

Entwicklung eines integrierten Messsystems zur Bestimmung von Beschleunigung und Geschwindigkeit beim Speerwerfen

R. Warnemünde (Projektleiter), U. Schmucker

Fraunhofer–Institut Fabrikbetrieb und –automatisierung (IFF)

Abteilung Intelligente Sensorsysteme

1 Problem und Zielstellung

Für die Erzielung einer maximalen Wurfweite beim Speerwerfen sind die Parameter Abwurfgeschwindigkeit sowie Abwurf- und Anstellwinkel von entscheidender Bedeutung. Maßgeblichen Einfluss auf die Abwurfgeschwindigkeit und die damit erzielbare Wurfweite haben u.a. Kraft, Schnellkraft und Wurftechnik des Probanden. Während des Speerwurftrainings können derartige Parameter nur subjektiv durch Beobachtung bzw. durch spezielle Messeinrichtungen (z.B. einem Tensorspeer – Wurf eines kabelgebundenen Speers in ein Netz) ermittelt werden. Das Ziel des vorliegenden Projektes bestand darin, ein Messsystem zu entwickeln, welches eine objektive Bewertung des Wurfs durch Bestimmung des Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsverlaufs während des Anlaufs bis zum Abwurf ermöglicht. Das Messsystem sollte im Speer integriert und frei von einer Verkabelung während des Wurfes sein.

2 Lösung

Gesamtsystem

Das System zur Bestimmung des Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsverlaufs basiert auf einer sensorischen Erfassung und Aufzeichnung der Beschleunigung des Speers in seiner Längsrichtung vom Anlauf bis zum Abwurf. In Abbildung 1 ist das Gesamtsystem dargestellt. Es besteht aus einer in den Speer integrierten Messelektronik, einem PC-Programm zur Visualisierung der Ergebnisse sowie zur Steuerung der Messelektronik. Mit Hilfe eines Adapterkabels erfolgt eine Verbindung von Speerelektronik zum PC/Laptop bzw. zum Ladeadapter.

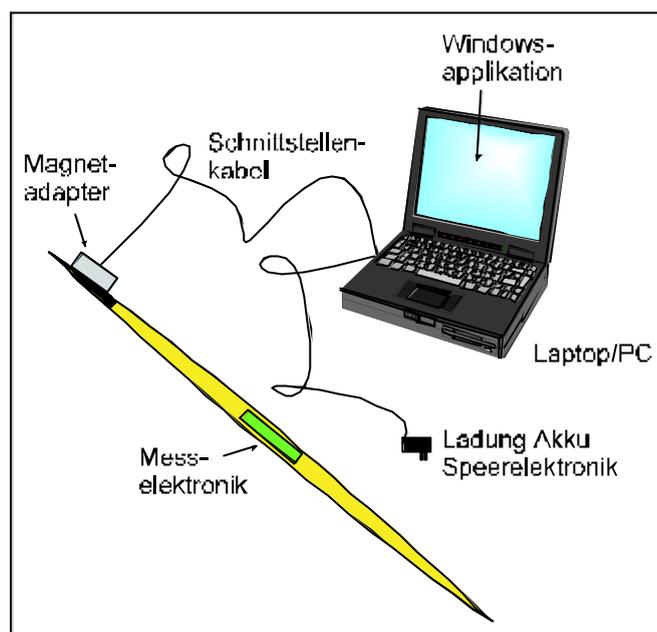


Abb. 1: Gesamtsystem

Analyse

Im Rahmen der Arbeiten wurde zunächst die Anlauf- und Abwurfphase beim Speerwerfen theoretisch untersucht. Dazu wurden vom Olympiastützpunkt Halle/Magdeburg zur Verfügung gestellte Messdaten aus Versuchen mit einem Tensorspeer analysiert. Mit Hilfe einer Signalanalyse wurden die notwendigen Größen für Amplitude, Abtastfrequenz und Aufzeichnungsdauer für eine messtechnische Erfassung abgeleitet. Weiterhin wurde ein mechanisches Modell mit einem Beschleunigungssensor mit aktiver Richtung in Längsrichtung des Speers entwickelt. Das Modell geht davon aus, dass auf den Sensor die Beschleunigung aus Anlaufbewegung und Wurfarmführung wirken. Eine weitere Komponente resultiert aus der Anstellung des Wurfgerätes während des Anlaufes durch die Wirkung der Erdgravitation (Winkel zwischen Erdoberfläche und Speer $\neq 0$). Diese Komponente beeinflusst die Längsbeschleunigung nur geringfügig, sie ist um eine Größenordnung kleiner als die von der Speerbewegung herrührenden Komponenten. Das Modell berücksichtigt diese durch einen mittleren Anstellwinkel und die daraus resultierende Beschleunigungskomponente über die gesamte Anlaufphase.

