

---

**„Fußball interdisziplinär:  
Zur Optimierung der Prävention, Rehabilitation und  
Wiederverletzungsprophylaxe von Verletzungen im Fußball“ –  
Biomechanische Aspekte**

Julia Bühlmeier, Benjamin Haar & Wilfried Alt (Projektleiter)

Universität Stuttgart  
Institut für Sportwissenschaft

## **1 Problem**

Hintergrund dieses Projekts ist die hohe Verletzungshäufigkeit von Fußballsportlern, die mit 60 % vor allem die untere Extremität betrifft. Insbesondere Knie- und Sprunggelenkverletzungen verursachen hohe Spielausfälle (Lohnes et al., 1994) und lange Rekonvaleszenzphasen der Athleten. Ziel dieses interdisziplinär angelegten Projektes war die Erfassung konstitutioneller, konditioneller, koordinativer und psychischer Leistungsvoraussetzungen im Nachwuchsbereich unter dem Einfluss einer spezifischen sensomotorischen Trainingsintervention im Längsschnitt. Durch die Erkenntnisse dieser Studie sollten auch Risikofaktoren für Verletzungen identifiziert werden, um damit weitere Präventions- oder Rehabilitationsmethoden ableiten zu können. In diesem Teilprojekt wurden Krafftähigkeit und Sprunggelenkanatomie untersucht.

## **2 Methoden**

In der Saison 2004/05 wurden die Mannschaften Köln U17 und Bayer Leverkusen U17 in einer Eingangsuntersuchung (Messung 1) getestet. Darauf folgte eine dreiwöchige Phase mit intensivem sensomotorischem Training. Im Anschluss wurden die Mannschaften mit denselben Methoden in einer zweiten Untersuchung (Messung 2) getestet. Während des weiteren Saisonverlaufs wurden mit abgeschwächter Intensität sensomotorische Trainingsübungen fortgeführt. Um zeitlich verzögerte Trainingseffekte aufdecken zu können, folgten zwei weitere Kontrollmessungen (Messungen 3 und 4).

In der Saison 05/06 führten die Mannschaften Leverkusen U17 und Mönchengladbach nach demselben Muster wie in der Saison 04/05 ein sensomotorisches Training durch. Ebenso wurden bei diesen Mannschaften in gleicher Weise vier Messungen in der Saison 05/06 durchgeführt.

Tab. 1: Übersicht über die Messtermine der untersuchten Mannschaften in der Saison 04/05 und 05/06; n=Anzahl der Spieler

	Mannschaft	Messung 1		Messung 2		Messung 3		Messung 4	
		Termin	n	Termin	n	Termin	n	Termin	n
Saison 04/05	Köln U17	06.08.04	17	02.09.04	16	11.01.05	15	15.06.05	18
	Leverkusen U17	11.08.04	17	03.09.04	18	10.01.05	13	14.06.05	13
Saison 05/06	Leverkusen U17	09.08.05	17	14.09.05	15	25.01.06	16	31.05.06	14
	Mönchengladbach	18.08.05	22	13.09.05	17	24.01.06	16	13.06.06	15

In zwei Messstationen wurden bei den Probanden biomechanische Parameter erhoben. Zur Messung der isometrischen Maximalkraft der Oberschenkelstrecker diente ein „Kniestreckgerät“, das durch die Montage eines Kraftaufnehmers (Kistler®, Schweiz) um die Fähigkeit der Kraftmessung ergänzt wurde. Die Probanden wurden in sitzender Position (Kniegelenkwinkel von 90°) bei blockierten Unterschenkeln getestet. Auf Kommando des Versuchsleiters folgte eine quasi isometrische Kontraktion der Oberschenkelstrecker bis zum individuellen Maximum. Der Versuch wurde beidseitig jeweils zwei Mal durchgeführt, der maximale Wert wurde ausgewertet.

Um Zusammenhänge zwischen der Gelenkachse des unteren Sprunggelenks und chronischen oder akuten Überlastungssyndromen aufzudecken, wurde die individuelle Sprunggelenkanatomie mit einem Ultraschall-Laufzeit basierten Verfahren (Zebris®) bestimmt (Hochwald, 2006). Die Probanden sollten – ausgehend aus der Neutral-Null-Position – eine maximale Dorsalflexion durchführen. In dieser Stellung wurden mehrere Inversions- und Eversionsbewegungen durchgeführt. Mit einem speziellen mathematischen Verfahren wurde aus den Raumkoordinaten der Ultraschallmarker die Lage der unteren Sprunggelenkachse aus dem arithmetischen Mittel der Einzelbewegungen bestimmt.

