

ANDREAS MEIER · CORINA TOMA

# HANDSPIEL



 Biomechanik, Bewegung, Beschleunigung, Energie, Kraft, Reaktionsdauer, Oberfläche

 Physik, Biologie, Mathematik, Sport

 10–18 Jahre

Diese Unterrichtseinheit kann für Schüler unterschiedlicher Altersstufen genutzt werden, vorwiegend in Sekundarstufe 1 und 2. Teilweise ist sie auch für Grundschüler geeignet. Alle Teile lassen sich an unterschiedliche Niveaus anpassen.

### 1 | ZUSAMMENFASSUNG

Diese Unterrichtseinheit enthält Aspekte und Aktivitäten rund um den Einsatz der Hände und Arme im Fußballspiel. Sie ist in drei Abschnitte unterteilt:

1. Typische Bewegungen eines Fußballspielers
2. Vergrößerung der Körperfläche
3. Reaktionszeit der Spieler

Außerdem soll diese Unterrichtseinheit die Schüler dazu ermutigen, neue Beobachtungsmethoden zu entwickeln.

### 2 | VORSTELLUNG DES KONZEPTS

Fußball ist ein sehr athletischer und dynamischer Sport. In den letzten Jahrzehnten hat die Intensität dieses Sports beträchtlich zugenommen. Ausdauer, Geschwindigkeit und schnelle Reaktionen sind typische Fußballfertigkeiten, die jeder Spieler in einem normalen Spiel, aber auch im Training koordinieren muss. Ein Spieler muss seine Arme und Hände einsetzen, um bessere Leistung zu bringen, schneller zu laufen und höher zu springen. Deshalb kann es passieren, dass ein Spieler während des Spiels den Ball absichtlich oder aus Versehen mit der Hand berührt.

Als kurze Einleitung möchten wir einige Fakten über die Beziehung zwischen der Hand und dem Fußball präsentieren. Sehen wir uns zunächst kurz die FIFA-Regel 12<sup>[1]</sup> an, die besagt, dass ein Handspiel vorliegt, „wenn ein Spieler den Ball mit seiner Hand oder seinem Arm absichtlich berührt“. Spieler dürfen also den Ball nicht absichtlich mit der Hand berühren. Eine Ausnahme stellt die sogenannte „natürliche Handhaltung“ dar.

Letztlich muss der Schiedsrichter entscheiden, ob ein Kontakt „natürlich“ war oder nicht, bzw. ob er absichtlich erfolgte oder nicht. Wenn man Fußballspiele im Stadion oder im Fernsehen verfolgt, dann weiß man, dass diese Spontanentscheidungen zu hitzigen Debatten führen können. Manche Handspielentscheidungen haben schon den Spielverlauf entscheidend verändert. Das berühmteste Beispiel für ein Handspiel ist mit Sicherheit das Tor von Diego Maradona für Argentinien im Viertelfinale der FIFA Weltmeisterschaft 1986 in Mexiko gegen England. Diese „Hand Gottes“ führte letztendlich dazu, dass Argentinien 1986 Weltmeister wurde.<sup>[2]</sup> Im Qualifikationsspiel zwischen Irland und Frankreich bescherte Thierry Henry 2009 der französischen Mannschaft per Handspiel ein Tor. Dies zog eine Zahlung der FIFA

von 5 Millionen Euro an den irischen Fußballverband (FAI) nach sich.<sup>[3], [4]</sup>

Diese beiden Beispiele zeigen, dass Arme und Hände in einem Fußballspiel eine entscheidende Rolle spielen können. Sie können diese Begebenheiten aus der Fußballgeschichte dazu nutzen, Ihre Schüler zu motivieren, sich einmal genauer mit dem Einsatz der Hand im Fußball zu beschäftigen.

### 2 | 1 Bewegung

Wie bereits erwähnt, spielt die Dynamik in einem Fußballspiel eine wichtige Rolle. In einem ersten Schritt möchten wir uns auf die ergonomischen Aspekte der Bewegungen eines Spielers konzentrieren, genauer gesagt auf zwei typische Arten von Bewegung, die vom Spieler in einem Fußballspiel koordiniert werden müssen: Laufen und Springen.

Alle Beobachtungen lassen sich mit Hilfe von Messgeräten wie Maßband und Stoppuhr ganz leicht dokumentieren. Wenn die Schüler zusätzlich Digitalkameras oder Smartphones und Videoanalyse einsetzen, dann können die Ergebnisse zur weiteren Untersuchung von Bewegung, Beschleunigung, Kraft, Energie und Leistung eingesetzt werden.

