

Fahrqualitätsmessungen und Überwachung von Fahrtreppen und Fahrsteigen

Tim Ebeling ¹⁾



Ursache beheben zu können. Diese Funktionen haben sich bereits bei Aufzugsanlagen bewährt und können Problemursachen aufdecken, die ohne diese Unterstützung nicht ermittelbar sind.

Die Messgeräte

Die Messungen werden mit Vibrationsaufnehmern in allen drei Raumrichtungen und Schallpegelmessgeräten durchgeführt. Diese Geräte sind bereits aus den Fahrqualitätsmessungen für Aufzüge bekannt. Der Vibrationsaufnehmer muss eine Genauigkeit des Typs 1 nach ISO 8041 aufweisen. Daher sind wie bei Aufzügen Smartphones als Messgerät auch für Fahrtreppen und Fahrsteige ungeeignet, da ihre vom Hersteller nicht standardisierten Beschleunigungsaufnehmer diesen Anforderungen nicht gewachsen sind.



Aktuelle Smartphones erfüllen die Anforderungen der ISO 18738 an die Sensorik nicht

Beschleunigungssensoren, die bereits in der Lage sind die Fahrqualität von Aufzügen nach ISO 18738 zu bestimmen, sind nach Teil 2 der ISO 18738 auch für Fahrtreppen und -steige geeignet.

Das in Aufzugs-Messsystemen nach ISO 18738 in der Regel vorhandene Schallpegelmessgerät der Genauigkeitsklasse 2 nach IEC 61672 findet auch bei Fahrtreppen und -steigen Anwendung. Außerdem sieht die Fahrqualitätsmessung für diese auch eine Emissions-Schalldruckpegelmessung vor, die dann mit Geräten bzw. Auswerteverfahren nach ISO 11201 und ISO 11205 durchzuführen ist.

Die Messdurchführung

Die Messungen werden an den Fahrtreppen und -steigen in beiden Bewegungsrichtungen durchgeführt, außer es handelt sich um eine Installation die tatsächlich immer nur in einer

Richtung betrieben wird. Mit dem Beschleunigungs- bzw. Vibrationssensor werden nacheinander die Handläufe und in einer Messposition die Lastträger gemessen.

Die Schallpegelmessungen erfolgen sowohl im ausgeschalteten Zustand, als auch im Fahrbetrieb an mehreren wohl definierten Mikrofonpositionen. Dadurch lassen sich die Hintergrundgeräusche und akustischen Umwelteinflüsse zum Teil minimieren.

Die Messung der Lastträger/Stufen

Der Vibrationssensor wird in der Mitte eines Lastträgers (i.d.R. einer Stufe), direkt am Stufenauslauf der laufenden Fahrtreppe aufgebracht. Die Ausrichtung des Sensors erfolgt wie in der nachfolgenden Abbildung. Dabei muss der Sensor einen Anpressdruck von wenigstens 60 kPa zum Lastträger aufweisen. Dies wird durch die dafür vorgesehene Sensoraufnahme und deren Eigengewicht sichergestellt.



Vibrationssensor mit Sensoraufnahme

Der Bediener steht auf der nächsten Stufe, gleich hinter dem Sensor. Im Falle eines Fahrsteiges ist ein Abstand von mindestens 300 mm zum Sensor erforderlich.

Die Messung kann bei einem horizontalen Fahrsteig sofort gestartet werden. Bei einer Fahrtreppe oder einem geneigten Fahrsteig darf die Messung erst am Anfangspunkt der Neigung gestartet werden.

¹⁾ Henning GmbH & Co. KG

Richtig Messen statt subjektiv Fühlen steht am Anfang einer korrekten Diagnose. Mit diesem Satz wurde 2005 die ISO 18738 zur Messung der Fahrqualität von Aufzügen eingeführt. In der letzten Überarbeitung dieser Norm wurde nun ein Teil 2 veröffentlicht, der sich mit der objektiven Fahrqualitätsmessung von Fahrtreppen und Fahrsteigen beschäftigt. Dazu werden Vibrationsdaten der Lastträger und Handläufe erfasst und zusammen mit Schalldruckpegeln so ausgewertet, dass sie das menschliche Empfinden bei der Benutzung der Fahrtreppe quantifiziert abbilden können.

Einleitung

Der Teil 2 der ISO 18738 „Measurement of ride quality – Escalators and moving walks“ legt die Standards zur Messung der Fahrqualität von Fahrtreppen und -steigen fest. Damit wird deren Qualität nun auch messbar und vergleichbar, wie es für Aufzugsanlagen bereits seit einigen Jahren Standard ist. So bekommen Hersteller, Montage- und Servicebetriebe auf der einen Seite und Planer, Betreiber, Prüfer und Nutzer auf der anderen Seite ein Werkzeug zur Seite gestellt, um die Ausschreibung, die Installation und den Betrieb dieser Anlagen fair und objektiv zu begleiten.

