

Entwicklung von Fußbodenkonstruktionen mit verbesserten sturzfolgenmindernden Eigenschaften

Development of floor constructions with improved properties to mitigate consequences after falls

Projektleiter

Project leader:

Ronny Lang

Projektbearbeiterin

Project team:

Oliver Bumbel,
Alex Gussar,
Patrick Schütten

Fördermittelgeber

Sponsor:

BMW (INNO-KOM)

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

So vielfältig wie die Nutzungen und Funktionen von Fußböden (Stell- und Transportfläche, Interaktionsfläche, dekoratives Element, etc.) sind, variieren auch die erforderlichen Eigenschaften (u. a. Kratzfestigkeit, Gleiteigenschaften, Optik, Wärme- und Schalldämmung, Reinigungsfähigkeit) sehr stark. Eine Anforderung zum Schutz derjenigen, die einen Fußboden begehen, ist in sturzrelevanten Bereichen sowohl Bedürfnis der unmittelbaren Anwender als auch der Träger der entstehenden Sturz-Folgekosten. Produkte, die diesem Bedürfnis auch gerecht werden, sind jedoch aktuell nicht am Markt verfügbar. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung von Fußbodenbelägen mit nachweislich sturzfolgenmindernden Eigenschaften. Für diese belastungsmindernden Eigenschaften von Fußböden sind bisher keine normativen Anforderungen definiert.

VORGEHENSWEISE

Im Rahmen der Untersuchungen an verschiedenen Bodenbelägen wurden Kennwerte aufgenommen, um die stoßmindernden und stoßdämpfenden Eigenschaften zu charakterisieren. Dazu wurde die Reaktionskraft mithilfe der maximal gemessenen Bremsbeschleunigung berechnet. Die stoßdämpfende Eigenschaft des Fußbodens wurde mithilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera untersucht. Dazu wurde die Rücksprunghöhe des

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

As diverse as the uses and functions of floors are (storage deposit and transport surface, interaction surface, decorative element, etc.) as widely vary their required properties (including scratch resistance, sliding properties, appearance, thermal and sound insulation, cleanability). In fall-relevant areas, a requirement for the protection of those who walk on a floor is a need of both the immediate users and the bearers of the resulting consequential costs of falls. However, products that meet this need are currently not available on the market. The goal of this project is to develop floor coverings with proven properties that reduce the consequences of falls. No normative requirements have been defined for these load-reducing properties of flooring yet.

APPROACH

Within the scope of the investigations on various floor coverings, characteristic values were adopted to characterise impact-reducing and impact-absorbing properties. For this purpose, the reaction force was calculated using the maximum measured braking acceleration. The shock-absorbing property of the floor was investigated with the help of a high-speed camera. And the rebound height of the drop tester was determined, as it allows to make conclusions about the energy dissipated during impact. Moreover, the penetration depth and rebound height

Fallprüfers bestimmt, da sie Rückschlüsse auf die beim Aufschlag dissipierte Energie zulässt. Zusätzlich wurden Eindringtiefe und Rücksprunghöhe mithilfe der Integration des Beschleunigungsverlaufs bestimmt und mit den Ergebnissen aus der optischen Messung verglichen. Die ermittelten Kennwerte fanden für die Einordnung der unterschiedlichen Bodenbeläge hinsichtlich sturzmindernder Eigenschaften mittels Bewertungsindex in Güteklassen Verwendung.

ERGEBNISSE

Zur Bewertung der stoßmindernden und stoßdämpfenden Eigenschaften wurden die Reaktionskraft, die Eindringtiefe und die Rücksprunghöhe betrachtet.