Für schnellere Bewegungen und höhere Sprünge braucht man seine Hände. Das liegt daran, dass die Pendelbewegung der Arme die Bewegung in den Hüften sowie den Umfang der Schulterbewegung verringert und so die durch die Beinbewegungen hervorgerufene Rotationsbeschleunigung des Körpers ausgleicht. Wenn man dagegen mit den Armen nah am Körper oder hinter dem Körper läuft, dann führt das zu einer geringeren linearen Geschwindigkeit.<sup>[5]</sup> Dies lässt sich anhand eines Vergleichs der Zeit zeigen, die man mit unterschiedlichen Armbewegungen benötigt, um dieselbe Strecke zu laufen (siehe **ABB. 1**<sup>[6]</sup>).

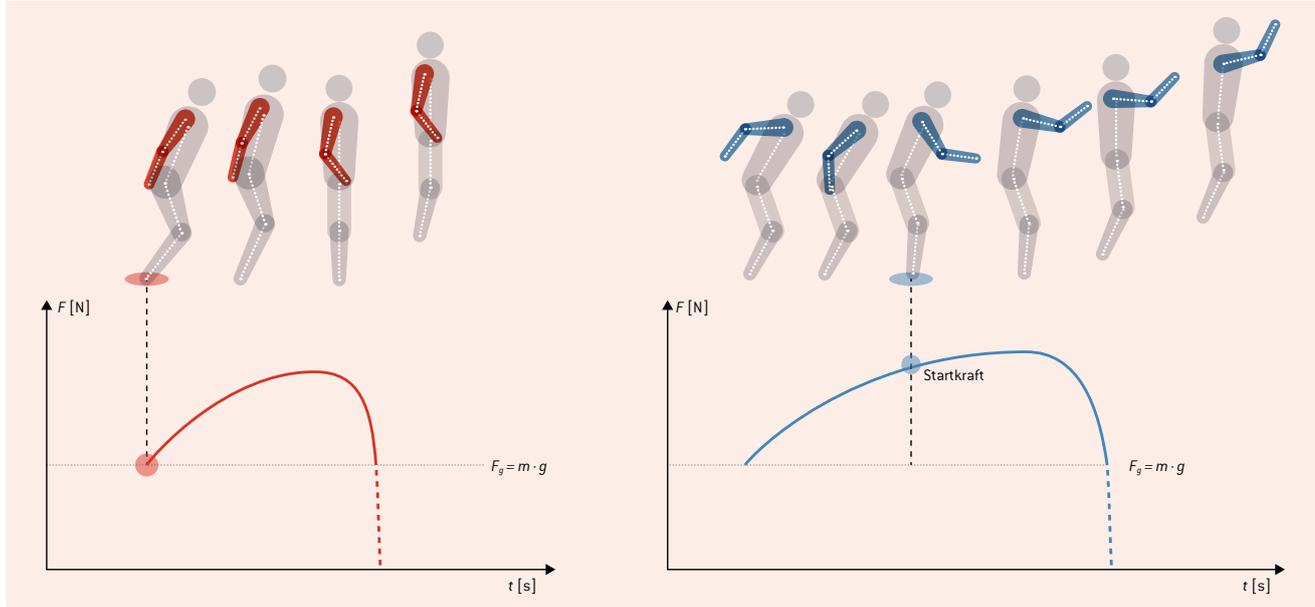
**ABB. 1** Verschiedene Lauftechniken (Strecke  $s = 20$  m)

|                | normale<br>Bewegung<br>Zeit [s] | Arme gerade<br>Zeit [s] | Arme hinter<br>dem Rücken<br>Zeit [s] |
|----------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| <b>Junge</b>   | 3,12                            | 4,03                    | 4,03                                  |
| <b>Mädchen</b> | 4,07                            | 5,03                    | 4,18                                  |

Das biomechanische Konzept der „Startkraft“ erklärt, warum man höher springen kann, wenn man sich durch Schwingen der Arme zusätzlich Schwung verschafft. Durch Messung und Vergleich der Sprunghöhe mit verschiedenen Techniken (Arme eng am Körper, Arme hinter dem Rücken, schwingende Arme) können die Schüler die Auswirkung des Schwungs mit den Armen untersuchen (siehe **ABB. 2**).

Nach der Messung der unterschiedlichen Höhen können die Schüler die Unterschiede zwischen den erreichten Höhen berechnen.

