

Inspektionsverfahren für den Kammlattenbereich einer Fahrtreppe oder eines Fahrsteiges

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Inspektionsverfahren für den
5 Kammlattenbereich einer Fahrtreppe oder eines Fahrsteiges mittels eines mobilen
Inspektionsgerätes.

Eine Fahrtreppe oder ein Fahrsteig wird seit vielen Jahrzehnten an öffentlichen Orten mit
regem Fussgängeraufkommen wie in U-Bahnen, Einkaufszentren und Flughäfen
10 verwendet. Deren Betriebssicherheit hängt insbesondere von der Ausgestaltung der
Schnittstellen zwischen bewegten und ortsfesten Bauteilen ab, die für die Benutzer
zugänglich sind.

Bei Fahrtreppen und Fahrsteige sind diese Schnittstellen Seitenspalten, die zwischen dem
15 bewegbaren Transportband und den an beiden Seiten entlang Transportbandes
angeordneten, feststehenden Sockelblechen vorhanden sind. Weitere Schnittstellen sind
Kammspalten, die zwischen dem Transportband und feststehenden Kämme vorhanden
sind. Die Kämme sind in Kammlattenbereichen ortsfest montiert und in zwei einander
gegenüberliegenden Zutrittsbereichen der Fahrtreppe oder des Fahrsteiges angeordnet.
20 Bei korrekter, betriebssicherer Anordnung greifen Steg-/Nutstrukturen des
Transportbandes und Kammzähne der Kammlatten mit einem vorgegebenen Kammspalt
ineinander, so dass das Transportband berührungsfrei unter die Kammlatten eingefahren
beziehungsweise unter den Kammlatten ausgefahren werden kann und verhindert wird,
dass Fremdkörper in den Kammspalt gelangen. Daher ist das massliche Einhalten des
25 vorgegebenen Kammspaltes zwischen den Steg-/Nutstrukturen des Transportbandes und
den Kammzähnen der Kammlatten für den sicheren Betrieb der Fahrtreppe oder des
Fahrsteiges sehr wichtig. Wenn beispielsweise aus Verschleissgründen der Kammspalt zu
gross ist oder die Kammzähne der Kammlatten verbogen oder sogar gebrochen sind,
besteht die Gefahr, dass ein von einem Passagier mitgeführter Gegenstand im
30 Kammlattenspalt eingeklemmt wird und der Passagier sich dabei verletzt. Wenn zum
Beispiel ein externer Fremdkörper wie eine Münze eingeklemmt wird, kann dies auch zu
einer Fehlpositionierung des Transportbandes gegenüber den beidseits angeordneten
Sockelblechen führen, wodurch eine der beiden Seitenspalten zu gross wird und eine
latente Gefahr für den Passagier entsteht.

Daher werden die Seitenspalten und die Kammspalten des Kammplattenbereichs einer Fahrtreppe oder eines Fahrsteiges periodisch überprüft. Diese Inspektion ist sehr zeitaufwändig und fordert von einem Servicetechniker ein hohes Mass an Wissen und Können, um die Inspektion korrekt auszuführen und eine situationsgerechte Beurteilung zu erstellen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, ein Inspektionsverfahren anzugeben, welches auch einem weniger qualifizierten Servicetechniker ermöglicht, den Kammplattenbereich rasch und korrekt zu inspizieren.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Inspektionsverfahren für den Kammplattenbereich einer Fahrtreppe oder eines Fahrsteiges mittels eines mobilen Inspektionsgerätes. Dieses kann beispielsweise ein für diesen Zweck speziell hergestelltes Inspektionsgerät oder ein geeignet ausgestattetes Tablett, Smartphone oder ein Laptop sein. Das mobile Inspektionsgerät weist zumindest ein Userinterface, ein digitales Speichermedium, einen Prozessor, einen bildgebenden Tiefensensor und eine im Speichermedium zumindest temporär gespeicherte Softwareapplikation mit den jeweils erforderlichen Verfahrensschritten des Inspektionsverfahrens auf.

Das Inspektionsverfahren umfasst insbesondere die nachfolgend aufgeführten Verfahrensschritte, wobei diese nicht zwingend in dieser Reihenfolge abgearbeitet werden müssen.

In einem Schritt des Inspektionsverfahrens wird mit einem Tiefensensor des mobilen Inspektionsgerätes eine 3D- Aufnahme aller Kämme und diesen angrenzende Flächenbereiche eines Kammplattenbereichs der Fahrtreppe oder des Fahrsteiges erfasst. Das Merkmal «aller Kämme und diesen angrenzende Flächenbereiche» bedeutet, dass der gesamte Kammplattenbereich, von einem Sockelblech über alle nebeneinander angeordneten Kämme des Kammplattenbereichs bis hin zum zweiten Sockelblech in der 3D-Aufnahme abgebildet werden. Der Merkmalszusatz «3D-» bedeutet für alle damit versehenen Merkmale, dass diese eine dreidimensionale, räumliche Struktur aufweisen. Da die Kämme und die Steg-/Nutstruktur des Transportbandes ineinandergreifen, ist logischerweise auch ein Ausschnitt einer Trittfläche des Transportbandes der Fahrtreppe

oder des Fahrsteiges in der 3D-Aufnahme enthalten.

In einem weiteren Schritt erfolgt ein Extrahieren eines 3D- Oberflächenabbildes des Kammlattenbereichs aus der 3D-Aufnahme. Hierbei wird aus der dreidimensionalen Punktwolke der 3D-Aufnahme mittels bekannter Algorithmen aus elektronischen Bildverarbeitungsverfahren, die in handelsüblichen Grafikprogrammen, Fotobearbeitungsprogrammen Bildauswertungs- und Videoauswertungsprogrammen etc. integriert sind oder als «Open Source Softwaremodule» vorhanden sind, ein 3D-Oberflächenabbild erzeugt beziehungsweise extrahiert. Dabei können durch händischen Eingriff oder automatisiert, Randbereiche eliminiert werden, die nicht von Interesse sind. Das 3D-Oberflächenabbild ist beispielsweise eine weiter verarbeitbare, dreidimensionale Vektorgrafik und beinhaltet zumindest die in der 3D-Aufnahme erfassten Oberflächen von allen nebeneinander angeordneten Kämmen des abgebildeten Kammlattenbereichs sowie Flächenbereiche von Sockelblechen, die den Kämmen seitlich angrenzen und von der im Kammlattenbereich befindlichen Trittpläche des Transportbandes. Zur Extrahierung des 3D-Oberflächenabbildes gehört auch ein Entzerren und Skalieren. Dies kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen und kann auch davon abhängen, ob eine einzelne 3D-Aufnahme des gesamten Kammlattenbereichs erfasst worden ist, oder ob die 3D-Aufnahme in der Form einer digitalen 3D-Filmsequenz mit mehreren Frames aufgenommen wurde.

Mit anderen Worten ausgedrückt, ist das 3D- Oberflächenabbild im Wesentlichen ein digitales 3D-Flächenmodell, vorzugsweise im Massstab 1:1. Dieses umfasst im Wesentlichen die in der 3D-Aufnahme erfassten Flächen des Kammlattenbereichs. Beim Extrahieren wird der Inhalt der 3D-Aufnahme (der abgebildete Kammlattenbereich im einzelnen 3D-Bild oder in jedem Frame der 3D-Filmsequenz) entzerrt und auf den Massstab 1:1 skaliert. Der Massstab von 1:1 ist zwar vorteilhaft, aber nicht zwingend. Wichtig ist nur, dass die Grössenverhältnisse des 3D-Oberflächenabbildes mit dem nachfolgend beschriebenen, virtuellen 3D-Modell übereinstimmen.

Bei einem einzelnen 3D-Bild sind alle Kämmen vollständig auf der 3D-Aufnahme abgebildet, so dass ihre Bauteilgrenzen wie beispielsweise Eckpunkte, Kanten und Fugenspalt auf dem 3D-Oberflächenabbild mittels entsprechenden Analysealgorithmen gut als Fixpunkte identifiziert werden können. Die hierzu erforderlichen Bilderkennungs-

und Bildbearbeitungsalgorithmen sind aus Bildbearbeitungsprogrammen bekannt und weit verbreitet, weshalb an dieser Stelle keine ausführliche Beschreibung zu diesen Algorithmen erfolgt. Zur Identifizierung markanter Kanten, Eckpunkte und Fugenspalten kann beispielsweise ein entsprechend trainiertes AI-Programmmodul (Artificial
5 Intelligence) eingesetzt werden. Als Trainingsbasis für das AI-Programmmodul können aus verschiedensten Blickwinkeln beziehungsweise Kameraperspektiven aufgenommene 3D-Oberflächenabbilder des Kammplattenbereichs oder eines einzelnen Kammes verwendet werden.

10 Selbstverständlich können Fixpunkte auch durch den Servicetechniker händisch definiert werden, indem er mittels Zoomfunktion die Darstellung der 3D- Aufnahme auf einem Userinterface des Inspektionsgerätes vergrößert und markante Stellen auf der Aufnahme als Fixpunkte beispielsweise durch Positionieren von durch die Softwareapplikation zur Verfügung gestellten Markern festlegt. Die Marker werden dann mit den Lagedaten des
15 markierten Pixels verknüpft und bei der Durchführung weiterer Verfahrensschritte «mitgenommen».

