

---

# Untersuchung der alterungsabhängigen Belastung des Fußes bei fußballspezifischen Bewegungen nach einjähriger Nutzung des Fußballschuhs

E. Eils, D. Rosenbaum

Universitätsklinikum Münster

Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie

## 1 Problem

Fußball ist der populärste Sport der Welt. Die „Fédération Internationale de Football Association“ (FIFA) beinhaltet 203 Länder mit über 200 Millionen lizenzierten Mitgliedern (FIFA 2001). Die „Union des associations européennes de football“ (UEFA) repräsentiert 49 Nationen mit ca. 20 Millionen Teilnehmern und der Deutsche Fußball-Bund (DFB) spricht von 6,25 Millionen Mitgliedern im Jahr 2000 (DFB 2001; UEFA 2001). Nicht aufgeführt ist in dieser Statistik die große Zahl derjenigen, die sich nicht in einem Verein organisieren.

Stressfrakturen und Überlastungsverletzungen stellen ein großes Problem im Fußball dar und ereignen sich sowohl im Amateur- als auch im Profibereich (KNAPP et al. 1998). Dem Leistungssport kommt durch hohe Intensität und großen Umfang eine besondere Bedeutung zu. Verschiedene extrinsische und intrinsische Risikofaktoren werden für die Entstehung dieser Verletzungen verantwortlich gemacht. Der Fußballschuh als extrinsischer Risikofaktor wird ebenfalls als eine mögliche Ursache in Zusammenhang mit der Entstehung von Überlastungsschäden genannt (INKLAAR 1994; KNAPP et al. 1998).

Während sich viele Veröffentlichungen mit der Art und Häufigkeit von Verletzungen beim Fußball befassen, sind quantitative Informationen über die Belastungen des Fußes bei fußballspezifischen Bewegungen nicht in der Literatur zu finden. Weder die belasteten Regionen noch die Höhe der Belastung ist bekannt. Mit Kenntniss dieser Informationen könnten jedoch Maßnahmen bei der Konstruktion von Fußballschuhen eingeleitet werden, die die Hauptbelastungszonen entlasten und somit präventiv Überlastungserscheinungen entgegen wirken.

Eigene Untersuchungen haben gezeigt, dass die plantare Belastung beim Fußball insgesamt sehr hoch ist und stark zwischen den unterschiedlichen Bewegungen variiert (EILS et al. 2003). Ein Alterungsprozess über einen Zeitraum von sechs Wochen konnte eindeutig festgestellt werden (EILS et al. 2001). Allerdings spiegelt ein sechswöchiger Alterungsprozess nicht die reale Situation bei Sportlern, insbesondere Leistungssportlern

wieder, die ein Paar Schuhe über einen längeren Zeitraum bis zu mehreren Jahren tragen. Es ist zu vermuten, dass die abnehmende Dämpfungskapazität des Schuhs bzw. der Einlegesohle zusammen mit dem hohen Belastungsumfang bei Profifußballern ein Faktor für die Entstehung von Überlastungsverletzungen ist.

Das Ziel des folgenden Forschungsvorhabens war die Untersuchung der alterungsabhängigen Belastung des Fußes im Fußballschuh bei fußballspezifischen Bewegungen (Lauf, Richtungswechsel, Sprint, Torschuss) nach einem Jahr des Gebrauchs des Fußballschuhs. Insbesondere sollte die Frage geklärt werden, welches Ausmaß die Belastung in einem getragenen Fußballschuh im Vergleich zum Ausgangsniveau annimmt und ob diese durch eine neue Einlegesohle effektiv verringert werden kann.

## 2 Methode

Elf routinierte männliche Probanden der Leistungsklassen von der Kreisliga A bis zur Landesliga nahmen an der Untersuchung teil. Alle Spieler hatten eine Schuhgröße zwischen 9.5 und 11.5 (amerikanische Größe) und wurden ein Jahr vor Beginn der Studie mit neuen Fußballschuhen mit einer traditionellen zwölf Nockenplatte ausgestattet (Air Zoom Brasilia F.G., Nike Inc.). Der Fußballschuh wurde von den Probanden über einen Zeitraum von einem Jahr regelmäßig in Training und Wettkampf getragen. Nach einjähriger Nutzung des Fußballschuhs wurde die Belastung im Schuh unter standardisierten Bedingungen auf Rasen mit Hilfe der plantaren Druckverteilungsanalyse bei vier verschiedenen fußballspezifischen Bewegungen gemessen.

Für die vier genannten Bewegungen wurden jeweils drei Schuhbedingungen in randomisierter Reihenfolge untersucht: (1) Gebraucher Schuh (ein Jahr) und gebrauchte Einlegesohle (ein Jahr) – im folgenden mit „1J“ bezeichnet. (2) Gebraucher Schuh (ein Jahr) und neue Einlegesohle – im folgenden mit „NE“ bezeichnet. (3) Neuer Schuh und neue Einlegesohle – im folgenden mit „NS“ bezeichnet.