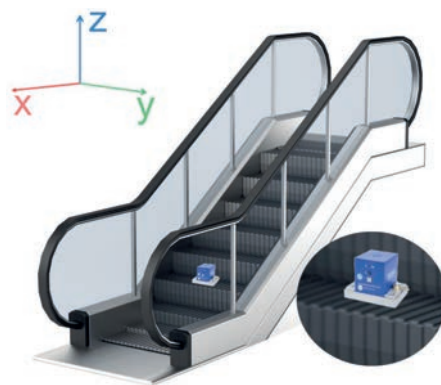
Neben der Erfassung und Dokumentation der Fahrqualität bieten die geeigneten Messsysteme in der Regel auch Funktionen an, die es ermöglichen Störungen und Probleme genauer zu analysieren, um anschließend deren

Die Messung wird bei horizontalen Fahrsteigen unmittelbar vor dem Stufeneinlauf gestoppt. Bei geneigten Fahrsteigen oder Fahrtreppen wird die Messung direkt vor dem Ende der Neigung beendet.

Die automatische Auswertung der Vibrationsdaten besteht aus mehreren Schritten.

Im ersten Schritt werden die gemessenen Rohdaten mit dem „whole body combined“ Filter nach ISO 8041 bewertet. Durch diese Filterung wird das menschliche Vibrationsempfinden nachgeahmt, indem die Frequenzbereiche und die Vibrationsrichtungen entsprechend gewichtet werden.

Im nächsten Schritt werden die gefilterten Vibrationsdaten für jede Raumrichtung durch das RMS-Verfahren



Ausrichtung und Positionierung des Vibrationssensors auf der Fahrtreppe

(Root Mean Square) in einen Effektivwert überführt. Aus diesem wird dann die Vektorsumme über die Zeit gebildet, in deren Verlauf der Mittelwert und das Maximum bestimmt werden. Die letzten beiden Werte sind das eigentliche Ergebnis der Messung des

Lastträgers. Es werden aus der Messung damit lediglich zwei Kennwerte ermittelt, die aber ein sehr gutes und vor allen Dingen reproduzierbares Maß für die Fahrqualität der betreffenden Anlage darstellen.

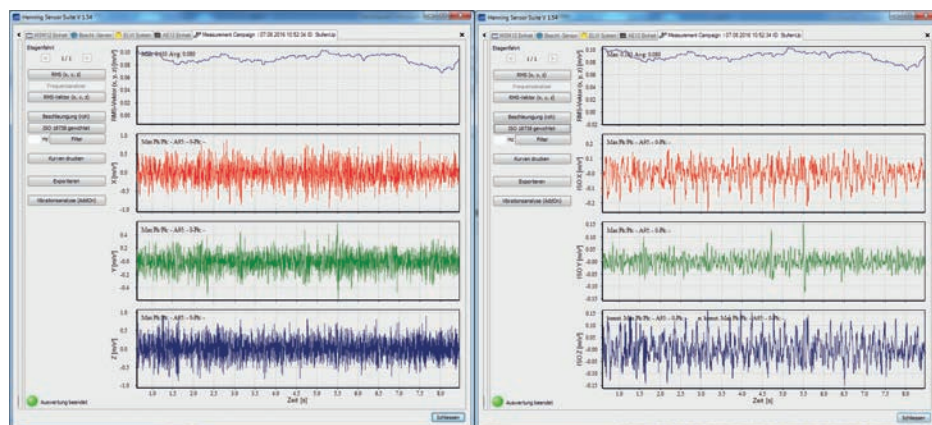
Die Messung der Handläufe

Für die Messung der Handläufe wird der Vibrationssensor auf diese aufgebracht und mit der Hand gehalten. Die Messung wird nacheinander auf beiden Handläufen und gegebenenfalls auch in beiden Bewegungsrichtungen vorgenommen.

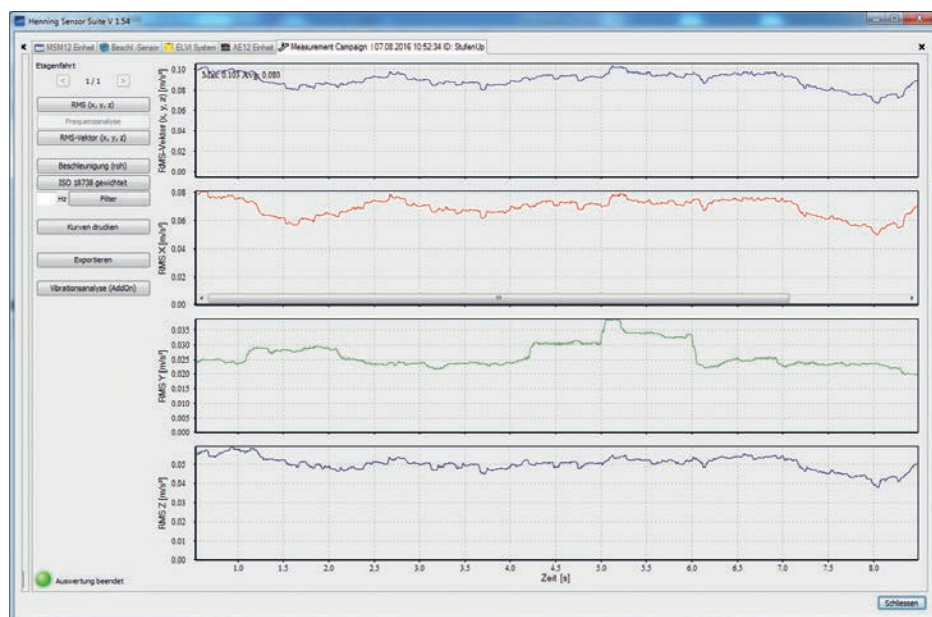
Dabei ist die Ausrichtung des Sensors der nachfolgenden Abbildung zu entnehmen.