ABB. 2 Kräfte bei verschiedenen Sprungtechniken



Die gewonnene Energie lässt sich so ermitteln:

$$\Delta E_{pot} = m \cdot g \cdot \Delta h.$$

$\Delta E_{pot}$ : gewonnene potenzielle Energie [J]

$m$ : Masse des springenden Schülers [kg]

$g$ : Gravitationsbeschleunigung;  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

$\Delta h$ : Unterschied zwischen den gesprungenen Höhen [m]

Durch Messung der Beschleunigung (z. B. mit Sensoren im Smartphone) können die Schüler die maximalen Kräfte vergleichen und das Verhältnis zwischen der Bewegung und der Beschleunigung im Diagramm darstellen. Mit Hilfe von Videoanalysen können sie die durchschnittliche Leistung bei den verschiedenen Sprungtechniken berechnen:

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{(m \cdot g \cdot h)}{\Delta t}.$$

$\bar{P}$ : durchschnittliche Kraft [W]

$W$ : bei der Steigerung der potenziellen Energie verrichtete Arbeit [J]

$m$ : Masse des springenden Schülers [kg]

$g$ : Gravitationsbeschleunigung;  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

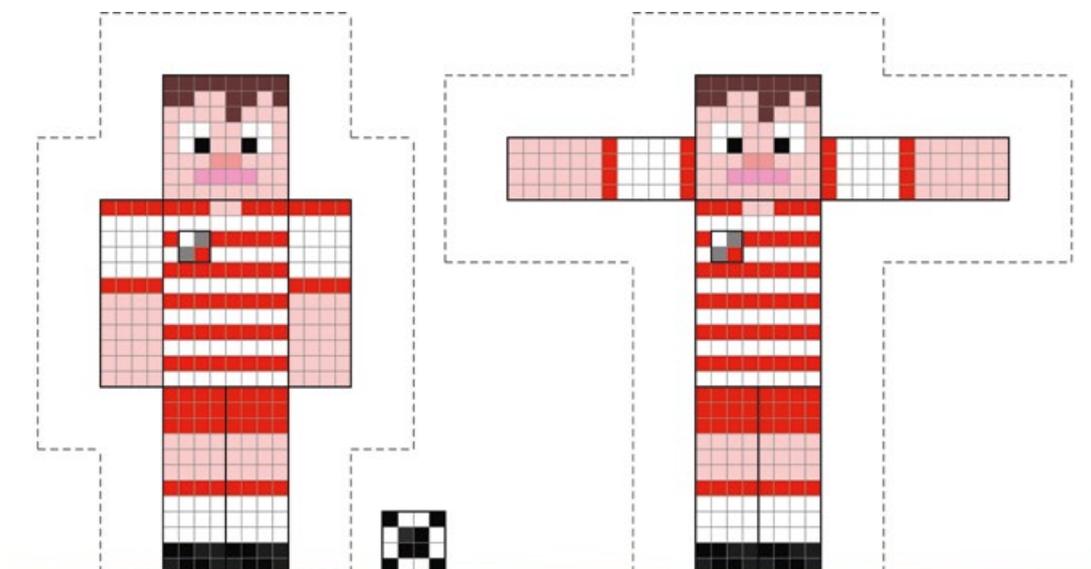
$h$ : Sprunghöhe [m]

$\Delta t$ : Zeit bis zum Strecken der Beine [s] (vom tiefsten Punkt der Bewegung bis zu dem Moment, in dem die Füße den Boden verlassen)

### 2|2 Körperfläche des Spielers

Durch Ausstrecken der Arme vergrößert ein Spieler die Körperfläche, auf die der Ball treffen kann, und erhöht somit seine

ABB. 3 Spielersilhouette – Vergrößerung etwa 17 % der Körperfläche

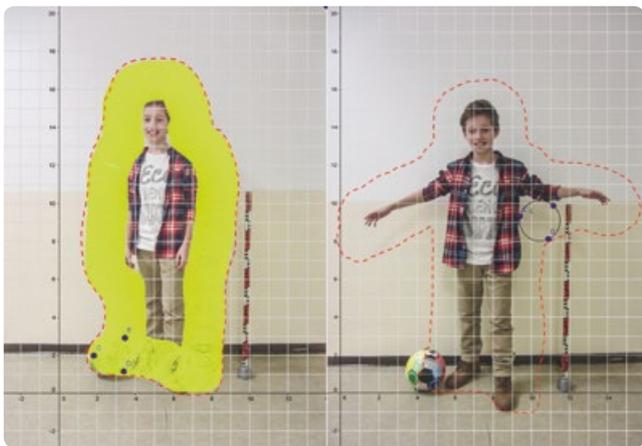


Fähigkeit, einen Pass zu verhindern oder seiner Mannschaft einen Vorteil zu verschaffen. Der prozentuale Anteil der Vergrößerung lässt sich mit mathematischen Methoden einschätzen.

