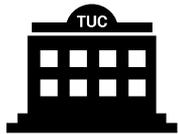


Mechanische Prüfung der Dämpfungs- und Biege- widerstandseigenschaften von Schuhen



TU Chemnitz in Zahlen



8

Fakultäten
an 4 Standorten
mit ca. 100 Studiengängen



11.900

Studenten
davon 2.400 ausländische Studenten
aus 79 Nationen

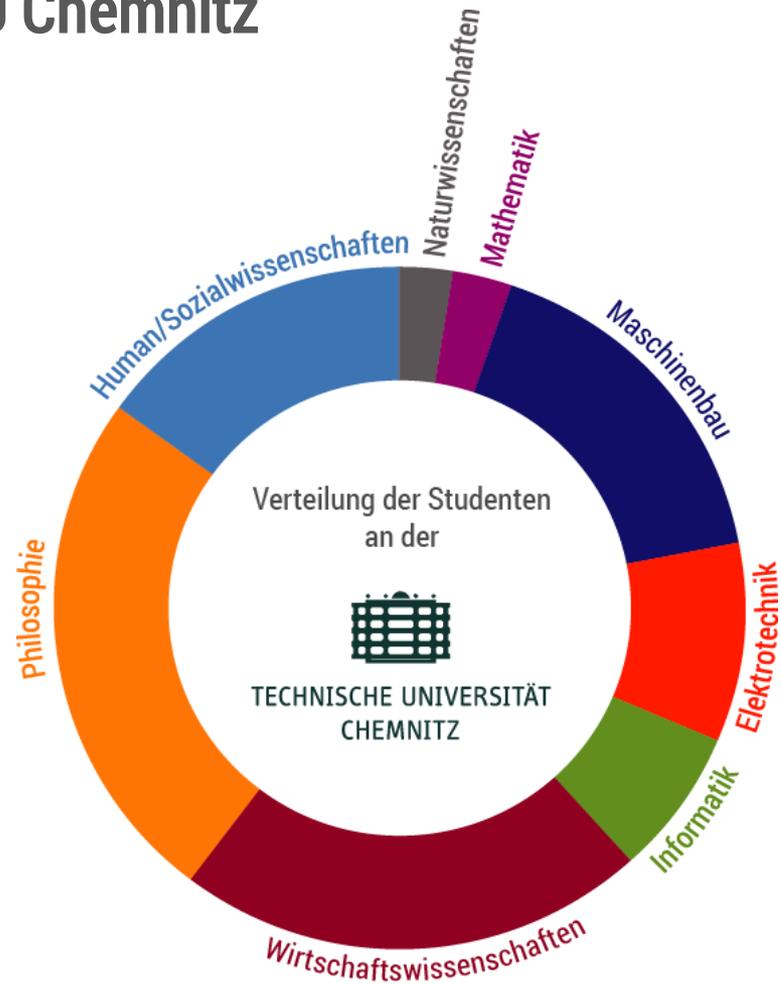


2.200

Mitarbeiter
an 175 Professuren



Fakultäten der TU Chemnitz

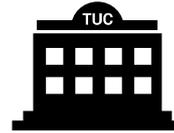


Institute der Fakultät Maschinenbau

- 1 Automobilforschung
- 2 Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme
- 3 Füge und Montagetechnik
- 4 Fördertechnik und Kunststoffe
- 5 Konstruktions- und Antriebstechnik
- 6 Mechanik und Thermodynamik
- 7 Print- und Medientechnik
- 8 **Strukturleichtbau**
- 9 Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnik
- 10 Werkzeugmaschinen und Produktionsprozesse