Die Umrechnungsparameter für das Entzerren und Skalieren sind abhängig von der räumlichen Lage des bildgebenden Tiefensensors zum Kammplattenbereich und
20 gegebenenfalls zu feststehenden Fixpunkten wie beispielsweise eine feststehende, markante Ecke eines Kammes. Wenn die tatsächlichen Abstände zweier Fixpunkte wie beispielsweise die Kammlänge im Speichermedium gespeichert sind, lassen sich die entsprechenden Umrechnungsparameter für jedes erfasste Pixel des 3D-Oberflächenabbildes ermitteln.

25 Wenn die Softwareapplikation in einem mobilen Gerät (Smartphone, Tablet, Laptop) implementiert ist, kann die räumliche Lage des bildgebenden Tiefensensors für jedes Pixel der 3D-Aufnahme gegebenenfalls auch unter der Verwendung von Lagedaten des eingebauten, dreiachsigen Lagesensors bestimmt werden. Mit diesen
30 Umrechnungsparametern und unter der Verwendung bekannter Verarbeitungsalgorithmen, die in Bildverarbeitungsprogrammen und 3D-CAD Programmen zur Entzerrung und massstäblichen Veränderung dreidimensionaler digitaler Abbildungen eingesetzt werden, kann das 3D- Oberflächenabbild aus der 3D-Aufnahme erzeugt werden.

Alternativ kann die Entzerrung und Skalierung auch unter Verwendung eines im Speichermedium gespeicherten, eindeutig zuordenbaren virtuellen 3D-Modells erfolgen. Zum Beispiel kann anhand einer Kantenlänge eines Kammes des 3D-Modells und des 3D-Oberflächenabbildes ein Skalierungsfaktor errechnet und das Oberflächenabbild auf das 3D-Modell skaliert werden, wobei das virtuelle 3D-Modell vorzugsweise im Massstab von 1:1 abgespeichert ist. Auch die räumliche Entzerrung des 3D-Oberflächenabbildes kann anhand der räumlichen Lage von Kanten und Fugen der Kämme erfolgen.

In einem weiteren Schritt wird ein virtuelles 3D-Modell des Kammlattenbereichs aus einem digitalen Speichermedium aufgerufen, wobei das virtuelle 3D-Modell zumindest virtuelle 3D-Kammmodelle des Kammlattenbereichs in vorgegebener Anordnung aufweist. Das virtuelle 3D-Modell kann beispielsweise mittels eines 3D-CAD Systems erzeugt worden sein und nur die in vorgesehener räumlicher Lage nebeneinander angeordneten 3D-Kammmodelle umfassen. Selbstverständlich können auch weitere 3D-Modellmodule vorhanden sein, beispielsweise ein 3D-Modellmodul einer Kammlatte, an welcher die Kämme angeordnet sind, seitliche Abschnitte der Sockelbleche, Teile eines Kammlattenträgers und dergleichen mehr. Das virtuelle 3D-Modell kann zum Beispiel auch aus einem digitalen Zwilling aufgerufen werden, der die zu inspizierende Fahrtreppe oder den zu inspizierenden Fahrsteig wiedergibt.

In einem weiteren Schritt erfolgt ein räumliches Zusammenfügen des 3D-Oberflächenabbildes und des virtuellen 3D-Modells. Mit anderen Worten wird das 3D-Modell an der richtigen Stelle in dem entzerrten und skalierten 3D-Oberflächenabbild eingefügt. Die einzelnen Kämme weisen eine so kleine Grundfläche auf, dass sie problemlos vollständig auf der 3D-Aufnahme abgebildet werden können. Dementsprechend sind ihre Bauteilgrenzen als Kanten und Fugen auf dem 3D-Oberflächenabbild vorhanden. Die räumliche Ausrichtung und korrekt positionierte Einfügung des virtuellen 3D-Modells in das 3D-Oberflächenabbild kann anhand der räumlichen Lage dieser Kanten und Fugen erfolgen. Die hierzu erforderlichen Bilderkennungs- und Bildbearbeitungsalgorithmen sind aus Bildbearbeitungsprogrammen bekannt und weit verbreitet, weshalb an dieser Stelle keine ausführliche Beschreibung zu diesen Algorithmen erfolgt. Zur Identifizierung markanter Kanten, Eckpunkte und

Fugenspalten kann beispielsweise ein entsprechend trainiertes AI-Programmmodul (Artificial Intelligence) eingesetzt werden. Als Trainingsbasis für das AI-Programmmodul können aus verschiedensten Blickwinkeln beziehungsweise Kameraperspektiven aufgenommene 3D-Oberflächenabbilder des Kammplattenbereichs
5 verwendet werden.

In einem weiteren Schritt erfolgt eine Ermittlung einer Höhe eines Kammspaltes zwischen der im 3D-Oberflächenabbild abgebildeten Trittfläche und einer Kamm-Unterflächenstruktur des virtuellen 3D-Modells. Da die Trittfläche eine Steg-/Nutstruktur
10 aufweist, die mit den Kammzähnen der Kämme in kämmendem Eingriff sind, erstreckt sich der Kammspalt mäanderförmig über die Breite des Transportbandes zwischen den beiden Sockelblechen. Die für die Inspektion relevante Höhe des Kammspaltes ist das vertikale Spiel zwischen einer höchsten Fläche eines Steges der Trittfläche und einem darüberliegenden Zahngrund des Kammes respektive das Spiel zwischen einem Nutgrund
15 der Trittfläche und einer darüberliegenden Zahnkopffläche des Kammes. Die vorangehend verwendeten Merkmale «darüberliegend» und «vertikal» beziehen sich auf die vorgesehene Betriebslage dieser Bauteile.

In einem weiteren Schritt erfolgt ein Vergleich mit aus dem digitalen Speichermedium
20 abgerufenen Grenzvorgaben für die Höhe des Kammspaltes. Wenn die ermittelte Höhe von den Grenzvorgaben abweicht, wird ein erstes Hinweissignal ausgegeben. Die Funktion und Auswirkungen des ersten Hinweissignals werden weiter unten ausführlicher beschrieben.

Der Vorteil des vorangehend beschriebenen Verfahrens liegt darin, dass der Kammspalt nicht nur von den sichtbaren Oberflächen ausgehend beurteilt wird, sondern auch anhand der durch das eingefügte 3D-Modell zur Verfügung stehenden, verborgenen Oberflächen, insbesondere die Unterseite der Kämme. Dadurch muss nicht gegen ein vorher
25 aufgenommenes Referenzbild verglichen werden, wie dies beispielsweise in der EP 3 299 330 B1 offenbart ist. Referenzbilder sind nur dann sinnvoll, wenn die Inspektionsvorrichtung am Einsatzort stationär verbaut ist. Da sich bei dem
30 erfindungsgemäss vorgesehenen Einsatz des mobilen Inspektionsgerätes die Kameraperspektive bei jeder Durchführung des Inspektionsverfahrens ändert, sind vorangehend aufgenommene Referenzbilder unbrauchbar. Zudem sollen mittels dem

mobilen Inspektionsgerät eine Vielzahl verschiedener Fahrtreppen und Fahrsteige analysiert werden, was die Handhabung und Zuordnung von Referenzbildern, die bei der Inbetriebnahme oder nach einer Reparatur aufgenommen wurden, zusätzlich erschwert.

5 Für das erfindungsgemässe Inspektionsverfahren sind unmittelbar vor der Inspektion aufgenommenen Referenzbilder sowieso ungeeignet, weil sie situationsbedingt fehlerhaft sein können und dann systematisch fehlerhafte Resultate liefern. Wenn beispielsweise auf den Kämme Kaugummis kleben, kann dies zu einer Verfälschung der Höhenkoten der Kämme gegenüber der Trittfläche führen. Durch das Einfügen des 3D-Modells in das 3D-
10 Oberflächenabbild erfolgt dessen Ausrichtung wie weiter oben beschrieben anhand der räumlichen Lage von Kanten und Fugen der Kämme, so dass solche «Buckel und Beulen» im 3D-Oberflächenabbild unberücksichtigt bleiben. Selbstverständlich kann auch die meistens leicht gekrümmte Oberfläche der Kämme zur räumlichen Ausrichtung des 3D-Modells verwendet werden, wobei hier die grösste gemeinsame Berührungsfläche
15 von dem 3D-Oberflächenabbild und dem 3D-Modell zur Positionierung herangezogen wird.

In einer Ausführung des Inspektionsverfahrens wird aus dem skalierten und entzerrten 3D-Oberflächenabbild beidseits der Trittfläche jeweils eine minimale Seitenspaltbreite
20 und eine maximale Seitenspaltbreite zwischen der Trittfläche und dem jeweils angrenzenden Sockelblech beziehungsweise dem entsprechenden extrahierten Flächenbereich ausgemessen. Als Basis für diese Messungen können pro Seitenspalte jeweils zwei Messstellen festgelegt werden. Deren Abstand entspricht bei Fahrtreppen vorzugsweise einer Stufenlänge einer Stufe des Transportbandes oder bei Fahrsteigen drei
25 Palettenlängen des Palettenbandes. Gegebenenfalls können die Messstellen automatisiert festgelegt werden, indem aus dem 3D-Oberflächenabbild Fugen zwischen den Stufen oder Paletten identifiziert und deren Mündung in den Stufenspalt (Ecke einer Stufe oder Palette) als Messstellen definiert werden. Gemäss geltenden Normen wie beispielsweise der EN 115-2, darf jeder der Seitenspalten nicht breiter als 4mm und deren Summe nicht
30 breiter als 7mm sein. Dem entsprechend dürfen die beiden gemessenen Werte der maximalen Seitenspaltbreite nicht grösser als 4mm und deren Summe nicht grösser als 7mm sein. Mit anderen Worten werden die maximalen Seitenspaltbreiten mit aus dem digitalen Speichermedium abgerufenen Grenzvorgaben für die Seitenspaltbreite verglichen und ein zweites Hinweissignal ausgegeben, wenn die ermittelte

Seitenspaltbreite von den Grenzvorgaben abweicht.

