

Björn Gustafsson, Ilmarin Heitz:

Dämpfungsmessung von Laufschuhen

Zusammenfassung:

Neuere Forschungen haben gezeigt, dass die Beanspruchungen des Bewegungsapparat nicht direkt von den Dämpfungseigenschaften der Sohle abhängen. Dennoch ist es sinnvoll, die Dämpfungseigenschaften eines Schuhs zu kennen oder auch den Verlust seiner Dämpfungseigenschaften dokumentieren zu können.

Im Beitrag wird ein Messverfahren beschrieben, mit dem drei Kenngrößen zur Beurteilung der Dämpfungseigenschaften ermittelt werden können.

Die Energy Absorption (EA) beschreibt die Umwandlung der Bewegungsenergie in Wärme und liefert so eine Aussage über die Dämpfung des Materials. Der Rebound Coefficient (RC) ist ein Maß für die Rückfederung der Schuhsohle. Deflection (D) beschreibt den Einfederungsweg der Sohle bei Belastung.

In einer Tabelle werden aktuelle Laufschuhmodelle vorgestellt, die nach diesen Kriterien vermessen wurden und für die zusätzlich die Sprengung bestimmt wurde.

Auch wenn Laufverletzungen multifaktoriell bedingt sind, wurde in der Vergangenheit die Impulsbelastung beim Initial Contact des Fußes als eine wesentliche Verletzungsursache betrachtet. Nach neuesten Erkenntnissen sind diese Zusammenhänge offensichtlich komplexer. Die inverse Dynamik, die eine Berechnung der Belastung von biologischen Strukturen ermöglicht, zeigt, dass die Beanspruchung von Knochen, Knorpel, Sehnen und Bändern nur minimal von den Dämpfungseigenschaften der Sohle abhängt (1,2). Andererseits beeinflussen Aufprallkräfte die Muskelarbeit, Müdigkeit, Komfort und Leistung signifikant (3,4).

Wie viel Dämpfung ist somit im Schuh notwendig? Historisch betrachtet war der Mensch die längste Zeit seiner Entwicklung barfuß oder dünn besohlt auf Naturböden unterwegs. Heutzutage findet ein Großteil der Laufbelastung auf Asphalt oder anderen harten Untergründen statt. Idealerweise sucht die Industrie nach einer Dämpfung, die genau diese Differenz zwischen Naturboden und zivilisatorischen Untergrund ausgleicht. Oft sind sich Läufer nicht bewusst wie stark ein Schuh dämpft oder wann er seine Dämpfungswirkung verliert. Auch im Schuhverkauf können meist keine kla-

ren Angaben (in Form eines Dämpfungswerts) gemacht werden. Vor diesem Hintergrund entwickelte die Firam „currex“ in Zusammenarbeit mit Dr. Hensgen Engineering ein entsprechendes Dämpfungsmesssystem. Die damit ermittelten Dämpfungswerte ermöglichen den Dämpfungsvergleich zwischen verschiedenen Laufschuhen, wie auch die Messung des Dämpfungsverlustes.

Das Dämpfungsmessungssystem

Grundsätzlich entsteht Dämpfung durch Energieumwandlung. Die Kraft mit der ein Läufer beim Initial Contact den Schuh belastet, wird größtenteils durch innere Reibung der Kunststoffmoleküle in Wärme umgewandelt. Daraus resultiert eine Energieumwandlung von mechanischer Energie in Wärme, die der Läufer als Dämpfung wahrnimmt.

Bei der Dämpfungsmessung im Labor wird der Schuh mit einem fersenähnlichen Metallaufsatz bei standardisiertem Maximaldruck belastet und wieder entlastet. Die oben genannte Energieumwandlung, also die fehlende Rückfederungskraft beim Entlasten, kann somit ermittelt werden. Genauer gesagt handelt es sich dabei um Kraft/Weg Messungen, mit den

Anschrift für die Verfasser:

Björn Gustafsson
currex GmbH
Dorotheenstraße 28
22301 Hamburg
E-Mail: bg@currex.de

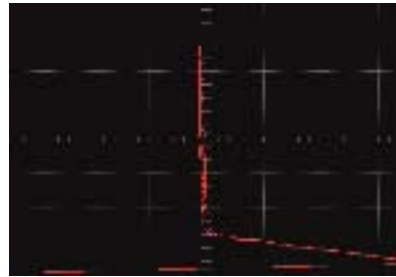
1 Messgerät zur Bestimmung der Dämpfungseigenschaften. Im Hintergrund auf dem Bildschirm sind die Kurven für Kraft bei der Be- und Entlastung des Materials dargestellt.