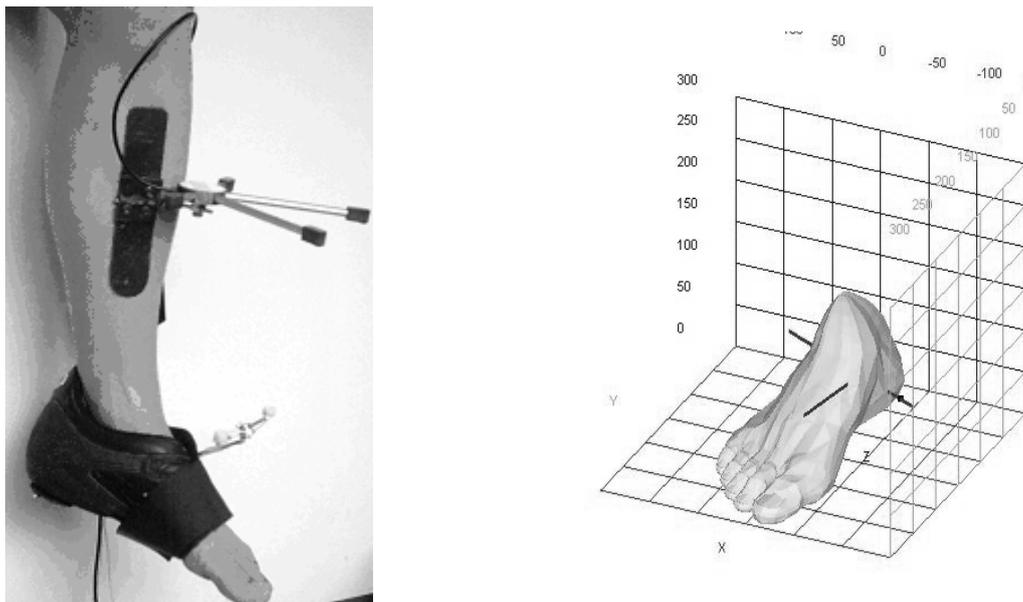


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Erhebung der Achsen des Sprunggelenks und Darstellung der Achsen im Koordinatensystem

### 3 Ergebnisse

Die maximale isometrische Beinstreckkraft wurde bei den Spielern der Leverkusener Mannschaft in der Saison 2004/2005 und den Mannschaften von Köln und Mönchengladbach durch das Training nicht beeinflusst. Lediglich bei den Spielern der Leverkusener Mannschaft wurde in der Saison 2005/2006 zum Saisonende hin ein Kraftzuwachs verzeichnet (vgl. Tab. 2). Zwar waren bei allen Mannschaften Schwankungen der Maximalkraft zu beobachten, über alle vier Messtermine hinweg verhalten sich die Werte aber weitgehend konstant.

Bei 26 Spielern aus den vier Mannschaften wurde die Lage der Sprunggelenkachsen bestimmt. Für die Achse des unteren Sprunggelenks konnte ein mittlerer Inklinationswinkel von  $29^\circ (\pm 14^\circ)$  und ein mittlerer Deviationswinkel von  $5^\circ (\pm 10^\circ)$  ermittelt werden.

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen ( $\pm$ ) der isometrischen Maximalkraft ( $F_{max}$ ) in N der Mannschaften Köln und Leverkusen in der Saison 04/05 sowie Leverkusen und Mönchengladbach in der Saison 05/06

	Mannschaft		Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4
Saison 04/05	Köln	re	598 ( $\pm$ 72)	622 ( $\pm$ 88)	629 ( $\pm$ 74)	596 ( $\pm$ 91)
		li	570 ( $\pm$ 93)	583 ( $\pm$ 47)	595 ( $\pm$ 67)	554 ( $\pm$ 80)
	Leverkusen	re	596 ( $\pm$ 140)	549 ( $\pm$ 100)	569 ( $\pm$ 84)	559 ( $\pm$ 103)
		li	581 ( $\pm$ 106)	519 ( $\pm$ 96)	476 ( $\pm$ 86)	523 ( $\pm$ 79)
Saison 05/06	Leverkusen	re	559 ( $\pm$ 134)	392 ( $\pm$ 84)	584 ( $\pm$ 74)	656 ( $\pm$ 109)
		li	525 ( $\pm$ 95)	471 ( $\pm$ 88)	572 ( $\pm$ 67)	651 ( $\pm$ 117)
	Mönchengladbach	re	583 ( $\pm$ 113)	534 ( $\pm$ 128)	503 ( $\pm$ 84)	564 ( $\pm$ 102)
		li	544 ( $\pm$ 96)	586 ( $\pm$ 167)	481 ( $\pm$ 86)	542 ( $\pm$ 102)