In einer weiteren Ausführung des Inspektionsverfahrens wird aus der minimalen Seitenspaltbreite und der maximalen Seitenspaltbreite einer der beiden Seitenspalten ein

5 Schrägstellungswinkel der Trittfläche zum Sockelblech ermittelt. Die Schrägstellung der Trittfläche zum Sockelblech kann beispielsweise durch unterschiedlich lange Förderketten des Transportbandes verursacht werden, die infolge asymmetrischer Belastungen (rechts stehen, links gehen) einen unterschiedlichen Verschleiss aufweisen. Der Schrägstellungswinkel wird anschliessend mit aus dem digitalen Speichermedium

10 abgerufenen Grenzvorgaben für den Schrägstellungswinkel verglichen. Wenn der ermittelte Schrägstellungswinkel von den Grenzvorgaben abweicht, wird ein drittes Hinweissignal ausgegeben.

In einer weiteren Ausführung des Inspektionsverfahrens wird die 3D-Aufnahme in der

15 Form einer digitalen 3D-Filmsequenz des Kammlattenbereichs aufgenommen, wobei die digitale 3D-Filmsequenz den Kammlattenbereich vom ersten Sockelblech zum gegenüberliegenden, zweiten Sockelblech in mehreren Frames zeigt. Zum Erzeugen des 3D-Oberflächenabbildes werden markante Fixpunkte wie beispielsweise die weiter oben erwähnten Fugen und Kanten der Kämme in den Frames der digitalen 3D- Filmsequenz

20 automatisiert festgelegt und zur Entzerrung und Skalierung des 3D-Oberflächenabbildes verwendet. Ein markanter Fixpunkt der vorgenannten Art kann auch eine Kammkante des Kammes, eine Befestigungsschraube des Kammes oder eine Ecke des Kammes sein.

Die Erzeugung des 3D-Oberflächenabbildes umfasst ein Entzerren und Skalieren der in

25 den Frames abgebildeten Flächen und Konturen, welches infolge der sich verändernden, räumlichen Lage des bildgebenden Tiefensensors des Inspektionsgerätes zum aufgenommenen Kammlattenbereich vorteilhaft ist. Des Weiteren umfasst die Erzeugung ein Zusammensetzen der in den Frames abgebildeten 3D-Teilflächen des Kammlattenbereichs zum 3D-Oberflächenabbild. Auch hier werden die Fixpunkte

30 verwendet, um die abgebildeten 3D-Teilflächen räumlich zueinander auszurichten. Wie bereits weiter oben erwähnt, sind die hierzu erforderlichen Bilderkennungs- und Bildbearbeitungsalgorithmen aus Bildbearbeitungsprogrammen und CAD-Systemen bekannt und weit verbreitet, weshalb an dieser Stelle keine ausführliche Beschreibung zu diesen Algorithmen erfolgt. Die hierzu erforderlichen Distanzen zu diesen Fixpunkten

werden durch den bildgebenden Tiefensensor für jeden in den Frames erfassten Fixpunkt der 3D-Aufnahme gemessen und können von den Bildbearbeitungsalgorithmen verwendet werden.

5 In einer weiteren Ausführung des Inspektionsverfahrens wird das 3D-Oberflächenabbild durch ein Analysemodul analysiert und anhand von dessen Analysedaten ein passendes 3D-Modell aus einer im digitalen Speichermedium hinterlegten Modell-Datenbank aufgerufen. Das Analysemodul kann ein Programmteil der Softwareapplikation sein, welche auch die vorangehend beschriebenen Verfahrensschritte des
10 Inspektionsverfahrens enthält. Das Analysemodul kann aber auch ein von der Softwareapplikation unabhängiges Computerprogramm sein, welches hierzu über geeignete Kommunikationsmittel (Protokolle, etc.) mit der im Prozessor abarbeitenden Softwareapplikation kommuniziert und Daten austauscht. Das Analysemodul kann Teil des weiter oben beschriebenen AI-Programmmoduls sein.

15 In einer alternativen Ausführung des Inspektionsverfahrens kann das korrekte 3D-Modell auch durch Abscannen eines Barcodes oder QR-Codes ermittelt werden, welcher an der zu inspizierenden Fahrtreppe oder an dem zu inspizierenden Fahrsteig angebracht ist. Nach dem Abscannen wird ein dem Barcode oder QR-Code zugeordnetes 3D-Modell aus
20 einer Modell-Datenbank abgerufen, die in einem digitalen Speichermedium hinterlegt ist.

In einer alternativen Ausführung des Inspektionsverfahrens kann das korrekte 3D-Modell auch mittels einer Abfrage durch das mobile Inspektionsgerät erfolgen. Hierzu fragt
25 dieses eine Identifikationsnummer von einer Steuerung der Fahrtreppe oder des Fahrsteiges ab. Mittels der Identifikationsnummer wird ein zugeordnetes 3D-Modell aus einer Modell-Datenbank abgerufen, die in einem digitalen Speichermedium hinterlegt ist.

In einer weiteren Ausführung des Inspektionsverfahrens erfolgt durch das mobile Inspektionsgerät ein Konturenvergleich aller Kämme zwischen dem 3D-Oberflächenabbild
30 und dem 3D-Modell. Ein unterschiedlicher Konturenverlauf deutet auf Beschädigungen der Kammzähne hin. Die vorhandenen Differenzen werden auf eine unzulässige Abweichung hinsichtlich der Zahnformen der Kammzähne und/oder hinsichtlich fehlender Kammzähne geprüft, indem beispielsweise orthogonale Abstände zwischen der Kontur des 3D-Modells und der Kontur des 3D-Oberflächenabbildes ermittelt und mit

Grenzvorgaben für diese Abstände verglichen werden. Selbstverständlich kann der Konturenvergleich auch über die Analyse von Differenzflächen erfolgen, wobei die sichtbare Fläche eines Kammes zwischen dem 3D-Modell und dem 3D-Oberflächenabbild miteinander verglichen wird. Eine nahezu 100-prozentige Überdeckung (Differenzfläche nahezu null) weist auf einen tadellosen Zustand des Kammes hin. Eine Abweichung beispielsweise von 2 Prozent der sichtbaren Kammfläche deutet auf eine unzulässige Abweichung hinsichtlich der Zahnformen der Kammzähne oder auf fehlende Kammzähne hin. Wenn einer der ermittelten Abstände von den Grenzvorgaben abweicht oder eine zu grosse Differenzfläche ermittelt wird, besteht eine unzulässige Abweichung hinsichtlich der Zahnformen der Kammzähne und/oder hinsichtlich fehlender Kammzähne und es wird ein viertes Hinweissignal ausgegeben.

In einer weiteren Ausführung des Inspektionsverfahrens werden bei dem Vorhandensein eines vierten Hinweissignals die von den Abweichungen betroffenen, auszutauschenden Bauteile auf dem 3D-Oberflächenabbild des Kammlattenbereichs markiert. Da die Bauteilgrenzen durch entsprechende Bildverarbeitungsalgorithmen problemlos identifiziert werden können, können diese Bauteilgrenzen oder die innerhalb dieser Bauteilgrenzen liegende Oberfläche farblich hervorgehoben werden. Das mit Markierungen versehene 3D-Oberflächenabbild wird auf dem Userinterface (Bildschirm, Touchscreen) des mobilen Inspektionsgerätes angezeigt. Dadurch kann ein Servicetechniker, der das Inspektionsgerät bedient, sofort erkennen, welche Bauteile ersetzt werden müssen.

In einer weiteren Ausführung des Inspektionsverfahrens werden aufgrund des vierten Hinweissignals Bauteilidentifikationsnummern der von den Abweichungen betroffenen, auszutauschenden Bauteile durch das Inspektionsgerät angezeigt und/oder an eine Bereitstellungseinrichtung gesendet. Die Bereitstellungseinrichtung prüft den Lagerbestand, meldet einen Termin an das mobile Inspektionsgerät zurück, ab wann und wo die angeforderten Bauteile zur Verfügung stehen, und stellt die angeforderten Bauteile bereit. Gegebenenfalls wird mit der Termin-Rückmeldung zusätzlich eine Datei (beispielsweise als PDF-Datei oder Videoclip) mit den für die angeforderten Bauteile spezifischen Montageinstruktionen an das Inspektionsgerät gesendet, die der Servicetechniker dann auf dessen Userinterface ansehen kann.

