewegungserfassungsmodulen pro
- 25 Personenförderanlage ist vorzugsweise jedem Bewegungserfassungsmodul ein bestimmter Abschnitt beziehungsweise Bereich zugeordnet, so dass nicht die ganze Fahrtreppe oder der ganze Fahrsteig auf einer der Bewegungssequenzaufnahmen sichtbar ist.
- 30 Die von dem Bewegungserfassungsmodul aktuell erfassten realen Bewegungssequenzaufnahmen werden an das Gefahrenanalysemodul als Datenstrom übermittelt und von diesem empfangen. Um diese Daten verarbeiten zu können, ist das Gefahrenanalysemodul als Datenverarbeitungsanlage ausgebildet und verfügt unter anderem über einen Prozessor, mithilfe dessen die Daten in einer vorgegebenen Weise prozessiert werden.

Der Prozessor ist vorzugsweise mittels eines Computerprogrammprodukts programmierbar. Zusätzlich verfügt das Gefahrenanalysemodul im Allgemeinen über einen Datenspeicher sowie über Datenschnittstellen, um mit externen Geräten und/oder Datenbanken Daten austauschen zu können.

5

Das hierin beschriebene Gefahrenanalysemodul ist insbesondere dazu konfiguriert, zusätzlich zu den realen Bewegungssequenzaufnahmen auch Daten eines digitalen Doppelgängers der Personenförderanlage zu empfangen und zu verarbeiten.

10 Der digitale Doppelgänger wird teilweise auch als digitaler Zwilling (englisch: digital twin) bezeichnet. Unter einem digitalen Doppelgänger wird im Allgemeinen eine virtuelle Wiedergabe eines real existierenden Gegenstandes, wie im hiesigen Falle der Personenförderanlage, verstanden, welche die physikalische Eigenschaften des Gegenstandes möglichst realitätsnah wiedergibt. Der digitale Doppelgänger wird dabei
15 meist als Datensatz (teilweise auch als Digitaler-Doppelgänger-Datensatz bezeichnet) in einer Datenbank gespeichert. In diesem Datensatz können je nach Anwendungsfall und Anwendungszweck verschiedenste Parameter bzw. Eigenschaften des realen Gegenstandes abgespeichert sein. Beispielsweise kann der Datensatz Informationen betreffend mechanische Eigenschaften, geometrische Eigenschaften, optische
20 Eigenschaften, elektrische Eigenschaften, magnetische Eigenschaften, Materialeigenschaften, etc. des realen Gegenstandes umfassen. Dabei sollen die in dem digitalen Doppelgänger enthaltenen Daten die realen Eigenschaften des Gegenstandes möglichst so genau wiedergeben, dass Eigenschaften des realen Gegenstandes beispielsweise zu einem späteren Zeitpunkt sehr realitätsnah reproduziert werden können,
25 ohne tatsächlich Zugriff auf den realen Gegenstand haben zu müssen. Ausserdem sollen die in dem digitalen Doppelgänger enthaltenen Daten möglichst auch erlauben, ein Verhalten des realen Gegenstandes unter bestimmten Bedingungen und/oder bestimmten Einflüssen reproduzieren oder sogar vorhersagen zu können. Hierzu können die Daten des digitalen Doppelgängers beispielsweise für physikalische Berechnungen,
30 Modellierungen und/oder Simulationen genutzt werden.

Für die Anwendung bei dem hierin vorgestellten Überwachungsverfahren sollen die Daten des digitalen Doppelgängers einen Rückschluss auf ein visuelles Erscheinungsbild der Personenförderanlage ermöglichen. Insbesondere soll ein solcher Rückschluss für

- einen vorbestimmten Bewegungszustand der Personenförderanlage möglich sein. Das visuelle Erscheinungsbild soll hierbei ähnlich wie bei einer Draufsicht auf die Personenförderanlage mit einem beispielsweise kamerabasierten Bewegungserfassungsmodul, dessen Sichtfeld auf die Personenförderanlage gerichtet ist, ein von aussen erkennbares, äusseres Erscheinungsbild der Personenförderanlage wiedergeben. Insbesondere soll anhand des digitalen Doppelgängers das äussere Erscheinungsbild des Stufenbandes bzw. Palettenbandes, eines Einstiegsbereichs und/oder Ausstiegsbereichs, eines Handlaufs an einer Balustrade, etc. der Personenförderanlage repräsentiert werden können.
- Der digitale Doppelgänger soll dabei das Erscheinungsbild der Personenförderanlage in zumindest einem vorbestimmten Bewegungszustand wiedergeben. Unter einem Bewegungszustand kann hierbei ein stationärer oder ein dynamischer Zustand der Personenförderanlage verstanden werden. Der Bewegungszustand gibt dabei im Allgemeinen zumindest an, an welchen Positionen sich bewegliche Komponenten der Personenförderanlage relativ zu deren stationären Komponenten und/oder zu anderen beweglichen Komponenten befinden. Insbesondere gibt der Bewegungszustand an, wo sich Stufen bzw. Paletten des Stufenbandes bzw. Palettenbandes aktuell befinden. Ferner kann der Bewegungszustand angeben, mit welchen Geschwindigkeiten sich die beweglichen Komponenten relativ zueinander und/oder relativ zu den stationären Komponenten bewegen.
- Die Daten in dem digitalen Doppelgänger sollen eine möglichst genaue Wiedergabe des visuellen Erscheinungsbildes der Personenförderanlage in zumindest einem vorbestimmten Bewegungszustand ermöglichen. Hierzu können in dem digitalen Doppelgänger beispielsweise Konstruktionsdaten (z.B. CAD-Daten), Materialdaten, Verarbeitungsdaten, Montagedaten, Wartungsdaten, etc. gespeichert sein, wobei diese Daten Informationen über physikalische Parameter wiedergeben, die einen Einfluss auf das Erscheinungsbild (Hülle) der Personenförderanlage haben. Gegebenenfalls können in dem digitalen Doppelgänger Daten aufgenommen sein, die eine Wiedergabe des visuellen Erscheinungsbildes der Personenförderanlage in mehreren verschiedenen Bewegungszuständen ermöglichen. Ausserdem können anhand der in dem digitalen Doppelgänger gespeicherten Daten Aussagen über das visuelle Erscheinungsbild der Personenförderanlage in anderen Bewegungszuständen errechnet, simuliert, modelliert, extrapoliert oder in anderer Weise ermittelt werden.