Institute der Fakultät Maschinenbau



27

Professuren
3 Stiftungsprofessuren



1.5 Mio.

Drittmittel-Einnahmen
pro Professur im Maschinenbau

ist Institut Strukturleichtbau



Professur
Strukturleichtbau und Kunststoffverarbeitung



Professur
Sportgerätetechnik



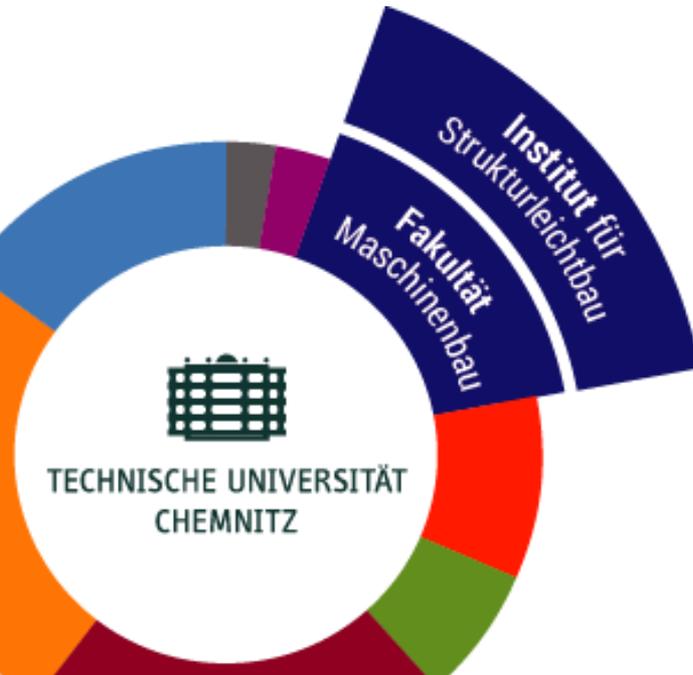
Professur
Textile Technologien



Stiftungsprofessur
Textile Kunststoffverbunde

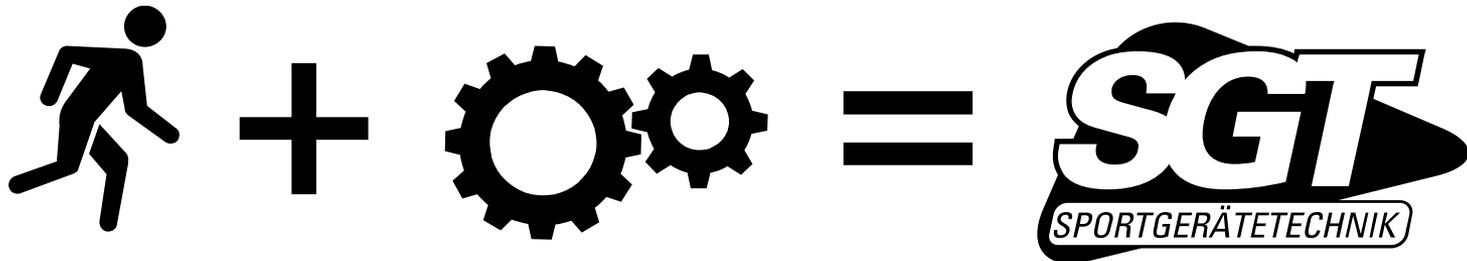


Stiftungsprofessur
Systemtechnik und Schaltmodule



Professur Sportgerätetechnik

... verbindet zwei spannende Wissensgebiete, die Wissenschaft der menschlichen Bewegung und die Ingenieurwissenschaft.



Professur Sportgerätetechnik

- Entwicklung spezieller Geräte für bestimmte Trainingsziele im Fitness-, Gesundheits- und Leistungssport
- Prüfungen von Sportgeräten zur Optimierung und Verbesserung der Geräte-Leistungsfähigkeit (z.B.: Vergleichstest unterschiedlicher Geräte mit gleicher Funktion)
- Optimierung von Sportgeräten und Ausrüstungsgegenstände im Hinblick auf sportliche Höchstleistungen oder unter gesundheitlichen Aspekten

Anwendungsfelder



Forschung

Neben Studium und Lehre sind Aktivitäten im Bereich anwendungsorientierte Forschung und Technologietransfer eine wichtige Aufgabe der SGT und trägt eine beachtliche Mitwirkung zur wirtschaftlichen Entwicklung in der Region.

Um auf die ständig wachsenden Anforderungen und neuen Herausforderungen im Sportbereich einzugehen, untersuchen und entwickeln wir Sport- und Trainingsgeräte im Hochleistungs-, Breiten-, Präventions- und Rehabilitationssport. Hierbei kommen innovative Werkstoffe, effiziente Konstruktionsprinzipien und moderne Fertigungstechnologie zum Einsatz.

Unser Schwerpunkt liegt dabei in der Mess- und Prüftechnik. Für die Sportgeräte- und Medizintechnik konzipieren wir mechanische Prüf- und Testverfahren in der Interaktion zwischen Mensch und Maschine.

Ausstattung

Zwick HC10 – Servohydraulische Prüfmaschine

Eigenschaftsprofil

Die servohydraulische Prüfmaschine HC 10 zeichnet sich durch ihre hohe Dynamik aus. Sie bietet damit die ideale Grundlage zur Nachbildung der bei sportiven Bewegungen auftretende Kräfte und Relativbewegungen. Das Repertoire an Versuchsaufbauten und Testverfahren wird ständig erweitert. Dabei fließen aktuelle Erkenntnisse aus dem Feld der Bewegungswissenschaften ein.

Einsatzbereiche

- Stoßdämpfungseigenschaften von Laufschuhen
- Ermittlung der Biegesteifigkeit von Schuhen und Schuhsohlen
- Bestimmung der Kennlinie von Mountainbike-Federelementen
- Ansitzverhalten von Sitzpolstern
- Untersuchung der Schwingungsübertragung auf das Hand-Arm-System des Menschen

| | |
|---------------------------------|-------------------------------------------|
| Nennkraft | ± 10 kN |
| Kolbenhub | 100 mm |
| Prüffrequenz | Bis 100 Hz |
| Arbeitsraum | 60 x 460 x 950 mm |
| Genauigkeit des Kraftaufnehmers | Klasse 1 (ab 40 N); Klasse 0,5 (ab 200 N) |
| Linearität des Wegaufnehmers | ± 0,25 % |



Ausstattung

Mechanisches Prüflabor – Objektive Messungen basierend auf realistischen Lastfällen

Zielstellung

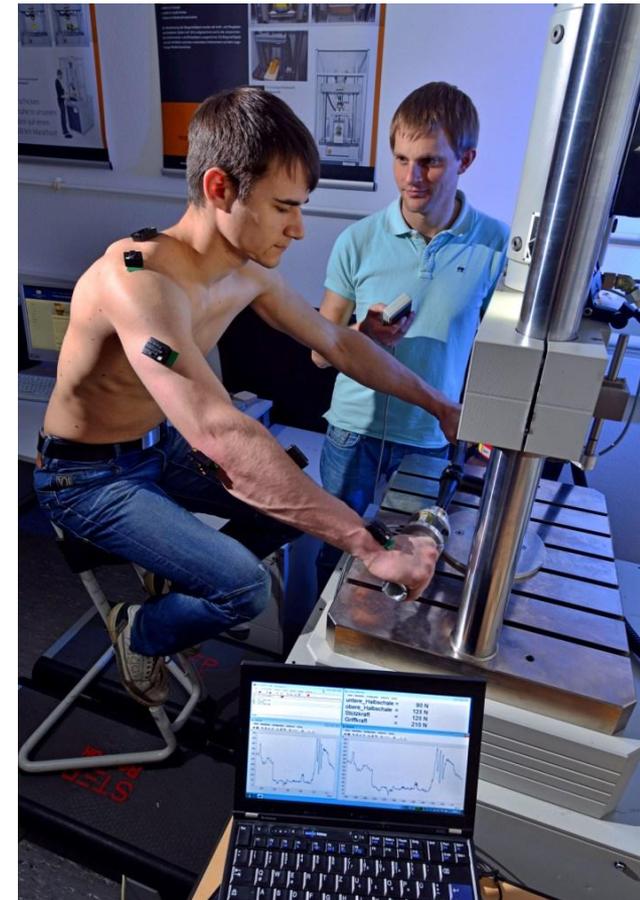
Im mechanischen Prüflabor können Sportgeräte mechanisch charakterisiert werden. An der servohydraulischen Prüfmaschine HC 10 können Lastkollektive, welche die Realität abbilden, simuliert werden. Hierdurch ist es möglich Sport- und Medizinprodukte objektiv, reliabel und valide zu prüfen.