Im ersten Schritt lässt sich die Form des menschlichen Körpers einfach simulieren, indem man z. B. Minecraft-Skins<sup>[7]</sup> erstellt (was den meisten Schülern ein Begriff sein sollte). Die Schüler können ihren Fußballspielern ein individuelles Design geben (siehe **ABB. 3**).

Da der simulierte Körper nur aus Rechtecken besteht, ist es einfach, die Oberfläche zu berechnen, auf die der Ball treffen kann. Die Werte der unterschiedlichen Oberflächen lassen sich vergleichen und der Unterschied kann in Prozent ausgedrückt werden.

Bei einem anspruchsvolleren Ansatz kann man echte Fotos der Schüler analysieren. Die Schüler können mit GeoGebra<sup>[8]</sup> versuchen, die Oberfläche ihres Körpers einzuschätzen, auf die der Ball treffen kann (siehe **ABB. 4**). Diese Methode kann auch eingesetzt werden, damit die Schüler mit Hilfe von Integralrechnung Methoden der numerischen Integration finden können.



**ABB. 4** Abschätzung der Körperfläche mit GeoGebra

### 2 | 3 Reaktionszeit

Um ein Handspiel zu vermeiden, muss ein Spieler seine Hände in einer natürlichen Haltung lassen, wenn er auf die Ballaktionen anderer Spieler und auf die Flugbahn des Balls reagiert. Diese Reaktion hängt von vielen Parametern ab, wie z. B. vom Abstand des Spielers zum Ball, der Geschwindigkeit des Balls und der Reaktionszeit des Spielers. Die Reaktionszeit des Spielers lässt sich mit einem ganz einfachen Experiment berechnen. Die Schüler brauchen nur die Strecke zu messen, die ein fallendes Lineal zurücklegt.

Dieses Experiment kann auch von Grundschulern durchgeführt werden. Sie bekommen dann einfach eine Tabelle zur Auswertung ihrer experimentellen Daten (siehe **ABB. 9**). Das Experiment lässt sich auch durch Berechnung mit Hilfe der Regeln des freien Falls (lineare Beschleunigung) durchführen (siehe auch Unterrichtseinheit „Getränke mit Kick“, S. 30).

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$t = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot h}{g}\right)}$$

t: Reaktionszeit [s]

h: zurückgelegte Strecke [m]

g: Gravitationsbeschleunigung;  $g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

### 3 | AUFGABE DER SCHÜLER

Alle Experimente können auch ohne besondere technische Ausrüstung durchgeführt werden. Zum Einsatz von Videoanalyse oder Smartphones vgl. die Broschüre iStage 2<sup>[9]</sup>.

Grundlegende Formeln, d. h. zur Berechnung der Fläche eines Rechtecks oder zum Ausdruck eines Ergebnisses als Prozentsatz, werden hier nicht erklärt.

#### 3 | 1 Bewegung

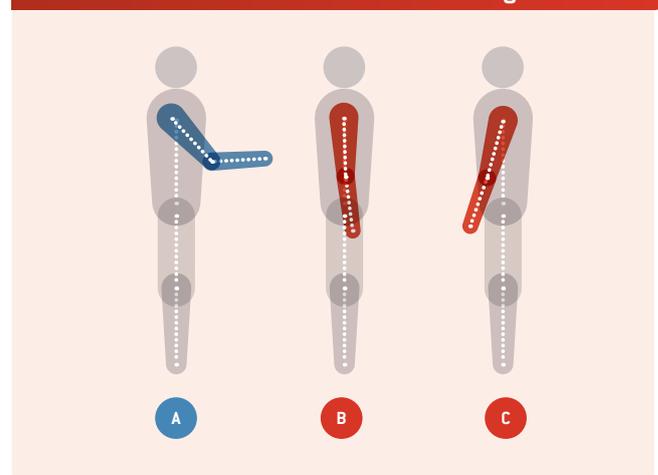
##### 3 | 1 | 1 Wie läuft man schnell?

**Benötigt werden:** Maßband, Stoppuhren, Markierwerkzeug

**Für eine detaillierte Analyse werden benötigt:** eine Digitalkamera oder ein Smartphone, Videoanalysesoftware (z. B. Tracker<sup>[10]</sup>)

- Markierung einer Laufbahn (Länge: 15–20 m) mit klar erkennbarer Start- und Ziellinie. Platzierung eines Startpunkts kurz vor der Startlinie (etwa 5 m).
- Messung der Zeit beim Laufen der Strecke mit folgender Arm- und Handhaltung: A) normale Bewegung, B) Arme gerade nach unten, C) Arme hinter dem Rücken (siehe **ABB. 5**). Die Läufer sollten im fliegenden Start beginnen, d. h. die Startlinie schon in vollem Lauf überqueren.

