

Niklas Brown/Sascha Schlechtweg/Wilfried Alt

# AUTOMATISIERTES KRAFTTRAININGSMONITORING

## Möglichkeiten zur objektiven Protokollierung und Steuerung von Belastung und Beanspruchung

Ursache-Wirkung-Beziehung von Training und Leistung lässt sich nur bei Kenntnis von Leistungs- und Trainingskennwerten beschreiben. Auf der Basis einer detaillierten Trainingsprotokollierung können ungenutzte Potenziale im Training aufgedeckt und damit eine positive Leistungsentwicklung gefördert

werden. Jedoch ist die detaillierte Protokollierung mit hohem zeitlichen und organisatorischen Aufwand verbunden, zudem lassen sich viele Parameter nicht manuell erheben. Auf Basis der Erkenntnisse aus einem vorherigen Projekt an der Universität Stuttgart wird im Rahmen der KINGS-Studie ein Smartphone-

App-basiertes Verfahren entwickelt, das die Protokollierung organisatorisch vereinfacht und zudem die Aufzeichnung vieler objektiver Trainingsparameter (z. B. Wiederholungszahl, Pausendauer etc.) ermöglicht.

Eingegangen: 16.9.2016

### 1. Einleitung

Die Protokollierung von Trainingseinheiten bringt Trainer und Athlet immer wieder vor organisatorische und motivationale Hindernisse und birgt zudem ein großes Konfliktpotenzial zwischen beiden Beteiligten.

Die Wichtigkeit einer detaillierten Trainingsprotokollierung wird zwar von vielen Trainern und Athleten sowie der Sportwissenschaft erkannt, in der Trainingspraxis findet diese aber häufig nur unzureichend statt, sodass Ursache-Wirkung-Beziehungen im Trainingsprozess nur schwierig gefunden werden können. Man kennt zwar die Wirkung – eine Leistungssteigerung oder im schlimmsten Fall eine Verringerung der Leistungsfähigkeit –, sucht man dann aber nach Ursachen für Erfolg oder Misserfolg im Training, kann häufig nur gemutmaßt werden, da detaillierte Trainingsdaten für eine Analyse nicht vorhanden sind.

Dabei ist weder Trainer noch Athlet ein Vorwurf zu machen, denn die Protokollierung von Training nimmt wichtige Zeit des Trainings und gerade im Leistungssport auch der häufig schon geringen Freizeit in Anspruch. Zudem gibt es kaum effektive Methoden, um Training mit ausreichender Qualität zu protokollieren. In der Praxis wird häufig auf manuelle Trainingsprotokolle zurückgegriffen, während inzwischen auch App-basierte Möglichkeiten existieren, die je nach Anbieter komfortabel oder weniger komfortabel sind und daher entsprechenden Zuspruch finden.

Dabei werden in der Regel nur Belastungsparameter protokolliert, die Beanspruchung wird selten mit aufgezeichnet. Der Ausdauerbereich kann zur objektiven Trainingsprotokollierung seit langer Zeit auf physiologische Beanspruchungsparameter wie die Herzfrequenz zurückgreifen. Mit modernen Systemen ist zudem eine sehr exakte Protokollierung von GPS-basierten Distanzen, Höhenmetern, Temperatur etc. möglich. Im Krafttrainingsbereich gibt es hier keine etablierten Möglichkeiten der Trainingsquantifizierung, da z. B. die Herzfrequenz nur geringe Relevanz für das Training hat.

Dieser Artikel soll neue Möglichkeiten der Protokollierung von Krafttraining aufzeigen, die möglichst zeiteffizient im Training eingesetzt werden können und zudem eine zuverlässige und detaillierte Aufzeichnung des Trainings ermöglichen. Damit lässt sich dann die IED-Datenbank (vgl. Hoffmann et al. in diesem Heft auf den Seiten 21-24) mit hochwertigen Daten füllen, sodass auch eine langzeitliche und detaillierte Trainingsauswertung erfolgen kann und die Kombination der beiden Systeme (App und Datenbank) eine optimale Ergänzung darstellt.

### 2. Vorstellung des neuen Verfahrens

Am Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft der Universität Stuttgart wurde zur Protokollierung und Steuerung des Krafttrainings im Leistungssport ein Sensor mit zugehöriger App (KRAFTOMAT-App) entwickelt (vgl. Abbildung 1).