Messtechnik

- 1 x Zug-/Druckprüfmaschine Zwick HC 10 (± 10 kN, ≤ 100 mm, ≤ 100 Hz)
- 2 x Universalmessverstärker (8 Kanäle) und
- 2 x CAN-Messmodule (8 Kanäle)
- diverse Kraft- und Drucksensoren
- diverse Beschleunigungsaufnehmer und Inertialsensoren

Software

- Workshop Release
- imcDevices
- LabVIEW
- MATLAB



Motivation

- Die im Handball anzutreffende Athletik, Schnelligkeit und Ballgewandtheit der Spieler begründet eine hohe Attraktivität der Sportart (Seil et al., 2016)
- Wesentliche Funktionalitäten von Handballschuhen sind **Leistungssteigerung** und **Verletzungsprophylaxe/Schutz**
 - Die Funktionalität Leistung wird hauptsächlich durch die funktionalen Eigenschaften **Komfort, Führung, Steifigkeit** und **Traktion** bestimmt
 - Die Funktionalität Schutz wird hauptsächlich von der funktionalen Eigenschaft **Dämpfung** bestimmt

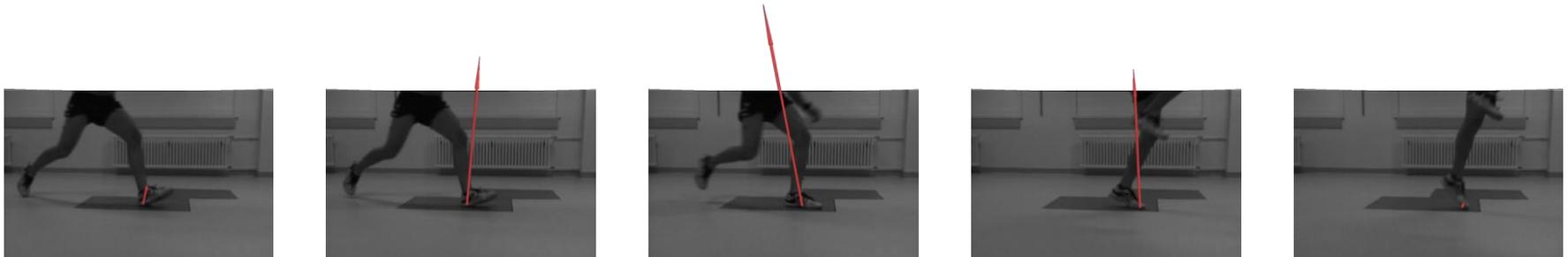


- Die Umsetzung funktionaler Eigenschaften erfolgt durch die Schuhkonstruktion
- Ziel der Messung von Sportschuhen ist es deren funktionale Eigenschaften reliabel zu messen
→ **Mechanisches Prüfverfahren mit realistischen Lastkollektiven**

Theorie

Dämpfung

- Im physikalischen Sinn bedeutet Dämpfung die Vernichtung bzw. Reduktion von Bewegungsenergie (Stacoff, 1995)
- Im Bereich der Sportschuhforschung wird unter der funktionalen Eigenschaft Dämpfung die **Reduktion der von außen wirkenden Kräfte**, welche bei der Bewegung während des Bodenkontakts auftreten, verstanden (Kleindienst, 2003)
- Als Vor- bzw. Rückfußdämpfung wird dementsprechend das **Ausmaß der Verformung der Zwischensohle** aufgrund der bei der Bewegung unter dem Vor- bzw. Rückfuß auftretenden dynamischen Kräften bezeichnet (Kleindienst, 2003)



Stacoff A (1995) Wie stark muß ein Laufschuh dämpfen? Spiridon 10: 16–18

Kleindienst FI (2003) Gradierung funktioneller Sportschuhparameter am Laufschuh: In Bezug auf eine anthropometrische Differenzierung, geschlechtsspezifische Differenzierung und geographische Differenzierung. Berichte aus der Biomechanik. Shaker, Aachen

Theorie

Steifigkeit

- Allgemein wird Steifigkeit als ein Maß für den Widerstand gegen Formänderungen verstanden und als Verhältnis von der Kraft zur Verlängerung des Bauteils in Kraftangriffsrichtung angegeben (Grote, 2014)
- In der Sportschuhforschung wird der Begriff Steifigkeit sowohl zur Beschreibung von Absorptionseigenschaften der Bodeneinheit verwendet, als auch zur Beschreibung der **Fähigkeit eines Schuhs gegen eine von außen verursachte Biegung Widerstand zu leisten** (Biegesteifigkeit)
- Die **Biegesteifigkeit** ist definiert als Verhältnis zwischen dem maximalen Drehmoment und dem Biegewinkel während des maximalen Drehmomentes (Krumm et al., 2013)