Ausrichtung und Positionierung des Vibrationssensors auf den Handläufen



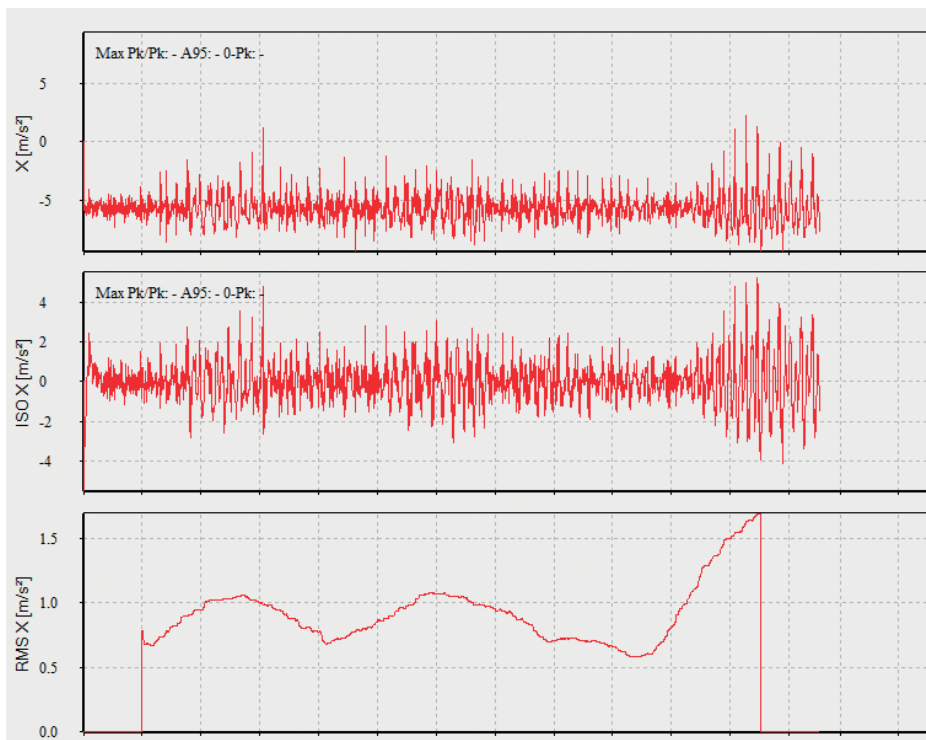
Auf dem linken Screenshot sind die gemessenen Vibrationen in X- (rot), Y- (grün) und Z- Richtung (blau) abgebildet. Im rechten Screenshot sind diese mit dem „whole body combined“ Filter nach ISO 8041 gewichtet und geben damit das menschliche Empfinden wieder. Hohe Ausschläge in diesen Kurven sind damit ein Beleg für unangenehme Vibrationen in der betreffenden Raumrichtung.



In der obersten Kurvenansicht ist die Vektorsumme der RMS-Verläufe aus den ISO 8041 gewichteten Vibrationsdaten dargestellt. Diese ist ein reproduzierbares Maß für die Fahrqualität der Lastträger. In den unteren drei Kurvenverläufen ist der RMS-Verlauf für die drei gewichteten Bewegungsrichtungen dargestellt.

Auf den ersten Blick mag das Fixieren des Sensors mit der Hand etwas ungewöhnlich anmuten und es könnte der Eindruck entstehen, dass dies doch keine akkuraten Messergebnisse erzielen kann. Die Auswertungsmethoden der ISO 18738 Teil 2 sind aber so geschickt gewählt, dass ein Einfluss des Bedieners auf die letztendlichen Messergebnisse nahezu ausgeschlossen ist. Dennoch ist wie bei jeder Messkampagne natürlich ein umsichtiges und methodisches Herangehen der durchführenden Person unerlässlich.

Die nun folgende automatische Auswertung gleicht ein wenig der Auswertung der Lastträger. Die Auswertung findet aber nur in den Vibrationsdaten der Bewegungsrichtung des Handlaufes statt. Zunächst werden die Rohdaten wieder nach dem menschlichen Empfinden gefiltert, diesmal mit dem „hand arm“ Filter der ISO 8041, um dann aus dem RMS-Verlauf dieses gewichteten Signals den Mittelwert und das Maximum zu bestimmen. Diese



Im oberen Kurvenverlauf sind die Vibrationsrohdaten des Handlaufs dargestellt. Darunter die Filterung nach dem menschlichen Empfinden und im untersten Kurvenverlauf der RMS-Verlauf der ISO 8041 gewichteten Filterung.

beiden Werte sind das eigentliche Ergebnis der Fahrqualitätsbewertung des Handlaufs.