Mit der App ist es möglich, Trainingsdaten nach einer Trainingseinheit manuell zu dokumentieren. Der Athlet kann die Dauer der Einheit, den Trainingsinhalt sowie eine Intensitätsangabe zum Training eingeben. Die Hauptkomponente der App ist aber die direkte Aufzeichnung von Trainingsdaten während des Trainings. Hier können entweder isometrische Halteübungen aufgezeichnet werden oder mittels KRAFTOMAT-Sensor die Übungen protokolliert und hinsichtlich verschiedener Parameter analysiert werden. Der Sensor wird am Hand- oder Fußgelenk des Sportlers befestigt und sendet via BluetoothSmart Beschleunigungsdaten an das in der Nähe befindliche Smartphone. Die Beschleunigungsdaten werden dann mit einem speziellen Auswerte-



Abbildung 1: KRAFTOMAT – Sensor und App

verfahren (Brown, Bichler & Alt, 2015) analysiert und verschiedene Trainingsparameter des eben geleisteten Satzes ermittelt. Dem Athleten werden zunächst die berechnete Wiederholungszahl, die Belastungszeit sowie die exakte Pause vor dem Satz angezeigt. Im Hintergrund wird zusätzlich die Dauer der Bewegung jeweils in der exzentrischen, konzentrischen und isometrischen Arbeitsweise gespeichert. Auch die Pausen zwischen den einzelnen Wiederholungen werden erfasst und ebenso wie der durchschnittliche Bewegungsumfang in einer Datenbank abgelegt. Nach jedem Trainingssatz wird der Sportler um die Eingabe der Intensität des Trainingssatzes gebeten und auch dieser Wert wird gespeichert.

Am Ende der Trainingseinheit können die Daten dann in Form einer Zusammenfassung oder pro Satz ausgewertet und an die IED-Datenbank (siehe Hoffmann et al. in diesem Heft auf den Seiten 21-24) exportiert werden. Weiterhin bietet die App die Möglichkeit, auf die verschiedenen Fragebögen der KINGS-Studie zuzugreifen und diese direkt innerhalb der App auszufüllen.

Neben der reinen Protokollierung der einzelnen Trainingsparameter wurde eine Ermüdungserkennung in das Auswerteverfahren integriert. Anhand der Verlängerung der konzentrischen Kontraktionsdauern und der Verringerung des Bewegungsimpulses kann eine objektive Abschätzung der Ermüdung erfolgen. Dieses Verfahren wurde anhand einer Studie mit 20 Probanden entwickelt (Brown, Bichler, Fiedler & Alt, 2016). Ein spezielles statistisches Verfahren in der App unterscheidet ermüdende und nicht-ermüdende Trainingssätze. Darüber kann neben der Abfrage der Trainingsintensität nach dem Satz eine objektive Abschätzung der Beanspruchung erfolgen.

Zusätzlich zur Trainingsprotokollierung wurde eine automatisierte Trainingssteuerung entwickelt. Diese vergleicht die geleisteten Pausenzeiten, Wiederholungszahlen und die erreichte Ermüdung mit dem Trainingsziel und passt bei Abweichungen die Trainingslast und die Pausendauer an. Diese automatisierte Trainingssteuerung wurde in einer achtwöchigen Studie an 17 Sportstudenten überprüft. Eine Gruppe (Interventionsgruppe) trainierte dabei mit der automatisierten Trainingssteuerung, die andere Gruppe (Kontrollgruppe) nach einem klassischen Trainingsplan. In beiden Gruppen wurde ein Hypertrophietraining mit dem 8 bis 12-Wiederholungsmaximum absolviert. Für die Kontrollgruppe wurde die Last immer nach zwei Wochen um 5 % gesteigert, wobei stets mit zwei