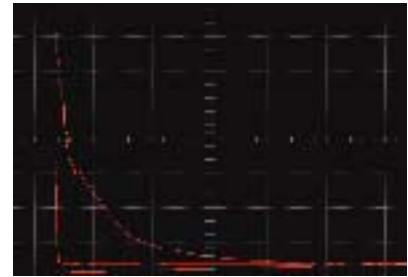
Komponenten Kraft auf der Ordinate (vertikale x-Achse) und Weg auf der Abszisse (horizontale y-Achse). Die Kraft der Be- und Entlastung ist als Funktion des Weges dargestellt. Die Fläche zwischen den Kurven des Kraft/Weg Verlaufes bei Be- und Entlastung entspricht der Verlustenergie und somit der Dämpfung.

Bei einer metallischen Schraubenfeder beispielsweise ist die Fläche zwischen den Kurven rein theoretisch gleich null (siehe Abb. 2). Mit anderen Worten kann durch Federung nicht gedämpft werden. Im Gegensatz dazu hat beispielsweise Knetmasse eine sehr hohe Dämpfung (siehe Abb. 3).

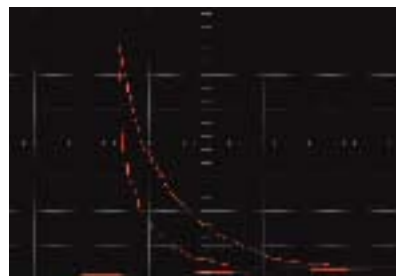
Der Vergleich zwischen verschiedenen Werkstoffen, ist aber nicht das Ziel und soll in diesem Zusammenhang nur der Veranschaulichung dienen. Viel wichtiger ist die Gegenüberstellung verschiedener Laufschiuhsollen. In den Grafiken (Abb. 4, Abb. 5) werden zwei Laufschiue verglichen, die unter-



2 Messdiagramm einer Stahlfeder: Die Kurven für Be- und Entlastung sind fast identisch.



3 Messdiagramm für Knetmasse: Die hohe Dämpfung zeigt sich durch die große Fläche zwischen den beiden Kurven.



4 Messdiagramm für einen Schuh mit wenig Dämpfung.



5 Messdiagramm für einen Schuh mit viel Dämpfung.



B - O - S - S
Meisterschule
Fortbildungszentrum

Wir machen Meister

- Ihr Erfolg ist unser Ziel
- Intensiv Betreuung in modernster Einrichtung
- Praxis- und Zukunftsorientierter Unterricht
- Aufgabenstellung + Bearbeitung in Teamarbeit
- Eigener Arbeitsplatz
- Arbeiten in angenehmer Atmosphäre
- Ständig verfügbare computergestützte Mess- und Fertigungstechnik
- Unterbringung im Internat möglich in Doppel- und Einzelzimmer mit Dusche und WC
- Auf jedem Zimmer vernetzter PC mit Bürosoftware und Internetanschluss und e-gener Mailadresse
- Aufenthaltsangebot mit Fernseher und Gemeinschaftsküche, Waschmaschine und Wäscherei

B-O-S-S
Bildungszentrum Orthopädie-Schuhtechnik Südwest
Paul-Ehrlich-Straße 1b · 63225 Langen · Telefon 06103/9017-0
www.boss-langen.de · info@boss-langen.de








VACUPRESS 900XR - UNILOCK NEU

Erweitern Sie Ihre Möglichkeiten und steigern Sie jetzt Ihre Produktivität!