Wenn das Inspektionsgerät feststellt, dass mindestens eines der vier Hinweissignale vorhanden ist, kann in einer weiteren Ausführung des Inspektionsverfahrens das Inspektionsgerät eine Steuerung der Fahrtreppe oder des Fahrsteiges in einen Wartungsmodus versetzen. Dieser Wartungsmodus kann je nach Gewichtung des Hinweissignales für die Betriebssicherheit und nach der Grösse der festgestellten Abweichung von den Grenzvorgaben abgestuft sein. Dabei bedeutet die höchste Stufe (beispielsweise, wenn viele Zähne eines Kammes abgebrochen sind oder der Kammspalt zu gross ist), dass die festgestellten Mängel so gravierend sind, dass der Fahrbetrieb der Fahrtreppe oder des Fahrsteiges bis zur Reparatur blockiert wird. Eine mittlere Stufe (beispielsweise, wenn ein Zahn eines Kammes deformiert ist) kann zum Beispiel ein Zeitfenster definieren, in dem ein Fahrbetrieb mit Nenngeschwindigkeit oder ein Fahrbetrieb mit reduzierter Fahrgeschwindigkeit noch möglich ist. Eine tiefe Stufe (beispielsweise, wenn der Kammspalt oder eine der Seitenspalten nahe der zulässigen Grenzvorgabe ist) kann vorsehen, dass keine Beeinflussung des Fahrbetriebes, sondern vom Servicetechniker nur einen Wartungstermin eingefordert wird, wann er die Reparatur durchführen wird.

Zur Durchführung des vorgenannten Verfahrens ist ein mobiles Inspektionsgerät erforderlich, welches zumindest ein Userinterface, ein digitales Speichermedium, einen Prozessor, einen bildgebenden Tiefensensor und eine im Speichermedium zumindest temporär gespeicherte Softwareapplikation mit den jeweils erforderlichen Verfahrensschritten des Inspektionsverfahrens aufweist. Als bildgebender Tiefensensor kann beispielsweise eine Kombination aus einer CCD-Kamera und einem LIDAR-Sensor, ein Laserscanner, ein Radarsensor oder eine TOF-Kamera eingesetzt werden. Das mobile Inspektionsgerät kann ein spezifisch für diesen Zweck geschaffenes Gerät sein. Da mittlerweile viele Mobiltelefone (Smartphones) und Tablets über geeignete bildgebenden Tiefensensoren, insbesondere TOF-Kameras oder über eine Kombination aus LiDAR und CCD-Sensoren verfügen, sind in diesen Geräten alle erforderlichen Hardware-Komponenten vorhanden, so dass nur noch die entsprechende Softwareapplikation mit den Verfahrensschritten des Inspektionsverfahrens in deren Speichermedium geladen werden muss. Die in der Softwareapplikation programmierten Verfahrensschritte des Inspektionsverfahrens werden nach einer Eingabe des Servicetechnikers über das Userinterface vom Prozessor abgearbeitet.

Vorzugsweise weist das mobile Inspektionsgerät ein Kommunikationsmodul auf, welches zum bedarfsbedingten Datenaustausch mit einem Kommunikationsmodul von zumindest einer der nachfolgend aufgeführten Vorrichtungen verbindbar ist: einer Steuerung einer Fahrtreppe oder eines Fahrsteiges, einer zentralen Überwachungseinrichtung, einer
5 Bereitstellungseinrichtung für Ersatzteile oder einem Netzwerkknoten des Internets. Hierbei kann die Funktionalität des Inspektionsgerätes wesentlich erweitert werden, indem über das Kommunikationsmodul zum Beispiel automatisiert Ersatzteile bestellt, Sicherheitshinweise versandt und/oder Fahrfunktionen der Fahrtreppe oder des Fahrsteiges gesperrt werden können.

10

Des Weiteren können gewisse Funktionen der Softwareapplikation dezentral ausgelagert, beispielsweise in einer Cloud, ausgeführt werden. Solche auslagerbaren Funktionen sind zum Beispiel das Analysemodul, das Extrahieren des 3D- Oberflächenabbildes aus den 3D-Aufnahmen, die Speicherung von 3D-Modellen und Grenzvorgaben in dafür
15 geeigneten Datenbanken und dergleichen mehr. Hierdurch werden die rechenintensivsten und speicherrelevantesten Verfahrensschritte ausgelagert und Prozessor-Ressourcen und Speicherressourcen im Inspektionsgerät freigehalten.

Nachfolgend werden Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die
20 beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei weder die Zeichnungen noch die Beschreibung als die Erfindung einschränkend auszulegen sind. Die Figuren sind lediglich schematisch und nicht maßstabsgetreu. Gleiche oder gleichwirkende Merkmale weisen hierbei das gleiche Bezugszeichen auf. Es zeigen:

25 Figur 1: schematisch in geschnittener Seitenansicht eine Fahrtreppe und deren wichtigsten Komponenten sowie periphere Vorrichtungen zur Durchführung zugeordneter Verfahrensschritte eines Inspektionsverfahrens;

30 Figur 2: in dreidimensionaler Teilansicht den in der Figur 1 angegebenen, oberen Zutrittsbereich mit einem Kammplattenbereich und ein Smartphone mit einer Softwareapplikation, die dieses zu einem mobilen Inspektionsgerät macht;

Figur 3: einen Querschnitt durch den in der Figur 2 dargestellten Kammplattenbereich;

Figur 4: in einer Draufsicht ein Ausschnitt des in der Figur 2 dargestellten Kammlattenbereichs;

Figur 5: ein Ablaufdiagramm des Inspektionsverfahrens mit Verfahrensschritten; und

5

Figur 6: in einer Draufsicht ein Ausschnitt des in der Figur 2 dargestellten Kammlattenbereichs mit möglichen Beschädigungen an Kammzähnen der im Kammlattenbereich angeordneten Kämme.

10 Die Figur 1 zeigt schematisch in geschnittener Seitenansicht eine Fahrtreppe 1 und deren wichtigsten Komponenten. Mithilfe der Fahrtreppe 1 können Personen beispielsweise zwischen zwei Ebenen E1, E2 eines Bauwerkes befördert werden.

15 Die Fahrtreppe 1 weist ein Transportband 26 mit mehreren Fahrtreppenstufen 3 auf, die hintereinander angeordnet sind und die mithilfe zweier ringförmig geschlossener und zueinander parallel angeordneten Förderketten 5 (in Figur 1 nur eine sichtbar) in einer Bewegungsrichtung 6 entlang eines Fahrweges verlagert werden können. Der Doppelpfeil der Bewegungsrichtung 6 weist darauf hin, dass die Fahrtreppe 1 Passagiere sowohl von der Ebene E1 zur Ebene E2 als auch in entgegengesetzter Richtung befördern kann. Jede der Fahrtreppenstufen 3 weist eine Trittfläche 21 auf und ist zwischen den
20 beiden Förderketten 5 an diesen befestigt. Um die Förderketten 5 verlagern zu können, verfügt die Fahrtreppe 1 über einen Antriebsbereich 13, in dem eine Antriebswelle 17, ein Getriebe 16, ein Antriebsmotor 19 und eine Bremse 18 angeordnet sind.

25 Der Antriebsbereich 13 ist üblicherweise in der oberen Ebene E2 des Bauwerkes angeordnet, während in der unteren Ebene E1 eine nur schematisch dargestellte Spannstation 7 mit einer Umlenkachse 15 angeordnet ist. Die Antriebswelle 17 und die Umlenkachse 15 sowie weitere Komponenten der Fahrtreppe 1 sind in einem Tragwerk 2 meist in Form einer Fachwerkstruktur gehalten, die in Figur 1 aus Gründen der
30 Übersichtlichkeit nur als Umriss dargestellt ist. Die Fahrtreppe 1 verfügt ferner über zwei Balustraden 8 (nur eine sichtbar), an denen je ein Handlauf 4 umlaufend angeordnet ist.

Die Fahrtreppenstufen 3 werden während einer aufwärtsfördernden Bewegungsrichtung 6 im Vorlauf von einem an die untere Ebene E1 angrenzenden unteren Zutrittsbereich 10

der Fahrtreppe 1, über einen mittleren geneigt verlaufenden Bereich 11, bis hin zu einem an die obere Ebene E1 angrenzenden, oberen Zutrittsbereich 12 bewegt und dann im Rücklauf in entgegengesetzter Richtung zurückbewegt.

5 Der im Antriebsbereich 13 angeordnete Antriebsmotor 19 und die Bremse 18 werden mittels einer Steuerung 14 angesteuert und geregelt. Das Drehmoment beziehungsweise die Drehbewegung der Motorwelle (durch das Getriebe verdeckt) des Antriebsmotors 19 wird über das Getriebe 16 (dargestellt sind beispielhaft ein Schneckenradgetriebe und eine Antriebskette) auf die Antriebswelle 17 übertragen. Da üblicherweise zwei
10 Förderketten 5 vorhanden sind, zwischen denen die Fahrtreppenstufen 3 angeordnet werden, muss die Antriebswelle 17 auch zwei Antriebskettenräder (nicht detailliert dargestellt) aufweisen, über die das Transportband 26 bewegungsübertragend geführt ist. Alle Komponenten des Antriebsbereichs 13 sind ebenfalls im Tragwerk 2 untergebracht und werden durch eine begehbare Bodenabdeckung 9 überspannt, welche eine
15 Komponente des oberen Zutrittsbereiches 12 ist (siehe auch Figur 2).