Die Schallpegelmessungen

Zur Fahrqualität von Fahrtreppen und -steigen nach ISO 18738 gehören auch diverse Schallpegelmessungen, die den Geräuschaspekt der Fahrqualität, wie sie der Passagier erlebt, bestimmen. Der gemessene Schallpegel ist dabei die Summe von

- Geräuschemissionen der Fahrtreppe
- Hintergrundgeräuschen
- akustischen Charakteristiken des Raums in dem die Fahrtreppe installiert ist und
- Akustikreflektionen der Oberflächen in der Umgebung der Fahrtreppe.

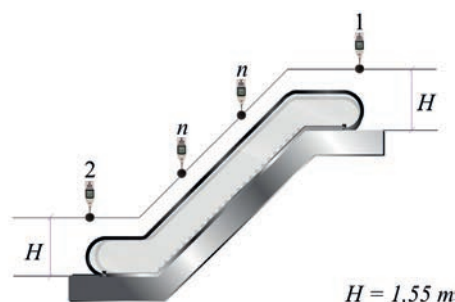
Deswegen sind in der ISO 18738 Teil 2 mehrere Verfahren beschrieben, wie die Einflüsse von Hintergrundgeräuschen und das akustische Verhalten des Installationsortes kompensiert werden können.

Je nachdem welche Genauigkeit der Messungen erforderlich ist, erlaubt die Norm den Einsatz der verschiedenen Verfahren. Neben der Schalldruckpegelmessung als Bestandteil der Fahrqualität kann der Emissions-Schalldruckpegel nach ISO 11201 oder ISO 11205 bestimmt werden.

Unabhängig vom gewählten Verfahren erfolgt die Messung an definierten Punkten auf der Fahrtreppe bzw. dem Fahrsteig. Zwei dieser Positionen sind verbindlich vorgeschrieben: Die untere und die obere Einlaufzone. Daneben können weitere Positionen im Verlauf der Anlage gewählt werden. Die Position des Messmikrofons ist dabei immer in der Höhe von 1,55 m über dem Lastträger auf der Mittellinie der Anlage vorgeschrieben.

Im Unterschied zur Fahrqualitätsmessung an Aufzügen wird der Schalldruckpegel also nicht während des Fahrtverlaufes gemessen, sondern an stationären Positionen.

Die Messungen erfolgen sowohl im Stillstand der Anlage, als auch im Betrieb, um daraus Informationen über die Hintergrundgeräusche zu gewinnen. Die Messungen im Betrieb werden, wie schon die Vibrationsmessungen



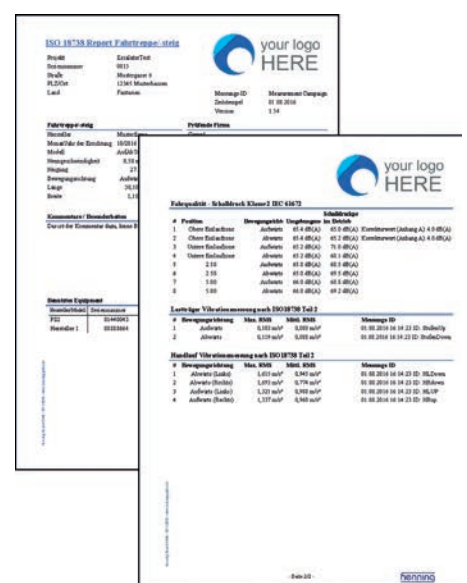
Positionen des Messmikrofons entlang der Installation

gen bei beiden Bewegungsrichtungen der Fahrtreppe/des Fahrsteigs durchgeführt, außer es handelt sich um eine Installation, die immer nur in einer Richtung betrieben wird.

Die Dokumentation

Der Teil 2 der ISO 18738 gibt vor, wie der Report beschaffen sein muss, in dem die gemessenen und ausgewerteten Vibrationsdaten und die gemessenen Schalldruckpegel neben anderen Anlagendaten zusammenfassend aufbereitet werden.

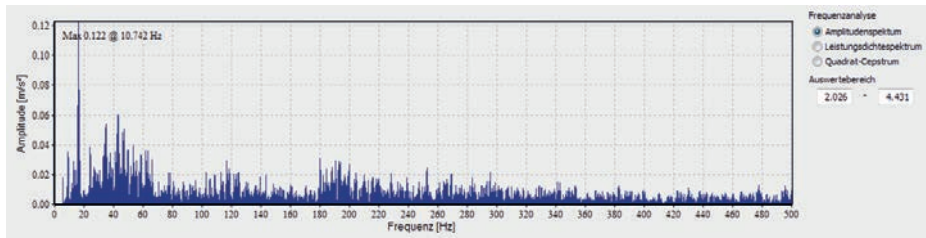
Dieser Report stellt damit alle erforderlichen Informationen bereit, um die Fahrqualität der betreffenden Anlage zu dokumentieren.