Für die Messungen wurde das Pedar Mobile System der Firma Novel GmbH (München) verwendet. Vier verschiedene fußballspezifische Bewegungen wurden durchgeführt: Ein Dauerlauf ( $v=15$  km/h), Richtungswechsel (Sidecuts) innerhalb eines Zick-Zack-Parcours mit 70% der maximalen Geschwindigkeit, ein Sprint mit maximaler Geschwindigkeit und ein Torschuss (Messung unter dem Standbein). Für die Geschwindigkeitskontrolle beim Richtungswechsel und Sprint wurde ein Lichtschrankensystem verwendet. Zur Auswertung kamen letztendlich jeweils neun gültige Schritte für den Dauerlauf, den Richtungswechsel und den Sprint sowie fünf Schritte für den Torschuss.

Zur Datenanalyse wurde jeder Fußabdruck mit Hilfe einer standardisierten „Maske“ in zehn verschiedene Regionen eingeteilt. Die verschiedenen Regionen waren die mediale und laterale Ferse, der mediale und laterale Mittelfuß, der mediale, zentrale und laterale Vorfuß, die Großzehe, die zweite Zehe und die restlichen Zehen. Für diese Regionen wurden u.a. die Spitzendrücke berechnet. Der Spitzendruck bezieht sich auf die maximale Belastung eines einzelnen Sensors unter einer anatomischen Struktur. Schließlich wurde der Mittelwert aller Schritte für jede Region berechnet.

Zur statistischen Auswertung der drei Schuhbedingungen wurde der nicht-parametrische Friedman-Test durchgeführt. Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Bedingungen wurde der Wilcoxon-Test zur Evaluation entsprechender Paarvergleiche herangezogen. Das Signifikanzniveau wurde entsprechend der Anzahl der Mehrfachtests durch die Bonferroni-Korrektur adjustiert.

### **3 Ergebnis**

Die verschiedenen fußballspezifischen Bewegungen führten zu hohen Belastungen verschiedener anatomischer Regionen des Fußes und zu charakteristischen Belastungsmustern. Beim Lauf waren die Hauptbelastungszonen die Ferse, die Metatarsalköpfe und der Hallux. Beim Sidecut wurde die mediale Seite des Fußes stärker belastet (mediale Ferse, medialer Mittelfuß, medialer Vorfuß und Hallux), im Sprint waren es der mediale und zentrale Vorfuß und Hallux. Das Standbein beim Torschuss wurde auf der lateralen Seite, insbesondere unter der Ferse, verstärkt belastet (Tab. 1).

Der Vergleich der drei verschiedenen Alterungsbedingungen zeigte insgesamt inkonsistente Ergebnisse (Tab. 1). Beim Sidecut und Schuss waren tendenziell Spitzendruckreduzierungen in den charakteristischen Belastungszonen (Sidecut: 01, 02, 03, 05, 08; Schuss: 01, 02, 04, 07, 08) zu erkennen (von 1J über NE zu NS), die jedoch nicht signifikant waren (außer 03 Sprint). Beim Lauf und Sprint zeigten sich neben einer Reduzierung auch häufig erhöhte Spitzendrücke mit neuer Einlagenversorgung bzw. neuem Schuh und Einlage in den belasteten Regionen (ebenfalls nicht signifikant). Eine signifikante Druckverringerung wurde ebenfalls in Region 03 beim Lauf festgestellt.

Tab. 1: Spitzendrücke in den zehn einzelnen Fußregionen, bei den vier Bewegungen und den drei Alterungszuständen des Schuh/Einlegesohlenkomplexes (1J=Ein Jahr gealterter Schuh und Einlegesohle, NE=1 Jahr alter Schuh mit neuer Einlegesohle, NS=Neuer Schuh und Einlegesohle). Grau unterlegt sind die jeweils charakteristisch belasteten Regionen des Fußes bei den vier Bewegungen. Ein \* bezeichnet signifikante Unterschiede zur Bedingung 1J auf dem 5% Niveau.

Spitzendruck k [N/cm <sup>2</sup> ]		Ferse		Mittelfuß		Vorfuß			Zehen		
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Lauf	1J	27 (9)	25 (7)	12 (4)	16 (16)	34 (16)	26 (9)	24 (5)	30 (13)	13 (7)	15 (10)
	NE	26 (6)	26 (5)	11 (3)	17 (17)	33 (15)	27 (10)	25 (7)	27 (11)	14 (8)	16 (9)
	NS	25 (6)	25 (6)	9 (3)*	14 (14)	33 (14)	27 (11)	24 (7)	29 (9)	13 (7)	14 (9)
Sidecut	1J	71 (27)	49 (22)	23 (9)	12 (4)	57 (21)	28 (8)	10 (3)	38 (12)	17 (6)	12 (5)
	NE	70 (25)	45 (19)	19 (6)	9 (3)	51 (16)	31 (7)	11 (4)	33 (8)	18 (6)	13 (6)
	NS	63 (27)	46 (17)	16 (6)*	9 (4)	54 (13)	30 (9)	11 (5)	36 (11)	18 (8)	13 (8)
Sprint	1J	3 (2)	3 (2)	5 (3)	8 (3)	54 (25)	34 (10)	25 (5)	41 (21)	18 (8)	17 (8)
	NE	4 (3)	4 (3)	5 (2)	7 (2)	55 (22)	35 (8)	25 (4)	37 (12)	19 (7)	19 (10)
	NS	5 (3)	5 (3)	4 (2)	7 (2)	52 (22)	34 (13)	25 (5)	39 (11)	18 (9)	17 (10)
Schuss	1J	63 (13)	66 (12)	28 (11)	35 (8)	20 (8)	22 (6)	34 (10)	30 (18)	20 (8)	21 (10)
	NE	58 (14)	67 (17)	20 (9)*	31 (7)	24 (13)	23 (7)	33 (9)	30 (11)	17 (8)	20 (8)
	NS	59 (9)	56 (19)	19 (7)*	26 (10)	22 (8)	22 (7)	30 (11)	28 (12)	17 (9)	20 (9)

