




ANDREAS MEIER · CORINA TOMA

BOLLHANTERING



 biomekanik, rörelse, acceleration, energi, kraft, reaktions-tid, ytarea

 fysik, biologi, matematik, gymnastik och idrott

 10–18 år

Den här undervisningsenheten kan användas för undervisning av elever av olika åldrar, främst på mellan- och högstadiet samt gymnasiet. Vissa delar av undervisningsenheten kan även användas på lågstadiet. Varje del går att anpassa så att den passar för olika nivåer.

1 | SAMMANFATTNING

Den här undervisningsenheten behandlar vissa aspekter och aktiviteter som rör spelarnas användning av händer och armar under en fotbollsmatch. Den är uppdelad i tre avsnitt:

1. En fotbollsspelares typiska rörelser
2. Förstoring av kroppens ytarea
3. Spelarnas reaktionstid

Dessutom är en tanke med undervisningsenheten att den ska låta eleverna utveckla nya observationsmetoder.

2 | PRESENTATION AV VIKTIGA BEGREPP

Fotboll är en mycket styrkekrävande och dynamisk sport. Spelet har blivit betydligt intensivare under de senaste årtiondena. Uthållighet, snabbhet och snabba reaktioner är typiska fotbollsfärdigheter som varje spelare i dag måste hantera under en vanlig match och även under träningspass. En spelare måste använda både armar och händer för att prestera bättre, springa snabbare och hoppa högre. Därför finns det risk för att en spelare råkar röra bollen med händerna under spel.

Låt oss först ta en titt på den så kallade handsregeln, FIFA:s regel 12 [1], som säger att det inte är tillåtet för en spelare att ha avsiktlig kontakt med bollen med hand eller arm. Normalt får spelarna alltså inte vidröra bollen med händerna under spel. Undantag från regeln är när en spelare har armen intill kroppen eller i en naturlig vinkel och får bollen på handen/armen.

Det är domaren som avgör om en handkontakt är tillåten eller inte och därmed om den är oavsiktlig eller avsiktlig. Om du följer fotbollsmatcher på en arena eller på tv vet du att dessa domslut kan leda till upprörda diskussioner. Vissa bedömningar av handssituationer har ändrat hela förloppet för en match. Det mest välkända fallet är utan tvekan "Guds hand"-målet som Diego Maradona gjorde för Argentina i kvartsfinalen i VM 1986 mot England i Mexiko, när Argentina slutligen blev världsmästare [2]. I kvalmatchen mellan Irland och Frankrike 2009 skapade Thierry Henry en situation som ledde till ett mål för Frankrike genom en hands. Detta ledde till att FIFA betalade 5 miljoner euro till det irländska fotbollförbundet (FAI) [3], [4].

Dessa exempel visar att armar och händer kan spela en viktig roll i en fotbollsmatch. Du kan använda exemplen för att motivera dina elever att titta närmare på användningen av händerna i fotboll.

2 | 1 Rörelse

Som vi nämnde tidigare är dynamiken viktig under en fotbollsmatch. Vi skulle vilja börja med att fokusera på de ergonomiska aspekterna av en spelares rörelser. Vi vill titta närmare på två typiska rörelser som spelaren måste koordinera under en match: springa och hoppa.

Alla observationer kan registreras enkelt med mätverktyg som måttband och stoppur. Om eleverna dessutom använder digitala kameror eller smarttelefoner och bildanalys kan resultaten användas för att göra mer ingående undersökningar av rörelse, acceleration, kraft, energi och effekt.

För att kunna röra sig snabbare och hoppa högre måste man använda händerna. Det beror på att armarnas pendelrörelse minskar höfternas rörelse och axelrörelsens amplitud och därigenom kompenserar för den rotationsacceleration hos kroppen som orsakas av benrörelsen. När en person springer med armarna nära eller bakom kroppen ger detta i stället en lägre linjär hastighet. [5] Detta kan visas genom att man jämför hur lång tid det tar att springa en viss sträcka med olika armrörelser (se FIG. 1 [6]).