Das Gefahrenanalysemodul ist dazu ausgelegt, die von dem Bewegungserfassungsmodul möglichst in Echtzeit empfangenen realen Bewegungssequenzaufnahmen unter
Zuhilfenahme der von dem digitalen Doppelgänger empfangenen Daten zu verarbeiten,
5 um daraus Informationen über eine eventuell vorherrschende aktuelle Gefahrensituation
an der Personenförderanlage ableiten zu können. Das Gefahrenanalysemodul ermittelt
hierzu Informationen über dynamische Objekte an der Personenförderanlage. Solche
dynamischen Objekte können beispielsweise Passagiere, Gegenstände, Tiere, etc. sein,
die von der Personenförderanlage befördert werden und die dabei selbst passiv bleiben.
10 Dynamische Objekte können aber auch Passagiere o.ä. sein, die sich relativ zu der
Personenförderanlage bewegen, beispielsweise wenn ein Passagier stürzt oder wenn ein
Passagier sich aktiv entlang des Stufenbandes bzw. Palettenbandes der Förderanlage
bewegt.

15 Durch das Gefahrenanalysemodul werden dann Bewegungen der ermittelten
dynamischen Objekte analysiert, um darauf basierend Informationen betreffend eine
aktuelle Gefahrensituation ableiten zu können. Beispielsweise werden in dem
Gefahrenanalysemodul die Bewegungssequenzaufnahmen unter Berücksichtigung der
Daten des digitalen Doppelgängers mittels Analysealgorithmen auf kritische Situationen
20 untersucht. Hierzu können aus dem technischen Gebiet der Überwachungselektronik
bekannte, automatisierte Erkennungsprozesse beziehungsweise Analyseverfahren wie
Bildanalyseverfahren und entsprechende Algorithmen, Bewegungsanalyseverfahren und
entsprechende Algorithmen, statistische und heuristische Auswerteverfahren und
dergleichen mehr verwendet werden, um von üblichen Bewegungsabläufen abweichende
25 beziehungsweise atypische Bewegungsabläufe von Benutzern der Personenförderanlage
zu erkennen. Je nach Bewegungsablauf eines abweichenden Bewegungsvorganges kann
das Gefahrenanalysemodul eine Gefahrensituation, d.h. zum Beispiel eine
Unfallsituation, in der eine akute Gefahr droht, dass ein Passagier verletzt ist oder verletzt
wird, oder eine kritische Situation, in der zumindest ein signifikantes Risiko für solche
30 Verletzungen besteht, annehmen.

Wird eine Gefahrensituation erkannt, kann ein Warnhinweis ausgegeben werden. Der
Warnhinweis kann beispielsweise an ein anderes Gerät übermittelt werden.
Beispielsweise kann der Warnhinweis an ein entfernt angeordnetes Überwachungs-

zentrum übermittelt werden. Das Ausgeben des Warnhinweises kann in einem empfangenden Gerät Reaktionen auslösen, welche letztendlich Massnahmen bewirken können, mit denen der Gefahrensituation entgegengewirkt werden kann. Beispielsweise kann aufgrund des Warnhinweises der Betrieb der Personenförderanlage gestoppt oder
5 verlangsam werden. Alternativ oder ergänzend kann der Warnhinweis bewirken, dass ein Warnsignal an Nutzer der Personenförderanlage ausgegeben wird, um diese zu warnen, dass der Betriebsmodus der Personenförderanlage kurzfristig geändert wird, d.h. die Personenförderanlage beispielsweise abgebremst wird. Ein solches Warnsignal kann vorzugsweise in einer unmittelbaren Nähe der Personenförderanlage optisch, akustisch
10 oder in anderer Weise ausgegeben werden.

Gemäss einer Ausführungsform werden basierend auf den empfangenen Daten des digitalen Doppelgängers durch das Gefahrenanalysemodul virtuelle Bewegungssequenzaufnahmen ermittelt. Die Informationen betreffend dynamische Objekte an der
15 Personenförderanlage werden dann durch das Gefahrenanalysemodul durch Vergleich der virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen mit den realen Bewegungssequenzaufnahmen ermittelt.

Anders ausgedrückt können die Daten des digitalen Doppelgängers dazu genutzt werden, virtuelle Bewegungssequenzaufnahmen zu erstellen, die das Erscheinungsbild der
20 Personenförderanlage in ähnlicher oder gleicher Weise wiedergeben, wie die realen Bewegungssequenzaufnahmen, die von dem Bewegungserfassungsmodul aufgenommen werden. Indem diese virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen dann mit den aktuellen realen Bewegungssequenzaufnahmen verglichen werden, können Informationen über die
25 dynamischen Objekte an der Personenförderanlage ermittelt werden und daraus auf mögliche Gefahrensituationen rückgeschlossen werden.

Gemäss einer konkretisierten Ausführungsform wird der Vergleich der realen Bewegungssequenzaufnahmen mit den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen durch
30 eine Differenzbildung zwischen den realen Bewegungssequenzaufnahmen und den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen durchgeführt.

Bei einer solchen Differenzbildung wird eine virtuelle Bewegungssequenzaufnahme von einer zugeordneten realen Bewegungssequenzaufnahme subtrahiert, oder umgekehrt.

Diejenigen Bildanteile, die bei beiden Bewegungssequenzaufnahmen gleich sind, sind somit in dem erhaltenen Differenzbild nicht mehr repräsentiert. Hierdurch kann eine Auswertung der Bewegungssequenzaufnahmen erheblich vereinfacht werden.

5 Gemäss einer weiteren konkretisierten Ausführungsform umfasst das Verfahren ferner ein Synchronisieren der realen Bewegungssequenzaufnahmen mit den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen derart, dass sich die Personenförderanlage bei beiden Bewegungssequenzaufnahmen in einem gleichen Bewegungszustand befindet.

10 Ein Synchronisieren der realen mit den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen kann insbesondere dazu führen, dass sich bewegende Komponenten der Personenförderanlage in beiden Aufnahmetypen an gleichen Positionen befinden und/oder sich in gleicher Weise bewegen. Die Synchronisation kann innerhalb vorgegebener Toleranzen erfolgen. Die realen Bewegungssequenzaufnahmen können mit den virtuellen Bewegungssequenz-
15 aufnahmen nach einer solchen Synchronisation daher besonders gut verglichen werden.