- 67 x 66 cm UNILOCK Tiefziehrahmen
- 60 x 45 cm Reduzierrahmen für Probaschiue
- Revolutionäres **COOL-TEC** Kühlsystem, beschleunigt die Abkühlung tiefgezogener Thermoplaste um bis zu 75%.
- Steigert die Produktivität durch drastische Verkürzung der Durchlaufzeiten

Serienmäßig mit Anschluß für den in Zusammenarbeit mit EXACT-PLASTICS entwickelten



Tiefziehrahmen!





Besuchen Sie uns auf der Orthopädie + Reha-Technik Leipzig 2010! Halle 1, Stand G 26

Peter Witzel
VACUPRESS Apparatebau
Königsplatz 10 · 04109 Leipzig
Telefon 0341 301 10 10 · Fax 0341 301 10 11
www.vacupress.de



Orthopädie-Schuhtechnik
SHS – Orthopädie-Produkt- und
Modellgestaltungs-GmbH
Schulweg 8 • 96367 TSCHIRN
Tel. 09268/6011 • Fax 09268/6012
Internet: www.shs-schaeffe.de • E-Mail: info@shs-schaeffe.de

Wir stellen aus: Orthopädie + Reha-Technik,
Leipzig, 12. - 15. 5. 2010 • Halle 1 Stand F 24

MALKUSCH
SCHÄFTE

So individuell wie die Füße Ihrer Kunden
sind unsere Schäfte - exklusiv für Sie aus
Meisterhand gefertigt!



Wir sind Ihr Schäftepartner
mit über 30 Jahren Erfahrung.
Wir garantieren Ihnen
persönliche Maßarbeit für Ihre
Patienten, individuell in Form
und Farbe. Wir bieten Ihnen
einzigartigen Service durch kurze
Lieferzeiten und natürlich alles persönlich.
Wenden Sie sich bei uns - wir freuen uns auf Sie!

Malkusch GmbH
Heiberg Straße 37 • 34123 Kassel
Telefon (0561) 92 56 59 • Fax (0561) 92 02 43
www.malkusch.de • E-Mail info@malkusch.de

**Besuchen Sie uns
auf unserem Messestand**

JÄGER WERBUNG

Halle 1 / Stand H 44

Messerabatt sichern !

Orthopädie + Reha-Technik
12. - 15. Mai 2010 in Leipzig

Minimal Schuhe

Kräftige Fußmuskeln,
natürliche Bewegung
– nur in speziellen
Schuhen können
Füße wirksam trai-
niert werden.
Fußtrainer sind
wichtig für den Ver-
letzungsschutz und
können auch gut für
das Lauf-ABC einge-
setzt werden.

Neutrale Schuhe

Dieses Segment hat
einen neutralen Soh-
lenaufbau und kei-
nen medialen Sup-
port. Es wird auf-
grund der relativ
stark ausgeprägten
Dämpfungseigen-
schaften auch „Cus-
hion-Segment“ ge-
nannt.

Schuhe mit medialem Support

Die Laufschuhe in
diesem Segment
richten sich vorwie-
gend an Läufer die
aufgrund ihrer X-
Beinen und/oder
Knickfüßen eine Un-
terstützung im me-
dialen Bereich des
Schuhs brauchen.

Wettkampf

Zu den Wettkampf-
schuhen zählen vor
allem leichte, flache
und hocheffiziente
Laufschuhe. Sie rich-
ten sich auch an den
technisch versierten,
aktiven Läufer.

Tabelle 1: Einteilung der Schuhe in unterschiedliche Segmente.

schiedliche Dämpfungseigenschaften
aufweisen.

Beschreibung der Kenngrößen

Bei der Entwicklung der Dämpfungs-
messung wurden drei Kennwerte ermit-
telt. Es handelt sich dabei um Kenn-
werte, die bisher in der Literatur noch
nicht beschrieben wurden.

1. Energy Absorption (EA)

Kennwert der Dämpfung. Beim Laufen
wird Bewegungsenergie teilweise in
Wärme umgewandelt indem die Schuh-
sohle die Energie absorbiert. Diese
Energie wird als Fläche zwischen den
beiden Kraft/Weg Kurven dargestellt.

Aussage: Je größer der EA Wert,
desto mehr Bewegungsenergie wird in
Wärme umgewandelt, desto größer ist
die Dämpfung des Materials/Schuhs.