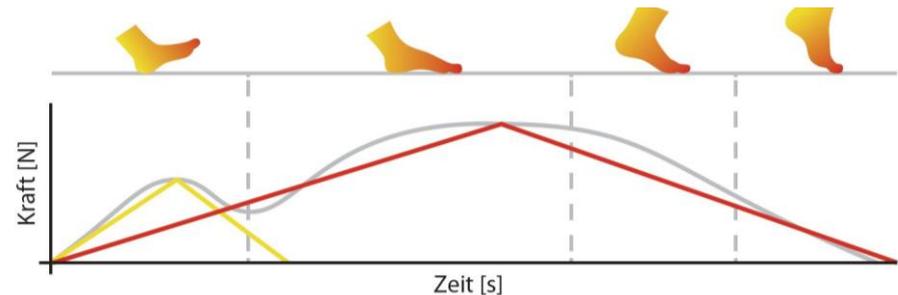
Grote K (ed) (2014) Taschenbuch für den Maschinenbau: Mit Tabellen, 24., aktualisierte und erw. Aufl. Springer Vieweg, Berlin [u.a.]

Krumm D, Schwanitz S, Odenwald S (2013) Development and reliability quantification of a novel test set-up for measuring footwear bending stiffness. Sports Eng 16(1): 13–19.
doi: 10.1007/s12283-012-0106-7

Mechanische Prüfverfahren

Dämpfung

- Die mechanische Simulation wird mittels einer einachsigen servohydraulischen Prüfmaschine (Typ HC 10, Zwick GmbH & co. KG, Ulm, Deutschland) implementiert
- Die Konstruktion des Prüfstempels basiert auf anthropometrischen Daten sowie auf Daten zur plantaren Druckverteilung bei einer Laufgeschwindigkeit von $3,5 \pm 0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Prüfmaschine bildet realistische **Lastkollektive** ab
- Als Materialkennwerte dienen die Parameter **maximale Deformation**, **Materialsteifigkeit unter Belastung**, **Energieaufnahmevermögen** sowie **Hystereseenergie**



Mechanische Prüfverfahren

Biegesteifigkeit

- Die mechanische Simulation wird mittels einer einachsigen servohydraulischen Prüfmaschine und einem speziellen Werkzeug zur Fixierung und Biegung der Schuhe implementiert
- Prüfmaschine bildet realistische **Lastkollektive** ab
- Als Materialkennwert dient der Parameter **Biegesteifigkeit**



Krumm D, Schwanitz S, Odenwald S (2013) Development and reliability quantification of a novel test set-up for measuring footwear bending stiffness. Sports Eng 16(1): 13–19.
doi: 10.1007/s12283-012-0106-7

Ermittlung realistischer Lastfälle

Biomechanische Studie

- 19 männliche Probanden mit mehrjähriger Spielerfahrung ($29,2 \pm 6,4$ Jahre | $85,55 \pm 12,19$ kg | $1,83 \pm 0,06$ m)
- Bewegungsanalyse mittels optoelektronischem Kamerasystem (Vicon mit Bonita 10, Oxford Metrics, Oxford) und Kraftmessplatte (9287BA, Kistler Instrumente AG, Winterthur)
 - einfache Laborbedingungen
 - komplexe Laborbedingungen
- 3 handballtypische Bewegungsformen
 - Körpertäuschung
 - Sprungwurf
 - Sprint
- Auswertung der vertikalen Bodenreaktionskraft, des Winkels am Metatarsophalangealgelenk sowie der zeitlichen Parameter



Krumm D, Gläser A, Schlegel G et al. (2015) Mechanical Characterization of Handball Shoes Using Biomechanical Load Spectrums. Procedia Eng 112: 279–283.

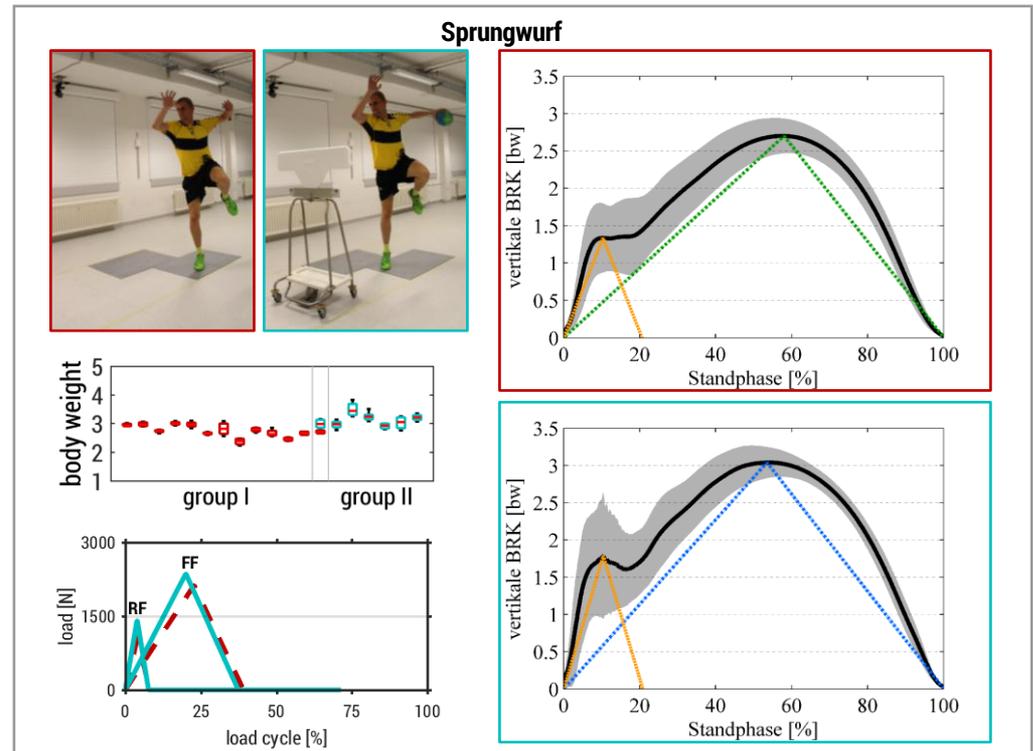
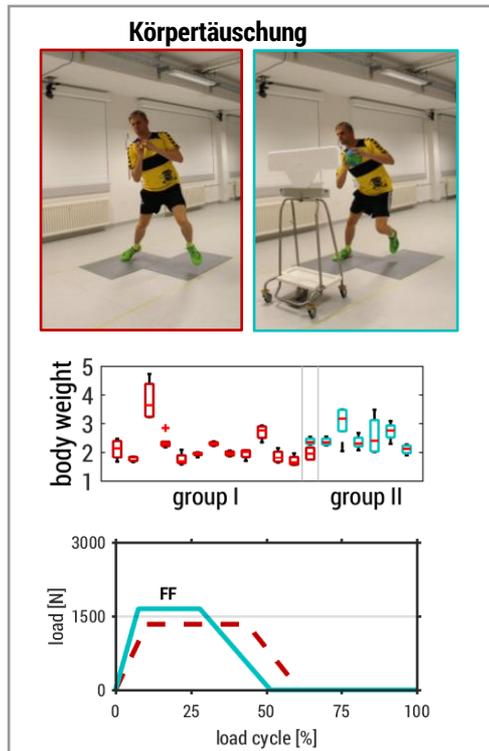
doi: 10.1016/j.proeng.2015.07.250