FIG. 1 Löpning på olika sätt (sträcka $s = 20$ m)

	normal rörelse tid [s]	raka armar tid [s]	armarna på ryggen tid [s]
Pojke	3,12	4,03	4,03
Flicka	4,07	5,03	4,18

Det biomekaniska begreppet "startkraft" förklarar varför du kan hoppa högre om du får extra rörelseenergi genom att svänga med armarna. Genom att mäta och jämföra höjden på hopp av olika typer (med armarna nära kroppen, med armarna bakom ryggen, med svängande armar) kan eleverna undersöka effekten av att svänga med armarna (se FIG. 2).

Efter att ha mätt de olika höjderna kan eleverna räkna ut skillnaden mellan dem. Mängden extra energi kan beräknas så här:

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

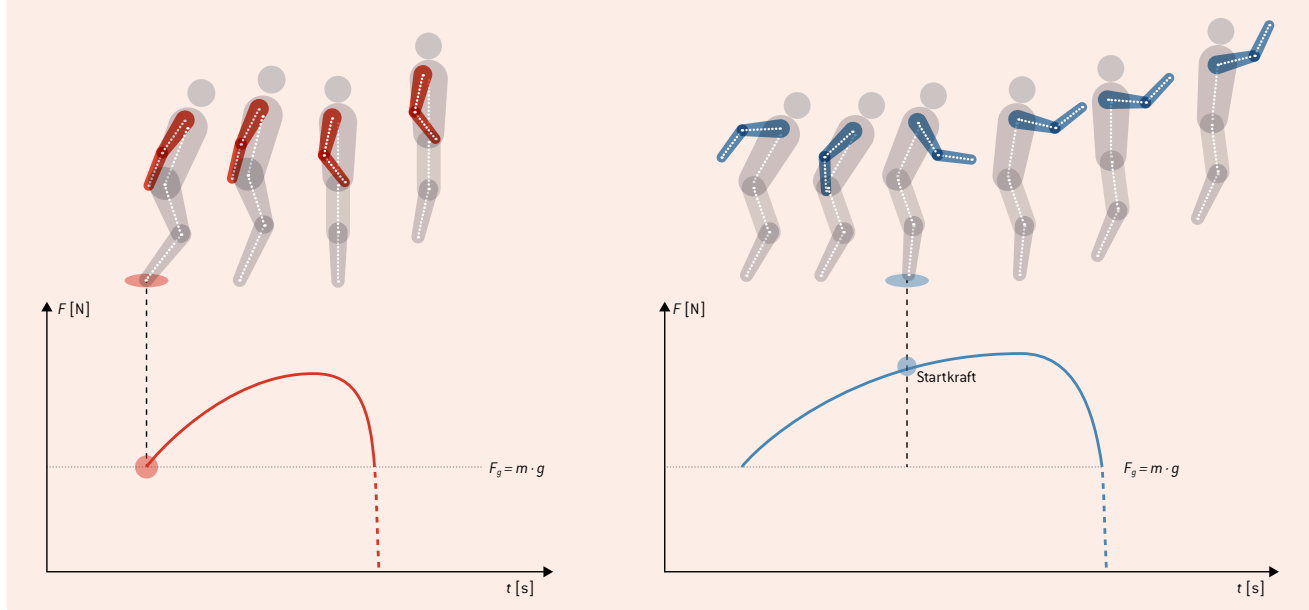
ΔE_{pot} : mängd vunnen potentiell energi [J]

m : massa hos hoppande elev [kg]

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

Δh : skillnad mellan de hoppade höjderna [m]

FIG. 2 Krafter efter olika sätt att hoppa



Genom att mäta accelerationen (till exempel med sensorer i en smarttelefon) kan eleverna jämföra de maximala krafterna och ta reda på förhållandet mellan rörelsen och accelerationsdiagrammet. Genom att analysera en film kan de beräkna den genomsnittliga kraften för olika sätt att hoppa så här:

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

\bar{P} : medeleffekt [W]

W : arbete p.g.a. ökning av potentiell energi [J]

m : massa hos hoppande elev [kg]

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

h : hopp höjd [m]

Δt : tiden det tar att sträcka ut benen [s] (från rörelsens lägsta punkt tills fötterna lämnar marken)