Wenn die beiden miteinander synchronisierten Bewegungssequenzaufnahmen die Personenförderanlage in einem gleichen Bewegungszustand wiedergeben, sind die Komponenten der Personenförderanlage in einem Differenzbild im Allgemeinen nicht
20 mehr dargestellt. Passagiere oder Gegenstände, die sich aktuell auf der Personenförderanlage befinden und somit in der realen Bewegungssequenzaufnahme dargestellt sind, nicht jedoch in der virtuellen Bewegungssequenzaufnahme, sind somit als dynamische Objekte in dem Differenzbild repräsentiert und können in diesem sehr gut analysiert werden.

25 Gemäss einer weiteren konkretisierten Ausführungsform erfolgt das Synchronisieren unter Berücksichtigung von Daten, die von einer Steuerung der Personenförderanlage empfangen werden und die eine Information über einen tatsächlichen aktuellen Bewegungszustand der Personenförderanlage beinhalten.

30 Mit anderen Worten können bei dem hierin vorgestellten Überwachungsverfahren zum Synchronisieren der realen mit den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen Daten genutzt werden, die von einer Steuerung der Personenförderanlage bereitgestellt werden können und die über den aktuellen Bewegungszustand der Personenförderanlage

informieren. Beispielsweise kann die Steuerung genaue Informationen darüber vorhalten, an welcher Position sich das Stufenband bzw. Palettenband aktuell entlang des Fahrwegs befindet, d.h. wo aktuell die Stufen bzw. Paletten angeordnet sind. Auch Informationen über eine aktuelle Bewegung, insbesondere eine aktuelle Geschwindigkeit und/oder Bewegungsrichtung, des Stufenbandes bzw. Palettenbandes können in der
5 Steuerung vorliegen. Werden solche Informationen durch das Gefahrenanalysemodul abgerufen bzw. empfangen, können Sie dazu genutzt werden, um die empfangenen Daten des digitalen Doppelgängers geeignet aufzubereiten, um das durch diesen repräsentierte, virtuelle Erscheinungsbild beziehungsweise die hieraus generierbaren virtuellen
10 Bewegungssequenzaufnahmen der Personenförderanlage mit den realen Bewegungssequenzaufnahmen zu synchronisieren.

Gemäss einer weiteren konkretisierten Ausführungsform kann ergänzend oder alternativ das Synchronisieren unter Berücksichtigung einer Geschwindigkeitsinformation eines
15 Frequenzumrichters der Personenförderanlage oder eines Signals eines an der Personenförderanlage angeordneten Sensors wie beispielsweise eines Encoders, durchgeführt werden.

Ein Frequenzumrichter kann in der Personenförderanlage dazu vorgesehen sein, einen
20 Antrieb des Stufenbandes bzw. Palettenbandes durch geeignetes Anpassen von Frequenzen innerhalb einer Energieversorgung in einer gewünschten Weise zu steuern. Die dabei von dem Frequenzumrichter genutzten bzw. bestimmten Geschwindigkeitsinformationen können von dem Gefahrenanalysemodul abgerufen bzw. empfangen werden. Diese Informationen können dann dazu genutzt werden, um die Daten des
25 digitalen Doppelgängers so aufzubereiten, dass sie das virtuelle Erscheinungsbild der Personenförderanlage mit darin bewegten Komponenten, insbesondere einem bewegten Stufenband bzw. Palettenband, derart wiedergeben, dass deren Geschwindigkeit mit der von dem Frequenzumrichter angegebenen Geschwindigkeit der realen Komponenten übereinstimmt.

30 Ähnlich kann in einer Personenförderanlage ein Encoder dazu vorgesehen sein, Signale auszugeben, die eine aktuelle Geschwindigkeit bewegter Komponenten der Personenförderanlage angeben. Ein solcher Encoder kann beispielsweise über bewegliche Bauteile verfügen, die von den sich bewegenden Komponenten der Personenförderanlage bewegt

werden und deren Bewegung dann durch geeignete Sensoren detektiert werden kann, um auf diese Weise indirekt auf die Bewegung der Komponenten der Personenförderanlage rückschliessen zu können. Auch in diesem Fall kann die erhaltene Geschwindigkeitsinformation genutzt werden, um die Daten des digitalen Doppelgängers hinsichtlich

5 Geschwindigkeiten der darin virtuell bewegten Komponenten mit den sich real bewegenden Komponenten der Personenförderanlage zu synchronisieren.

Gemäss einer weiteren konkretisierten Ausführungsform kann ergänzend oder alternativ das Synchronisieren unter Berücksichtigung einer bewegten Positionsinformation

10 durchgeführt werden, wobei die bewegte Positionsinformation durch Beobachten einer Markierung, welche an einer Stelle einer bewegten Komponente der Personenförderanlage fixiert ist und von dieser mitbewegt wird, ermittelt wird.

Anders ausgedrückt kann beispielsweise an einem Stufenband bzw. einem Palettenband

15 an einer oder mehreren vorbestimmten Positionen eine oder mehrere Markierungen angebracht sein. Eine solche Markierung kann beispielsweise visuell erkennbar sein und somit von einer Kamera oder ähnlichem detektiert werden. Beispielsweise kann die Markierung als Farbmarkierung ausgebildet sein. Alternativ kann die Markierung auch durch intrinsische Eigenschaften der bewegten Komponente selbst, beispielsweise eine

20 visuell gut erkennbare Kante einer Stufe oder einer Palette, gebildet sein. Als weitere Alternative kann die Markierung in anderer Weise detektierbar sein, beispielsweise elektrisch und/oder magnetisch detektierbar sein. Geeignete Sensoren können dazu ausgebildet sein und/oder an der Personenförderanlage an geeigneten Positionen

25 angeordnet sein, um die Markierung(en) beobachten zu können und entsprechende bewegte Positionsinformationen bereitzustellen. Aufgrund dieser bewegten Positionsinformationen kann somit auf die tatsächlichen Bewegungen der beobachteten Komponente sowie auf die aktuelle Position der Markierung dieser Komponente rückgeschlossen werden. Die Markierung ist auch im digitalen Doppelgänger virtuell

30 wiedergegeben. Dementsprechend können die von dem digitalen Doppelgänger erhaltenen Daten geeignet aufbereitet werden, um sie mit den tatsächlichen Bewegungen und der korrekten Übereinstimmung der Markierung der beobachteten Komponente zu synchronisieren.

