

Jakob Glück<sup>1</sup>, René Schwesig<sup>1</sup>, Thomas Bartels<sup>2</sup>, Ken Kaiser<sup>3</sup>, Eduard Kurz<sup>1</sup>, Karl-Stefan Delank<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department für Orthopädie, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, MLU Halle-Wittenberg, 06120 Halle (Saale)

<sup>2</sup> Sportklinik Halle, Weidenplan 16, 06108 Halle (Saale)

<sup>3</sup> Hallescher Fußballclub e.V., 06110 Halle (Saale)

## Hintergrund

Die Identifizierung objektiver, valider und zuverlässiger leistungsphysiologischer Parameter zur Ermüdungs- und Erholungsdiagnostik im Fußball stellt eine große Herausforderung dar. Basierend auf dem grundlegenden Konzept „Belastung, Belastbarkeit und Beanspruchung“ ist das Erkennen und Quantifizieren der individuellen Beanspruchung eine entscheidende Maßnahme zur Prävention von Sportverletzungen. Darüber hinaus kann die Ermüdungsdiagnostik auch zur Trainingssteuerung genutzt werden.

Ziel dieser Studie war es, Belastung und Beanspruchung einer U17 Fußballmannschaft über eine Saison hinweg durch eine Kombination leistungsphysiologischer Parameter zu erfassen und neue Ansätze für die Ermüdungsdiagnostik zu schaffen.

## Material & Methoden

### Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 21 Feldspieler der U17 B-Jugend Fußballmannschaft des Halleschen FC teil. Nach Ausschluss von Spielern mit fehlenden Datensätzen reduzierte sich die Teilnehmerzahl auf  $n = 11$ . Die Probanden hatten zum Zeitpunkt des Studienbeginns (09./ 10.07.2017) ein Alter von  $15,4 (\pm 0,6)$  Jahren, eine Körpergröße von  $1,77 (\pm 0,05)$  m, ein Gewicht von  $64,8 (\pm 4,7)$  kg und einen BMI von  $20,6 (\pm 1,5)$  kg/m<sup>2</sup>. Die Fußballmannschaft absolvierte insgesamt 21 Spiele zwischen dem 1. und dem 3. MZP (8 Spiele zwischen MZP 1 und 2; 13 Spiele zwischen MZP 2 und 3).

### Untersuchungsablauf

Elf Spieler einer U17 Fußballmannschaft wurden an drei Messzeitpunkten (MZP) über eine Teilsaison (Juli bis November 2017) untersucht (Abb. 1). Die Beanspruchung wurde durch die Laborparameter CK, CRP, LDH und IGF-1 quantifiziert. Zudem wurden Drop Jumps (DJ) und posturographische Messungen (*Interactive Balance System*; IBS; Parameter: WDI<sup>1</sup>, ST<sup>2</sup>) durchgeführt, welche als Produkt- und Prozessparameter die Schnittstelle zwischen Belastung und Beanspruchung abbildeten. Zur Darstellung der objektiv erfahrenen Belastung diente die Spieldauer zwischen zwei MZP (Intervallspielzeit) sowie innerhalb der letzten acht Tage vor einem MZP (8-Tage-Spielzeit). Es folgte eine Korrelationsanalyse zwischen den Spielzeiten und den Beanspruchungs- sowie Produktparametern, wobei die Beanspruchungs- und Produktparameter prozentual vom Ausgangsniveau (MZP 1; 09./ 10.07.2017) verwendet wurden. Auch wurden die Laborwerte, Sprung- und IBS-Daten miteinander verglichen, um mögliche Zusammenhänge aufzudecken. Trainingstagebücher und REGman-Fragebögen (Abb. 1) wurden aufgrund großer Datenlücken in der Auswertung nicht berücksichtigt. Der erste Messzeitpunkt (MZP) fand ca. eine Woche vor Saisonbeginn, der zweite und dritte MZP jeweils sieben bzw. 18 Wochen nach MZP 1 statt. Der 4. MZP im Juni 2018 wurde aufgrund großer Datenlücken aus der Auswertung ausgeschlossen.