Messelektronik im Speer

Die elektronische Schaltung besteht aus einem Mikrocontroller, einer Anlogschaltung zur Verarbeitung der Sensorsignale, einer Spannungsversorgung und einer Schnittstelle zur Kommunikation mit dem PC/Laptop. Weiterhin besteht die Schaltung aus einer Elektronik zur softwaregestützten Ein- und Ausschaltung (kein Ein-/Aus-Schalter am Speer). Zur Mes-

sung der Beschleunigung wurde ein monolithisch integrierter Beschleunigungssensor mit einem Messbereich von $\pm 50\text{g}$, einer Bandbreite von 1000 s^{-1} sowie einer Schockfestigkeit von 1000g eingesetzt. Die Mikrocontrolleralgorithmen zur Messwertaufzeichnung sowie zur Kommunikation wurden in der Programmiersprache C implementiert. Die Messelektronik zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus:

- Aufzeichnung der Beschleunigung mit einer dynamischen Bandbreite von ca. 100 s^{-1} ;
- Abspeicherung von Messwerten eines Wurfs mit 1500 Messwerten bei einer Abtastfrequenz von 500 s^{-1} (Aufzeichnungsdauer 3 s);
- Akkubetrieb mit einer Betriebsdauer ohne Nachladung bis zu zwei Stunden;
- nur geringe Gewichtsänderung bei unverändertem Masseschwerpunkt;
- softwarebasiertes Ein- und Ausschalten;
- Integration der gesamten Elektronik in das Speerrinnere;
- Verschmutzungsresistente Schnittstelle zur Kommunikation;
- hohe Schockfestigkeit (Speerlandung);
- keine mechanischen Veränderungen am Speerrumpf (Bruchgefahr durch extreme mechanische Belastung beim Wurf).

Laptop-Applikation

Die entwickelte PC-/Laptop-Applikation dient der Steuerung der Messelektronik sowie der Visualisierung und Archivierung der Messergebnisse. Ein Screenshot der Bedienoberfläche ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Archivierung der Ergebnisse basiert auf einer Verwaltung von Messreihen (mehrere Würfe) und Probanden.

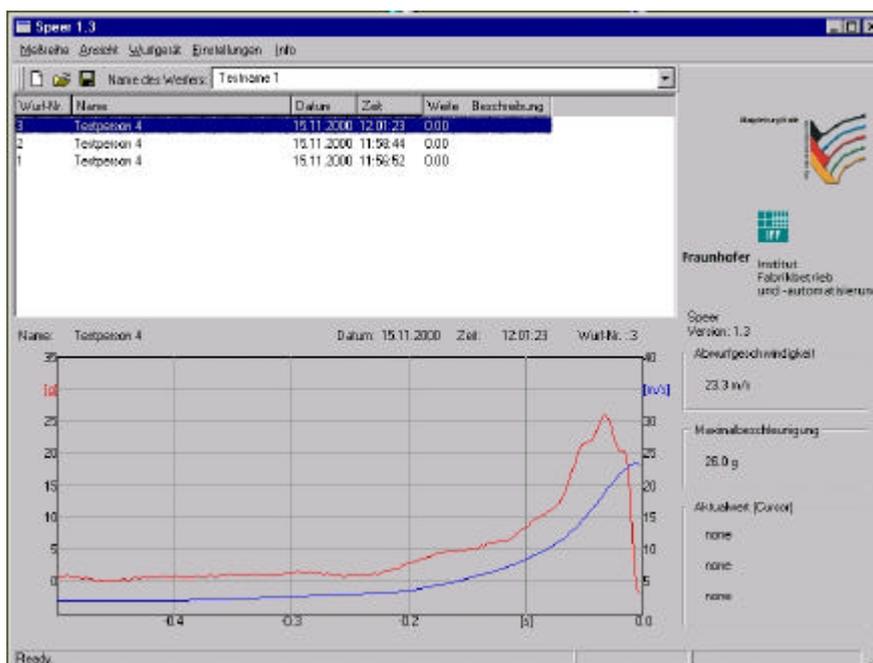


Abb. 2: Screenshot der PC

Die Visualisierung der Ergebnisse erfolgt durch die grafische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Längsbeschleunigung sowie der daraus numerisch bestimmten Momentangeschwindigkeit. Weiterhin werden die Maximalbeschleunigung und die Abwurfgeschwindigkeit ausgegeben. Durch Positionierung eines Cursors können für die entsprechende Zeit die Aktualwerte der Kurve abgelesen werden.

3 Ergebnisse

Das entwickelte System stellt ein effektives Instrumentarium zur Trainingsunterstützung beim Speerwerfen dar. Durch die Integration der Messtechnik in das Speerinnere erfolgt keinerlei Beeinträchtigung des Probanden beim Wurf und ermöglicht somit ein realitätsnahes Training und eine objektive Bewertung eines Wurfes. Durch die Dokumentation der Ergebnisse ist sowohl die Leistungsentwicklung eines Athleten als auch der Vergleich untereinander möglich.

Das System schafft die Möglichkeit, die subjektiven Einschätzungen des Trainers durch objektive Aussagen zu qualifizieren und Einblicke in das Ursachengefüge zu geben. Aus den Kurvenverläufen können u.a. folgende Merkmale abgeleitet werden:

- Wurfverzögerung mit spätem Armeinsatz und gutem Spannungsaufbau (Beginn des Anstiegs der Beschleunigungskurve in der Hauptbeschleunigungsphase),
- die Endbeschleunigung (Lage des Beschleunigungsmaximums),
- die Explosivität des Wurfes (Steilheit der Beschleunigungskurve) und
- die aerodynamische Qualität des Wurfes (aus dem Verhältnis von Wurfweite und Abwurfgeschwindigkeit).

Durch Bewertung und Analyse der Wurfcharakteristik eignet sich das System gut zur Sichtung im Nachwuchsbereich.

4 Anwendung

Das Messsystem wurde gemeinsam mit dem Olympiastützpunkt Magdeburg/Halle entwickelt. Das Gerät wird seit der Beendigung des Projektes im Dezember 2000 erfolgreich im Trainingsbetrieb eingesetzt.