Beispiel eines Fahrqualitäts-Reports nach ISO 18738 Teil 2 einer Fahrtreppe

Erweiterte Auswertungen

Die Messgeräte nach ISO 18738 haben sich bei Aufzügen seit vielen Jahren bewährt, um auch Fehler und Probleme aufzudecken. Gerade die Frequenzen und zugehörigen Amplituden, die aus den gemessenen Vibrationsdaten mit einer Fourier-Transformation zu gewinnen sind, beinhalten umfangreiche Informationen über Rollen, Getriebe, Antriebe und andere bewegte Teile, aus denen sich Aussagen zu den betreffenden Komponenten ableiten lassen. Weitere Werkzeuge, wie beispielsweise das Cepstrum, leisten Hilfestellung beim Monitoring solcher Anlagen über einen längeren Zeitraum, um Verschleiß an den Komponenten zu detektieren.



Frequenzspektrum der vertikalen Vibrationen gemessen auf der Stufe einer Fahrtreppe im Betrieb

Zusammenfassung

Der zweite Teil der ISO 18738 zur Messung der Fahrqualität von Fahrtreppen und Fahrsteigen ist eine wohldurchdachte Ergänzung zum ersten Teil der Norm. Sinnvoller Weise lassen sich die gleichen Messgeräte wie zur Messung der Aufzugs-Fahrqualität einsetzen. Daher müssen lediglich die Auswertverfahren angepasst werden, um mit

der gleichen Hardware auch Aussagen über Fahrtreppen und -steige zu ermöglichen.

Die nach ISO 18738 Teil 2 gemessenen Kennwerte geben objektiv und gut reproduzierbar die für den Passagier erfahrbare Fahrqualität der betreffenden Anlage wieder und eignen sich somit hervorragend als Qualitätszeugnis nach der Installation, aber auch nach

Modernisierungen und Wartungseinsätzen.

Wie bereits im ersten Teil legt die ISO 18738 keine absoluten Grenzwerte fest, sondern definiert die Beschaffenheit der Messmittel und Auswertverfahren, um die Adaption an den Einsatzzweck und das Preis-Leistungs-Verhältnis der Anlage zu ermöglichen.

Zusammenfassend betrachtet ist der zweite Teil der ISO 18738 eine solide und eindeutige Verfahrensanweisung, um reproduzierbare Aussagen über die Fahrqualität von Fahrtreppen und Fahrsteigen zu produzieren, so dass mit einer ähnlichen positiven Verbreitung im weltweiten Markt zu rechnen ist, wie dies bereits dem ersten Teil für Aufzugsanlagen beschieden war.

Ride Quality Measurements and Monitoring of Escalators and Moving Walkways

UK

Tim Ebeling ¹⁾



elevator systems for a number of years. Manufacturers, assembly and service companies on one hand and planners, operators, inspectors and users on the other hand receive a tool giving them a fair and objective tendering procedure as well as installation and operation of these systems.

Apart from the measurement and documentation of the ride quality, the appropriate measuring systems usually also offer functions allowing malfunctions and problems to be analysed more accurately so that their causes can be remedied afterwards. Such functions have already proven their worth for elevator systems and can reveal causes for problems that otherwise could not have been detected.

The measuring instruments

Measurements are carried out using vibration detectors in all three directions in space and sound level meters. These instruments are already commonly used for elevator ride quality measurements. The vibration detector must feature a type 1 accuracy conform to ISO 8041. Just like for elevator systems this makes smartphones unsuitable to be used as measuring instruments for escalators and moving walkways because their acceleration sensors which are not standardized by

the manufacturers do not meet the appropriate demands.

Acceleration sensors able to determine the ride quality of elevators conform to ISO 18738 are – according to Part 2 of ISO 18738 – also suitable for escalators and moving walkways.

The sound pressure meter accuracy class 2 as per ISO 18738 usually available in elevator measuring systems is also used for escalators and moving walkways. The ride quality measurement of these systems requires an additional emission sound pressure level measurement which has to be carried out with instruments or evaluation procedures that conform to ISO 11201 and ISO 11205.

How to carry out measurements

Escalator and moving walkway measurements are carried out in both ride directions except when the system actually only operates unidirectionally. The accelerator and/or vibration sensors are used to measure in succession the handrails and in one single measuring position the load carrying members.

The sound levels are measured with the system shut down as well as running on several well defined microphone positions allowing any background noises and acoustic environmental influences to be minimized.

Measuring the load carrying members/steps

The vibration sensor is placed in the middle of a load carrying member (usually a step) directly at the step outlet of the running escalator. The sensor is aligned as shown in the following illustration. The sensor must be pressed against the member with at least 60 kPa. This is ensured by the appropriate measuring block and its dead weight.

The operator is standing on the next step immediately behind the sensor.