<sup>1</sup>: WDI: Weight distribution index = Gewichtsverteilungsindex  
<sup>2</sup>: ST: Stabilitätsindex

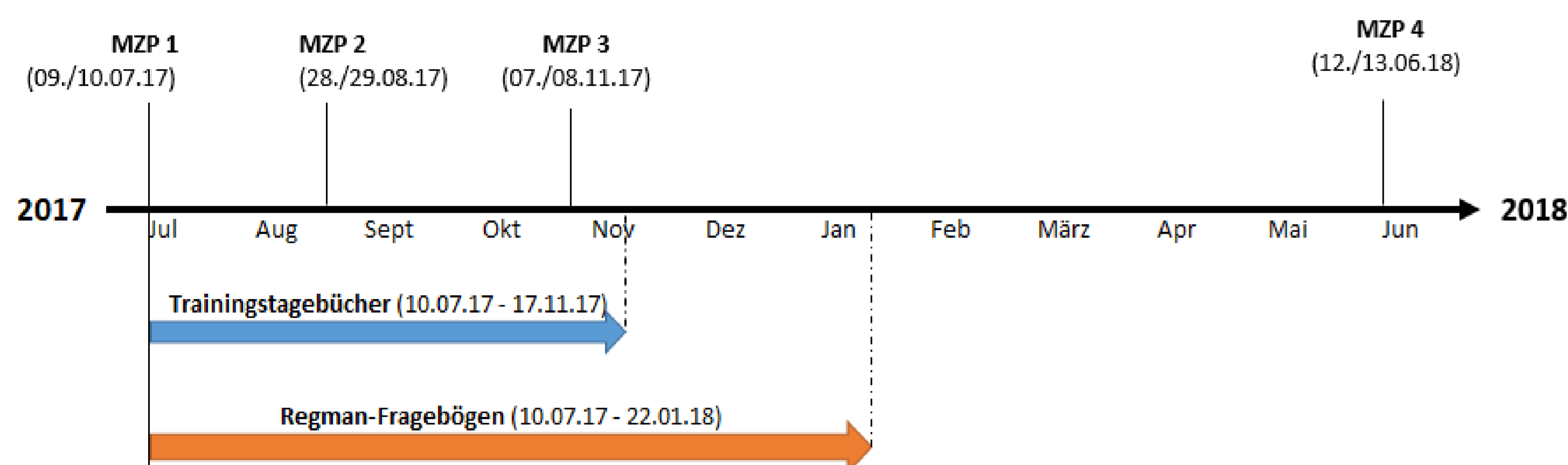


Abb. 1: Überblick über die Untersuchungsplanung; MZP = Messzeitpunkt

## Ergebnisse

Tab. 1: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Laborparameter (Tab. 1a), Posturographie-Daten (Tab. 1b) und Sprungdaten (Tab. 1c) zu den MZP 1 – 3. WDI und ST sind dimensionslos. Die DJ wurden beidbeinig („bb“), rechts- („re“) und linksbeinig („li“) durchgeführt.

| a) | CK (1)<br>[U/l] | CK (2)<br>[U/l] | CK (3)<br>[U/l] | CRP (1)<br>[mg/l] | CRP (2)<br>[mg/l] | CRP (3)<br>[mg/l] | LDH (1)<br>[U/l] | LDH (2)<br>[U/l] | LDH (3)<br>[U/l] | IGF-1 (1)<br>[ng/ml] | IGF-1 (2)<br>[ng/ml] | IGF-1 (3)<br>[ng/ml] |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| MW | 165             | 324             | 411             | 0,28              | 0,63              | 0,53              | 193              | 230              | 225              | 225                  | 250                  | 257                  |
| SD | 96              | 162             | 266             | 0,54              | 1,06              | 0,66              | 67               | 45               | 49               | 105                  | 61                   | 47                   |

| b) | WDI (1) | WDI (2) | WDI (3) | ST (1) | ST (2) | ST (3) |
|----|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| MW | 6,0     | 6,1     | 5,9     | 27,7   | 24,8   | 25,1   |
| SD | 2,9     | 3,4     | 3,3     | 8,0    | 5,9    | 5,7    |

| c)      | DJ bb (1) | DJ bb (2) | DJ bb (3) | DJ re (1) | DJ re (2) | DJ re (3) | DJ li (1) | DJ li (2) | DJ li (3) |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| MW [cm] | 35,1      | 35,1      | 34,8      | 20,8      | 22,4      | 21,9      | 20,8      | 21,4      | 22,3      |
| SD      | 6,4       | 6,0       | 5,8       | 3,8       | 4,3       | 4,1       | 4,9       | 5,6       | 4,8       |