Gemäss einer Ausführungsform wird zur Analyse von Bewegungen der ermittelten

dynamischen Objekte ein Vergleich der Bewegungen der ermittelten dynamischen Objekte mit gespeicherten Bewegungsszenarien, welche potentielle Gefahrensituationen wiedergeben, durchgeführt.

- 5 Insbesondere kann im Gefahrenanalysemodul ein automatisierter Erkennungsprozess und/oder Beurteilungsprozess kritischer Situationen stattfinden, wobei die durch bekannte Analyseverfahren extrahierten Bewegungen der ermittelten dynamischen Objekte beurteilt werden. Um den Beurteilungsprozess durchzuführen, kann im Gefahrenanalysemodul ein Set mit atypischen Bewegungsszenarien kritischer Situationen
10 gespeichert sein. Hierbei kann dieses Set verschiedene Bewegungsszenarien umfassen, die mit den aus Bewegungssequenzaufnahmen extrahierten Bewegungen der ermittelten dynamischen Objekte verglichen werden können. Dieses Set gespeicherter Bewegungsszenarien kann beispielsweise durch einen Maschinenlernprozess erzeugt werden, indem mittels eines Dummys oder Stuntmans typische kritische Situationen wie
15 Stürze oder leichtsinnige Handlungen auf der Personenförderanlage nachgestellt, erfasst und die dabei extrahierten Bewegungsabläufe als gespeicherte Bewegungsszenarien in das Set aufgenommen werden. Es ist natürlich auch möglich, mit geeigneter Software und ausreichender Rechenleistung solche Bewegungsszenarien rein virtuell zu erstellen. Selbstverständlich kann das Set auch mit weiteren gespeicherten Bewegungsszenarien
20 ergänzt werden, die während des Betriebes der Personenförderanlage zu einem Unfall führten und die vom Gefahrenanalysemodul nicht erkannt wurden. Bei einer ausreichenden Übereinstimmung eines dynamischen Objektes mit einem gespeicherten Bewegungsszenario nimmt das Gefahrenanalysemodul das Vorliegen einer Gefahrensituation an und sendet einen Warnhinweis und/oder ein Warnsignal aus.
- 25 Gemäss einer Ausführungsform wird die aktuelle Gefahrensituation an der Personenförderanlage basierend auf einem Vergleich der ermittelten dynamischen Objekte mit verschiedenen gespeicherten Bewegungsszenarien bewertet. Der Warnhinweis wird dann abhängig von der Bewertung der Gefahrensituation ausgegeben.
- 30 Vorzugsweise weisen die verschiedenen atypischen Bewegungsszenarien des Sets unterschiedliche Gewichtungen im Sinne einer Rangordnung auf. Diesen Gewichtungen entsprechend, können unterschiedliche Aktionen zur Beeinflussung des Fahrbetriebes der Personenförderanlage definiert sein.

Zum Beispiel kann ein Steuerungsmodul eine Verbindung zwischen einer manuell zu betätigenden Notstopp-Auslöseeinrichtung und der Steuerung der entsprechenden Personenförderanlage nur dann zur Betätigung freigeben, wenn ein erkannter Sturz eines Benutzers eine sehr hohe Gewichtung aufweist und für diese hohe Gewichtung als Aktion ein Notstopp definiert ist. Der Notstopp wird sofort eingeleitet, wenn das Überwachungs-
5 personal die Notstopp-Auslöseeinrichtung betätigt.

Wenn beispielsweise ein Benutzer die Personenförderanlage entgegen ihrer Förder-
10 richtung betritt, kann diese kritische Situation eine mittlere Gewichtung aufweisen und für diese mittlere Gewichtung vorgesehen sein, dass das Steuerungsmodul nur die Verbindung zwischen dem manuell zu betätigenden Geschwindigkeitsregler und der Steuerung der entsprechenden Personenförderanlage zur Betätigung freigibt.

Es ist auch möglich, dass ein Benutzer die kritische Situation selbst auflösen kann, indem er seinen Sturz beispielsweise durch ein Festhalten am Handlauf auffängt und sich danach wieder aufrichtet. Aufgrund der erkannten Situation kann diese Bewegungssequenz-
15 aufnahme z.B. auf dem Bildschirm eines Interaktionsmoduls sofort angezeigt werden, damit das Überwachungspersonal davon Kenntnis erhält und gegebenenfalls die Ursachen für den Fast-Sturz (Ablenkung des Benutzers, störende Einflüsse ausserhalb der
20 Fahrtreppe oder des Fahrsteiges) beheben kann. Die geringe Gewichtung erwirkt jedoch, dass das Steuerungsmodul keine der vorgenannten Verbindungen freigibt. Es ist an dieser Stelle noch anzumerken, dass die Errichtung einer Verbindung nicht automatisch deren Freigabe bedeutet.

25 Eine Personenförderanlage gemäss einer Ausführungsform des dritten Aspekts der Erfindung umfasst ein Transportband, einen Antrieb, eine Steuerung und eine Ausführungsform des hierin beschriebenen Überwachungssystems. Das Transportband kann als Stufenband oder Palettenband ausgestaltet sein. Der Antrieb ist dazu
30 konfiguriert, das Transportband einschliesslich darauf stehender Passagiere oder Gegenstände entlang eines Förderweges zu verlagern. Dabei wird der Antrieb von der Steuerung gesteuert. Eine Energieversorgung kann hierbei über einen Frequenzumrichter bewirkt werden. Ein Encoder kann an dem Transportband oder einer mit dem Transportband mitbewegten anderen Komponente vorgesehen sein, um Bewegungen des

Transportbandes detektieren zu können. Das Überwachungssystem ist dazu ausgelegt, Gefahrensituationen im Bereich des Transportbandes und/oder angrenzenden Regionen zu erkennen. Hierzu ist dessen Bewegungserfassungsmodul zumindest auf Teilbereiche des Transportbandes gerichtet. Warnhinweise können direkt oder indirekt an die

5 Steuerung weitergeleitet werden, um im Falle einer Gefahrensituation beispielsweise die Bewegung des Transportbandes zu verlangsamen oder zu stoppen.