Die Reaktionskraft lässt Rückschlüsse auf die wirkenden Spannungen zu. Je höher die Reaktionskraft ist, desto größer sind die Spannungen. Übersteigen die Spannungen bestimmte Festigkeitswerte für z. B. Knochen, kommt es zum Bruch. Die Reaktionskraft hat demnach einen direkten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit des Verletzungseintritts. Mithilfe der Eindringtiefe lässt sich allgemein die Widerstandsfähigkeit des Materials beschreiben. Bei rein elastischem Verhalten lässt die Eindringtiefe Rückschlüsse auf das E-Modul und bei rein viskoelastischem Verhalten auf das komplexe Schubmodul zu. Allerdings ist davon auszugehen, dass bei den untersuchten Bodenbelägen stets eine Kombination aus Beidem vorliegt.

were determined by integrating the course of acceleration and compared with the results from the optical measurement. The characteristic values determined were used to classify the different floor coverings in terms of fall-reducing properties by means of an evaluation index in quality classes.

RESULTS

The reaction force, penetration depth and rebound height were taken into consideration to evaluate the impact-reducing and impact-mitigating properties.

The reaction force allows to draw conclusions regarding the acting stresses. The higher the reaction force, the higher are the stresses. If the stresses exceed certain strength values for bones, for example, a fracture will occur. Therefore, the reaction force has direct influence on the probability of an injury.

The penetration depth is of help to generally describe the resistance of the material. In the case of purely elastic behaviour, the penetration depth allows to draw conclusions about the modulus of elasticity, and in the case of purely viscoelastic behaviour, about the complex shear modulus. However, it shall be assumed that a combination of both is always present in the floor coverings examined.

As can be learned from Fig. 1, there is a hyperbolic correlation between penetration depth and reaction force. The contact area also increases with increasing penetration

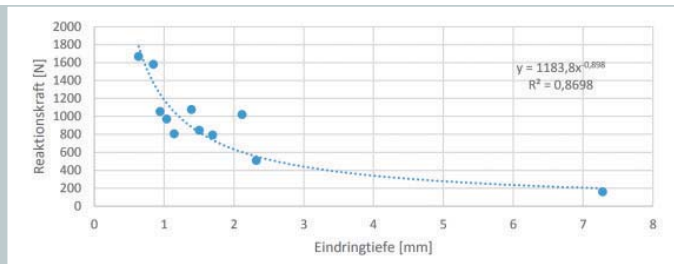


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Reaktionskraft und Eindringtiefe

Fig. 1: Correlation between reaction force and penetration depth

Wie in Abb. 1 zu sehen besteht zwischen Eindringtiefe und Reaktionskraft ein hyperbolischer Zusammenhang. Mit zunehmender Eindringtiefe erhöht sich ebenfalls die Kontaktfläche. Das hat wiederum zur Folge, dass die Spannungen kleiner werden (Punktelastizität). Bei mehrlagigem Schichtaufbau und insbesondere durch Einsatz weicher Unterschichtmaterialien (z. B. Verlegeunterlagen) kann sich die härtere obere Schicht durchbiegen. Dabei spricht man, im Gegensatz zur Punktelastizität, von der sogenannten Flächenelastizität.

Die Rücksprunghöhe dient als Maß für die Dämpfung des Bodens. Je kleiner die Rücksprunghöhe ist, desto mehr Energie wird dem System entzogen und umso größer ist die Dämpfung. Es konnte kein klarer Zusammenhang zwischen Rücksprunghöhe und Reaktionskraft beobachtet werden. Bodenbeläge mit guten Dämpfungseigenschaften reduzieren also nicht zwangsläufig die Reaktionskräfte.

Bei der Bildung eines Bewertungsindex K zur Beschreibung der stoßmindernden Eigenschaften, wird die Stauchung (Eindringtiefe auf die Materialdicke bezogen) zur Reaktionskraft ins Verhältnis gesetzt. Dabei steht die Stauchung, die die stoßmindernden Eigenschaften direkt beeinflusst, im Zähler und die Beschleunigung, die die stoßmindernden Eigenschaften reziprok beeinflusst, im Nenner. Da die Wertebereiche der einzelnen Kennwerte sehr unterschiedlich

depth. This, in turn, has the effect that the stresses become smaller (point elasticity). In the case of a multi-layered structure and especially when soft underlay materials are used, the harder upper layer can bend. In contrast to point elasticity, this is referred to as surface elasticity.

