

## ■ Weiter, schneller, genauer!

Auch bei der diesjährigen Olympiade kommt es wieder darauf an, die Weiten und Zeiten der Athleten genau zu vermessen.

Auf die Plätze – fertig – los! Die Olympischen Spiele in Peking stehen vor der Tür, und wie immer sind Höchstleistungen und neue Rekorde von den Athleten zu erwarten. Entscheidend für eine Position auf dem Treppchen sind häufig nur wenige Hundertstelsekunden bzw. wenige Millimeter. Um diese möglichst genau zu messen, kommen schon seit einigen Jahrzehnten elektronische und optische Verfahren zum Einsatz, die auch eine schnelle Datenverarbeitung und Analyse erlauben.

Während beim Schulsport und bei Amateurwettbewerben Wurf- und Sprungweiten noch mit dem Maßband gemessen werden, vertraut man bei Profiwettkämpfen wie Olympia auf elektro-optische Instrumente, um zu ermitteln, wie weit ein Diskus, eine Kugel, ein Speer oder ein Hammer geflogen sind. In diesen Tachymetern (griech. *tachys*, schnell) sind digitale Theodolite, also Winkelmesser, mit elektronischen Distanzmessern kombiniert, die mit (nah



Bei den Wurfwettkämpfen wie hier beim Kugelstoß kommen Tachymeter zum Einsatz, die freie Sicht auf das Wurf-

feld benötigen. Die genaue Wurfweite lässt sich dann recht einfach geometrisch berechnen.

infrarotem Licht die geworfenen Distanzen bestimmen. Während des Wettkampfs benötigt der Tachymeter freie Sicht auf das Wurfelfeld (Abb. oben). Die Messung beruht auf der Triangulation, also auf der Erkenntnis, dass die Längen zweier Seiten eines Dreiecks und der dazwischen liegende Winkel genügen, um die Seitenlänge des noch fehlenden Schenkels zu berechnen.<sup>1)</sup>

Hat der Athlet geworfen, positioniert ein Kampfrichter im Aufschlagpunkt ein Tripel-Prisma. Ein zweiter Kampfrichter richtet das Tachymeter darauf aus und löst per Knopfdruck die Messung aus: Der vom Tachymeter ausgesandte Laserstrahl wird am Prisma so reflektiert, dass einfallender und ausfallender Strahl parallel verlaufen. Ein Sensor im Tachymeter detektiert das reflektierte Signal, und eine Software rechnet die ermittelte Laufzeit in eine Entfernung  $D$  um (Abb. 1).

Bereits vor dem Wettkampf wurde mit dem Tachymeter der Mittelpunkt des Wurfkreises angepeilt und seine relative Position zum Instrumentenmittelpunkt sowie die Distanz  $P$  bestimmt. Über den Kosinussatz  $(W+r)^2 = P^2 + D^2 - 2PD \cos \alpha$  lässt sich nun aus den bekannten Werten die

exakte Wurfweite  $W$  des Athleten bestimmen – und das prinzipiell bei Entfernungen von z. B. 75 Meter auf bis zu zwei Millimeter genau! Diese hohe Genauigkeit ist möglich, da innerhalb weniger Sekunden mehrmals gemessen wird. Man rundet dabei generell auf den Zentimeter, da sich die Aufschlagstelle des Objekts nur selten genauer definieren lässt. Zwar ist es auch mit Maßbändern möglich, solche Weiten zentimetergenau zu bestimmen. Allerdings arbeitet die opto-elektronische Methode wesentlich schneller und zuverlässiger.

### Schneller als ein Wimpernschlag

Da bei Kurzstreckenläufen zwischen dem Gewinn einer Gold- oder Silbermedaille oft nicht einmal die Dauer eines Wimpernschlages liegt, muss die Zeitnahme sehr genau sein. Auch heute noch startet das akustische Signal einer Pistole alle Rennen. Allerdings ist die moderne Startpistole verkabelt und löst über ein digitales Signal eine elektronische Zeitmessung in einem vernetzten Computersystem aus. Überqueren die Leichtathleten die Ziellinie, so unterbrechen sie die dort positionierten Lichtschranken, und ein elektrisches Signal