**ABB. 5** Unterschiedliche Arm- und Handhaltungen



- Die Messung der verschiedenen Laufmethoden (pro Schüler) jeweils dreimal durchführen. Um mehr Daten zu bekommen, laufen zwei oder drei Schüler gleichzeitig.

- Analyse und Vergleich der gemessenen Zeiten (nach Berechnung der Durchschnittszeit für jeden Laufstil (wie in **ABB. 1** dargestellt). Ist man schneller, wenn man seine Hände wie gewohnt einsetzt?)

**Zusätzliche Aktivitäten:**

- Videos von den verschiedenen Läufen drehen. Mit Hilfe des Zeitcodes im Video lässt sich die Zeit des Laufs bestimmen.
- Für Videos zur Analyse mit entsprechender Software wird eine fest installierte Kamera verwendet. Die Software berechnet automatisch die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Schülers im Video.
- Schätzung des Energieverlusts beim Lauf ohne den Einsatz der Hände (Bewegung B und C). Berechnung der Durchschnittsgeschwindigkeit und der kinetischen Energie bei allen drei Bewegungstypen wie folgt:  

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot \bar{v}^2$$

$$E_{kin}: \text{kinetische Energie [J]}$$

$$m: \text{Masse des Schülers [kg]}$$

$$\bar{v}: \text{Durchschnittsgeschwindigkeit [} \frac{m}{s} \text{]}$$
- Analyse weiterer für den Fußball typischer Bewegungen mit den drei Handhaltungen, wie z. B. Richtungswechsel, Loslaufen.

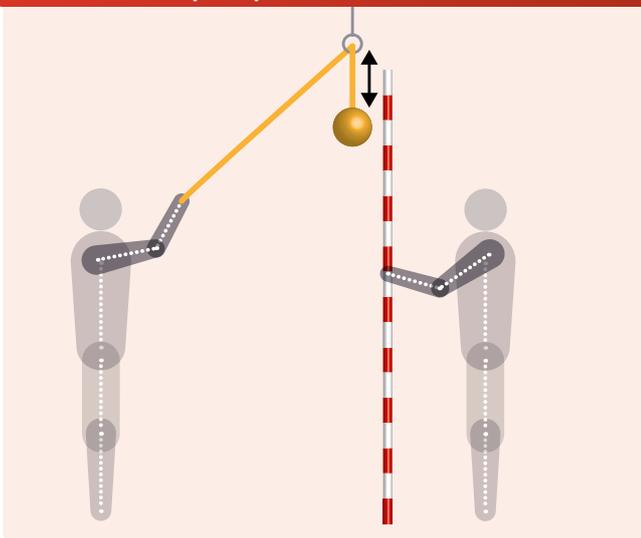
3 | 1 | 2 **Wie springt man hoch?**

**Benötigt werden:** Schnur (oder Seil), ein weicher Ball (oder ein anderer Gegenstand, den man mit dem Kopf stoßen kann), Messlatte

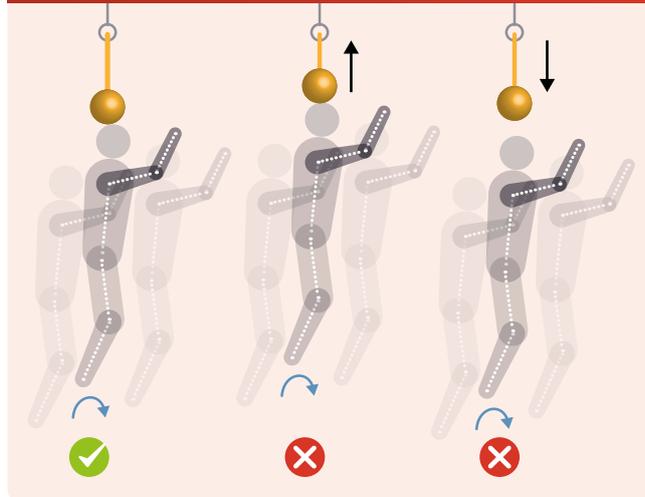
**Für eine detaillierte Analyse werden benötigt:** eine Digitalkamera oder ein Smartphone, Videoanalysesoftware (z. B. Tracker<sup>[10]</sup>)

- Aufbau eines einfachen Kopfballpendels (Schnur, weicher Ball) (siehe **ABB. 6**). Dabei ist darauf zu achten, dass die Höhe des Pendels leicht verstellbar ist.
- Messung der Sprunghöhe mit den Armen in folgenden Positionen: A) Arme gerade nach unten, B) Arme hinter dem Rücken