Ausführungsformen des Computerprogrammprodukts gemäss dem vierten Aspekt der Erfindung können in jeder beliebigen, von einem Prozessor interpretierbaren

10 Computersprache formuliert sein. Das Computerprogrammprodukt kann auf einem computerlesbaren Medium gemäss einer Ausführungsform des fünften Aspekts der Erfindung gespeichert sein. Ein solches computerlesbares Medium kann portabel sein. Insbesondere kann das Medium Daten nicht-flüchtig oder flüchtig speichern. Beispielsweise kann das computerlesbare Medium eine CD, eine DVD, ein Flashspeicher,

15 ein ROM, ein EPROM oder Ähnliches sein. Alternativ kann das Computerprogramm auch auf einem computerlesbaren Medium in Form eines weiteren Computers, eines Servers, einer Datenwolke (Cloud) oder ähnlichem gespeichert sein, von wo aus es über ein Datennetzwerk, insbesondere das Internet, heruntergeladen werden kann.

20 Es wird darauf hingewiesen, dass mögliche Vorteile und Ausgestaltungen von Ausführungsformen der Erfindung hierin teilweise mit Bezug auf ein erfindungsgemässes Überwachungsverfahren und teilweise mit Bezug auf ein erfindungsgemässes Überwachungssystem beschrieben sind. Ein Fachmann erkennt, dass die beschriebenen Merkmale in geeigneter Weise übertragen, angepasst, ausgetauscht oder modifiziert

25 werden können, um zu weiteren Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen.

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

30

Figur 1 zeigt eine Personenförderanlage in dreidimensionaler Ansicht, deren Fahrbetrieb überwacht werden soll, sowie ein Überwachungssystem zur Überwachung dieser Personenförderanlage gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Die Figur ist lediglich schematisch und nicht notwendigerweise massstabsgetreu. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in der Figur gleiche oder gleichwirkende Merkmale.

Figur 1 zeigt eine Personenförderanlage 1 mit mehreren Fahrtreppen 3', 3'', 3''' in dreidimensionaler Ansicht, deren Fahrbetrieb F mittels eines Überwachungssystems 5 überwacht wird. Das Überwachungssystem 5 weist hierzu ein Gefahrenanalysemodul 7 und ein Bewegungserfassungsmodul 9 auf.

Um die mehreren Fahrtreppen 3', 3'', 3''' überwachen zu können, weist das Bewegungserfassungsmodul 9 mehrere Kameras 11', 11'', 11''', 13', 13'', 13''' auf. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind zwei Fahrtreppen 3', 3'' detailliert dargestellt. Die mit unterbrochener Linie skizzierte Balustrade symbolisiert eine mögliche Vielzahl weiterer Fahrtreppen 3'''. Jeder dieser Fahrtreppen 3', 3'', 3''' sind jeweils zwei Kameras 11', 13', 11'', 13'', 11''', 13''' des Bewegungserfassungsmoduls 9 zugeordnet, die vom Fahrbetrieb F einer ihr zugeordneten Fahrtreppe reale Bewegungssequenz-

15 aufnahmen 15 aufnehmen.

Das Gefahrenanalysemodul 7 und das Bewegungserfassungsmodul 9 stehen vorzugsweise über ein Datennetzwerk 17 miteinander in Verbindung. Ausserdem ist das Gefahrenanalysemodul 7 auch mit einem Datenbankmodul 19 verbunden, von dem Daten X, Y, Z eines digitalen Doppelgängers 29 der Personenförderanlage 1 zur Verfügung gestellt werden können. Das Datennetzwerk 17 kann auf unterschiedlichste Art und Weise errichtet sein, wie beispielsweise über ein lokales kabelgebundenes und/oder kabelloses Datennetzwerk, über Netzwerkverbindungen in eine Datenwolke (Cloud) 47, über CAN-Busssysteme, Bluetooth-Verbindungen und dergleichen mehr. Die einzelnen Module 7, 9, 19 können Daten untereinander austauschen können, wobei dieser Datenaustausch zwischen den einzelnen Modulen je nach Bedarf unidirektional oder bidirektional sowie dauernd, sequentiell oder temporär erfolgen kann.

Mittels des Überwachungssystems 5 lassen sich Ausführungsformen des erfindungsgemässen Verfahrens zur Überwachung des Fahrbetriebes F der Personenförderanlage 1 durchführen.

Jede der Kameras 11', 13', 11'', 13'', 11''', 13''' des Bewegungserfassungsmoduls 9 ist

auf eine zugeordnete Personenförderanlage 3', 3'', 3''' gerichtet und erfasst elektronisch verarbeitbare reale Bewegungssequenzaufnahmen 15 von Situationen 101A, 101B, 101C, die sich auf der Personenförderanlage 1 ereignen. Hierbei eingeschlossen kann auch das nahe Umfeld der Personenförderanlage 1 sein. Zu diesem nahen Umfeld gehören
5 beispielsweise die den Zutrittsbereichen 21, 23 vorgelagerten Bereiche eines Bauwerkes (nicht dargestellt), in dem die Personenförderanlage 1 eingebaut ist. Die vorgelagerten Bereiche des Bauwerkes werden auch als Vorräume bezeichnet und gegebenenfalls durch Näherungssensoren (nicht dargestellt) der Personenförderanlage 1 überwacht. Die Näherungssensoren übermitteln ihre Erfassungsdaten an eine «Start/Stop-Automatik»
10 der Personenförderanlage 1, die üblicherweise in jeweiligen Steuerungen 25', 25'' der Fahrtreppe 3', 3'' implementiert ist. Die Steuerungen 25', 25'' steuern den Betrieb eines jeweiligen Antriebs 45 der entsprechenden Fahrtreppe 3', 3''.