Zwischen dem bewegbaren Transportband 26 und der feststehenden Bodenabdeckung ist ein Kammlattenbereich 27 vorhanden, dessen Kämme 28 (siehe Figuren 2 bis 6) zu den Verschleissmaterialien der Fahrtreppe 1 zählen und daher austauschbar sind. Die Kämme
20 28 weisen Kammzähne 29 auf, die mit einer Steg- / Nutenstruktur 30, 31 kämmen, welche auf der Trittfläche 21 der Stufen 3 ausgebildet ist. Da der Kammlattenbereich 27 zu den kritischsten Bereichen einer Fahrtreppe 1 oder eines Fahrsteiges hinsichtlich potentieller Verletzungsrisiken für Passagiere zählt, bestehen in einschlägigen Normen wie beispielsweise in der EN 115-2 Vorschriften, die zwingend einzuhalten sind. Diese
25 Vorschriften betreffen beispielsweise den Zustand der Kämme 28 und die maximal zulässige Höhe h des Kammspaltes 33, wie dies in der Figur 3 dargestellt ist. Dementsprechend muss der Kammlattenbereich 27 periodisch inspiziert und gegebenenfalls gewartet werden.

30 Wie einleitend erwähnt, soll durch ein erfindungsgemässes Inspektionsverfahren 45 die Inspektion wesentlich vereinfacht werden. Figur 1 zeigt deshalb auch ein Inspektionsgerät 40, um das Inspektionsverfahren 45 durchzuführen zu können. Zudem sind weitere periphere Vorrichtungen wie eine Cloud 90, eine Bereitstellungseinrichtung 91 und eine zentrale Überwachungseinrichtung 92 dargestellt, die zur Durchführung weiterführender

Verfahrensschritte S_n (siehe Figur 2; «n» des Bezugszeichens bedeutet eine unbestimmte Anzahl Verfahrensschritte) des Inspektionsverfahrens 45 verwendet werden können.

5 Da zur Beschreibung des Inspektionsverfahrens 45 Bezug auf die Figuren 2 bis 5 genommen wird, werden diese nachfolgend gemeinsam beschreiben.

Figur 2 zeigt in dreidimensionaler Teilansicht den in der Figur 1 angegebenen oberen Zutrittsbereich 12. Beidseits des Transportbandes 26 sind die beiden Balustraden 8 mit ihren Balustradensockel 20 angeordnet (nur eine sichtbar). Die Innenstruktur (nicht
10 sichtbar) des Balustradensockels 20 ist mit einem Verkleidungsblech 22 und einem Sockelblech 23 verkleidet.

Auf den Zutrittsbereich 12 ist ein Smartphone gerichtet, das eine Softwareapplikation 44 beinhaltet, die das Smartphone zu einem mobilen Inspektionsgerät 40 macht. Das mobile
15 Inspektionsgerät 40 weist im Wesentlichen ein Userinterface 41 (Touchscreen), ein digitales Speichermedium 42, einen Prozessor 43, einen bildgebenden Tiefensensor 46 und die im Speichermedium 42 zumindest temporär gespeicherte Softwareapplikation 44 auf. Das in der Softwareapplikation 44 implementierte Inspektionsverfahren 45 umfasst die für die Inspektion erforderlichen Verfahrensschritte S_0 bis S_8 und die weiterführenden
20 Verfahrensschritte S_n . Selbstverständlich kann das mobile Inspektionsgerät 40 auch ein Tablet oder ein Laptop sein oder ein Gerät sein, das eigens für diesen Zweck hergestellt wurde und zumindest die vorgenannten Komponenten enthält.

Die Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch den in der Figur 2 dargestellten
25 Kammlattenbereich 27, wobei nur die für die Inspektion wesentlichen Strukturen der beiden Balustradensockel 20, des Transportbandes 26 und der Kämme 28 schematisch gezeichnet sind. Die mit durchgehenden Linien dargestellten Konturen können vom bildgebenden Tiefensensor 46 abgebildet werden, die mit unterbrochener Linie dargestellten Konturen des Transportbandes 26 sind nicht durch den Tiefensensor 46
30 erfassbar. Die Trittfläche 21 des Transportbandes 26 ist durch Stege 31 und Nuten 30 strukturiert, die sich parallel zur vorgesehenen Bewegungsrichtung 6 erstrecken. Die Kammzähne 29 der Kämme 28 greifen in die Nuten 30 des Transportbandes 26 berührungsfrei ein, so dass sich der Stufenspalt 33 mäanderförmig zwischen den Kamm-Unterseiten 34 der Kämme 28 und der Trittfläche 21 des Transportbandes 26 von einem

Sockelblech 23 zum anderen Sockelblech 23 hin, erstreckt. Auch die mit strichpunktierter Linie dargestellte Kamm-Unterseite 34 der Kämme 28 ist durch den Tiefensensor 46 nicht erfassbar.

- 5 Die Figur 4 zeigt in einer Draufsicht ein Ausschnitt des in den Figuren 2 und 3 dargestellten Kammplattenbereichs 27. Gut zu erkennen sind die nebeneinander angeordneten Kämme 28 und die Stege 31 und Nuten 30 des Transportbandes 26 beziehungsweise der Stufen 3.
- 10 Die Figur 5 zeigt ein Ablaufdiagramm des Inspektionsverfahrens 45 mit den Verfahrensschritten S_0 bis S_8 . Mittels einer Eingabe S_0 über das Userinterface 41 wird der Prozessor 43 veranlasst, die Verfahrensschritte S_1 bis S_8 abzuarbeiten.

- 15 Im Verfahrensschritt S_1 erfasst der bildgebende Tiefensensor 46 des mobilen Inspektionsgerätes 40 eine 3D- Aufnahme 51 aller Kämme 28 und diesen angrenzende Flächenbereiche der Sockelbleche 23 und des Transportbandes 26. Dies kann wie in der Figur 2 angedeutet, mit der Aufnahme eines einzigen 3D-Bildes 73 erfolgen. Wesentlich präziser, jedoch in der nachfolgenden Verarbeitung aufwändiger, ist eine 3D-Aufnahme 51 als digitale 3D-Filmsequenz 70 des Kammplattenbereichs 27, indem wie in der Figur 3
- 20 durch den strichdoppelpunktierten Pfeil 52 dargestellt, der bildgebende Tiefensensor 46 quer zur Transportrichtung 6 über den gesamten Kammplattenbereich 27 von einem Sockelblech 23 zum anderen Sockelblech 23 bewegt wird.

- 25 Grundsätzlich liefert der Tiefensensor 46 aufgrund der Distanzerfassung für jedes Pixel, eine 3D-Aufnahme 51 mit einem dreidimensionalen 1:1 Abbild des Kammplattenbereichs 27. Allerdings sind die 3D-Bilder 73 nur dann präzise genug, wenn der bildgebende Tiefensensor 46 während der Aufnahme ortsfest zum Kammplattenbereich 27 angeordnet ist. Da das Inspektionsgerät 46 möglichst mobil sein soll, kann je nach verwendetem, bildgebenden Tiefensensor 46 ein Entzerren und Skalieren der 3D-Aufnahme 51 kaum
- 30 vermieden werden. Im Verfahrensschritt S_2 erfolgt aus der 3D-Aufnahme 51 deshalb ein Extrahieren eines entzerren und skalierten 3D- Oberflächenabbildes 53 des Kammplattenbereichs 27. Hierbei sind zumindest die optisch erfassbaren Oberflächen von allen Kämmen 28 des Kammplattenbereichs 27, von den an den Kämmen 28 seitlich angrenzenden Sockelblechen 23 und von einer im Kammplattenbereich 27 befindlichen

5 Trittfläche 21 des Transportbandes 26 enthalten. Das 3D- Oberflächenabbild 53 ist im Wesentlichen ein digitales 3D-Flächenmodell, vorzugsweise im Massstab 1:1, welches nur die in der 3D-Aufnahme 51 erfassten Flächen enthält. Beim Extrahieren wird das 3D-Bild 73 der 3D-Aufnahme 51 oder jeder Frame 71 der 3D-Filmsequenz 70 (siehe Figur 3) entzerrt und auf den Massstab 1:1 skaliert.

10 Umrechnungsparameter für das Entzerren und Skalieren sind abhängig von der räumlichen Lage des bildgebenden Tiefensensors 46 zum Kammplattenbereich 27 zum Zeitpunkt jedes festgehaltenen Pixels. Besonders hilfreich sind ein Erkennen und Festlegen von feststehenden Fixpunkten 81, 82, wie beispielsweise eine feststehende, markante Ecke eines Kammes 28 (siehe Figuren 2 und 4). Da die tatsächlichen Abstände zweier Fixpunkte 81, 82 wie beispielsweise die Kammlänge L_K bekannt und im Speichermedium 42 gespeichert sind, lassen sich die entsprechenden Umrechnungsparameter für jedes erfasste Pixel der 3D-Aufnahme 51 ermitteln. Dies ist 15 auch über Distanzmessungen V_1 , V_2 , sowie durch die Messung der zugehörigen Winkel α möglich. Wenn die Softwareapplikation 44 in einem mobilen Gerät (Smartphone, Tablet) implementiert ist, kann die räumliche Lage des bildgebenden Tiefensensors 46 für jedes Pixel der 3D-Aufnahme 51 gegebenenfalls auch unter der Verwendung von Lagedaten des eingebauten, dreiachsigen Lagesensors 48 (siehe Figur 20 2) bestimmt werden. Mit diesen Umrechnungsparameter und unter der Verwendung bekannter Verarbeitungsalgorithmen, die in Bildverarbeitungsprogrammen zur Entzerrung und massstäblichen Veränderung dreidimensionaler digitaler Abbildungen eingesetzt werden, kann das 3D- Oberflächenabbild 53 erzeugt werden. Das Extrahieren kann auch eine Umwandlung des Grafikformates beinhalten, beispielsweise von einer im 25 3D-Bild 73 oder Frame 71 aufgenommene «Pixelwolke» in ein besser verarbeitbares Format wie beispielsweise in eine 3D-Vektorgrafik.