**ABB. 6 Aufbau Kopfballpendel**



**ABB. 7 Anpassung des Kopfballpendels**



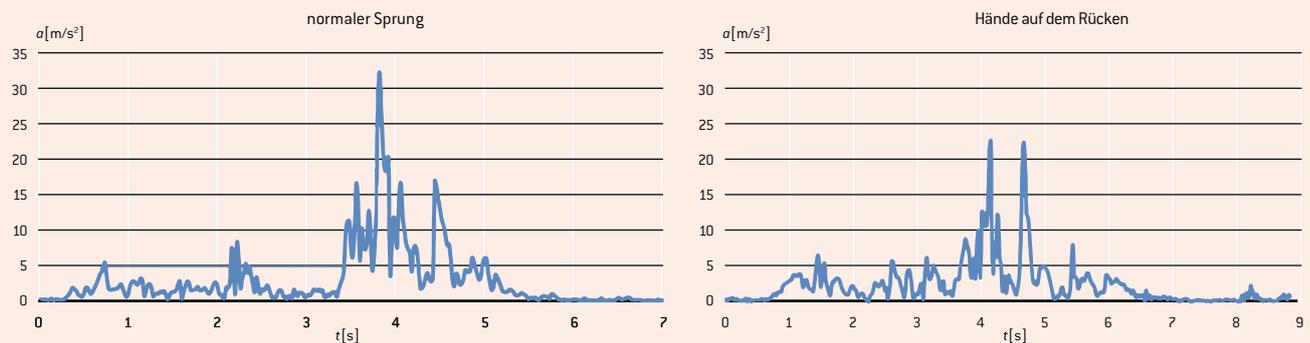
cken, C) Arme frei schwingen (ganz normal). Anpassung der Höhe des Balls, sodass der Schüler ihn darunter stehend nicht mit dem Kopf berühren kann.

1. Der Schüler stellt sich direkt unter den Ball.
2. Er springt und versucht, den Ball mit dem Kopf zu treffen.
3. Wenn der Schüler den Ball fast mit dem Kopf berühren kann, wird der Abstand der Unterseite des Balls zum Boden gemessen. Wenn der Schüler den Ball tatsächlich berührt, wird das Pendel höher gehängt und der Sprung wiederholt. Wenn er den Ball nicht annähernd berührt, wird das Pendel tiefer gehängt und der Sprung wiederholt (siehe **ABB. 7**). Vor dem Sprung nimmt der Schüler eine geduckte Haltung ein. Jeder Sprung muss von demselben Punkt aus erfolgen.

- Analyse und Vergleich der gemessenen Sprunghöhen. Springt man höher, wenn man mit den Armen Schwung holt und sie nach oben reißt?<sup>[6]</sup>

**Zusätzliche Aktivitäten:**

- Messung der Körpergröße des Schülers (auf Zehenspitzen stehend). Berechnung der Energie, die der Körper beim Sprung produziert, mit Hilfe der Formel in 2.1 Bewegung.
- Für Videos zur Analyse mit entsprechender Software wird eine fest installierte Kamera verwendet. So wird kein Pendel benötigt. Im Video muss eine Skala erscheinen, damit man die Höhen darin erkennt. Zudem kann man die ungefähre Zeitspanne des Sprungs ermitteln (niedrigste Hüftposition – Zehen verlassen den Boden). So lässt sich die Leistung, die der Körper beim Sprung produziert, mit Hilfe der Formel in 2.1 Bewegung berechnen.
- Dazu kann der Beschleunigungssensor im Smartphone genutzt werden. Das Smartphone wird in der Nähe der Schulter am Körper befestigt<sup>[6]</sup>, um die zusätzliche Beschleunigung zu messen, die aus der Bewegung der Arme während des Sprungs entsteht (siehe **ABB. 8**). Man kann das Smartphone auch bequem in die Hosentasche stecken, um die Gesamtbeschleunigung des Massenschwerpunkts des Körpers zu messen. Welche Ergebnisse sind zu erwarten?

**ABB. 8 Sprungbeschleunigung, gemessen mit der Smartphone-App Accelerometer Analyzer<sup>[11]</sup>**


- Analyse des Spektrums der Beschleunigung während des Sprungs. Versuch einer Analyse verschiedener Positionen während des Sprungs.

### 3 | 2 Körperfläche des Spielers

**Benötigt werden:** Millimeterpapier, Bleistift, Lineal

**Für eine detaillierte Analyse werden benötigt:** Eine Digitalkamera oder ein Smartphone, GeoGebra<sup>[8]</sup>

- Die Körperform eines Spielers wird mit einer Minecraft-Skin nachgezeichnet. (Man kann ebenfalls einen Skin Editor wie z. B. Nova Skin verwenden.<sup>[7]</sup>) Entwurf eines zweiten Spielers mit den Armen in horizontaler Position. Dann kommt in jeden Entwurf noch ein Ball. Die Oberfläche, auf die der Ball bei jedem Spieler treffen könnte, wird markiert (siehe **ABB. 3**).
- Berechnung der Größe der Oberfläche. Welcher Spieler hat eine größere Oberfläche, auf die der Ball treffen könnte? Vergleich beider Oberflächen und Ausdruck des Unterschieds als Prozentangabe.

