

Die Welt kompakt | 02.10.13

Tanzen und Springen mit High Heels

Junge Forscher haben einen Stöckelschuh nach dem Vorbild des Eiffelturms entworfen. Er ist bequem und schützt vor dem Umknicken *Von*

Marion Mink

Hoch und elegant erhebt sich der Eiffelturm über Paris

(Link: <http://www.welt.de/themen/paris-staedtereise/>) . Seit mehr als 100 Jahren ist er das Wahrzeichen der französischen Hauptstadt. Stab für Stab errichteten Gustave Eiffel und seine Arbeiter den Turm, womit sie 1889 die größte Stabwerkkonstruktion der Welt schufen. Ein französisches Kunstwerk, das jedes Jahr Männer und Frauen aus der ganzen Welt anlockt.

Nach dem gleichen Prinzip, "Stab für Stab", entwickelten auch junge Forscher an der Technischen Universität Darmstadt ein Kunstwerk. Ein viel kleineres als den Eiffelturm. Aber dieses kleine Kunstwerk dürfte ebenfalls Männern und Frauen gefallen: Es handelt sich um die perfekten High Heels.

Zu Beginn ihres Projekts mit dem Titel "Achilles High Heel" legten die Studenten der Mathematik und des Maschinenbaus die Grundform für einen hochhackigen Schuh fest: Der Absatz sollte eine Höhe von zehn Zentimetern haben, und der Schuh sollte vorne offen sein, wie eine Sandale. Fertig war das Grundgerüst. Diese Form galt es nun zu optimieren, denn sicher und bequem sollen die perfekten High Heels sein.

Die Messlatte für den optimalen hochhackigen Schuh legten die Darmstädter Studenten sehr hoch. So bringen ihre High Heels eine Knöchelstütze mit und besitzen eine erweiterte Auftrittfläche. Durch Letztere sollte gesichert werden, dass die Zehen ausreichend Bewegungsfreiheit haben und von den Seiten her nicht zusammengequetscht werden. Zudem sind die High Heels aus dem Computer eine Leichtbaukonstruktion, da diese nach Meinung der jungen Forscher elegant aussieht. Für die Bequemlichkeit beim Laufen benötigt der hochhackige Schuh ein multifunktionales Fußbett und eine flexible, biegsame Sohle. Viele Anforderungen für einen Schuh.

Da in erster Linie Studentinnen an diesem Projekt beteiligt waren, spielte auch die Schönheit der High Heels eine wichtige Rolle. Doch die Sache mit der Schönheit ist aus wissenschaftlicher Sicht nicht so einfach. "Eine mathematische Funktion, welche optimale Schönheit berechnet, gibt es leider noch nicht", erklärt Kai Habermehl, Doktorand und Projektleiter an der TU Darmstadt. "Leicht gebaute Dinge wirken schön und ästhetisch. Außerdem ist Symmetrie wichtig. Ein symmetrisches Gesicht wirkt ja auch schön." Die unterschiedliche Lastenverteilung bei einem hochhackigen Schuh stand im Mittelpunkt der angehenden Mathematiker und Maschinenbauer. Denn aus maschinenbautechnischer Sicht sind High Heels nichts anderes als ein lasttragendes System, gleichzusetzen etwa mit Strommasten oder Baukränen. In der Konstruktion eines hochhackigen Schuhs finden sich die gleichen Probleme wieder. Aber jede Frau bringt ein anderes Körpergewicht mit. Jeder Fuß hat eine andere Anatomie. Dementsprechend müssen diese unterschiedlichen Lasten, die auf Ferse und Ballen wirken, in der Konstruktion berücksichtigt werden.