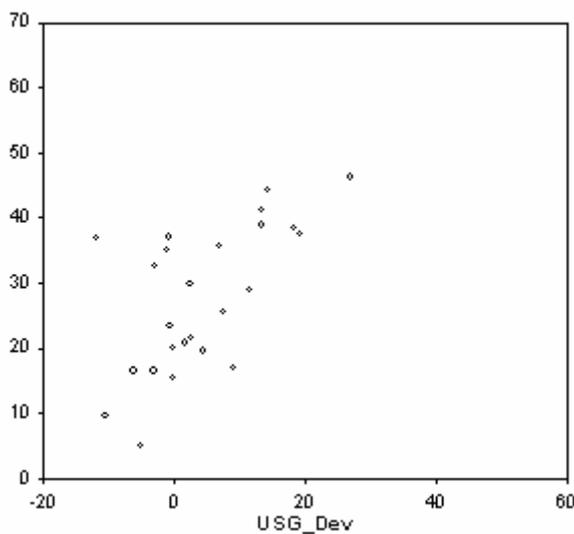


Abb. 2: Darstellung der Inklinations- (USG\_Ink) und Deviationswinkel (USG\_Dev) von  $n=26$  Fußballspielern

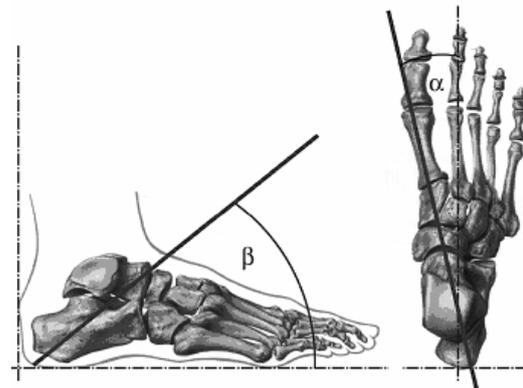


Abb. 3: Inklination und Deviation der Achse des unteren Sprunggelenks. Der Winkel  $\alpha$  gibt die Deviation an, der Winkel  $\beta$  die Inklination (Putz & Pabst, 2000, mod. nach Isman et al., 1969).

#### 4 Diskussion

Die maximale isometrische Kraftfähigkeit wurde nicht durch das sensomotorische Training beeinflusst. Die tendenziellen Reduktionen der Kraftwerte in der letzten Messung erreichen nicht das Signifikanzniveau (vgl. Tab. 2). Andere Studien berichten von gesteig-

gerten Explosivkraftwerten bei gleich bleibender Maximalkraft in Folge eines Sensomotoriktrainings (Gruber, 2001). Ein negativer Effekt des Sensomotoriktrainings auf die maximale Kraftfähigkeit ist demnach sehr unwahrscheinlich. Ob zunehmende Ermüdungserscheinungen im Verlauf der Saison zur Reduktion der Kraft geführt haben, die unabhängig von der sensomotorischen Intervention aufgetreten sind (Enoka & Stuart, 1985), konnte im Rahmen dieses Ansatzes nicht geklärt werden.

Die zur Beschreibung der individuellen Gelenkanatomie erhobenen Parameter sollen im weiteren Verlauf noch mit Verletzungsinzidenzen im Sprunggelenk korreliert werden (vgl. Abb. 2). Die gemessenen Winkel liegen im Bereich der Messwerte, die bisher bei 104 Personen erhoben wurden (Inklination  $29^\circ (\pm 16^\circ)$  und Deviation  $4^\circ (\pm 11^\circ)$ ). Die Daten legen nahe, dass in vivo durchgeführte Messungen nicht direkt mit Ergebnissen verglichen werden können, die in vitro (Inklination  $42^\circ$  und Deviation  $23^\circ$  (Isman et al., 1969)) durchgeführt wurden. Daraus generiert sich ein weiterer Forschungsbedarf, um die Frage der prädisponierenden Faktoren für Gelenkverletzungen zu erhellen.

## 5 Literatur

- Alt, W. (2001). *Biomechanische Aspekte der Gelenkstabilisierung*. Geislingen (Steige): Maurer
- Enoka, R. M. & Stuart, D. G. (1985). The contribution of neuroscience to exercise studies. *Fed. Proc.*, 44 (7), 2279-2285.
- Gruber, M. (2001). *Die neuromuskuläre Kontrolle des Kniegelenks vor und nach einem spezifischen sensomotorischen Training beim unverletzten Sportler*. Dissertation, Universität Stuttgart.
- Hochwald, H. (2006). *Entwicklung eines diagnostischen Verfahrens zur Bestimmung der Gelenkachsen des Sprunggelenks*. Dissertation, Universität Stuttgart.
- Isman, R. E., Inman V. T. & Poor, P. M. (1969). Anthropometric Studies of the Human Foot and Ankle. *Bulletin of Prosthetics Research*, 11, 97-108.
- Lohnes, J. H., Garrett, W. E. & Monto, R. R. (1994). Soccer. In F. H. Fu (Hrsg.), *Sports injuries* (S. 603-624). Baltimore: Williams & Wilkins.
- Putz, R. & Pabst R. (Hrsg.). (2000). *Sobotta. Atlas der Anatomie des Menschen*. München: Urban & Schwarzenberg.