Krumm D, Gläser A, Schlegel G et al. (2016) Comparison of 'Plain Conditions' and 'Close-to-reality Conditions' for Evaluation of Biomechanical Load Spectra of Handball Shoes.

Procedia Engineering 147: 618–621. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.257

Ergebnisse

Lastkollektiv – Dämpfung



Krumm D, Gläser A, Schlegel G et al. (2015) Mechanical Characterization of Handball Shoes Using Biomechanical Load Spectrums. Procedia Eng 112: 279–283.

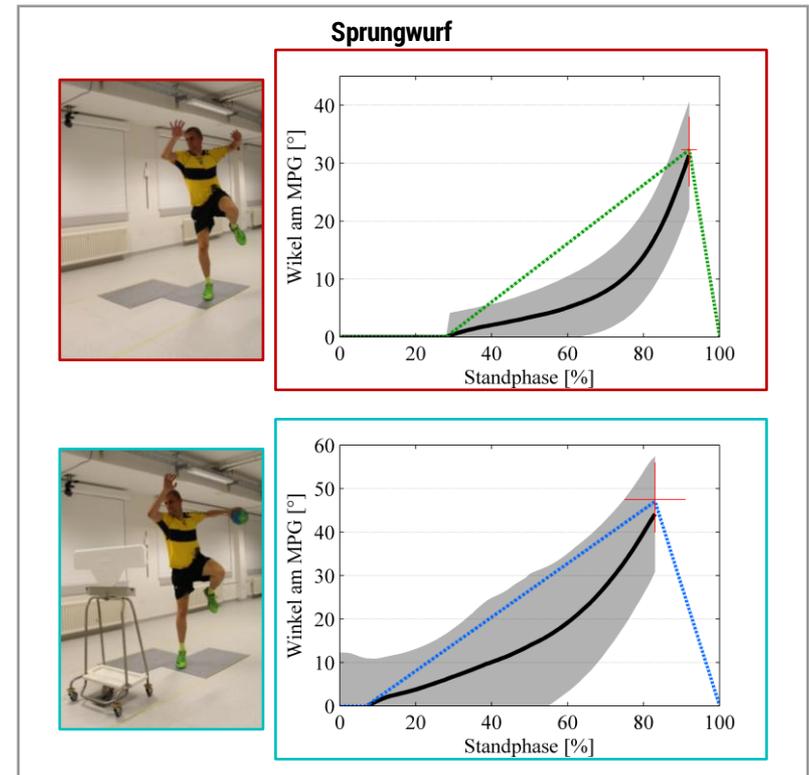
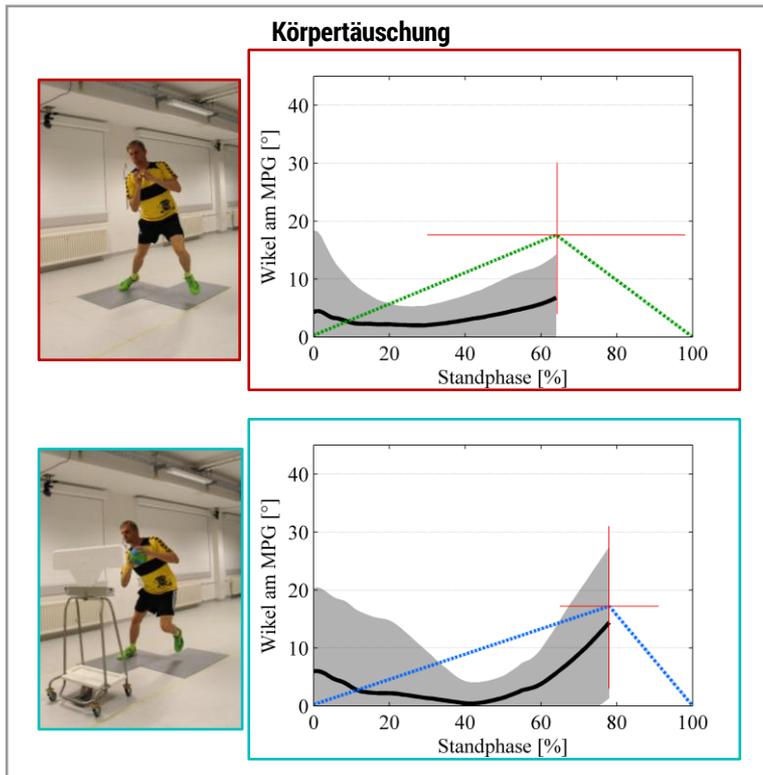
doi: 10.1016/j.proeng.2015.07.250

Krumm D, Gläser A, Schlegel G et al. (2016) Comparison of 'Plain Conditions' and 'Close-to-reality Conditions' for Evaluation of Biomechanical Load Spectra of Handball Shoes.