A correct diagnosis begins with a proper measurement instead of a subjective feeling. This was the sentence used in 2005 to introduce ISO 18738 dealing with the measurement of the ride quality of elevators. In the last revision of this standard Part 2 has been published concerning the objective ride quality measurement of escalators and moving walkways. In this context vibration data of the load carrying members and handrails are measured and evaluated together with sound pressure levels in a manner allowing the human perception to be quantified during an escalator ride.

Introduction

Part 2 of ISO 18738 "Measurement of ride quality – Escalators and moving walkways" stipulates the standards for a measurement of the ride quality of escalators and moving walkways. This allows their quality to be measured and compared similar to the standard procedure which has been adopted for



Current smart-phone sensors do not meet ISO 18738 demands

1) Henning GmbH & Co. KG



Vibration sensor with measuring block

may only be started at the point where the inclination of the system begins. On horizontal moving walkways the measurement is stopped just prior to step inlet. On inclined moving walkways or escalators the measurement is stopped directly ahead of the end of the inclination.

The vibration data are automatically evaluated in several steps.

In the first step the measured raw data are evaluated using a "whole body combined" filter conform to ISO 8041. This filtration imitates the human perception of vibrations by appropriately weighting the frequency ranges and the vibration's directions.

In the next step the filtered vibration data for every direction in space are



Alignment and positioning of the vibration sensor on the escalator

On a moving walkway a distance of at least 300 mm must be kept between the operator and sensor.

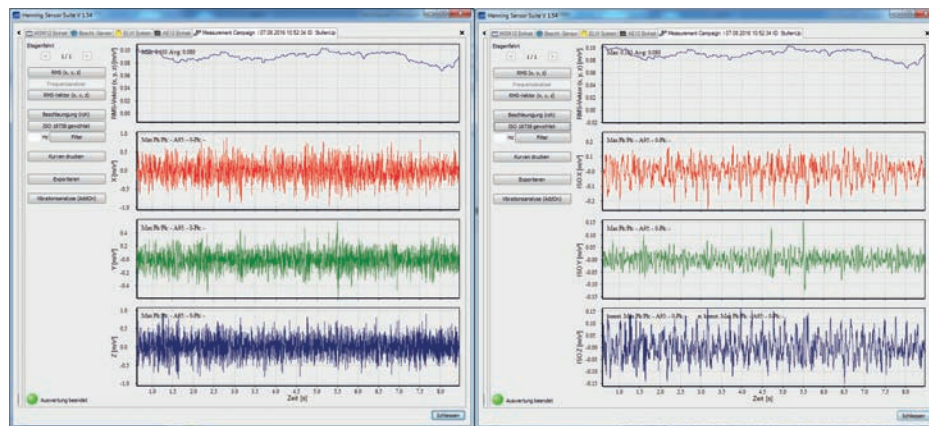
On a horizontal moving walkway the measurement can be started immediately. On an escalator or an inclined moving walkway the measurement

transferred into an effective value by the RMS (Root Mean Square) process. This effective value is then used to find the vector sum across the time in the course of which the mean value and the maximum value are determined. The last two values represent the actual result of the measurement of the load carrying member. As such, the measurement only provides two characteristic values which in the end represent a very good and most of all reproducible measure of the ride quality of the respective system.

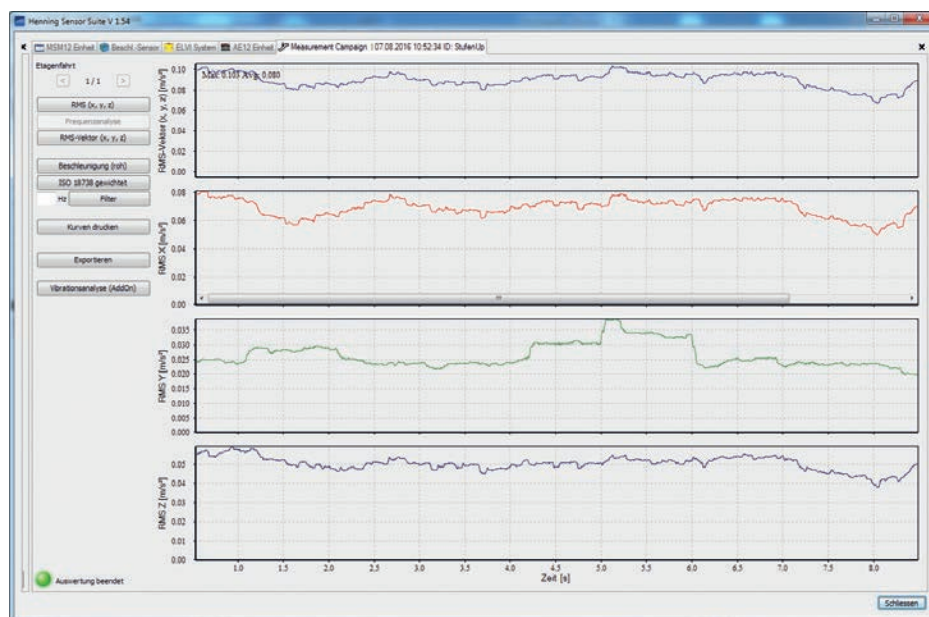
Handrail measurement

Handrails are measured by placing the vibration sensor on the handrail and hold it there by hand. The measurement is repeated on both handrails and if necessary also in both directions.