Kennwert: Energy Absorption (EA)

Dimension: Energie, Arbeit

2. Rebound Coefficient (RC)

Dieser Kennwert ist ein Maß für die
Rückfederung der Schuhsohle. Er wird
gebildet als Quotient des Einfede-
rungsweges (D) und der Energy Ab-
sorption (EA).

Aussage: Je größer der Wert, desto
stärker die Rückfederung; also das Ver-
mögen des Materials sich nach Belas-
tung in den Ausgangszustand zu Rege-
nieren. Gegebenenfalls sollte ein idea-
ler Laufschuh im Rückfuß einen gerin-
geren RC-Wert aufweisen als im
Vorfuß.

Kennwert: Rebound Coefficient (RC)

Dimension: Kraft

3. Deflection (D)

Deflection beschreibt den Einfede-
rungsweg der Sohle bei Belastung. D
ist von der Schuhsohlendicke und de-
ren Material abhängig. Ein zu langer

Einfederungsweg geht meistens mit
einer zunehmenden Instabilität der
Gelenke beim Laufen einher.

Aussage: Ein idealer Schuh weist
einen geringen Einfederungsweg bei
genügend hoher Dämpfung (EA) auf.
Ein Wettkampfschuh sollte einen ge-
ringeren D-Wert aufweisen als ein Trai-
ningsschuh.

Kennwert: Deflection (D)

Dimension: Länge

Die folgende Tabelle gibt einen
Überblick über ausgewählte Laufschu-
he der aktuellen Frühjahr/Sommer
2010 Kollektion. Neben der Sprengung
(Höhenunterschied, der sich von Rück-
zu Vorfuß ergibt) und dem Gewicht
finden Sie alle oben erwähnten Messe-
werte.

Die Beurteilung der Schuhe erfolgte
aufgrund der Messwerte – hier vor al-
lem der Reboundcoefficient und der
Dämpfungswert – unter Berücksichti-
gung der Anforderungen, die in den
einzelnen Klassen an die Schuhe ge-
stellt werden.

Schuhfotos: Frank Wechsel/Spomedis

Literatur

1. Cole, GK, Nigg, BM, Fick, GH, Morlock, MM:
Internal loading of the foot and ankle during
impact in running. J Appl Biomech 11
(2000) 25-46.
2. Morlock M: A generalized three-dimensio-
nal six-segment model of the ankle and the
foot. University of Calgary, Alberta, Canada,
1990.
3. Brüggemann, GP: Neue Aspekte zum Lauf-
schuh. Sportorthopädie, Sporttraumatologie
19 (2003) 93-95).
4. Nigg, BM, W, JM: Impact forces and muscle
tuning: a new paradigm. Exercise and Sport
Science Rev 29 (2001) 37-41.