#### Zusätzliche Aktivitäten:

- Fotos von sich selbst machen, einmal mit den Händen eng am Körper und einmal mit ganz natürlich hängenden Händen. Versuchen, einige typische Bewegungen von Fußballspielern nachzumachen. Nicht vergessen, dem Bild eine Skala und einen Fußball hinzufügen.
- Import dieser Bilder in GeoGebra, um zu versuchen, die Körperfläche abzuschätzen, auf die der Ball treffen könnte. Einen Kreis (Ball) einfügen und im Kontextmenü *Show Trace* (Spur ein) auswählen. Zunächst eine Spur um den Körper ziehen und dann mit dem *Pen* (Stift) eine Kontur zeichnen (siehe **ABB. 4**). Probieren unterschiedlicher Methoden, um die Oberfläche einzuschätzen. Wie könnte(n) sich die Methode(n) verbessern lassen?

### 3 | 3 Reaktionszeit

**Benötigt wird:** Lineal (30 cm)

**Für eine detaillierte Analyse werden benötigt:** eine Digitalkamera oder ein Smartphone

- Die Klasse muss in Paare unterteilt werden. Einer der Schüler aus jedem Paar hält das Lineal, der andere hält seine Finger nah an der 0-cm-Marke.
- Der erste Schüler lässt das Lineal fallen und der andere versucht, es so schnell wie möglich aufzufangen. So kann die Strecke abgelesen werden, die das Lineal gefallen ist.
- Jetzt kann man die Reaktionszeit ermitteln, indem man diese Strecke mit **ABB. 9** abgleicht.

**ABB. 9 Reaktionszeit**

| <i>h</i><br>[cm] | <i>t</i><br>[s] | <i>h</i><br>[cm] | <i>t</i><br>[s] | <i>h</i><br>[cm] | <i>t</i><br>[s] |
|------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1                | 0,045           | 11               | 0,150           | 21               | 0,207           |
| 2                | 0,064           | 12               | 0,156           | 22               | 0,212           |
| 3                | 0,078           | 13               | 0,163           | 23               | 0,217           |
| 4                | 0,090           | 14               | 0,169           | 24               | 0,221           |
| 5                | 0,101           | 15               | 0,175           | 25               | 0,226           |
| 6                | 0,111           | 16               | 0,181           | 26               | 0,230           |
| 7                | 0,119           | 17               | 0,186           | 27               | 0,235           |
| 8                | 0,128           | 18               | 0,192           | 28               | 0,239           |
| 9                | 0,135           | 19               | 0,197           | 29               | 0,243           |
| 10               | 0,143           | 20               | 0,202           | 30               | 0,247           |

#### Zusätzliche Aktivitäten:

- Berechnung der Reaktionszeit mit Hilfe der Formel aus 2.3 *Reaktionszeit*.
- Für jüngere Schüler wird eine Tabelle bereitgestellt, aus der sie ihre Reaktionszeit in diesem Experiment ablesen können.
- Entwicklung eines Experiments zur Messung der Reaktionszeit mit Hilfe einer Digitalkamera.

#### 4 | FAZIT

Diese Unterrichtseinheit zeigt, dass dem Einsatz der Arme und Hände eines Spielers (auch ohne Ballberührung) eine wichtige Rolle in der Verbesserung seiner Leistung im Spiel zukommt. Gleichzeitig erhöht der Einsatz von Armen und Händen aber auch die Möglichkeit eines Fouls.

Nach allem, was wir wissen, ist dies die erste Untersuchung der verschiedenen Aspekte des Handspiels im Fußball. Deshalb bietet sie auch nur einige Ideen an, wie man mit diesem Thema umgehen könnte.

Andere wichtige Themen, über die man nachdenken könnte, sind:

- Schutz (z. B. Freistoß): Die Spieler dürfen ihre Hände nicht zum Schutz ihres Körpers (z. B. des Gesichts) gegen Schüsse einsetzen. Die Schüler berechnen die Kraft, mit der der Ball auf den Körper eines Spielers auftrifft.
- Reaktionszeit und Handbewegungen: Wie bringt man seine Hände am schnellsten eng an den Körper? Die Schüler messen die Zeit und die Bewegungslinie von Händen, die aus einer ausgestreckten Position eng an den Körper gezogen werden.
- Handhabung aus Sicht des Torwarts: Wie bewegt/streckt man am besten die Hände/Arme, um ein Tor zu verhindern?