The sensor is aligned as shown in the illustration below.



The left-hand screenshot shows the measured vibrations in X (red), Y (green) and Z (blue) directions. The right-hand screenshot shows these vibrations weighted using the "whole body combined" filter conform to ISO 8041 and therefore represents the human perception. Major peaks in these curves therefore demonstrate unpleasant vibrations in the relevant direction in space.

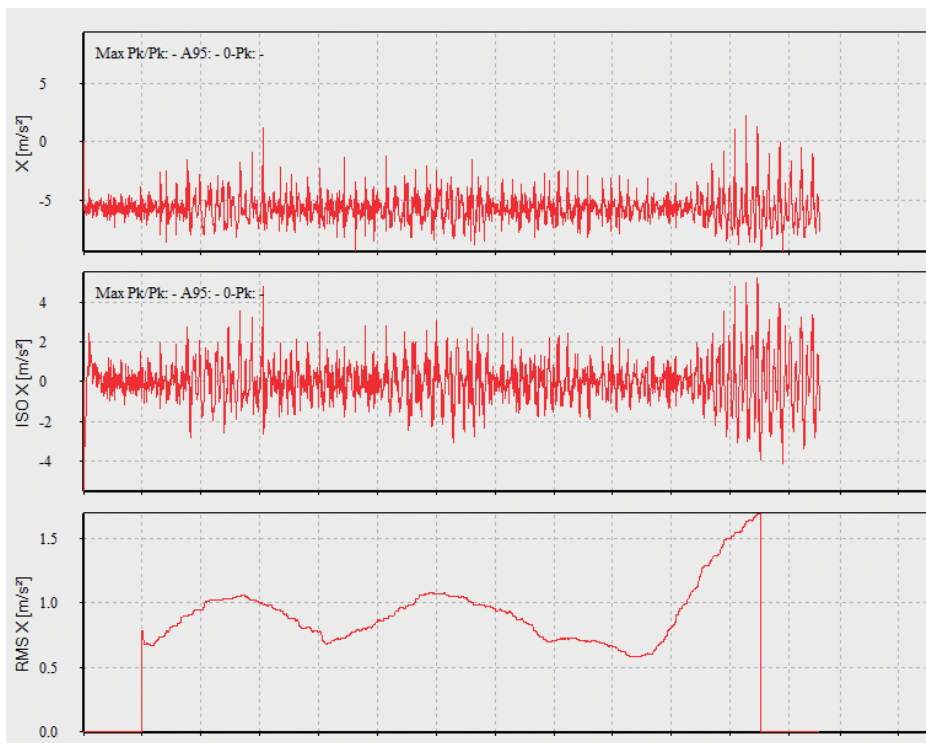


The uppermost curve shows the vector sum of the RMS courses from the vibration data weighted conform to ISO 8041. This is a reproducible measures for the ride quality of the load carrying members. The lower three curves show the RMS course for the three weighted senses of movement.



Alignment and positioning of the vibration sensor on the handrails

Positioning the sensor by hand may at first glance appear to be unusual and might create the impression that no accurate measurements can be obtained. But the evaluation methods of ISO 18738 Part 2 ensure that the oper-



The upper curve shows the raw vibration data of the handrail. The central curve shows the filtration according to the human perception and the lower curve shows the RMS course of the ISO 8041 weighted filtration.

ator has practically no influence on the measuring results. Nevertheless every measuring (campaign) pass requires the person carrying out the measurement to adopt a prudent and methodical procedure.

The ensuing automatic evaluation seems to be similar to the evaluation of the load carrying members, but only vi-

bration data in the handrail's direction of movement are evaluated. First of all the raw data are filtered according to the human perception, this time with the "hand arm" filter of ISO 8041 followed by the determination of the mean value and maximum value from the RMS course of this weighted signal. Both these values represent the actual result of the handrail ride quality evaluation.

Sound level measurements

The determination of the ride quality of escalators and moving walkways conform to ISO 18738 also includes various sound level measurements to take into account the sound aspect as perceived by the passengers.

The measured sound level is the sum of the

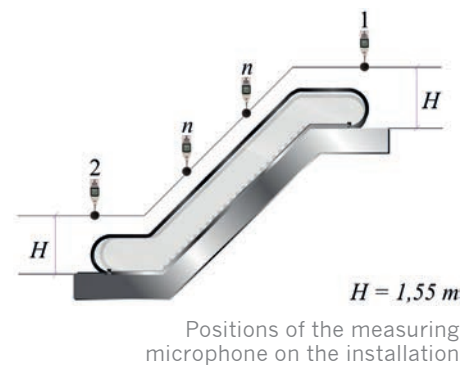
- ▶ escalator sound emissions,
- ▶ background noises,
- ▶ acoustic characteristics of the room in which the escalator is installed and
- ▶ acoustic reflections of the surfaces near the escalator.