Minuten Pause zwischen den Trainingssätzen und Übungen trainiert wurde. Die Interventionsgruppe erhielt keine standardisierte Steigerung, sondern nach jedem Satz Hinweise zur Änderung der Pausendauer oder des Trainingsgewichts – je nach Erfüllung der Trainingsziele. Konnten z. B. mit dem gewählten Gewicht keine acht Wiederholungen erreicht werden, wurde zunächst die Pause verlängert. Konnte das Trainingsziel (8 bis 12 Wiederholungen der gewählten Last) weiterhin nicht erreicht werden, wurde empfohlen, die Last zu verringern. Somit wurden Pausendauer und Last immer der Tagesform und dem aktuellen Ermüdungszustand des Sportlers angepasst. In der Auswertung der Trainingsergebnisse (Muskelvolumen des Oberschenkels, Kraftparameter der Oberschenkelmuskulatur) erreichten beide Trainingsgruppen ähnliche Ergebnisse. In einigen Parametern zeigte die Interventionsgruppe allerdings eine größere Steigerung z. B. des Muskelvolumens. Eine automatisierte Trainingssteuerung war also im Trainingseffekt mindestens gleichwertig, teilweise sogar besser als die klassische und sehr aufwändige Trainingsplanung. Die Umsetzung dieser Trainingssteuerung in weiteren Entwicklungsschritten steht allerdings noch aus, ist derzeit also in der KRAFTOMAT-App noch nicht verfügbar.

Eine große Herausforderung bei der sensorbasierten Trainingsprotokollierung ist die Bedienung von Sensor und App während des Trainings. Häufig sind die Hände an der Hantel und können nur schwierig die Sensoraufzeichnung starten und stoppen. Um diese Problematik zu umgehen, wurde ein spezielles Bedienkonzept entwickelt. Der Sportler schaltet den Sensor manuell „scharf“, indem er einen Knopf am Sensor oder am Smartphone drückt. Damit wird die Bewegungsbereitschaft angezeigt, die Bewegungsdaten werden aber noch nicht gemessen. Wird der Sensor dann zwei Sekunden ruhig gehalten, wird dies durch den Algorithmus erkannt und die Messung beginnt. Der gleiche Algorithmus wird für die Beendigung der Aufzeichnung verwendet. Hier kann der Sportler die Messung durch erneutes Stillhalten des Sensors (2 s) beenden oder aber einen Knopf am Sensor oder Smartphone betätigen. Die Analyse der gemessenen Daten erfolgt direkt im Anschluss und die Ergebnisse werden dem Sportler sofort zurückgemeldet.

### 3. Zusammenfassung

Das vorgestellte Verfahren soll eine möglichst geringe Beeinträchtigung bei möglichst detaillierter Protokollierung des Trainings sicherstellen. Mit der KRAFTO-

MAT-App können neben Belastungs- auch Beanspruchungsparameter protokolliert werden und somit kann eine umfassende Quantifizierung des Trainings erfolgen. Trainer und Athleten werden dadurch bei der Gestaltung des Trainings, der Analyse von Saisonverläufen und der eventuellen Anpassung des Trainings bestmöglich unterstützt. Durch die Verwendung moderner Technologien ist der Einstieg für die untersuchten jugendlichen Sportler besonders leicht, zudem kann die App durch die Nutzung der offiziellen App-Stores schnell und unproblematisch an die Studienteilnehmer ausgegeben werden. Für die KINGS-Studie bedeutet die objektive Aufzeichnung der Trainingsdaten einen enormen Vorteil im Vergleich zu anderen Krafttrainingsstudien und ermöglicht eine umfassende Analyse des Belastungs-Beanspruchungsgefüges der teilnehmenden Sportler.

### Literatur

- Brown, N., Bichler, S. & Alt, W. (2015). Detecting repetitions and time features in resistance training using triaxial accelerometry. *Sports Technology*, Epub (01 Sep 2015), 1-9 (doi:10.1080/19346182.2015.1064935).
- Brown, N., Bichler, S., Fiedler, M. & Alt, W. (2016). Fatigue detection in strength training using three-dimensional accelerometry and Principal Component Analysis. *Sports Biomechanics/International Society of Biomechanics in Sports*, 15 (2), 139-150.

### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Wilfried Alt, Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft, Allmandring 28, 70569 Stuttgart  
E-Mail: wilfried.alt@inspo.uni-stuttgart.de

### Summary

#### Automated monitoring of strength training: possibilities of objective documentation and control of stress and strain

Using a special app, it is possible to record not only load but also stress parameters, which enables a comprehensive quantification of training. This way it is possible to support athletes and coaches while organising and controlling training and analysing the season.