30 Im Falle einer 3D-Filmsequenz 70 kann die räumliche Lage des bildgebenden Tiefensensors 46 analog zur Bildfrequenz (d.h. zu jedem Frame 71 der 3D-Filmsequenz 70), bestimmt werden. Dies kann wie bereits vorangehend beschrieben, ebenfalls durch Distanzmessungen V_1 , V_2 , sowie durch die Messung der zugehörigen Winkel α erfolgen, so dass durchgängig, d.h. für jeden Frame 71, eine Entzerrung und Skalierung durchgeführt werden kann. Die Erfassung von Fixpunkten 81, 82 in jedem Frame 71 der 3D-Filmsequenz 70 hilft zudem, die daraus extrahierten, entzerrten und skalierten,

Bildabschnitte des 3D-Oberflächenabbildes 53 wie ein Puzzle zum 3D-Oberflächenabbild 53 zusammenzusetzen. Die Erfassung der Fixpunkte 81, 82 und des dazwischen liegenden Abstandes L_K erfolgt durch den bildgebenden Tiefensensor 46 und mittels geeigneten Analysealgorithmen.

5

Diese Analysealgorithmen basieren beispielsweise auf bekannten Bildverarbeitungstechniken, die in Selbstlernprozessen unter Verwendung von künstlicher Intelligenz in neuronalen Netzwerken optimiert und angewendet werden. Beim Selbstlernprozess werden zum Beispiel aus unterschiedlichsten Blickrichtungen aufgenommenen 3D-Bilder eines Kammes 28 verwendet und immer dieselben Fixpunkte 81, 82 über ein Userinterface markiert und abgespeichert, bis die Analysealgorithmen auf eine ausreichende Datenbasis zurückgreifen können, um die Fixpunkte 81, 82 treffsicher zu identifizieren. Eine weitere verbreitete Bildverarbeitungstechnik, um aus einem Frame 71 oder 3D-Bild 73 eine Information zu erzeugen, ist beispielsweise die Berechnung des Histogramms, welches Aufschluss über die statistische Helligkeitsverteilung im 3D-Bild 73 oder Frame 71 gibt. Solch ein Histogramm kann zum Beispiel als Konfiguration für weitere Bildverarbeitungsschritte oder als Information für einen menschlichen Benutzer der Softwareapplikation 44 dienen, indem erkannte Umrisse, Kanten, Ecken und Fugen im 3D-Oberflächenabbild 53 als Fixpunkte 81, 82 identifiziert und festgelegt werden.

20

Weitere berechenbare Informationen eines 3D-Bildes 73 sind zum Beispiel seine Entropie oder mittlere Helligkeit. Basierend auf diesen Informationen können bei 3D-Bildern 73 und Frames 71 von digitalen 3D-Filmsequenzen 70, Vektoranalysen folgen, wie sich einzelne Fixpunkte 81, 82 zueinander verschieben. Hieraus können Rückschlüsse auf den momentanen räumlichen Brennpunkt des bildgebenden Tiefensensors 46 gezogen werden, um geeignete Umrechnungsparameter für das Entzerren, Skalieren und Zusammenfügen der auf den einzelnen Frames 71 aufgenommenen Teilabschnitte des Kammlattenbereichs 27 zu erhalten und um diese Teilabschnitte zum 3D-Oberflächenabbild 53 zusammenzufügen. Selbstverständlich können an Stelle des vorangehend beschriebenen Verfahrens auch weitere aus dem technischen Gebiet der Bildverarbeitung und Videoüberwachung bekannte Analysetechniken und Analyseverfahren eingesetzt werden, um beispielsweise die Konturen der Kämme 28 zu extrahieren oder wie weiter unten beschrieben, Seitenspalten S_{1B} , S_{2B} zu vermessen.

30

- Im Verfahrensschritt S_3 wird aus einem digitalen Speichermedium 42, 54 ein virtuelles 3D-Modell 55 des Kammplattenbereichs 27 aufgerufen. Das Speichermedium 42 kann Teil des Inspektionsgerätes 40 (siehe Figur 2) sein. Ein Speichermedium 54 kann aber auch ausserhalb des Inspektionsgerätes 40 vorhanden sein, beispielsweise als
- 5 Speicherplatz in einem Server 56, der Teil der Cloud 90 (siehe Figur 1) ist. Die Cloud 90 ist beispielsweise über einen Netzwerkknoten 93 des Internets und über ein Kommunikationsmodul 49 des Inspektionsgerätes 40 erreichbar. Das virtuelle 3D-Modell 55 weist zumindest 3D-Kammmodelle 28' aller Kämme 28 des Kammplattenbereichs 27 in vorgegebener Anordnung auf.
- 10
- Da es eine hohe Anzahl unterschiedlich ausgestalteter Fahrtreppen und Fahrsteige gibt, existiert auch eine Vielzahl unterschiedlich ausgestalteter Kammplattenbereiche 27 und damit auch eine Vielzahl auswählbarer 3D-Modelle 55. Um das richtige 3D-Modell 55 zu finden, kann zum Beispiel das 3D-Oberflächenabbild 53 durch ein Analysemodul 95
- 15 (siehe Figur 2) analysiert werden. Hierbei können wieder die vorangehend beschriebenen Analysealgorithmen verwendet werden. Anhand von dessen Analysedaten, kann ein passendes 3D-Modell 55 aus einer im digitalen Speichermedium 42, 54 hinterlegten Modell-Datenbank 57 aufgerufen werden.
- 20
- Alternativ kann mit dem Inspektionsgerät 40 auch ein Barcode oder QR-Codes 58 (siehe Figur 2) abgescannt werden, welcher an der zu inspizierenden Fahrtreppe 1 oder an dem zu inspizierenden Fahrsteig angebracht ist. Aus der Modell-Datenbank 57 kann nun das dem Barcode oder QR-Code 58 zugeordnete 3D-Modell 55 abgerufen werden.
- 25
- Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass durch das mobile Inspektionsgerät 40 eine Abfrage einer Identifikationsnummer ID von einer Steuerung 14 der Fahrtreppe 1 oder des Fahrsteiges erfolgt. Anhand dieser Identifikationsnummer ID wird ein zugeordnetes 3D-Modell 55 aus der Modell-Datenbank 57 aufgerufen.
- 30
- Im Verfahrensschritt S_4 erfolgt ein räumliches Zusammenfügen des 3D-Oberflächenabbildes 53 und des 3D-Modells 55. Mit anderen Worten wird das 3D-Modell 55 an der richtigen Stelle im 3D-Oberflächenabbild 53 eingefügt. Die einzelnen Kämme 28 weisen eine so kleine Grundfläche auf, dass sie problemlos vollständig auf der 3D-Aufnahme 51 und damit auch im 3D-Oberflächenabbild 53 abgebildet sind.

Dementsprechend sind ihre Bauteilgrenzen als Kammkanten 86 und Fugen 85 ausreichend auf dem 3D-Oberflächenabbild 53 vorhanden um sie als Fixpunkte 81, 82 für diesen Verfahrensschritt zu verwenden. Auch Befestigungsschrauben 87 und Ecken 88 der Kämme 28 können als Fixpunkte 81, 82 festgelegt werden (siehe Figur 4). Die

5 räumliche Ausrichtung und korrekt positionierte Einfügung des virtuellen 3D-Modells 55 in das 3D-Oberflächenabbild 53 kann anhand der räumlichen Lage dieser Kammkanten 86 und Fugen 85 erfolgen. Die hierzu erforderlichen Bilderkennungs- und Bildbearbeitungsalgorithmen wurden bereits weiter oben erwähnt. Durch das Zusammenfügen ist nun ein auswertbares 3D-Modell 59 des Kammplattenbereichs 27

10 vorhanden, welches alle relevanten Kammkanten 86, Fugen 85, Ecken 88 und Befestigungsschrauben 87 aufweist. Der in Figur 3 dargestellte Querschnitt entspricht in etwa einem Querschnitt durch das auswertbare 3D-Modell 59, da zum besseren Verständnis das virtuelle 3D-Modell 55 auch in dieser Figur dargestellt ist.