The rebound height serves as a measure for the damping by the floor. The smaller the rebound height, the more energy is extracted from the system and the greater the damping. The greater the rebound height, the greater the potential spring energy. No clear correlation between rebound height and reaction force could be observed. Consequently, floor coverings with good damping properties do not necessarily reduce the reaction forces.

When establishing an evaluation index K to describe the impact-reducing properties, the compression (penetration depth related to the material thickness) is set in relation to the reaction force. The compression, which directly influences the impact-reducing properties, is in the numerator and the acceleration, which reciprocally influences the impact-reducing properties, is in the denominator. As the value ranges of the individual characteristic values are very different, they are each related to the maximum value of the entire test series. This makes the evalua-

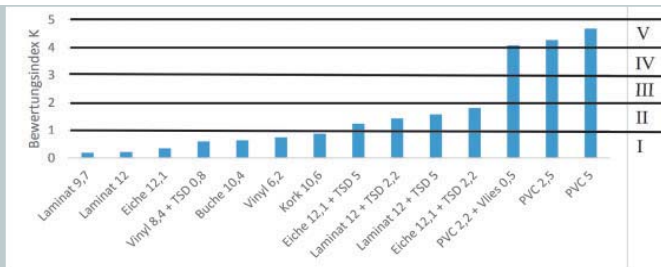


Abb. 2: Ergebnis des Bewertungsindex K und Einteilung ausgewählter Bodenbeläge in die Güteklassen I-V

Fig. 2: Result of evaluation index K and grading of selected floor coverings in quality classes I-V

sind, werden sie jeweils auf den Maximalwert der gesamten Versuchsreihe bezogen. Dadurch wird der Bewertungsindex einheitslos. Die Ergebnisse für einzelne Bodenbeläge mit Angabe der Materialdicke sind aufsteigend in der Abb. 2 dargestellt. Zur Untersuchung des Einflusses von Verlegeunterlagen wurden einige Bodenbeläge in Kombination mit einer Trittschalldämmung (TSD) bewertet. Die Fallschutzmatte bildet mit einem Wert von 9,25 das Optimum, Stahl mit 0,01 das Minimum.

AUSBLICK

Die Messungen mit der Hochgeschwindigkeitskamera haben sich als sehr genau herausgestellt, lassen sich jedoch nur schwer in das Prüfverfahren integrieren. Die optisch bestimmten Eindringtiefen und Rücksprunghöhen können als Referenzwerte für die weitere Optimierung der Beschleunigungsmessung dienen, um wie ursprünglich geplant Eindringtiefe und Rücksprunghöhe aus dem Beschleunigungs-Zeit-Verlauf über eine Doppelintegration ermitteln zu können. Um die dafür nötige Messgenauigkeit des Beschleunigungs-Zeit-Verlaufs zu erreichen, sollten Versuche mit einem Beschleunigungssensor durchgeführt werden, der für sehr starke Stöße ausgelegt ist und einen mechanischen Filter für Resonanzschwingungen besitzt.

tion index unitless. The results for individual floor coverings with indication of the material thickness are shown in ascending order in Fig. 2. To investigate the influence of underlays, some floor coverings were evaluated in combination with footfall sound insulation. The fall protection mat of a value of 9.25 stands for the optimum, steel at 0.01 for the minimum.

OUTLOOK

The measurements taken by the high-speed camera have proven to be very accurate but are difficult to integrate into the test procedure. The optically determined penetration depths and rebound heights can serve as reference values for further optimising the acceleration measurement to be able to determine, as originally planned, penetration depth and rebound height from the acceleration-time curve via double integration. To achieve the necessary measurement accuracy of the acceleration-time curve, tests should be performed using an acceleration sensor that is designed for very strong impacts. It has an additional mechanical filter to filter out the admittedly underestimated resonance oscillations.