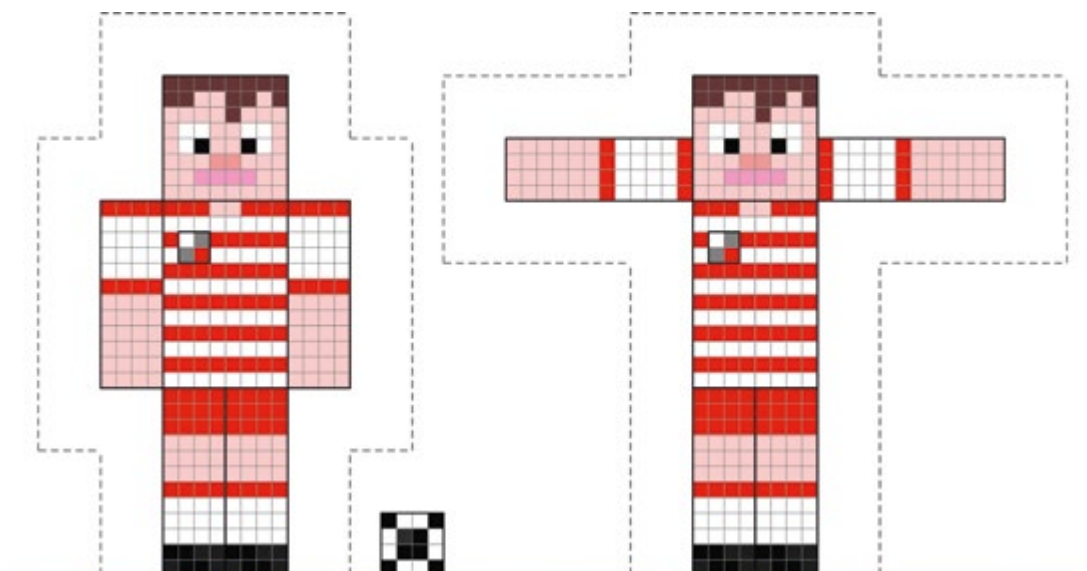
2|2 Ytarean av spelarens kropp

Om spelaren sträcker ut en arm resulterar det i en större kroppsytta som kan träffa bollen. Därför ökar detta en spelares förmåga att stoppa en passning eller att ge sitt eget lag en fördel. Den procentuella förstoringen kan uppskattas med matematiska metoder.

Som första steg kan man enkelt simulera den mänskliga kroppsformen genom att skapa Minecraft-skins (som de flesta av eleverna känner till).^[7] Eleverna kan skapa individuella varianter för sina fotbollsspelare (se FIG. 3).

Eftersom den simulerade kroppen bara består av rektanglar är det lätt att räkna ut hur stor yta som kan träffas av bollen. Olika kroppsytter kan jämföras och skillnaden kan uttryckas i procent.

FIG. 3 Spelarnas silhuetter – cirka 17 % förstoring av ytan



En lite mer krävande variant är att man analyserar foton av eleverna. Eleverna kan använda GeoGebra^[8] för att försöka uppskatta vilken ytarea av sina kroppar som kan träffas av bollen [se FIG. 4]. Den metoden kan även motivera dina elever att använda integralkalkyl för att ta fram metoder för numerisk integration.

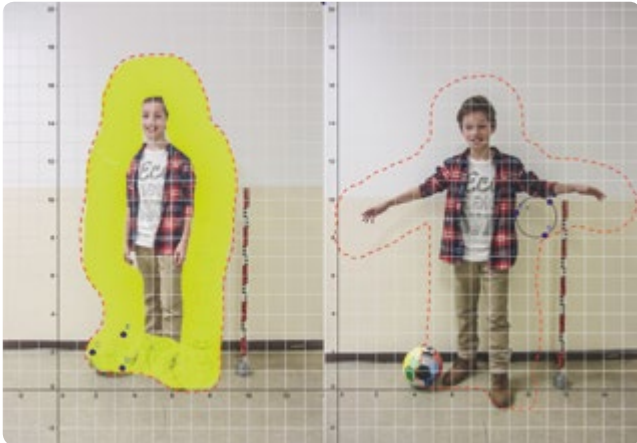


FIG. 4 Uppskattning av kroppsytan med GeoGebra

2 | 3 Reaktionstid

En spelare måste undvika att röra bollen med händerna. Hen måste vara uppmärksam på hur motspelaren hanterar bollen och hur bollen far fram. Reaktionen beror på många parametrar, bland annat spelarens avstånd från bollen och spelarens reaktionstid. Spelarens reaktionstid kan mätas med ett mycket enkelt experiment. Eleverna behöver bara mäta hur långt en linjal faller.