Bei den Laborparametern zeigten sich mittlere bis hohe Korrelationen sowohl zwischen der Intervallspielzeit und CRP% ( $r = 0,645$ ) sowie LDH% ( $r = 0,589$ ), als auch zwischen der 8-Tage-Spielzeit und LDH% ( $r = 0,783$ ; Abb. 2) zum MZP 2 (28./ 29.08. 2017; Tab. 2). Zum MZP 3 (07./ 08.11. 2017) sowie mit der CK und dem IGF-1 konnten dagegen keine relevanten Korrelationen festgestellt werden. Auch ergaben sich keine relevanten Korrelationen zwischen Spielzeit und posturaler Stabilität.

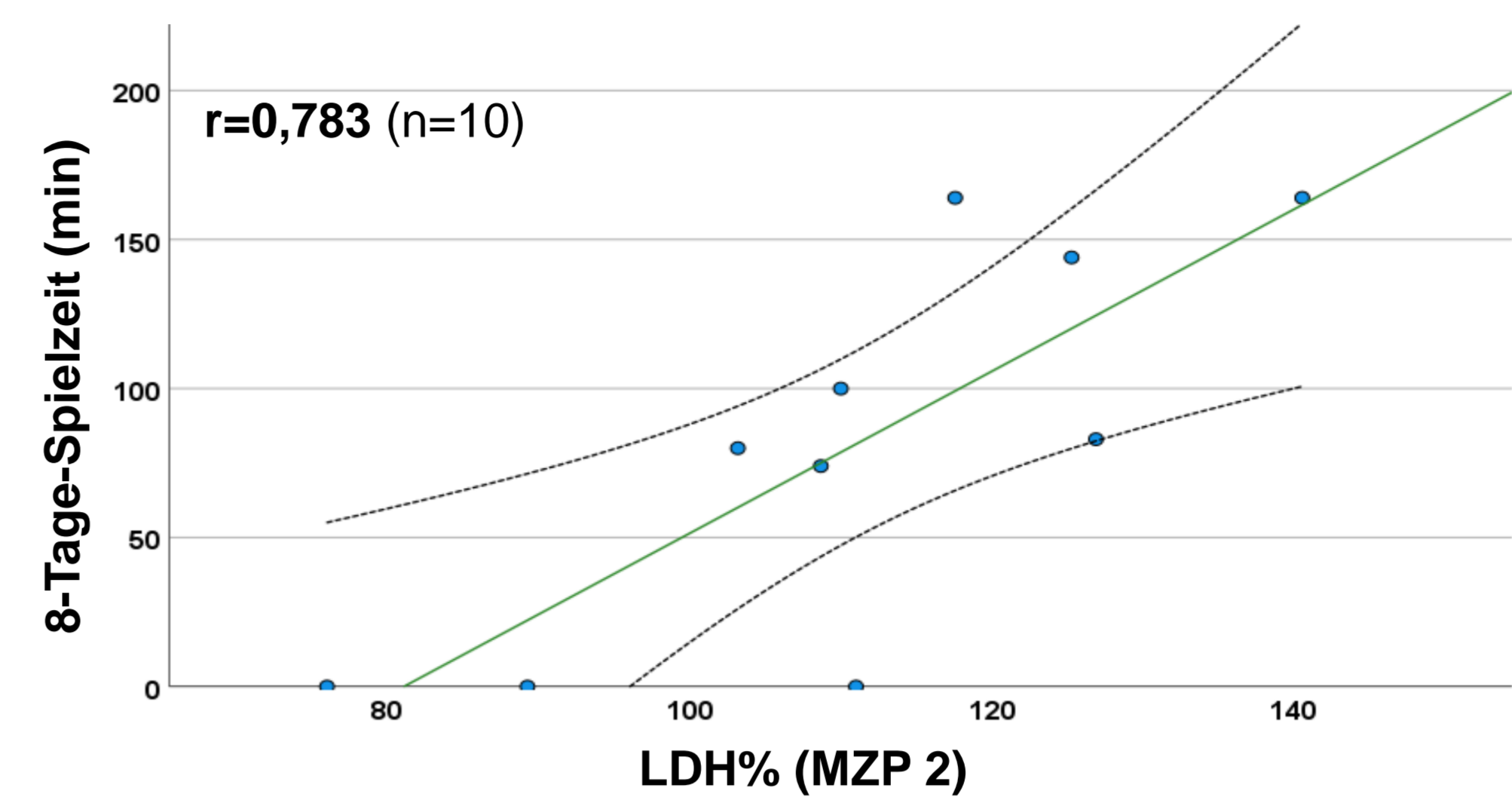


Abb. 2: Korrelationen zwischen der 8-Tage-Spielzeit und LDH% zum MZP 2.

Tab. 2: Relevante Korrelationen ( $r > |0,5|$ ) zwischen den erhobenen Parametern und den Spielzeiten zu den MZP 2 und 3; DJ bb% = Drop Jumps beidbeinig prozentual von MZP 1; DJ li% = Drop Jumps linksbeinig prozentual von MZP 1;  $r$  = Pearson-Korrelationskoeffizient;  $n$  = Stichprobengröße.

|                     |     | CRP% (MZP 2) | LDH% (MZP 2) | DJ bb% (MZP 3) | DJ li% (MZP 3) |
|---------------------|-----|--------------|--------------|----------------|----------------|