Das Bewegungserfassungsmodul 9 kann Videokameras, Wärmebildkameras,
15 Laserscanner, TOF-Kameras, eine Kombination aus mehreren Sensoren und dergleichen mehr verwenden, wobei deren reale Bewegungssequenzaufnahmen 15 dementsprechend als Videofilmsequenz, Bildsequenz, Wärmebildsequenz, etc. in elektronisch verarbeitbarer Form erfasst werden. Bei der Verwendung von mehreren Kameras 11, 13 oder ähnlichem in der Personenförderanlage 1, ist jeder der Kameras 11, 13 vorzugsweise
20 ein bestimmter Abschnitt beziehungsweise Bereich zugeordnet. Diese Bereiche überlappen sich vorzugsweise, so dass keine Überwachungslücken vorhanden sind, in denen sich unbeobachtet kritische Situationen 101A, 101B, 101C von Benutzern 102A, 102B, 102C ereignen können. Da eine möglichst sichere Überwachung erreicht werden soll, erfasst das Bewegungserfassungsmodul 9 vorzugsweise kontinuierlich das
25 Geschehen auf der Personenförderanlage 1. Hierzu gehört auch, dass das Bewegungserfassungsmodul 9 seine realen Bewegungssequenzaufnahmen 15 in Echtzeit an das Gefahrenanalysemodul 7 übermittelt.

Die übermittelten realen Bewegungssequenzaufnahmen 15 werden im Gefahrenanalysemodul 7 empfangen. Ausserdem werden von dem Gefahrenanalysemodul 7 Daten X, Y, Z des in dem Datenbankmodul 19 gespeicherten digitalen Doppelgängers 29 empfangen. Diese Daten X, Y, Z ermöglichen einen Rückschluss auf ein visuelles Erscheinungsbild
30 der Personenförderanlage 1 in einem vorbestimmten Bewegungszustand. Dementsprechend können basierend auf einem digitalen Doppelgänger 29 virtuelle

Bewegungssequenzaufnahmen 16 ermittelt und dem Gefahrenanalysemodul 7 zur Verfügung gestellt werden.

Das Gefahrenanalysemodul 7 kann daraufhin Informationen über dynamische Objekte 31 wie beispielsweise sich bewegende Benutzer 102A, 102B, 102C an der Personenförderanlage 1 ermitteln und hierfür sowohl die empfangenen realen Bewegungssequenzaufnahmen 15 als auch die empfangenen Daten X, Y, Z des digitalen Doppelgängers 29 nutzen. Insbesondere kann vorteilhafterweise ein Vergleich der virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen 16 mit den realen Bewegungssequenzaufnahmen 15 erfolgen, beispielsweise durch eine Differenzbildung beider Typen von Bewegungssequenzaufnahmen 15, 16.

Vorzugsweise können hierbei die realen Bewegungssequenzaufnahmen 15 mit den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen 16 derart synchronisiert werden, dass sich die Personenförderanlage 1 in beiden Bewegungssequenzaufnahmen 15, 16 in einem gleichen Bewegungszustand befindet. Hierzu können beispielsweise Daten von der Steuerung 25 in der Personenförderanlage 1 abgefragt werden, wobei diese Daten eine Information über einen aktuellen Bewegungszustand der realen Personenförderanlage 1 wiedergeben. Alternativ oder ergänzend können Geschwindigkeitsinformationen von einem Frequenzumrichter 33 der Personenförderanlage 1 und/oder Signale eines Encoders 35 an der Personenförderanlage 1 abgefragt werden und zum Synchronisieren der beiden Bewegungssequenzaufnahmen 15, 16 genutzt werden. Als weitere Alternative oder Ergänzung können an bewegbaren Komponenten 39 der Personenförderanlage 1 wie beispielsweise Stufen 41 eines Transportband 43 spezielle Markierungen 37 vorgesehen sein, die sich mit diesen bewegbaren Komponenten 39 mitbewegen. Diese Markierungen 37 können beispielsweise mithilfe einer Sensorik beobachtet werden, um bewegte Positionsinformationen betreffend die bewegbaren Komponenten 39 zu erhalten, mittels derer wiederum die virtuellen und realen Bewegungssequenzaufnahmen 15, 16 positionsgenau synchronisiert werden können.

Die auf diese Weise ermittelten Informationen über die dynamischen Objekte 31 werden anschliessend mittels Analysealgorithmen auf Gefahrensituationen 101A, 101B, 101C untersucht. Diese Analysealgorithmen basieren beispielsweise auf bekannten Bildverarbeitungstechniken, die z.B. in Selbstlernprozessen unter Verwendung von

künstlicher Intelligenz in neuronalen Netzwerken optimiert und angewendet werden. Eine verbreitete Bildverarbeitungstechnik, um aus einem Bild eine Information zu erzeugen, ist beispielsweise die Berechnung eines Histogramms, welches Aufschluss über eine statistische Helligkeitsverteilung im Bild gibt. Solch ein Histogramm kann zum Beispiel
5 als Konfiguration für weitere Bildverarbeitungsschritte oder als Information für einen menschlichen Benutzer einer Software dienen. Weitere berechenbare Informationen eines Bildes sind zum Beispiel seine Entropie oder mittlere Helligkeit. Basierend auf diesen Informationen können Vektoranalysen folgen, wie sich einzelne markante Stellen zueinander verschieben und hieraus können Rückschlüsse auf Bewegungsszenarien
10 103A, 103B, 103C von Benutzern 102A, 102B, 102C gezogen werden.

Selbstverständlich können an Stelle der vorangehend beschriebenen Verfahrensschritte auch andere oder weitere aus dem technischen Gebiet der Videoüberwachung bekannte Analysetechniken und Analyseerfahren eingesetzt werden, um Bewegungsabläufe der
15 Benutzer 101A, 101B, 101C aus den Bewegungssequenzaufnahmen 15, 16 zu extrahieren.

Sobald ein Bewegungsablauf eines Benutzers 102 102A, 102B, 102C vom Gefahrenanalysemodul 7 erkannt und beispielsweise als Skelett-Bewegungsablauf
20 extrahiert worden ist, kann der Bewegungsverlauf mit einem gespeicherten Set möglicher Gefahrensituationen bzw. kritischer Situationen verglichen werden. Genauer ausgedrückt, geben die im Set gespeicherten Situationen atypische Bewegungsszenarien 103A, 103B, 103C bei möglichen Gefahrensituationen wieder.