	Minimal Schuhe Nike Free 5.0 	Minimal Schuhe Vibram Five Fingers 	Neutrale Schuhe Brooks Launch 	Neutrale Schuhe Diadora Mythos Fly 
Gewicht (g) in US 10	260	195	276	310 (US 11)
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	10 (30 : 20)	0	10 (32 : 22)	14 (36 : 22)
Dämpfung RF	EA 203 RC 10,2 D 208	k. A.	EA 189,6 RC 11,2 D 212	EA 198,8 RC 9,7 D 193
Dämpfung VF	EA 135 RC 11 D 149	k. A.	EA 87,8 RC 20,4 D 179	EA 93,2 RC 21,9 D 204
Fazit	Barfußfeeling mit genügend Dämpfung im Vor- und Rückfußbereich	Keine eigene Dämpfung der Schuhe; optimal zur Aktivierung des körpereigenen Dämpfungssystems.	Spritzig, weil im Vorfußbereich, der gering gedämpft ist, viel Energie zurückgegeben wird.	Gutes Dämpfungsverhältnis zwischen Vor- und Rückfuß.
	Neutrale Schuhe Adidas Boston 	Neutrale Schuhe Asics Gel Kinsei 	Neutrale Schuhe Pearl Izumi SyncroFuel Rd 	Neutrale Schuhe Asics Gel DS Trainer 
Gewicht (g) in US 10	320 (US 10,5)	396	334	326 (US 11)
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	13 (35 : 22)	10 (35 : 25)	12 (35 : 23)	5 (30 : 25)
Dämpfung RF	EA 263,4 RC 9,2 D 242	EA 247,6 RC 9,2 D 227	EA 233,9 RC 9,6 D 224	EA 191,3 RC 9,9 D 189
Dämpfung VF	EA 85,3 RC 18,6 D 159	EA 152,9 RC 12 D 183	EA 118,2 RC 14,1 D 167	EA 166,4 RC 13,2 D 220
Fazit	Besonders auffällig: Ein dreifach geringerer Dämpfungswert im Vorfuß als im Rückfuß.	Sehr hohe Dämpfungswerte sowohl im Vor- als auch im Rückfußbereich	Gutes Verhältnis zwischen Vorfuß- und Rückfuß-Dämpfung.	Im Vergleich zu anderen eine relativ hohe Dämpfung im Rückfuß, im Vorfuß eine mäßige Dämpfung.
	Neutrale Schuhe Scott Makani 2 	Neutrale Schuhe ECCO Biom 	Neutrale Schuhe Reebok Premier SF Chase 	Neutrale Schuhe New Balance MR 1064CU 
Gewicht (g) in US 10	304	320	304	340
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	13 (34 : 21)	9 (25 : 16)	11 (33 : 22)	15 (37 : 22)
Dämpfung RF	EA 166 RC 8,5 D 227	EA 150,2 RC 11,9 D 178	EA 242,2 RC 9,7 D 236	EA 237,4 RC 9,6 D 228
Dämpfung VF	EA 112,5 RC 12,7 D 143	EA 131 RC 20,3 D 267	EA 131 RC 14,3 D 187	EA 100 RC 13,4 D 134
Fazit	Extrem hohe Dämpfung im Rückfuß.	Barfußfeeling mit genügend Dämpfung im Vor- und Rückfußbereich.	Im Vergleich zu anderen Schuhen hohe Dämpfung im Rückfuß, mittelmäßige Dämpfung im Vorfuß.	Relativ hohe Dämpfung im Rückfuß, dafür umso weniger im Bereich des Vorfußes.

	Neutrale Schuhe Entonic Tayu 2 TR 	Neutrale Schuhe Newton Gravity 	Neutrale Schuhe K-Swiss Ultra Natural Run II 	Schuhe mit medialem Support Saucony Pro Grid Hurricane 
Gewicht (g) in US 10	266 (US 9)	280	330 (US 11)	374
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	11 (32 : 21)	9 (30 : 21)	10 (32 : 22)	16 (39 : 23)
Dämpfung RF	EA 243 RC 10,8 D 262	EA 154,8 RC 11,8 D 182	EA 177,6 RC 11,7 D 207	EA 144,4 RC 9,3 D 228
Dämpfung VF	EA 145,8 RC 11,2 D 164	EA 105 RC 23,9 D 251	EA 148,5 RC 14,5 D 215	EA 142,5 RC 15,8 D 225
Fazit	Viel Dämpfung im Rückfuß, durchschnittliche Dämpfung im Vorfuß	Ein minimal gedämpfter Schuh mit d. höchsten Rebound Effect im Vorfuß, der auf Läufer mit aktivem Laufstil ausgerichtet ist.	Eine gelungene Dämpfung: Im Rückfuß ausreichend, im Vorfuß nicht zu viel.	Schwerer Schuh mit viel Material und Dämpfung. Für Läufer die eine gute Rückfußdämpfung brauchen.
	Schuhe mit medialem Support Nike Lunarglide + 	Schuhe mit medialem Support Zoot Advantage 2.0 	Schuhe mit medialem Support Brooks Ravenna 	Schuhe mit medialem Support Adidas Adistar Salvation 
Gewicht (g) in US 10	322	290	304	376 (US 10,5)
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	10 (35 : 25)	12 (34 : 22)	8 (32 : 24)	11 (37 : 26)
Dämpfung RF	EA 217,4 RC 11,3 D 246	EA 219,5 RC 10,6 D 232	EA 180 RC 20,4 D 179	EA 150,5 RC 12,3 D 185
Dämpfung VF	EA 156,2 RC 17,2 D 268	EA 134,8 RC 13 D 175	EA 87,8 RC 17,3 D 187	EA 146,9 RC 12,5 D 183
Fazit	Relativ hohe Dämpfungswerte in Vor- und Rückfuß.	Im Vergleich zu anderen in seiner Kategorie Rückfuß mit hohen Dämpfungswerten, gute Dämpfung im Vorfuß.	Im Vergleich zu anderen Schuhen insgesamt geringe Dämpfungswerte. Für einen aktiven Laufstil geeignet.	Ähnliche Dämpfungseigenschaften im Vor- und Rückfuß
	Schuhe mit medialem Support Asics Gel Kayano 10 	Wettkampf Puma Complete Roadracer III 	Wettkampf Saucony Grid Type A 3 	Wettkampf K-Swiss K-Ona S 
Gewicht (g) in US 10	383	216 (US 11)	188	294 (US 11)
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	10 (345 : 24)	10 (25 : 15)	13 (27 : 14)	7 (22 : 29)
Dämpfung RF	EA 285,3 RC 8,6 D 222	EA 98,3 RC 16,8 D 165	EA 167,9 RC 11,6 D 195	EA 182,6 RC 10,3 D 188
Dämpfung VF	EA 165,8 RC 10,9 D 181	EA 62,6 RC 17,7 D 111	EA 84,7 RC 13,3 D 113	EA 119,6 RC 18,3 D 219
Fazit	Einer der Schuhe mit den höchsten Dämpfungswerten im Test. Das ist nicht mehr zeitgemäß!	Leichter Schuh mit einer der geringsten Dämpfungswerte im Test.	Ein leichter Minimalschuh, der mit wenig Dämpfung auskommt.	Eine gelungene Dämpfung: Im Rückfuß ausreichend, im Vorfuß wenig.