Detta experiment kan genomföras även av lågstadiel elever som kan använda en tabell för att bedöma sina försöksdata [se FIG. 9]. Experimentet kan även göras med beräkning, med användning av reglerna för föremål i fritt fall (linjär acceleration), se även undervisningsenheten "Håll igång hjärnan" på sida 30.

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

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

t: reaktionstid [s]

h: tillryggalagd sträcka [m]

g: tyngdacceleration, $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

3 | VAD ELEVERNA GÖR

Alla experiment kan göras utan någon särskild teknisk utrustning. För bildanalys av filmer eller användning av smarttelefoner, se i Stage 2-häftet^[9].

Grundläggande formler, till exempel för att räkna ut arean av en rektangel eller uttrycka ett resultat i procent, förklaras inte här.

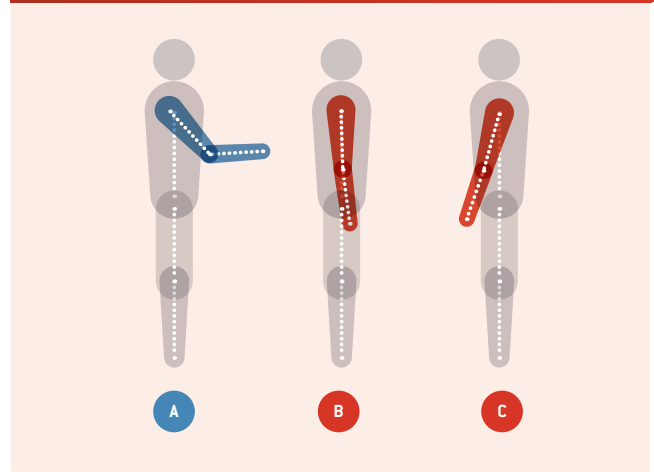
3 | 1 Rörelse

3 | 1 | 1 Springa fort

Det här behövs: måttband, stoppur, markeringsverktyg

För en mer ingående analys behövs: en digitalkamera eller smarttelefon, bildanalysprogramvara (till exempel Tracker^[10])

FIG. 5 Olika positioner för armar och händer



- Märk ut en löpbana (längd: 15–20 m) med tydligt markerad start- och mållinje. Placera startpunkten en kort sträcka (ca 5 m) före startlinjen.
- Notera hur lång tid det tar att springa sträckan när man håller armar och händer i följande lägen: A) normal rörelse (som man brukar springa), B) armarna rakt ner, C) armarna bakom ryggen (se FIG. 5). De som springer ska starta vid startpunkten före själva startlinjen och passera startlinjen i farten.
- Upprepa mätningarna med olika springstilar, och tre gånger för varje stil (för en elev). Låt två eller tre elever springa samtidigt för att få mer data.
- Analysera och jämför de noterade tiderna (efter att ha räknat ut medeltiden för varje springstil). Rör du dig snabbare när du använder händerna som vanligt (så som visas i FIG. 1)?

Fler aktiviteter:

- Spela in filmer som visar de olika springstilarna. Tidskoden på filmen kan användas för att få fram springtiden.
- Använd en kamera på stativ för att spela in filmer som kan

analyseras med ett bildanalysprogram. Programmet räknar automatiskt ut hastighet och acceleration för eleven på filmen.

- Uppskatta energiförlusten när man springer utan att använda händerna (variant B och C). Beräkna genomsnittshastigheten och rörelseenergin för alla tre springstilarna så här:

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

E_{kin} : kinetisk energi [J]

m : elevens massa [kg]

\bar{v} : medelhastighet [$\frac{m}{s}$]

- Analysera andra typer av rörelser för de tre handpositionerna som är typiska för fotboll, till exempel att byta riktning eller påbörja en rörelse.