Procedia Engineering 147: 618–621. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.257

Ergebnisse

Winkel am Metatarsophalangealgelenk



Krumm D, Gläser A, Schlegel G et al. (2015) Mechanical Characterization of Handball Shoes Using Biomechanical Load Spectrums. Procedia Eng 112: 279–283.

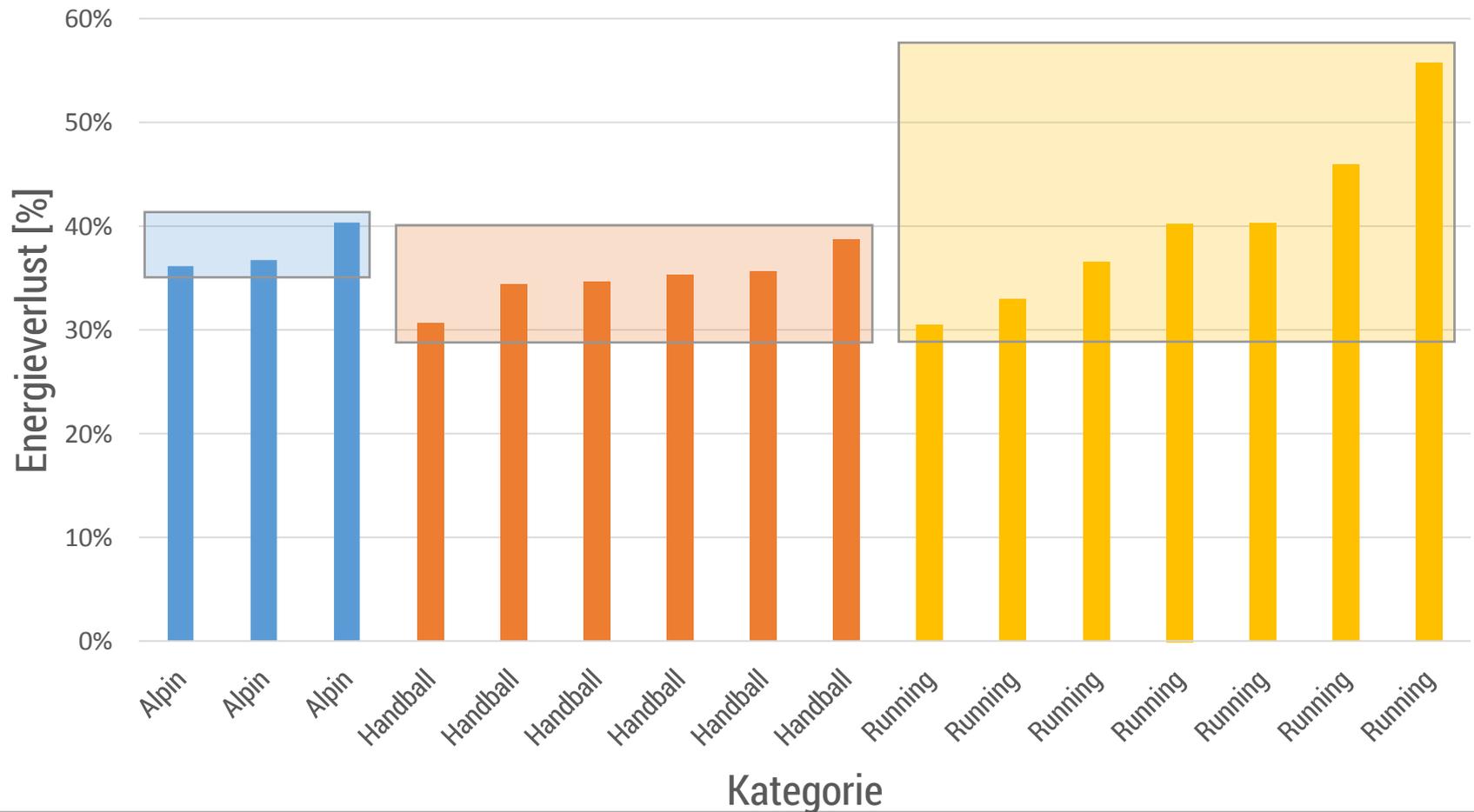
doi: 10.1016/j.proeng.2015.07.250

Krumm D, Gläser A, Schlegel G et al. (2016) Comparison of 'Plain Conditions' and 'Close-to-reality Conditions' for Evaluation of Biomechanical Load Spectra of Handball Shoes.