Sobald das Gefahrenanalysemodul 7 eine Gefahrensituation 101A, 101B, 101C erkannt hat, gibt es einen Warnhinweis 26 aus. Der Warnhinweis 26 kann beispielsweise an ein Überwachungszentrum 28 übermittelt werden. Von dort aus kann in Reaktion auf den Warnhinweis 26 beispielsweise ein Betrieb der Personenförderanlage 1 durch geeignete
25 Einflussnahme auf die Steuerung 25 der betroffenen Fahrtreppe 3 verlangsamt oder gestoppt werden. Ferner kann über Signaleinrichtungen 27 an der Personenförderanlage 1 ein geeignetes visuelles oder akustisches Warnsignal ausgegeben werden, um Nutzer der
30 Personenförderanlage 1 zu warnen.

Auf der in Figur 1 dargestellten Personenförderanlage 1 und in deren nahem Umfeld sind

zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung drei Gefahrensituationen 101A bis 101C beispielhaft dargestellt. Zu diesen Gefahrensituationen 101A, 101B, 101C passend, sind im Gefahrenanalysemodul 7 ein Set möglicher Bewegungsszenarien 103A, 103B, 103C vorhanden, mit denen aus den realen Bewegungssequenzaufnahmen 15 extrahierte dynamische Objekte 31 verglichen werden. Dabei kann auch der mögliche Ort eine Rolle spielen, an denen eine solche Gefahrensituation 101A, 101B, 101C überhaupt stattfinden kann. Ein atypisches Bewegungsszenario 103A, welches beispielsweise ein Herunterfallen im schrägen Mittelteil einer Fahrtreppe 3'' wiedergibt, kann sich nicht in gleicher Weise im Vorraum der Personenförderanlage 1 oder in einem der Zutrittsbereiche 21, 23 ereignen. Das Set atypischer Bewegungsszenarien 103A, 103B, 103C kann beispielsweise durch einen Maschinenlernprozess erzeugt werden, indem mittels eines Dummys oder Stuntmans typische Gefahrensituationen 101A, 101B, 101C wie Stürze oder leichtsinnige Handlungen auf der Personenförderanlage 1 nachgestellt werden. Die dabei erfassten und extrahierten dynamischen Objekte 31 beziehungsweise deren Bewegungsabläufe können als atypische Bewegungsszenarien 103A, 103B, 103C in das Set aufgenommen werden. Selbstverständlich kann das Set auch mit weiteren atypischen Bewegungsszenarien ergänzt werden, die während des Betriebes der Personenförderanlage 1 zu einem Unfall führten und die vom Gefahrenanalysemodul 7 nicht erkannt wurden. Bei einer ausreichenden Übereinstimmung eines dynamischen Objektes 31 mit einem atypischen Bewegungsszenario 103A, 103B, 103C kann das Gefahrenanalysemodul 7 das Vorliegen einer Gefahrensituation annehmen beziehungsweise feststellen und einen Warnhinweis 26 ausgeben.

Die verschiedenen atypischen Bewegungsszenarien 103A, 103B, 103C können unterschiedliche Gewichtungen im Sinne einer Rangordnung aufweisen. Entsprechend dieser Rangordnung können Instruktionen (nicht dargestellt) im Überwachungszentrum 28 hinterlegt sein, wie der Fahrbetrieb F der betroffenen Fahrtreppe 3', 3'' beeinflusst werden soll. Je nach Gewichtung muss zum Beispiel ein Notstopp eingeleitet, die Fahrgeschwindigkeit reduziert, eine akustische und/oder optische Warnung ausgegeben, usw., werden. Die vom Bewegungserfassungsmodul 9 aufgenommene Gefahrensituation 101A wird im Gefahrenanalysemodul 7 als ein «Herunterfallen» erkannt und der zugehörige Warnhinweis 26 mit einer höchsten Gewichtung (= Notstopp) versehen, da ein Weiterführen des Fahrbetriebes F zu starken Verletzungen des heruntergefallenen Benutzers 102A führen könnte.

Die vom Bewegungserfassungsmodul 9 aufgenommene kritische Situation 101B wird im Gefahrenanalysemodul 7 als ein «in falscher Richtung betreten» erkannt und der zugehörige Warnhinweis 26 mit der geringsten Gewichtung versehen. Durch falsches
5 Betreten bringt sich der Benutzer 102B nicht unmittelbar in Gefahr, sondern stört eher die entgegenkommenden Benutzer beim Verlassen der Personenförderanlage 1. Hier ist beispielsweise eine optische und/oder akustische Warnung an den betroffenen Benutzer 102B ausreichend.

10 Die vom Bewegungserfassungsmodul 46 aufgenommene kritische Situation 101C wird im Gefahrenanalysemodul 7 als ein «Betreten mit Einkaufswagen» erkannt und der zugehörige Warnhinweis 26 mit einer mittleren Gewichtung versehen. Hierbei ist die Benutzerin 102C erst in Gefahr, wenn sie mit ihrem Einkaufswagen den ansteigenden Mittelteil der Personenförderanlage 1 erreicht. Der mittleren Gewichtung entsprechend
15 kann die Instruktion lauten, dass die Fahrgeschwindigkeit F reduziert und eine optische und/oder akustische Warnung ausgegeben wird. Die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit ermöglicht der Benutzerin 102C, die Fahrtreppe 3' in entgegengesetzter Richtung einfacher zu verlassen als bei normaler Fahrgeschwindigkeit. Hierdurch wird vermieden, dass sie mit dem Einkaufswagen zu rasch in den ansteigenden
20 Bereich der Fahrtreppe gelangt.

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
25 Schritte, 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.