	Wettkampf <i>New Balance RT 760</i>	Wettkampf <i>Asics Gel Noosa Tri 5</i>	Wettkampf <i>Mizuno Wave Ronin 2</i>	Wettkampf <i>Pearl Izumi Streak</i>
				
Gewicht (g) in US 10	262 (US 9,5)	304	250 (US 11)	280
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	10 (25 : 15)	8 (30 : 22)	11 (29 : 18)	11 (31 : 20)
Dämpfung RF	EA 175,7 RC 10,1 D 178	EA 183,3 RC 10,7 D 196	EA 186,3 RC 10,4 D 194	EA 184,6 RC 11,6 D 215
Dämpfung VF	EA 105,4 RC 13 D 137	EA 106 RC 16,6 D 166	EA 107,6 RC 16,1 D 174	EA 129,5 RC 14,4 D 186
Fazit	Von der Dämpfung her ein optimal aufgebauter Schuh, der im Rückfuß eine höhere Dämpfung hat als im Vorfuß.	Von der Dämpfung her ein optimal aufgebauter Laufschuh mit höherer Dämpfung im Rückfuß als im Vorfuß.	In Sachen Dämpfung ein optimal aufgebauter Laufschuh!	Gutes Verhältnis zwischen Vor- und Rückfußdämpfung.
				
Gewicht (g) in US 10	198	230	232	
Sprengung (Rückfuß : Vorfuß) in mm	6 (25 : 19)	10 (28 : 18)	9 (29 : 20)	
Dämpfung RF	EA 134,5 RC 15 D 202	EA 189,2 RC 10,6 D 201	EA 209,5 RC 13,8 D 290	
Dämpfung VF	EA 82,6 RC 22,5 D 186	EA 88,2 RC 19 D 168	EA 110 RC 17,2 D 190	
Fazit	Ein Minimalschuh mit wenig Dämpfung im Rück- und Vorfuß.	Im Rückfuß relativ hohe Dämpfungswerte, dafür im Vorfuß nur minimal gedämpft.	Für einen Wettkampfschuh sehr viel Dämpfung im Rückfuß, dafür aber viel Energierückgabe im Vorfuß.	





EINRICHTUNGEN

TEL. 0049 (0) 2336 9283-0

AFT-INTERNATIONAL.COM