| Intervall-spielzeit | $r$ | <b>0,645</b> | <b>0,589</b> | <b>0,544</b>   | <b>0,602</b>   |
|                     | $n$ | 11           | 10           | 11             | 11             |
| 8-Tage-Spielzeit    | $r$ | (0,171)      | <b>0,783</b> | <b>0,706</b>   | (0,175)        |
|                     | $n$ | (11)         | 10           | 11             | (11)           |

Die DJ beidbeinig% ( $r = 0,544$ ) und DJ links% ( $r = 0,602$ ) korrelierten dagegen positiv mit der Intervallspielzeit zum MZP 3 (Tab. 2). Auch zwischen der 8-Tage-Spielzeit und den DJ beidbeinig% konnte zum MZP 3 ein großer Zusammenhang ermittelt werden ( $r = 0,706$ ; Abb. 3). Die größten Korrelationen ließen sich zwischen der 8-Tage-Spielzeit und LDH% zum MZP 2 (Abb. 2) sowie zwischen der 8-Tage-Spielzeit und den DJ bb% zum MZP 3 (Abb. 3) ermitteln. Beim Vergleich zwischen den einzelnen Belastungsparametern konnte zudem ein Zusammenhang zwischen Sprunghöhe und posturaler Instabilität zu allen drei MZP festgestellt werden ( $0,411 \leq r \leq 0,744$ ).

