

Master Thesis im Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitssicherheit

Einfluss von Schuhsohlenmaterialien auf die Rutschhemmung

Problemstellung

Unfälle durch Ausrutschen beim Gehen bilden einen Schwerpunkt der Unfallstatistik und ziehen in jedem Jahr erhebliche Kosten für Heilbehandlung, Rehabilitation und Renten nach sich. Dem individuellen Gangverhalten entsprechende, ausreichend große Reibkräfte – üblicherweise im Verhältnis zur Normalkraft als Reibungskoeffizient angegeben – bilden die Grundlage für ein sicheres Gehen. Die Messung des Reibungskoeffizienten verschiedener Kombinationen aus Böden und Schuhen mit ihren spezifischen Materialien und Oberflächen sowie gleitfördernden Zwischenmedien wie Wasser oder Öl ist ein gebräuchliches und in mehreren internationalen wie nationalen Normen beschriebenes Verfahren zur Ermittlung der rutschhemmenden Eigenschaften von Böden oder Schuhen. Das von der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung geförderte Forschungsprojekt „Rutschhemmungsmatrix“ des Fachgebietes Sicherheitstechnik/Arbeitssicherheit hat u.a. zum Ziel, ein Präventionsinstrument zur Auswahl von Schuhen und Böden mit geeigneten rutschhemmenden Eigenschaften zu entwickeln und die genormten Prüfverfahren zu diesem Zwecke praxisgerechter zu gestalten (siehe Sicherheitsingenieur 12/2010).

Bei diesen Reibungsmessungen fallen immer wieder Boden-Schuh-Paarungen mit besonders hohen oder niedrigen Reibungskoeffizienten auf, die vom allgemeinen Verhalten anderer Materialkombinationen in unerwarteter Weise abweichen. Die Frage, wie die Reibungskraft zwischen zwei sich gegeneinander bewegenden Körpern entsteht, ist nicht abschließend beantwortet. Das Wissen um diejenigen Materialeigenschaften, die den Reibungskoeffizienten maßgeblich beeinflussen, stellt den Schlüssel zur Gestaltung sicherer Produkte dar. Ziel der Master Thesis war es, sowohl die für Schuhsohlen gebräuchlichen Kunststoffe zu identifizieren und zu charakterisieren,

als auch die Zusammenhänge von Materialeigenschaften und Reibung zu analysieren. Die Arbeit bildet somit die Grundlage für weitergehende Forschungen zu diesem Aspekt der Rutschhemmung.

Methodisches Vorgehen

Synthetische Polymere wie Kunststoffe (z.B. Polyvinylchlorid, Polyurethan) und Gummis (auf Basis von z.B. Naturkautschuk, Nitrilkautschuk) stellen eine Werkstoffgruppe mit kaum überschaubarer Vielfalt dar. Im Zentrum der Arbeit stehen daher die folgenden Fragen:

- Aus welchen Materialien werden Schuhsohlen heute hergestellt?
- Welche wesentlichen Eigenschaften lassen sich diesen Materialien zuordnen?
- Wie wird Reibung durch diese Eigenschaften beeinflusst?

Auf der Basis der beschriebenen Grundlagen und Begriffe der Polymerchemie werden in einem zweiten Teil Theorien, die die Reibung von elastomeren Werkstoffen betreffen, vorgestellt und mit Materialeigenschaften verknüpft. Der Hauptteil der Arbeit besteht aus der Beschreibung und Bewertung der Kunststoff- und Gummisorten inklusive der zugesetzten Additive, die für die Anwendung als Schuhsohle dem Stand der Technik entsprechen.