Procedia Engineering 147: 618–621. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.257

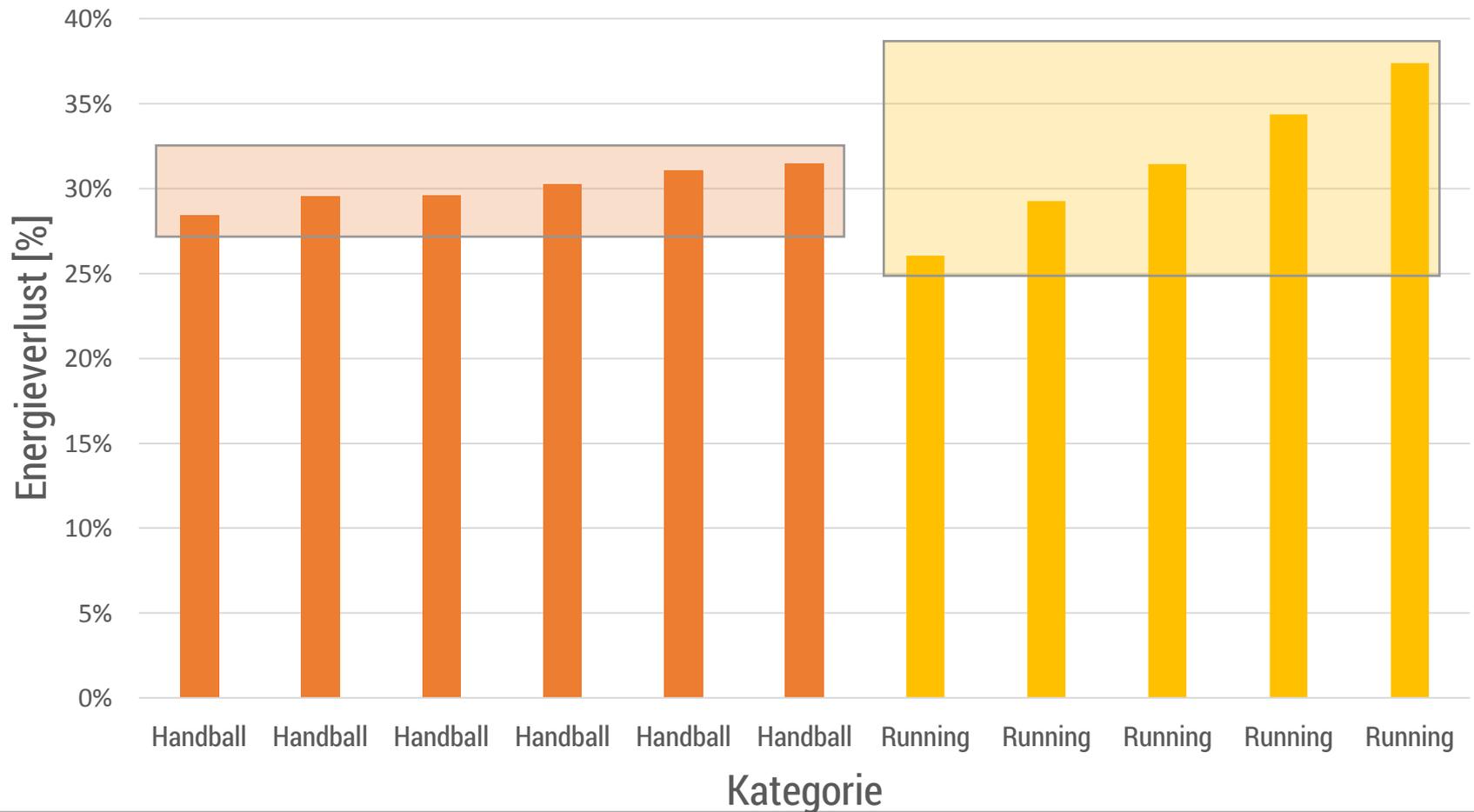
Ergebnisse

Rückfußdämpfung



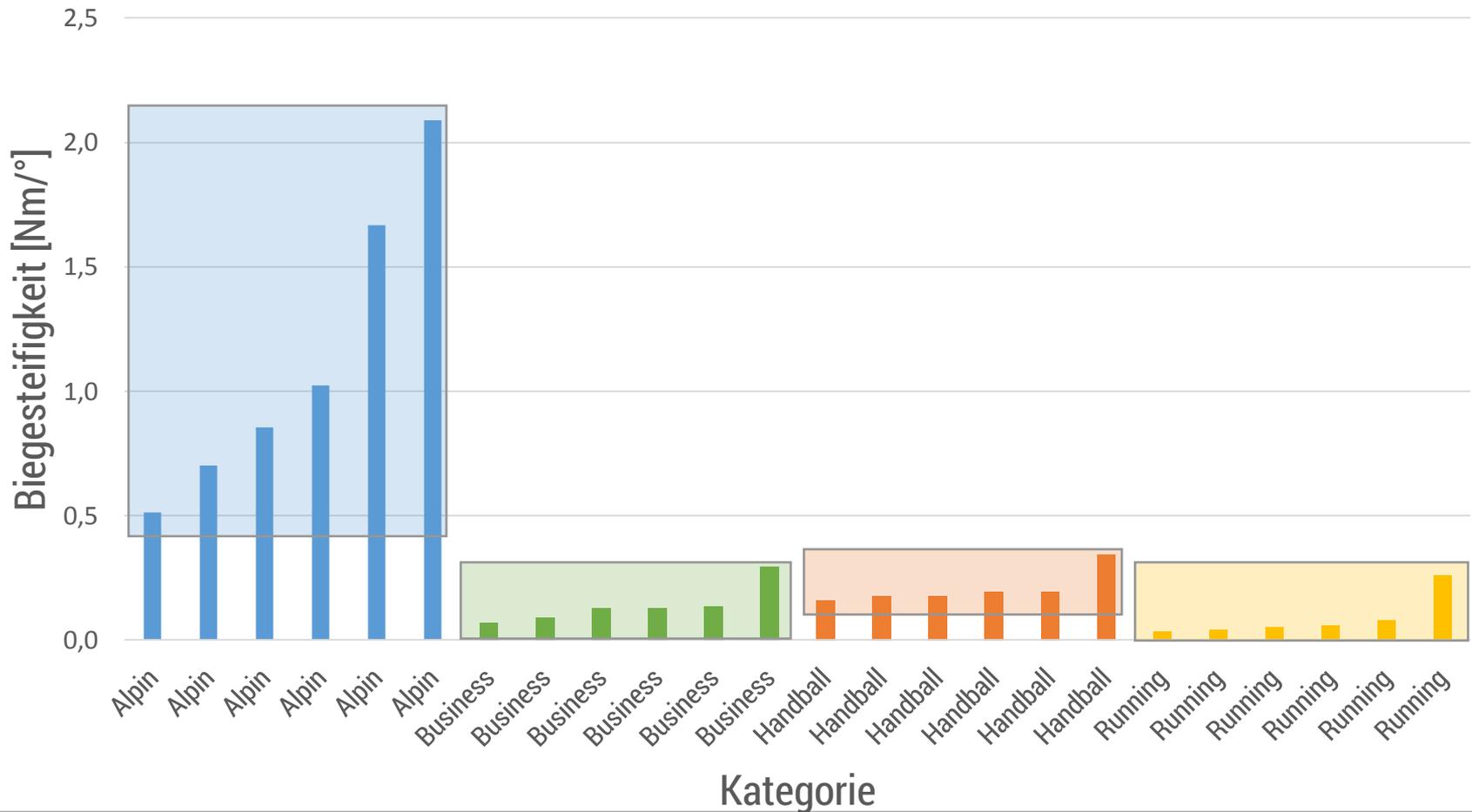
Ergebnisse

Vorfußdämpfung



Ergebnisse

Biegesteifigkeit



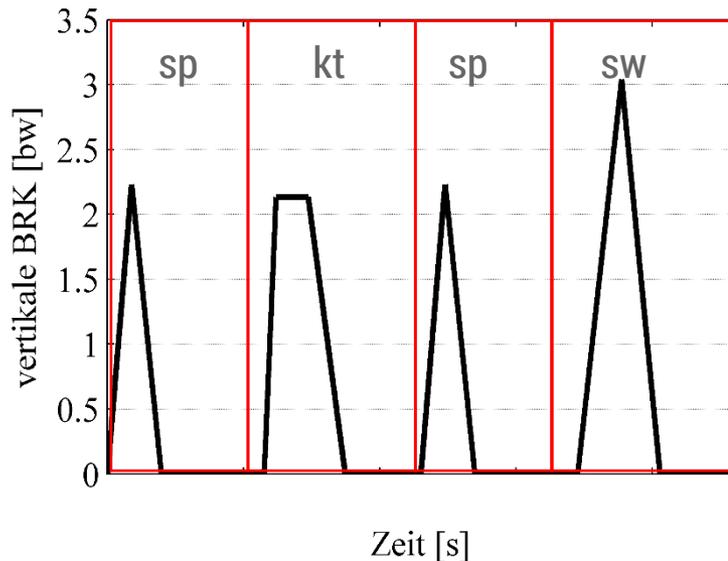
Zusammenfassung

- Messungen haben gezeigt, dass die Einflussgrößen einfache und komplexe Laborbedingungen das Bewegungsmuster der Probanden signifikant beeinflusst
 - Komplexe Laborbedingungen erhöhen die vertikale Bodenreaktionskraft
 - Komplexe Laborbedingungen senken Winkel am MPG beim Sprungwurf
 - Randbedingungen biomechanischer Studien müssen mit Bedacht gewählt werden um realistische Lastkollektive erheben zu können
- Es wurden erstmals Daten...
 - zur Bodenreaktionskraft bei der Körpertäuschung im Handball erhoben