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatisierten Überwachung eines Fahrbetriebes (F) einer Personenförderanlage (1) mittels eines Überwachungssystems (5),
5 wobei das Überwachungssystem (5) ein Gefahrenanalysemodul (7) und mindestens ein Bewegungserfassungsmodul (9) aufweist, wobei das Bewegungserfassungsmodul (9) auf die Personenförderanlage (1) gerichtet ist und dazu konfiguriert ist, elektronisch verarbeitbare reale Bewegungssequenzaufnahmen (15) von Situationen zu erfassen, die sich auf der zugeordneten Personenförderanlage (1) ereignen,
10 wobei das Verfahren umfasst:
Empfangen von realen Bewegungssequenzaufnahmen (15) in dem Gefahrenanalysemodul (7), wobei die realen Bewegungssequenzaufnahmen (15) durch das Bewegungserfassungsmodul (9) erfasst wurden;
Empfangen von Daten (X, Y, Z) eines digitalen Doppelgängers (29) der
15 Personenförderanlage (1) in dem Gefahrenanalysemodul (7), wobei die Daten (X, Y, Z) zumindest Informationen betreffend physikalische Eigenschaften der Personenförderanlage (1) umfassen, die einen Rückschluss auf ein visuelles Erscheinungsbild (30) der Personenförderanlage (1) in einem vorbestimmten Bewegungszustand ermöglichen;
20 Ermitteln von Informationen betreffend dynamische Objekte (31) an der Personenförderanlage (1) durch das Gefahrenanalysemodul (7), wobei die Informationen basierend auf den empfangenen Daten (X, Y, Z) des digitalen Doppelgängers (29) und den realen Bewegungssequenzaufnahmen (15) ermittelt werden;
Ermitteln einer Information betreffend eine aktuelle Gefahrensituation (101A, 101B, 101C) an der Personenförderanlage (1) durch das Gefahrenanalysemodul (7) basierend
25 auf einer Analyse von Bewegungen der ermittelten dynamischen Objekte (31); und
Ausgeben eines Warnhinweises (26) durch das Gefahrenanalysemodul (7) basierend auf der ermittelten Information betreffend die aktuelle Gefahrensituation (101A, 101B, 101C).
30
2. Verfahren nach Anspruch 1,
wobei basierend auf den empfangenen Daten (X, Y, Z) des digitalen Doppelgängers (29) durch das Gefahrenanalysemodul (7) virtuelle Bewegungssequenzaufnahmen (16) ermittelt werden, und

wobei die Informationen betreffend dynamische Objekte (31) an der Personenförderanlage (1) durch das Gefahrenanalysemodul (7) durch Vergleich der virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen (16) mit den realen Bewegungssequenzaufnahmen (15) ermittelt werden.

5

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Vergleich der realen Bewegungssequenzaufnahmen (15) mit den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen (16) durch eine Differenzbildung zwischen den realen Bewegungssequenzaufnahmen (15) und den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen (16) durchgeführt wird.

10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 und 3, wobei das Verfahren ferner ein Synchronisieren der realen Bewegungssequenzaufnahmen (15) mit den virtuellen Bewegungssequenzaufnahmen (16) derart umfasst, dass sich bewegbare Komponenten (39) Personenförderanlage (1) bei beiden Bewegungssequenzaufnahmen (15, 16) in einem gleichen Bewegungszustand befinden.

15

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Synchronisieren unter Berücksichtigung von Daten erfolgt, die von einer Steuerung (25) der Personenförderanlage (1) empfangen werden und die eine Information über einen tatsächlichen aktuellen Bewegungszustand der Personenförderanlage (1) beinhalten.

20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 und 5, wobei das Synchronisieren unter Berücksichtigung einer Geschwindigkeitsinformation eines Frequenzumrichters (33) der Personenförderanlage (1) oder eines Signals eines an der Personenförderanlage (1) angeordneten Encoders (35) durchgeführt wird.

25

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei das Synchronisieren unter Berücksichtigung einer bewegten Positionsinformation durchgeführt wird, wobei die bewegte Positionsinformation durch Beobachten einer Markierung (37), welche an einer Stelle einer bewegbaren Komponente (39) der Personenförderanlage (1) fixiert ist und von dieser mitbewegt wird, ermittelt wird.

30

8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei zur Analyse von Bewegungen der ermittelten dynamischen Objekte (31) ein
Vergleich der Bewegungen der ermittelten dynamischen Objekte (31) mit gespeicherten
Bewegungsszenarien (103A, 103B, 103C), welche potentielle Gefahrensituationen
5 (101A, 101B, 101C) wiedergeben, durchgeführt wird.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei die aktuelle Gefahrensituation (101A, 101B, 101C) an der Personenförderanlage
(1) basierend auf einem Vergleich der ermittelten dynamischen Objekte (31) mit
10 verschiedenen gespeicherten Bewegungsszenarien (103A, 103B, 103C) bewertet wird,
und
wobei der Warnhinweis abhängig von der Bewertung der Gefahrensituation (101A, 101B,
101C) ausgegeben wird.
- 15 10. Überwachungssystem (5) zum Überwachen eines Fahrbetriebes (F) einer
Personenförderanlage (1), wobei das Überwachungssystem (5) ein
Gefahrenanalysemodul (7) aufweist, welches dazu konfiguriert ist, Daten von einem
Bewegungserfassungsmodul (9) sowie von einem Datenbankmodul (19) zu empfangen,
wobei das Bewegungserfassungsmodul (9) auf die Personenförderanlage (1) gerichtet ist
20 und dazu konfiguriert ist, elektronisch verarbeitbare reale Bewegungssequenzaufnahmen
(15) von Situationen zu erfassen, die sich auf der zugeordneten Personenförderanlage (1)
ereignen, und wobei in dem Datenbankmodul (19) Daten eines digitalen Doppelgängers
(29) der Personenförderanlage (1) gespeichert sind, wobei die Daten zumindest
Informationen betreffend physikalische Eigenschaften der Personenförderanlage (1)
25 umfassen, die einen Rückschluss auf ein visuelles Erscheinungsbild der
Personenförderanlage (1) in einem vorbestimmten Bewegungszustand ermöglichen;
wobei das Gefahrenanalysemodul (7) dazu konfiguriert ist, ein Verfahren gemäss einem
der vorangehenden Ansprüche durchzuführen oder zu steuern.
- 30 11. Personenförderanlage (1) aufweisend:
ein Transportband (43);
einen Antrieb (45) zum Antreiben des Transportbands (43);
eine Steuerung (25) zum Steuern des Antriebs (45);
ein Überwachungssystem (5) gemäss Anspruch 10, dessen Bewegungserfassungsmodul

(9) zumindest auf Teilbereiche des Transportbandes (43) gerichtet ist.

12. Computerprogrammprodukt, umfassend maschinenlesbare
Programmanweisungen, welche bei Ausführung auf einer programmierbaren Vorrichtung
5 die Vorrichtung zum Durchführen oder Steuern eines Verfahrens gemäss einem der
Ansprüche 1 bis 9 veranlassen.

13. Computerlesbares Medium mit einem darauf gespeicherten
Computerprogrammprodukt gemäss Anspruch 12.