15 Im Verfahrensschritt S_5 erfolgt die Ermittlung einer Höhe h des Kammspaltes 33, der sich mäanderförmig zwischen der Trittfäche 21 und der Fläche 61 der Kamm-Unterseite 34 des virtuellen 3D-Modells 55 erstreckt. Die Ermittlung der Höhe h ist eine simple Abfrage des Abstandes (Differenz der Höhenkoten) zwischen übereinanderliegenden Stellen dieser beiden Flächen 21, 61 und kann an mehreren, in der Softwareapplikation 44

20 oder im virtuellen 3D-Modell 55 vordefinierten Stellen erfolgen. Sofern an mehreren Stellen eine Abfrage erfolgt, können eine aus diesen errechnete, durchschnittliche Höhe h , der kleinste Wert für die Höhe h oder der grösste Wert für die Höhe h zur weiteren Beurteilung verwendet werden. Es ist noch anzumerken, dass die Trittfäche 21 mit ihren Nuten 30 und Stege 31 virtuell in der Transportrichtung 6 unter die Kamm-Unterseite 34

25 extrapoliert (gedehnt) werden muss, damit übereinanderliegende Stellen entstehen.

Im Verfahrensschritt S_5 wird zudem aus dem entzerrten und skalierten 3D-Oberflächenabbild 53 beidseits der Trittfäche 21 jeweils eine minimale Seitenspaltbreite S_{1Bmin} , S_{2Bmin} und eine maximale Seitenspaltbreite S_{1Bmax} , S_{2Bmax} zwischen der Trittfäche

30 21 und dem jeweils angrenzenden Sockelblech 23 ausgemessen. Aus der minimalen Seitenspaltbreite S_{1Bmin} , S_{2Bmin} und der maximalen Seitenspaltbreite S_{1Bmax} , S_{2Bmax} kann ein Schrägstellungswinkel β der Trittfäche 21 zum Sockelblech 23 ermittelt werden (siehe Figur 4).

Des Weiteren wird im Verfahrensschritt S_5 ein Konturenvergleich 62 der Kammzähne 29 aller Kämme 28 zwischen dem 3D-Oberflächenabild 53 und dem 3D-Modell 55 durchgeführt. Der Konturenvergleich 62 ist insbesondere in Figur 6 dargestellt. Der Konturenvergleich 62 erfolgt beispielsweise durch einen Flächenvergleich 62A und/oder durch eine Abweichung der erkannten Umrisslinien 62B. Abweichungen der erkannten Umrisslinien 62B deuten auf eine unzulässige Abweichung hinsichtlich der Zahnform eines Kammzahnes 29 hin, Differenzen im Flächenvergleich 62A auf fehlende Kammzähne 29. Die hierzu erforderlichen Bilderkennungs- und Bildbearbeitungsalgorithmen wurden bereits weiter oben erwähnt.

Im Verfahrensschritt S_6 erfolgt ein Vergleich der Höhe h des Kammspaltes 33 mit aus dem digitalen Speichermedium 42, 54 abgerufenen Grenzvorgaben $h_{\min}$, $h_{\max}$. Sobald die Höhe h ausserhalb dieser Grenzvorgaben $h_{\min}$, $h_{\max}$ ist, wird durch das Inspektionsgerät ein erstes Hinweissignal H_{S1} ausgegeben. Des Weiteren werden die gemessenen Seitenspaltbreiten $S_{1B\max}$, $S_{2B\max}$, $S_{1B\min}$, $S_{2B\min}$ mit aus dem digitalen Speichermedium 42, 54 abgerufenen Grenzvorgaben $G_{1\min}$, $G_{1\max}$, $G_{2\min}$, $G_{2\max}$ verglichen und ein zweites Hinweissignal H_{S2} ausgegeben, wenn die Seitenspaltbreiten $S_{1B\max}$, $S_{2B\max}$, $S_{1B\min}$, $S_{2B\min}$ ausserhalb dieser Grenzvorgaben $G_{1\min}$, $G_{1\max}$, $G_{2\min}$, $G_{2\max}$ sind. Das zweite Hinweissignal H_{S2} wird auch dann ausgegeben, wenn die Summe der Seitenspaltbreiten eine $S_{1B\max}$, $S_{2B\max}$, $S_{1B\min}$, $S_{2B\min}$ entsprechende Grenzvorgabe G_{Sum} übersteigt.

Wenn der errechnete Schrägstellungswinkel β eine aus dem digitalen Speichermedium 42, 54 abgerufene Grenzvorgabe $\beta_{\max}$ überschreitet, wird ein drittes Hinweissignal H_{S3} durch das Inspektionsgerät 40 ausgegeben. Ein zu grosser Schrägstellungswinkel β deutet auf einen asymmetrischen Verschleiss der Förderketten 5 des Transportbandes 26 und/oder auf eine Deformation des Sockelbleches 23 in diesem Bereich hin. Ein viertes Hinweissignal H_{S4} wird dann ausgegeben, wenn eine unzulässige Abweichung hinsichtlich der einer oder mehrerer Zahnformen (Abweichung der Umrisslinien 62B) der Kammzähne 29 besteht und/oder Kammzähne 29 fehlen (Abweichungen beim Flächenvergleich 62A).

Im Verfahrensschritt S_7 werden aufgrund der ausgegebenen Hinweissignale die erkannten Abweichungen auf dem Userinterface 41 des Inspektionsgerätes 40 dargestellt und dazu passende, weiterführende Verfahrensschritte S_n vorgeschlagen. Wenn ein drittes

Hinweissignal H_{S3} durch das Inspektionsgerät 40 ausgegeben wird, zeigt das Inspektionsgerät 40 als weiterführenden Verfahrensschritt S_n dem Servicetechniker beispielsweise an, dass er die Sockelbleche 23 auf Deformationen überprüfen muss und falls diese in Ordnung sind, dass die Förderketten 5 des Transportbandes 26 auszutauschen sind.

Um die Arbeit des Servicetechnikers zu erleichtern, können bei Vorhandensein eines vierten Hinweissignals H_{S4} die von den Abweichungen betroffenen, auszutauschenden Kämme 29 auf dem 3D-Oberflächenabbild 53 des Kammplattenbereichs 27 mit einer Markierung 99 markiert werden (siehe Figur 6). Das mit Markierungen 99 versehene 3D-Oberflächenabbild 53 wird auf dem Userinterface 41 des mobilen Inspektionsgerätes 40 angezeigt.

Aufgrund des vierten Hinweissignals H_{S4} können auch die Bauteilidentifikationsnummern 98 der von den Abweichungen betroffenen, auszutauschenden Kämme 28 durch das Inspektionsgerät 40 angezeigt werden. Des Weiteren kann die Bauteilidentifikationsnummer 98 auch an die in der Figur 1 dargestellte Bereitstellungseinrichtung 91 gesendet werden. Die Bereitstellungseinrichtung 91 prüft den Lagerbestand, meldet einen Termin an das mobile Inspektionsgerät 40 zurück, ab wann und wo die angeforderten Bauteile zur Verfügung stehen, und stellt die angeforderten Bauteile gemäss den gesendeten Bauteilidentifikationsnummern 98 bereit.

Wenn das Inspektionsgerät 40 eines der Hinweissignale H_{S1} bis H_{S4} erzeugt hat, kann das Inspektionsgerät 40 aufgrund eines oder mehrerer dieser Ereignisse die Steuerung 14 der Fahrtreppe 1 oder des Fahrsteiges in einen Wartungsmodus versetzen. Dieser Wartungsmodus kann je nach Gewichtung des Hinweissignales H_{S1} bis H_{S4} für die Betriebssicherheit und nach der Grösse der festgestellten Abweichung von den Grenzvorgaben h_{min} , h_{max} , G_{1min} , G_{1max} , G_{2min} , G_{2max} , G_{sum} , β_{max} abgestuft sein. Dabei bedeutet die höchste Stufe, dass die festgestellten Mängel so gravierend sind, dass der Fahrbetrieb der Fahrtreppe 1 oder des Fahrsteiges bis zur Reparatur blockiert wird. Eine mittlere Stufe kann beispielsweise ein Zeitfenster definieren, in dem ein Fahrbetrieb mit Nenngeschwindigkeit oder ein Fahrbetrieb mit reduzierter Fahrgeschwindigkeit noch möglich ist. Eine tiefe Stufe kann beispielsweise vorsehen, dass keine Beeinflussung des Fahrbetriebes veranlasst, sondern vom Servicetechniker nur ein Wartungstermin

eingefordert wird, wann er die Reparatur durchführen wird.