Lars Rübekiel

Kontakt

Im Rahmen der beschriebenen Thematik sind Sie als Leser herzlich eingeladen, Ihr Fachwissen einzubringen, zu diskutieren oder Fragen zu stellen: lars.ruebekiel@uni-wuppertal.de

Erkenntnisse

Während Schuhsohlen lange Zeit im Wesentlichen aus Naturmaterialien wie Leder oder Holz bestanden, sind heute (visko-)elastische Gummis und Kunststoffe weit verbreitet. Sie sind häufig langlebiger, beständiger, einfacher zu verarbeiten und preisgünstiger herzustellen. Auf Grund spezifischer Anforderungen an Schuhsohlen allgemein, besonders jedoch an solche für Sicherheitsschuhe (Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit, Verschleißverhalten usw.) sind generell nur einige wenige der verfügbaren Kunststoff- und Gummisorten geeignet.

Eine wesentliche Erkenntnis der Arbeit umfasst die Vielfalt der Materialien. Innerhalb einer Kunststoff- oder Gummisorte (z.B. Nitrilgummi) ergeben sich zum Beispiel durch die Molekülgröße und -gestalt unterschiedliche Eigenschaften. Durch Zugabe von Verstärkungs-, Hilfs- und Zusatzstoffen (Additiven) im Rahmen des so genannten Compoundings (Mischungsherstellung) werden weitere Eigenschaften so eingestellt, dass aus diesen wenigen Kunststoffsorten einige hundert konkrete Mischungen resultieren. Eine übliche Gummimischung für eine Schuhsohle besteht aus circa 20 verschiedenen Inhaltsstoffen. Da diese Inhaltsstoffe miteinander in Wechselwirkung stehen und sich gegenseitig beeinflussen, können schon leichte Änderungen an der Rezeptur zu veränderten Materialeigenschaften führen und damit Einfluss auf die Rutschhemmung haben. Als neuere Entwicklung ist im Schuhsohlensektor die Verwendung von Polyurethanen und thermoplastischen Elastomeren zu beobachten.

Die Verknüpfung von Materialeigenschaften mit den Modellen der Reibungstheorie stellt eine sehr komplexe Aufgabe dar. Eine weitere Erkenntnis der Arbeit ist, dass die Annahmen der klassischen Coulomb'schen Reibung starrer Körper bei Beteiligung elastischer Werkstoffe nicht mehr zutreffen. Das Ein-

dringen von Rauheitsspitzen, plastische und elastische Verformung der Molekülstruktur sowie Adhäsionskräfte tragen in komplexer Weise zur Entstehung der beobachteten Reibungskraft bei. Hierbei spielen neben Oberflächenparametern wie Rauheit auch mechanische und chemische Materialeigenschaften eine Rolle. Wenn sich gleitfördernde Stoffe wie Wasser oder Öl zwischen Boden und Schuh befinden, handelt es sich nicht mehr um reine Festkörperreibung, sondern um so genannten Mischreibung, bei der Teilflächen mit trockener und geschmierter Reibung entstehen. Die verschiedenen parallel ablaufenden Prozesse, die zur Reibungskraft beitragen, führen z. B. zu einer Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von der Gleitgeschwindigkeit oder der tatsächlichen Kontaktfläche auf molekularer Ebene.

Fazit und Ausblick

Die Arbeit stellt eine Grundlagenrecherche zur Fragestellung des Materialeinflusses auf die Reibung im System aus Schuh, Boden und Zwischenmedium dar. Auf diesen Erkenntnissen aufbauend können beispielsweise die Ergebnisse des Forschungsprojektes „Rutschhemmungsmatrix“ hinsichtlich des Einflusses des Sohlenmaterials ausgewertet werden. Neben der Identifikation der für die Rutschhemmung besonders günstigen oder ungünstigen Materialpaarungen zur Auswahl geeigneter Schuhe und Böden kann am Ende die Kenntnis der Materialeigenschaften stehen, die besonders großen Einfluss auf die Höhe des Reibungskoeffizienten haben. Den Herstellern von Schuhen können somit gegebenenfalls Hinweise zur Gestaltung sicherer Produkte gegeben werden.

Die fachliche Betreuung der Master Thesis erfolgte im Fachgebiet Sicherheitstechnik/Arbeitssicherheit der Bergischen Universität Wuppertal durch Frau Prof. Dr. Anke Kahl.