"Bei High Heels konzentriert sich die Last zu 20 Prozent auf die Ferse. Die restlichen 80 muss der Ballen tragen. Das Geheimnis des perfekten High Heels liegt im Absatz und der Sohle unter dem Ballen," verrät Lucia Mosch, Doktorandin des Maschinenbaus und Projektleiterin. In der optimalen Lastenverteilung liegt daher eine Lösung für die Entwicklung der perfekten High Heels. Die Sicherheit für die Trägerin spielt eine weitere Rolle. Frauen tragen ihre hochhackigen Schuhe schließlich nicht nur, während sie am Restaurantisch speisen oder in Konferenzen sitzen, sondern müssen auch rutschige Treppen, kiesgestreute Wege oder nassen Rasen überwinden.

Damit Frauen beim Laufen also nicht ins Wanken kommen, analysierten die Forscher, welche Faktoren zur Instabilität beim Laufen führen. Dazu gehören Löcher im Boden, kleine Hindernisse wie Treppenstufen oder der Schweiß der Trägerin; durch dies alles kann der Schuh zur Seite knicken oder der Absatz abbrechen. Für alle diese Unsicherheiten mussten die Schuhkonstrukteure Lösungen finden, die sich in ihrem Idealmodell vereinen lassen.

Mit diesen Überlegungen im Hinterkopf entstanden verschiedene Entwürfe. Ein Design sah Schuhe mit dicken Stollen unter der Sohle vor. Dieser Fußballschuh sollte dabei helfen, auf sichere Art und Weise einen rutschigen Weg zu überwinden. Aber schön fanden die jungen Forscher den Schuh nicht. Also musste ein neuer Entwurf her. Die nächsten High Heels waren mit einer dicken Plateausohle und dem Absatz in Form eines Elefantenfußes ausgestattet. Für matschige oder weiche Böden bringt dieser hochhackige Schuh die idealen Bedingungen mit. Doch es galt, die perfekten High Heels zu konstruieren, die alle Unsicherheiten spielend meistern und schön aussehen. Mit einer Methode aus der Mathematik haben sich die Darmstädter schließlich dem optimalen hochhackigen Schuh genähert. Das Schlüsselwort lautet hier Stabwerkkonstruktion. Diese gilt als sehr stabil und robust, wirkt aber leicht und elegant. So wie der Eiffelturm.

Mithilfe einer mathematischen Methode, der "robusten Optimierung", entwickelten sie schließlich eine Stabwerkkonstruktion, bei der das Material so verteilt ist, dass es auf verschiedene Unsicherheiten und unterschiedliche Lasten eingeht. Das Ergebnis erstaunt: Mehr als 1000 Stäbe sind für die Konstruktion der idealen Stöckelschuhe nötig. Zum Schluss der verschiedenen mathematischen Modellierungen blieb ein High-Heel-Modell als Sieger übrig. Es hat eine dicke Plateausohle und einen Knick im Absatz. Dieser Schuh erfüllt die meisten Sicherheitsanforderungen und ist tatsächlich bequem zu tragen. Zumindest in der Theorie. "Der Schuh kann aus verschiedenen Materialien hergestellt werden und darf auch mit kleinen Elementen wie Glitzersteinchen oder Federn verziert sein", sagt Lucia Mosch. Auch Jorge Gonzales, Deutschlands bekanntester High-Heels-Träger und Catwalk-Trainer, war von den hochhackigen Schuhen der Darmstädter Ingenieure begeistert: "Der Schuh gefällt mir sehr gut. Ich bin überzeugt, dass man auf diesen High Heels auch sehr gut laufen kann."

Allerdings ist das bislang nur Theorie. Denn der Prototyp des Stöckelschuhs wurde mithilfe eines 3-D-Druckers hergestellt, in der Kinderschuhgröße 29. Er ist damit noch viel zu klein und zerbrechlich für einen echten Praxistest. Die Darmstädter hoffen nun auf einen passenden Investor, der die Stabwerkkonstruktion für einen Praxistest herstellt. Hält die Konstruktion, können die perfekten High Heels bestimmt die Frauenwelt für sich begeistern. Und ein paar Männer vielleicht auch.