Damit das Inspektionsgerät 40 mit den in Figur 1 dargestellten, peripheren Vorrichtungen 90, 91, 92 und/oder der Steuerung 14 Daten austauschen kann, weist es ein

5 Kommunikationsmodul 49 auf. Dieses kann kabelgebunden oder kabellos mit den peripheren Vorrichtungen 90, 91, 92 beziehungsweise der Steuerung 14 kommunizieren, wobei jegliche Art von geeigneten Technologien zur Datenübertragung wie Bluetooth, Ethernet, etc. verwendet werden können. Das Inspektionsverfahren 45 endet mit dem

Verfahrensschritt S₈, indem der Servicetechniker durch eine Eingabe über das

10 Userinterface 41 die Durchführung und gegebenenfalls daraus resultierende Aktionen bestätigt.

Obwohl in Figur 1 eine Fahrtreppe dargestellt ist, ist es offensichtlich, dass das Inspektionsgerät 40 und das zugehörnde Inspektionsverfahren 45 auch für Fahrsteige

15 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

Patentansprüche

1. Inspektionsverfahren (45) für den Kammplattenbereich (27) einer Fahrtreppe (1) oder eines Fahrsteiges mittels eines mobilen Inspektionsgerätes (40), folgende Schritte umfassend:

- Erfassen (S_1) einer 3D-Aufnahme (53) aller Kämme (28) und diesen angrenzende Flächenbereiche (21, 23) eines Kammplattenbereichs (27) der Fahrtreppe (1) oder des Fahrsteiges mit einem bildgebenden Tiefensensor (46) des mobilen Inspektionsgerätes (40);
- Extrahieren (S_2) eines skalierten und entzerrten 3D- Oberflächenabbildes (53) des Kammplattenbereichs (27) aus der 3D-Aufnahme (53); zumindest von allen Kämmen (28) des Kammplattenbereichs (27), von den Kämmen (28) seitlich angrenzenden Flächenbereichen der Sockelbleche (23) des Kammplattenbereichs (27) und von einer im Kammplattenbereich (27) befindlichen Trittpläche (21) eines Transportbandes (26) der Fahrtreppe (1) oder des Fahrsteiges;
- Aufrufen (S_3) eines virtuellen 3D-Modells (55) des Kammplattenbereichs (27) aus einem digitalen Speichermedium (42, 54), wobei das virtuelle 3D-Modell (55) zumindest 3D-Kammmodelle ($28'$) aller Kämme (28) des Kammplattenbereichs (27) in vorgegebener Anordnung aufweist;
- räumliches Zusammenfügen (S_4) des 3D-Oberflächenabbildes (53) und des virtuellen 3D-Modells (55);
- Ermittlung (S_5) einer Höhe (h) eines Kammspaltes (33) zwischen der Trittpläche (21) und einer Fläche (61) der Kamm-Unterseite 34 des virtuellen 3D-Modells (55); und
- Vergleich (S_6) mit aus dem digitalen Speichermedium (42, 54) abgerufenen Grenzvorgaben ($h_{\min}$, $h_{\max}$) für die Höhe (h) des Kammspaltes (33) und Ausgabe eines ersten Hinweissignals (H_{S1}), wenn die ermittelte Höhe (h) von den Grenzvorgaben ($h_{\min}$, $h_{\max}$) abweicht.

2. Inspektionsverfahren (45) nach Anspruch 1, wobei aus dem 3D-Oberflächenabbild (53) beidseits der Trittpläche (21) jeweils eine minimale Seitenspaltbreite ($S_{1B\min}$, $S_{2B\min}$) und eine maximale Seitenspaltbreite ($S_{1B\max}$, $S_{2B\max}$) zwischen der Trittpläche (21) und dem jeweils angrenzenden Sockelblech (23)

ausgemessen wird, und wobei die maximalen Seitenspaltbreiten (S_{1Bmax} , S_{2Bmax}) mit aus dem digitalen Speichermedium (42, 54) abgerufenen Grenzvorgaben (G_{1min} , G_{1max} , G_{2min} , G_{2max} , G_{sum}) verglichen, und ein zweites Hinweissignal (H_{S2}) ausgegeben wird, wenn eine der Grenzvorgaben (G_{1min} , G_{1max} , G_{2min} , G_{2max} , G_{sum}) überschritten wird.

5

3. Inspektionsverfahren (45) nach Anspruch 2, wobei aus der minimalen Seitenspaltbreite (S_{1Bmin} , S_{2Bmin}) und der maximalen Seitenspaltbreite (S_{1Bmax} , S_{2Bmax}) ein Schrägstellungswinkel (β) der Trittfläche (21) zum Sockelblech (23) ermittelt wird und der Schrägstellungswinkel (β) mit aus dem digitalen Speichermedium (42, 54) abgerufenen Grenzvorgaben (β_{max}) für den Schrägstellungswinkel (β) verglichen und ein drittes Hinweissignal (H_{S3}) ausgegeben wird, wenn der ermittelte Schrägstellungswinkel (β) von den Grenzvorgaben (β_{max}) abweicht.

10

4. Inspektionsverfahren (45) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die 3D-Aufnahme (53) eine digitale Filmsequenz (70) des Kammlattenbereichs (27) vom ersten Sockelblech (23) zum gegenüberliegenden, zweiten Sockelblech (23) ist, wobei zum Erzeugen des 3D-Oberflächenabbildes (53) markante Fixpunkte (81, 82) in den Frames (71) der digitalen Filmsequenz (70) festgelegt und zur Extrahierung des 3D-Oberflächenabbildes (53) verwendet werden.

15

20

5. Inspektionsverfahren (45) nach Anspruch 4, wobei ein markanter Fixpunkt (81, 82) eine Kammkante (86), eine Befestigungsschraube (87) des Kammes (28), eine Fuge (85) zwischen zwei Kämmen (28) oder eine Ecke (88) des Kammes (28) ist.

25

6. Inspektionsverfahren (45) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das 3D-Oberflächenabbild (53) durch ein Analysemodul (95) analysiert wird und anhand von dessen Analysedaten ein passendes, virtuelles 3D-Modell (55) aus einer Modell-Datenbank (57) abgerufen wird, die in einem digitalen Speichermedium (42, 54) hinterlegt ist.

30

7. Inspektionsverfahren (45) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei nach einem Abscannen eines Barcodes oder QR-Codes (58), welcher an der zu inspizierenden Fahrtreppe (1) oder an dem zu inspizierenden Fahrsteig angebracht ist, ein dem Barcode oder QR-Code (58) zugeordnetes, virtuelles 3D-Modell (55) aus einer Modell-Datenbank

(57) abgerufen wird, die in einem digitalen Speichermedium (42, 54) hinterlegt ist.

8. Inspektionsverfahren (45) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei durch das mobile Inspektionsgerät (40) eine Abfrage einer Identifikationsnummer (ID) von einer Steuerung (14) der Fahrtreppe (1) oder des Fahrsteiges erfolgt und ein der Identifikationsnummer (ID) zugeordnetes, virtuelles 3D-Modell (55) aus einer Modell-Datenbank (57) aufgerufen wird, die in einem digitalen Speichermedium (42, 54) hinterlegt ist.
9. Inspektionsverfahren (45) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein Konturenvergleich (62) aller Kämme (28) zwischen dem 3D-Oberflächenabbild (53) und dem virtuellen 3D-Modell (55) durch das mobile Inspektionsgerät (40) erfolgt, indem Differenzen aus dem Konturenvergleich (62B) auf eine unzulässige Abweichung hinsichtlich der Zahnformen der Kämme (28) und/oder die Kämme (28) durch einen Flächenvergleich (62A) hinsichtlich fehlender Kammzähne (29) geprüft werden und ein viertes Hinweissignal (H_{S4}) ausgegeben wird, wenn eine unzulässige Abweichung hinsichtlich der Zahnformen der Kammzähne (29) besteht und/oder Kammzähne (29) fehlen.
10. Inspektionsverfahren (45) nach Anspruch 9, wobei bei Vorhandensein eines vierten Hinweissignals (H_{S4}) die von den Abweichungen betroffenen, auszutauschenden Bauteile auf dem 3D-Oberflächenabbild (53) des Kammlattenbereichs (27) markiert werden und das mit einer Markierung (99) versehene 3D-Oberflächenabbild (53) auf einem Userinterface (41) des mobilen Inspektionsgerätes (40) angezeigt wird.
11. Inspektionsverfahren (45) nach Anspruch 9 oder 10, wobei aufgrund des vierten Hinweissignals (H_{S4}) Bauteilidentifikationsnummern (98) der von den Abweichungen betroffenen, auszutauschenden Bauteile durch das Inspektionsgerät (40) angezeigt und/oder an eine Bereitstellungseinrichtung (91) gesendet werden.
12. Inspektionsverfahren (45) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Inspektionsgerät (40) beim Vorhandensein zumindest eines der Hinweissignale (H_{S1} bis H_{S4}) eine Steuerung (14) der Fahrtreppe (1) oder des Fahrsteiges in einen Wartungsmodus versetzt.

13. Mobiles Inspektionsgerät (40) aufweisend ein Userinterface (41), ein digitales Speichermedium (42, 54), einen Prozessor (43), einen bildgebenden Tiefensensor (46) und eine im Speichermedium (42, 54) zumindest temporär gespeicherte
- 5 Softwareapplikation (44) mit den jeweils erforderlichen Verfahrensschritte ($S_1, \dots, S_n$) des Inspektionsverfahrens (45) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Verfahrensschritte ($S_1, \dots, S_n$) des Inspektionsverfahrens (45) auf Veranlassung einer Eingabe über das Userinterface (41) vom Prozessor (43) abgearbeitet werden.
- 10 14. Mobiles Inspektionsgerät (40) nach Anspruch 13, wobei dieses ein Kommunikationsmodul (49) aufweist, welches zum bedarfsbedingten Datenaustausch mit einem Kommunikationsmodul von zumindest einer der nachfolgend aufgeführten Vorrichtungen verbindbar ist: einer Steuerung (14) einer Fahrtreppe (1) oder eines Fahrsteiges, einer zentralen Überwachungseinrichtung (92), einer
- 15 Bereitstellungseinrichtung (91) für Ersatzteile, einem Netzwerkknoten (93) des Internets.