#### 5 | OPTION ZUR KOOPERATION

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, anderen Schülern von den Ideen und Ergebnissen zu berichten:

- Hochladen von Resultaten/Dateien auf eine Website. Die hochgeladenen Daten können dann von anderen Schülern genutzt werden.<sup>[6]</sup>
- Beim Fußballspielen mit Freunden von iStage 3 erzählen.

#### QUELLEN

- <sup>[1]</sup> FIFA: Spielregeln 2015/2016  
[http://de.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebDE\\_German.pdf](http://de.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebDE_German.pdf)  
 (S. 122)
- <sup>[2]</sup> Argentinien gegen England (1986 FIFA Weltmeisterschaft)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Argentina\\_v\\_England\\_%281986\\_FIFA\\_World\\_Cup%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Argentina_v_England_%281986_FIFA_World_Cup%29) (08.03.2016)
- <sup>[3]</sup> Fußballspiele 2009 Irland gegen Frankreich 2009  
[https://en.wikipedia.org/wiki/2009\\_Republic\\_of\\_Ireland\\_v\\_Frankreich\\_football\\_matches](https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Republic_of_Ireland_v_Frankreich_football_matches) (08.03.2016)
- <sup>[4]</sup> Eamon Dunphy: The FIFA payment to the FAI was like something from The Sopranos  
<http://www.independent.ie/sport/soccer/international-soccer/eamon-dunphy-the-fifa-payment-to-the-fai-was-like-something-from-the-sopranos-31279282.html>;  
 veröffentlicht 04/06/2015
- <sup>[5]</sup> Christopher J. Arellano, Rodger Kram: „The metabolic cost of human running: Is swinging the arms worth it?“  
<http://jeb.biologists.org/content/217/14/2456.abstract>
- <sup>[6]</sup> Unter [www.science-on-stage.de/iStage3](http://www.science-on-stage.de/iStage3) Materialien stehen beispielhafte Videos für diese Aktivitäten zur Verfügung.
- <sup>[7]</sup> <http://minecraft.novaskin.me/>
- <sup>[8]</sup> [www.geogebra.org](http://www.geogebra.org)
- <sup>[9]</sup> iStage 2 – Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht; [www.science-on-stage.de/iStage2download](http://www.science-on-stage.de/iStage2download)
- <sup>[10]</sup> [www.physlets.org/tracker](http://www.physlets.org/tracker)
- <sup>[11]</sup> <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer> (25.04.2016)



# IMPRESSUM

## ENTNOMMEN AUS

iStage 3 – Fußball im MINT-Unterricht  
verfügbar in Deutsch, Englisch, Französisch, Polnisch,  
Spanisch, Schwedisch, Tschechisch, Ungarisch  
[www.science-on-stage.de/istage3](http://www.science-on-stage.de/istage3)

## HERAUSGEBER

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin

## REVISION UND ÜBERSETZUNG

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## TEXT- UND BILDNACHWEISE

Die Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in  
dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für  
den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

## GESTALTUNG

WEBERSUPIRAN.berlin

## ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH  
[www.tricom-agentur.de](http://www.tricom-agentur.de)

## BESTELLUNGEN

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Zur besseren Lesbarkeit wurde auf die Verwendung der  
weiblichen Form verzichtet. Mit der männlichen Form ist  
stets auch die weibliche Form gemeint.

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial  
Share Alike



1. Auflage 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



## SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... ist ein Netzwerk von Lehrkräften für Lehrkräfte aller Schularten, die Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) unterrichten.
- ... bietet eine Plattform für den europaweiten Austausch anregender Ideen und Konzepte für den Unterricht.
- ... sorgt dafür, dass MINT im schulischen und öffentlichen Rampenlicht steht.

Science on Stage Deutschland e.V. wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für den Ingenieur Nachwuchs des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

### Machen Sie mit!

#### WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE

- Newsletter: [www.science-on-stage.de/newsletter](http://www.science-on-stage.de/newsletter)
- [www.facebook.com/scienceonstagedeutschland](https://www.facebook.com/scienceonstagedeutschland)
- [www.twitter.com/SonS\\_D](https://www.twitter.com/SonS_D)

Science on Stage Deutschland ist Mitglied in Science on Stage Europe e.V.

#### WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

- [www.facebook.com/scienceonstageeurope](https://www.facebook.com/scienceonstageeurope)
- [www.twitter.com/ScienceOnStage](https://www.twitter.com/ScienceOnStage)