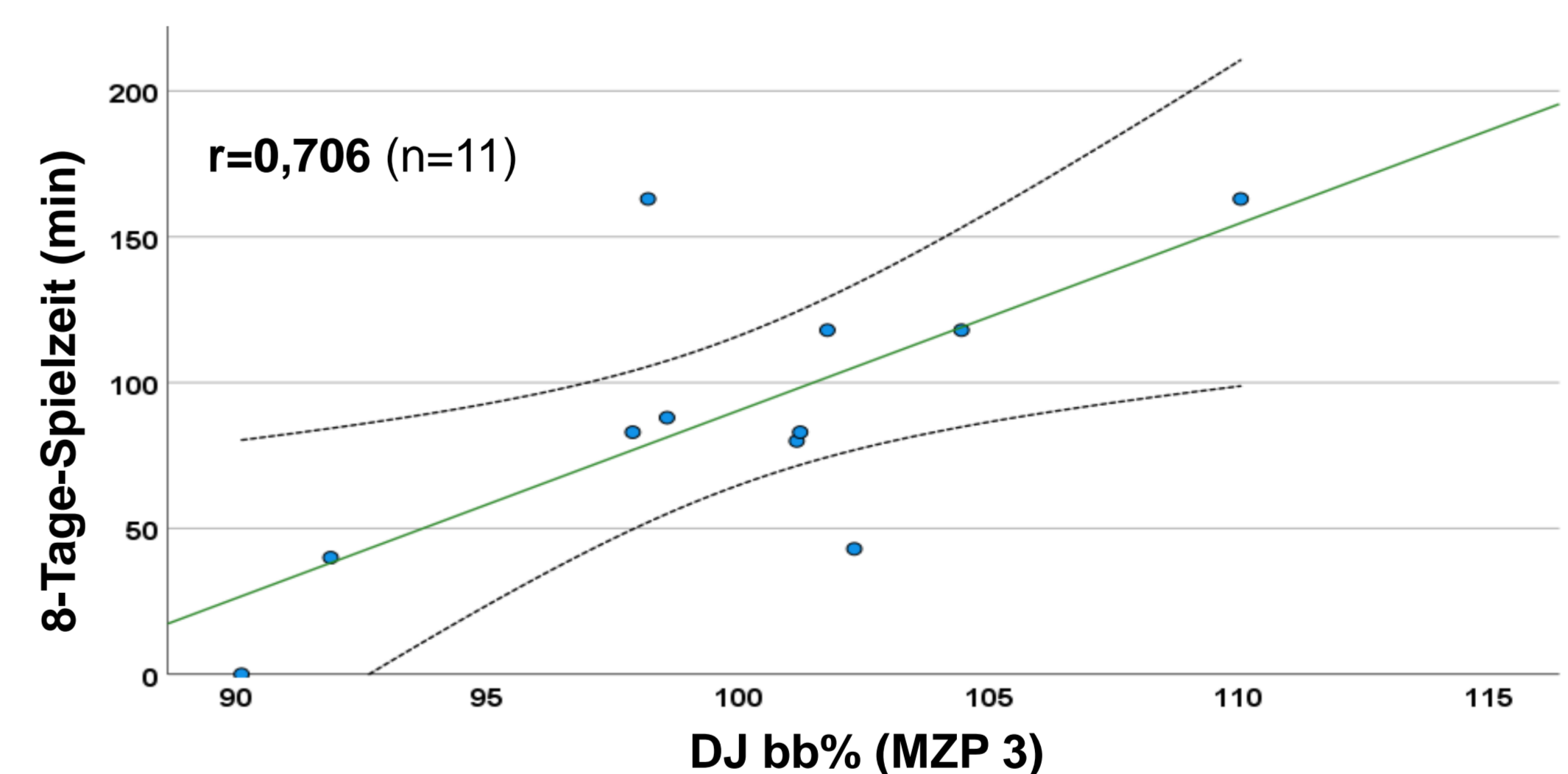


Abb. 3: Korrelationen zwischen der 8-Tage-Spielzeit und dem DJ bb% zum MZP 3.

## Diskussion & Schlussfolgerung

Die untersuchten leistungsphysiologischen Parameter konnten nur teilweise die erfahrene Spielbelastung der Probanden widerspiegeln. Unter den Laborparametern zeigten lediglich das CRP sowie die LDH einen Zusammenhang mit der Spielbelastung. Auch die Sprunghöhe (Drop Jumps) nahm bei steigender Spielbelastung zu, was jedoch nicht mit unserer Hypothese („eine hohe Spielbelastung äußert sich in einer verringerten Reaktivkraft“) konform geht. Aufgrund der relativ geringen Probandenzahl sowie Frequenz an Messtagen ist die Aussagekraft dieser Ergebnisse jedoch limitiert. Zudem können einige Faktoren wie Gesundheitsstatus, Schlafdauer, psychische/ emotionale Verfassung und Motivation einen großen Einfluss auf leistungsphysiologische Parameter haben. Die Durchführung großer Studien mit hohen Probandenzahlen und regelmäßigen Messungen ist im Leistungssport jedoch aufgrund des hohen Leistungsdrucks und der limitierten Anzahl an Sportlern problematisch.

Es konnten keine leistungsphysiologischen Parameter identifiziert werden, welche die zugrundeliegende Belastung zuverlässig widerspiegeln. Dennoch bestanden relevante Zusammenhänge zwischen der Spielzeit und CRP sowie LDH. Auch zeigten sich Veränderungen der Sprunghöhe mit steigender Spielbelastung. Die Validierung dieser Parameter ist jedoch Gegenstand weiterer Forschung.