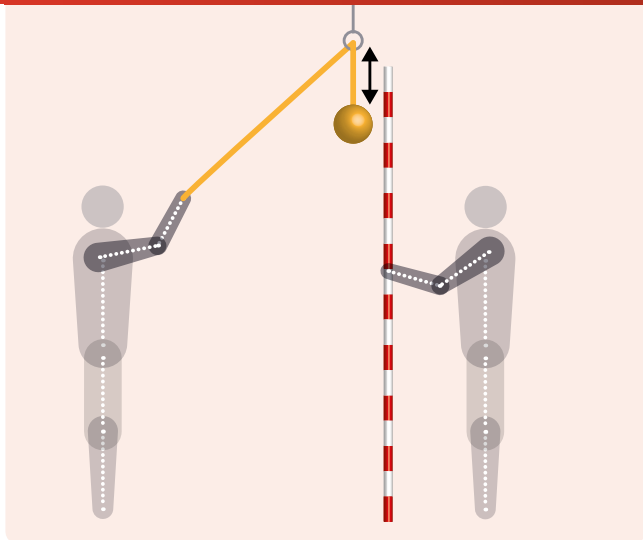
3 | 1 | 2 Hoppa högt

Det här behövs: snöre (eller rep), en mjuk boll (eller något annat föremål som ditt huvud tål att krocka med), måttstock

För en mer ingående analys behövs: en digitalkamera eller smarttelefon, bildanalysprogramvara (till exempel Tracker^[10])

- Konstruera en enkel pendel (med snöre och en mjuk boll) (se FIG. 6). Se till att du enkelt kan ändra pendelns höjd.

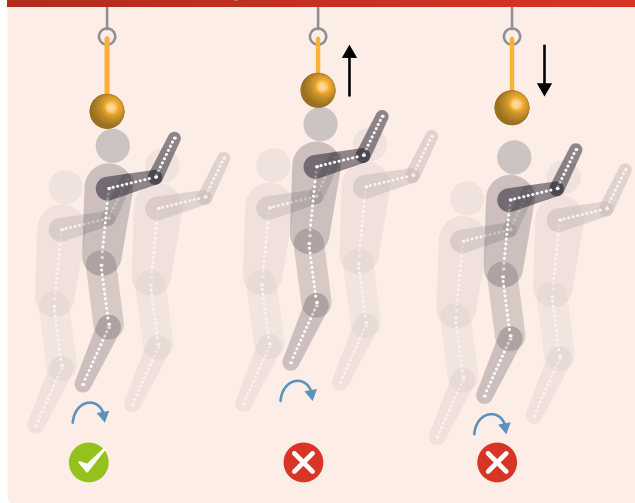
FIG. 6 Ställa i ordning huvudpendel



- Mät hoppets höjd med armarna i följande lägen: A) armarna hängande rakt neråt, B) armarna bakom ryggen, C) armarna svängande (som man brukar hoppa). Justera bollens höjd så att eleven som står under den inte nuddar den med huvudet.

- Stå rakt under bollen.
- Hoppa och försök träffa bollen med huvudet.
- Om du nästan når bollen med huvudet, mät avståndet mellan bollen och golvet. Om du träffar bollen med huvu-

FIG. 7 Justera huvudpendeln



det, häng den högre och hoppa igen. Om du inte når pendeln, sänk bollen och hoppa igen (se FIG. 7).

Ställ dig lite på huk med böjda knän innan du hoppar. Var noga med att utgå från samma ställning vid varje hopp.

- Analysera och jämför de uppmätta höjderna på dina hopp. Kan du hoppa högre om du svänger med armarna och sträcker upp händerna? ^[6]

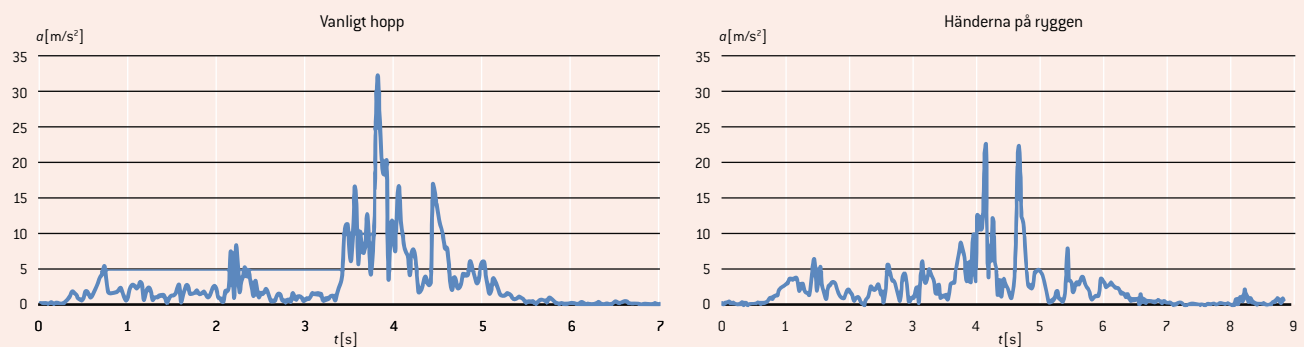
Fler aktiviteter:

- Mät kroppslängden (stå på tå). Räkna ut hur mycket energi din kropp producerar när du hoppar. Använd formeln i 2.1 Rörelse.
- Använd en kamera på stativ för att spela in filmer som kan analyseras med ett bildanalysprogram. Då behövs det ingen pendel. Kom ihåg att lägga in en skala i filmen så att du kan bestämma höjderna. Du kan också uppskatta tiden för hoppet (från det att höfterna är i sin lägsta position tills tårna lämnar golvet). På så sätt kan du räkna ut kroppens effekt vid hoppet med hjälp av formeln i 2.1 Rörelse.
- Använd accelerationssensorn på en smarttelefon. Fäst den nära axeln ^[6] för att registrera den extra acceleration som orsakas av armarnas rörelse under hoppet (se FIG. 8). Du kan också ha smarttelefonen i en byxficka som håller den på plats och registrera den totala accelerationen för kroppens tyngdpunkt. Vilka resultat kan man förvänta sig?
- Analysera spektrumet för accelerationen under hoppet. Försök identifiera de olika kroppsställningarna under hoppet.

3 | 2 Ytarea av spelarens kropp

Det här behövs: millimeterpapper, blyertspenna, linjal

För en mer ingående analys behövs: en digitalkamera eller smarttelefon, GeoGebra ^[8]

FIG. 8 Hoppacceleration registrerad med appen Accelerometer Analyzer^[11]

- Rita upp en spelares kropp med hjälp av ett Minecraft-skin. (Du kan även använda en skineditor, till exempel nova skin^[7].) Rita ytterligare en spelare med armarna rakt ut åt sidorna. Lägg till en boll i varje teckning och markera ytarean där bollen kan träffa spelaren (se FIG. 3).
- Beräkna ytarean. Vilken spelare har störst ytarea som kan träffas av bollen? Jämför de två ytareorna och uttryck skillnaden i procent.

Fler aktiviteter:

- Ta en bild av dig själv med armarna längs kroppen eller en där du håller händerna på ett naturligt sätt. Försök imitera några typiska rörelser för en fotbollsspelare. Kom ihåg att lägga in en skala och en boll i bilden.
- Importera bilderna till GeoGebra och försök uppskatta hur stor del av kroppsytan som kan träffas av bollen. Lägg till en cirkel (boll) och välj *Show Trace* i menyn Content. När du har en kontur av kroppen lägger du till en kontur med *Pen* (se FIG. 4). Pröva olika metoder för att uppskatta ytarean. Hur skulle metoderna kunna göras så effektiva som möjligt?

3 | 3 Reaktionstid

Det här behövs: linjal (30 cm)

För en mer ingående analys behövs: en digitalkamera eller en smarttelefon

- Klassen delas in i par. En av eleverna i varje par håller i linjalen och den andra håller fingrarna vid markeringen för 0 cm.
- Den första eleven släpper linjalen och den andra försöker fånga den så snabbt som möjligt. Läs av hur långt linjalen hann falla.
- Nu kan du ta reda på din reaktionstid genom att jämföra avståndet med FIG. 9.

FIG. 9 Reaktionstid

<i>h</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>t</i>	<i>h</i>	<i>t</i>
[cm]	[s]	[cm]	[s]	[cm]	[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

Fler aktiviteter:

- Räkna ut din reaktionstid med formeln i 2.3 *Reaktionstid*.
- Gör en tabell åt dina yngre elever som de kan använda för att få fram sina reaktionstider med experimentet.
- Utforma ett experiment för att mäta reaktionstiden med digitala medier.