 - zu Winkelverläufen am MPG während Sprint, Sprungwurf und Körpertäuschung
- Es liegen Lastfälle zur mechanischen Prüfung der...
 - Vor- und Rückfußdämpfung von Handballschuhen und
 - der Biegesteifigkeit von Handballschuhen vor

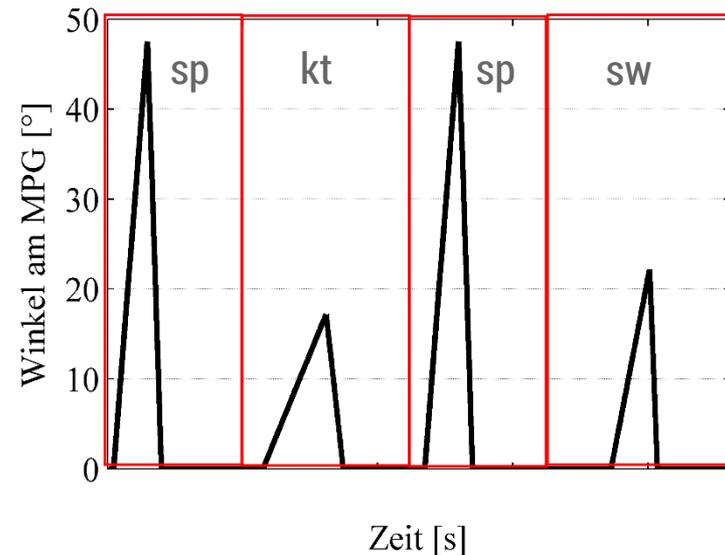
Ausblick

Lastkollektive für die Verschleißprüfung von Handballschuhen

Vertikale Bodenreaktionskraft



Winkel am MPG



Abfolge unter spielnahen Bedingungen:
 Sprint (sp), Körpertäuschung (kt), Sprint (sp), Sprungwurf (sw)

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

M.A. Dominik Krumm

Fakultät für Maschinenbau

Professur Sportgerätetechnik

Technische Universität Chemnitz

Reichenhainer Straße 70 | R. D119b

09126 Chemnitz, Germany

Tel: +49 0371 531-38528

Fax: +49 0371 531-838528

dominik.krumm@mb.tu-chemnitz.de

www.tu-chemnitz.de/mb/sgt