Therefore the ISO 18738 Part 2 describes several procedures that can be adopted to compensate the influence of background noises and the acoustic

behaviour of the place where the system is installed.

Depending on the required accuracy of the measurements, the standard allows the use of different procedures. Apart from the sound pressure level measurement as part of the ride quality measurement, the emission sound pressure level as per ISO 11201 or ISO 11205 can be determined.

Independent of the selected procedure, measurements are carried out on defined spots of the escalator or moving walkway. Two positions are stipulated: the lower and the upper inlet zones. Other spots of the system may be selected. The measuring microphone must always be positioned 1.55 m above the load carrying member on the system's centre line.



Unlike elevator ride quality measurements the sound pressure level is not measured with the equipment running along with the system. Instead it is measured in a stationary positions.

Measurements are carried out with the system at standstill as well as running to gain information on the background noise. Just like the vibration measurements, measurements must be carried out in both direction of movement of the running escalator/moving walkway except in cases where the installation only runs in one direction.

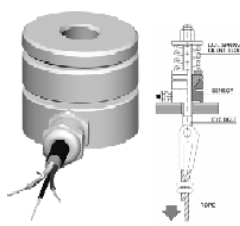
The documentation

Part 2 of ISO 18738 stipulates what the report must look like and how the measured and evaluated vibration data as well as the measured sound pressure levels must be presented next to other system data.

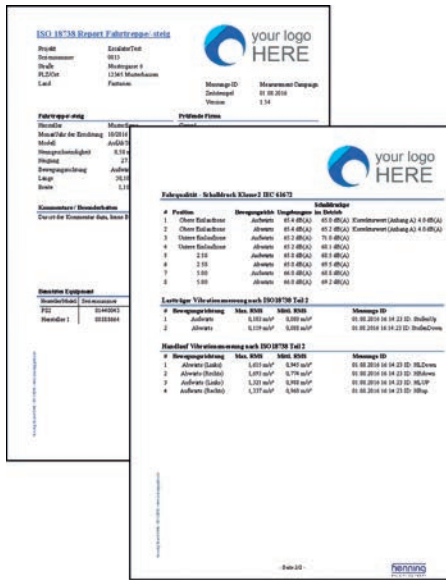
As such this report provides the necessary information allowing the ride quality of the respective system to be documented.



**Der Sensor für die
Seilaufhängung...
ab sofort lieferbar**



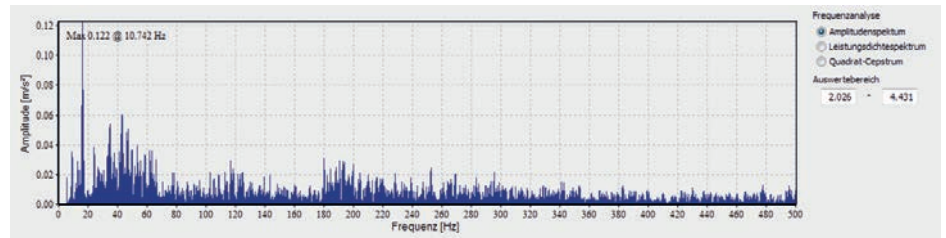
AVERDI Inh. Peter Erdmann
Handelsring 6
D – 26624 Südbrookmerland
Tel. +49(0)4942 / 204 863 - 0
Fax: + 49(0)4942 / 204 863 - 111
info@averdi.de • www.averdi.de



Example of an escalator ride quality report conform to ISO 18738 Part 2

Extended evaluations

For many years the measuring devices conform to ISO 18738 have proven their worth when detecting elevator malfunctions and problems. Particularly frequencies and their appropriate amplitudes which can be derived from the measured vibration data using a Fourier transformation include a wide variety of information about rollers, gearboxes, drive units and other moving components. Other tools such as



Frequency spectrum of vertical vibrations measured on a step of a running escalator

the Cepstrum function assist in monitoring such systems over a longer period of time to detect component wear.

Summary

Part 2 of ISO 18738 on the measurement of the ride quality of escalators and moving walkways is a carefully thought out supplement of the first part of the standard. It is useful that the same measuring devices as the ones utilized for measuring the elevator ride quality can be applied so that merely the evaluation procedures need to be adapted and statements can also be made about escalators and moving walkways using the same hardware.

The characteristic values measured in compliance with ISO 18738 Part 2 reflect in an objective and easily reproducible manner the ride quality perceived by the passenger of the respective systems and are therefore extremely convenient to be used as a

quality certificate after their installation and also after modernisations and servicing.

Just like in Part 1, the ISO 18738 standard does not stipulate absolute limits but only defines the nature of measuring means and evaluation procedures allowing the application and the value-for-money options of the system to be adapted.

In summary one may say that the second part of ISO 18738 is a solid and unambiguous instruction on how to allow reproducible statements to be made about the ride quality of escalators and moving walkways, a similar positive acceptance by the world's markets just like the first part dedicated to elevator systems may be expected.