4 | SLUTSATS

Den här undervisningsenheten visar att en spelares användning av armar och händer (även om spelaren inte vidrör bollen) har stor betydelse för att förbättra prestationen under en match. Samtidigt ökar det risken för hands.

Såvitt vi vet är detta den första undersökningen av de olika aspekterna av att vidröra bollen med händerna i fotboll. Därför har vi bara redogjort för några få idéer om hur ämnet kan hanteras.

Exempel på andra viktiga ämnen att fundera över:

- Skydd (till exempel frispark): Spelarna får inte hålla händerna som skydd för kroppen (till exempel ansiktet) mot skott. Eleverna kan räkna ut kraften hos bollen när den träffar en spelares kropp.

- Reaktionsid och handrörelser: Vilket är det snabbaste sättet att föra händerna intill kroppen? Eleverna kan mäta tiden och banan för sina utsträckta händer när de förs intill kroppen.
- Hantering av bollen ur målvaktens synvinkel: Vilket är det bästa sättet att röra/sträcka ut händerna/armarna för att förhindra ett mål?

5 | ALTERNATIV FÖR SAMARBETE

Du kan dela med dig av dina resultat och idéer genom att

- ladda upp dina resultat/filer till en webbplats/onlineplattform. Den uppladdade informationen kan användas av andra elever ^[6]
- spela fotboll med dina vänner och berätta för dem om iStage 3.

REFERENSER

- [1] FIFA: Laws of the Game 2015/2016
www.fifa.com/mm/Document/FootballDevelopment/Refereeing/02/36/01/11/LawsofthegamewebEN_Neutral.pdf (sida 121)
- [2] Argentina–England (1986 FIFA World Cup)
https://en.wikipedia.org/wiki/Argentina_v_England_%281986_FIFA_World_Cup%29 (2016-03-08)
- [3] 2009 fotbollsmatcherna Irland–Frankrike https://en.wikipedia.org/wiki/2009_Republic_of_Ireland_v_France_football_matches (2016-03-08)
- [4] Eamon Dunphy: "The FIFA payment to the FAI was like something from The Sopranos"
www.independent.ie/sport/soccer/international-soccer/eamon-dunphy-the-fifa-payment-to-the-fai-was-like-something-from-the-sopranos-31279282.html, publicerat 2015-06-04
- [5] 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>
- [6] På www.science-on-stage.de/iStage3_materials kan du hitta några videoklipp för dessa aktiviteter och sätt att dela med dig av dina resultat.
- [7] <http://minecraft.novaskin.me/>
- [8] www.geogebra.org
- [9] iStage 2 – smarttelefoner i naturvetenskapsundervisning:
www.science-on-stage.de/iStage2_publication_EN
- [10] www.physlets.org/tracker
- [11] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.lul.accelerometer> (2016-04-27)



IMPRINT

TAKEN FROM

iStage 3 - Football in Science Teaching
available in Czech, English, French, German,
Hungarian, Polish, Spanish, Swedish
www.science-on-stage.eu/istage3

PUBLISHED BY

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

REVISION AND TRANSLATION

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH
www.transformcologne.de

CREDITS

The authors have checked all aspects of copyright for the images and texts used in this publication to the best of their knowledge.

DESIGN

WEBERSUPIRAN.berlin

ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH
www.tricom-agentur.de

PLEASE ORDER FROM

www.science-on-stage.de
info@science-on-stage.de

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



First edition published in 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... is a network of and for science, technology, engineering and mathematics (STEM) teachers of all school levels.
- ... provides a European platform for the exchange of teaching ideas.
- ... highlights the importance of science and technology in schools and among the public.

The main supporter of Science on Stage is the Federation of German Employers' Associations in the Metal and Electrical Engineering Industries (GESAMTMETALL) with its initiative think ING.

Join in - find your country on

WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

www.facebook.com/scienceonstageeurope

www.twitter.com/ScienceOnStage

Subscribe for our newsletter:

www.science-on-stage.eu/newsletter



MAIN SUPPORTER OF
SCIENCE ON STAGE GERMANY

think
ING.
Die Initiative für
Ingenieur Nachwuchs

Proudly supported by