1) vgl. Physik Journal, Juni 2005, S. 58

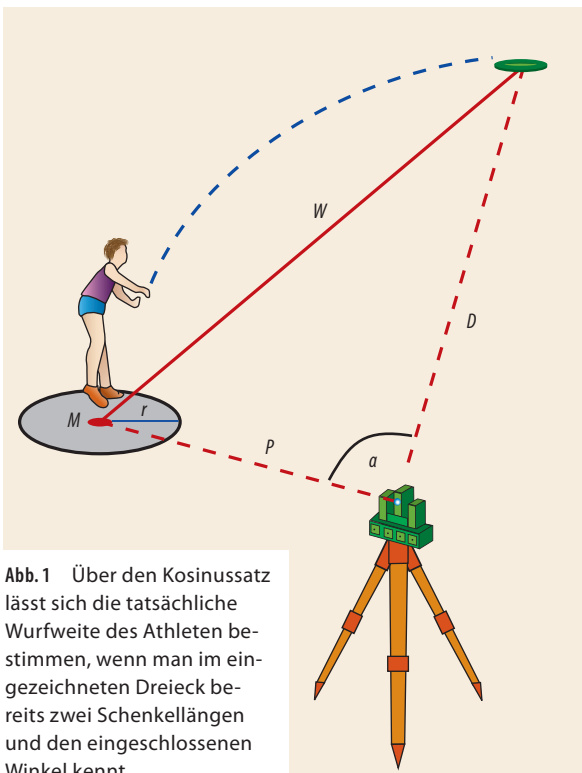


Abb. 1 Über den Kosinussatz lässt sich die tatsächliche Wurfweite des Athleten bestimmen, wenn man im eingezeichneten Dreieck bereits zwei Schenkellängen und den eingeschlossenen Winkel kennt.

stoppt die Zeit des jeweils einlaufenden Sprinters. Solche Lichtschranken besitzen Reaktionszeiten von etwa  $300 \mu\text{s}$  und erlauben eine Genauigkeit von Tausendstelsekunden. Allerdings spielt diese eher in der Formel 1 oder bei Bobrennen eine Rolle als in der Leichtathletik.

### Das Foto-Finish entscheidet

Aber was passiert, wenn wie bei der Leichtathletik-WM 2007 in Osaka im 100-m-Lauf gleich sechs Sprinterinnen binnen weniger Hundertstelsekunden über die Ziellinie laufen? Sollte der Sieger mit dem bloßen (Kampfrichter-)Auge nicht zu erkennen sein, schlägt die Stunde der Hochgeschwindigkeitskameras, die am Zieleinlauf positioniert sind.

Dabei handelt es sich um CCD-Zeilenchips, welche die ersten Millimeter der Ziellinie und des darüber liegenden Bereichs rund tausendmal pro Sekunde fotografieren. Jede einzelne Aufnahme stellt also eine Art Zeitscheibe dar, die für die Dauer einer Tausendstelsekunde den kleinen Bereich des Zieleinlaufs zeigt. Reiht man diese Aufnahmen im Computer aneinander, ergibt sich ein Bild, in dem als  $x$ -Achse die Zeit eingetragen ist, sodass man die zeitlichen Abstände zwischen den Athleten direkt ablesen kann. Per Mausklick wird die Brust der einlaufenden Sportler als entscheidender Körperteil markiert und so seine persönliche Zeit bestimmt (Abb. 2).

Diese Darstellung hat nichts gemein mit traditionellen Foto-Finish-Aufnahmen der Vergan-



**Abb. 2** Die Hochgeschwindigkeitskamera scannt in extrem kurzen Zeitintervallen die Ziellinie ab. Setzt man diese Einzelscans zu einem Bild zusammen, erkennt man links leicht den Sieger des Rennens.

genheit, die nur einen Moment des Zieleinlaufs festgehalten haben. Die modernen Aufnahmen zeigen den kontinuierlichen Zeitverlauf, während ein Sprinter nach dem anderen die Ziellinie überquert.

### Schummeln gibt es nicht

Um Frühstartern ein Bein zu stellen, sind die Startblöcke mit einem Touchpad ausgerüstet, das auf den Druck des Antritts reagiert. Da das zentrale Nervensystem mehr als eine Zehntelsekunde benötigt, um

auf das akustische Startsignal zu reagieren, muss laut Reglement zwischen dem Startsignal und dem Antritt aus dem Startblock mindestens diese Zeitspanne vergehen. Wenn der Sprinter aus dem Block stürmt, drückt er auf das Touchpad, das ein elektrisches Signal an das überwachende Computersystem schickt. Erfolgt der Antritt zu schnell, wird der Lauf abgebrochen.

Beim Schwimmen sind solche Touchpads als Anschlagmatten an den Stirnseiten des Beckens – größtenteils unter der Wasseroberfläche – eingelassen. Schlägt der Schwimmer an der Matte an, stoppt er seine Zeit selbst. Gleichzeitig kontrollieren die Matten, ob der Schwimmer die Wende korrekt ausführt.

Beim Marathon haben neue Messmethoden in Form von Transpondern Einzug gehalten, die mittels elektromagnetischer Wellen Objekte eindeutig identifizieren (RFID-Technologie<sup>2)</sup>). Jeder Läufer trägt einen Transponder am Schuh, der Funksignale drahtlos empfangen und senden kann. Solche Transponder kontrollieren u. a. in Skipässen den Zugang zum Skilift.<sup>3)</sup> Während des Laufs passieren die Läufer eine Reihe von Antennen, die den Transponder aktivieren, der daraufhin einen eindeutigen Code an die Empfangsstation sendet. Damit lassen sich die Zeiten der Läufer in bestimmten Abständen über die gesamte Strecke aufzeichnen.

Die Technik steht also bereit. Nun ist es an den Athleten, neue Weltrekorde aufzustellen.

Katja Bammel

2) RFID ist die Abkürzung für Radio Frequency Identification

3) vgl. Physik Journal, Dezember 2002, S 64

Dr. Katja Bammel, science & more redaktionsbüro, kb@science-and-more.de