#### 4 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden die Auswirkungen des regelmäßigen Tragens eines Fußballschuhs (einjähriger Alterungsprozess) auf Druckverteilungsparameter im Schuh bei verschiedenen fußballspezifischen Bewegungen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl der Einsatz einer neuen Einlegesohle in einem alten Schuh als auch das Tragen eines neuen Schuhs in Kombination mit einer neuen Einlegesohle zwar eine Druckreduzie-

Die charakteristischen Belastungszonen des Fußes zur Folge haben kann, diese aber außer im Mittelfußbereich nicht signifikant ist. Die gemessene Druckreduzierung liegt in einem Rahmen, der auch in Laufschuhen nach längerem Gebrauch gemessen wurde (HENNIG & MILANI 1994). Insgesamt ist eine bedeutend größere Druckentlastung durch eine neue Einlegesohle bzw. einen neuen Schuh mit Einlegesohle erwartet worden, da in einer vorhergehenden Untersuchung ein eindeutiger Alterungsprozess nach sechswöchiger Nutzung der Fußballschuhe nachgewiesen werden konnte (EILS et al. 2001). Es stellt sich also die Frage, warum nach sechs Wochen ein eindeutiger Alterungsprozess im Schuh gezeigt werden konnte, der nach einem Jahr statistisch nicht mehr nachweisbar ist. Die folgende Schlussfolgerung wird zur Erklärung herangezogen: Nach einer sechswöchigen Benutzung hat sich der Fuß noch nicht an den Schuh adaptiert und die Einlegesohle stellt wahrscheinlich in dieser Phase das primär dämpfende Element dar, das einem eindeutig erkennbaren Alterungsprozess unterworfen ist (was die erhöhten Druckwerte in den charakteristischen Belastungszonen nach sechs Wochen erklärt). Nach einer gewissen Zeit nimmt die Flexibilität der Außensohle und des Obermaterials zu (Fuß und Schuh passen sich an, Fuß kann individuelle Form annehmen, z.B. Abflachung) und daraus resultiert insgesamt eine Dämpfung, die sich nach einem Jahr nicht signifikant durch eine neue Einlegesohle bzw. einen neuen Schuh mit Einlegesohle verbessern lässt. Ebenso ist zu beachten, dass bei einem längeren Gebrauch eines Schuhs Spieler ihren Bewegungsablauf auf die äußere Belastung einstellen und es somit zu einer Modifikation der Belastung kommen kann. Dies steht im Einklang zu neueren theoretischen Überlegungen zur Bewegungskontrolle der unteren Extremitäten, in denen Aufprallkräfte als Inputsignal gesehen werden und entsprechende muskuläre Adaptationsprozesse zur Folge haben, mit denen die Belastung/Beanspruchung individuell modifiziert werden kann (NIGG 2001).

## 5 Literatur

Deutscher Fußball Bund (DFB) (2001) <http://dfb.de>.

EILS, E.; STREYL, M.; LINNENBECKER, S.; THORWESTEN, L.; VÖLKER, K.; ROSENBAUM, D.: Plantar pressure measurements in a soccer shoe: Characterization of soccer specific movements and effects after six weeks of aging. 5th Symposium on Footwear Biomechanics. Zürich 2001b, 32-33.

EILS, E.; STREYL, M.; LINNENBECKER, S.; THORWESTEN, L.; VÖLKER, K.; ROSENBAUM, D.: Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer specific movements. Amer. J. Sports Med. (2003) (accepted for publication).

Fédération Internationale de Football Association (FIFA) (2001) <http://www.fifa.com>.

HENNIG, E.M.; MILANI, T.: Pressure distribution analyses in sport shoes. Medizinisch Orthopädische Technik 114 (1994), 22-25.

INKLAAR, H.: Soccer injuries. II: Aetiology and prevention. Sports Medicine (1994) 18, 81-93.

KNAPP, T.P.; MANDELBAUM, B.R.; GARRETT, W.E.: Why are stress injuries so common in the soccer player? *Clinics in Sports Medicine* 17 (1998), 835-853.

NIGG, B.M.: The role of impact forces and foot pronation: a new paradigm. *Clin. J. Sport Med.* 11 (2001), 2-9.

Union des associations européennes de football (UEFA) (2001) <http://www.uefa.com>.