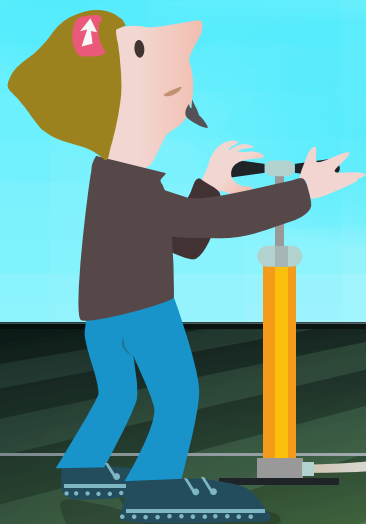





KIRSTEN BIEDERMANN · ANDERS FLORÉN · PHILIPPE JEANJACQUOT · DIONYSIS KONSTANTINOU · CORINA TOMA

UNDER TRYCK



 boll, massa, våg, pump, tryck, ideal gas, elastisk kollision, stöttal

 fysik, matematik, IKT

 Denna enhet kan användas för att undervisa elever i olika åldrar från mellanstadium till gymnasium. Båda delarna kan anpassas till olika nivåer enligt nedan.

Nivå 1: Mellanstadiet (9–12 år)

Nivå 2: Högstadiet (12–15 år)

Nivå 3: Gymnasiet (15–18 år)

1 | SAMMANFATTNING

Har du någonsin tänkt på hur viktigt lufttrycket inne i fotbollen är? I den här enheten presenteras olika aktiviteter med fokus på detta tryck. Den första aktiviteten börjar med att mäta massan hos luften inuti bollen samt betonar det direkta sambandet med trycket på insidan. Den andra aktiviteten studerar hur maxhöjden som bollen uppnår efter den första kollisionen eller studsens beror på lufttrycket inne i bollen samt visar samtidigt betydelsen av markytans egenskaper.

2 | PRESENTATION AV VIKTIGA BEGREPP

Vårt mål är att med enkla experiment beskriva att eleverna kan mäta massan av luften inne i bollen och därefter kontrollera det linjära sambandet mellan tryck och massa enligt allmänna gaslagen. Slutligen kommer de att studera tryckets betydelse under själva studsens och tillämpa lagen om den mekaniska energins bevarande.

2 | 1 Del 1: Luftmassa i förhållande till tryck

Mer detaljer om aktiviteterna finns i del 3 *Vad eleverna gör*.

Nivå 1:

Två olika och oberoende aktiviteter kan utföras. Den första fokuserar på luftmassan och hur man mäter massan av luften inne i bollen. Läraren kan använda ett frågebaserat tillvägagångssätt genom att fråga eleverna: "Hur kan man bestämma massan av luften inuti en boll?". Eleverna kommer att föreslå och genomföra experiment, till exempel att använda en våg, pumpa upp bollen och mäta bollens massa när den är uppumpad. Under den andra aktiviteten fokuserar eleverna på volymen och på metoder för att bestämma bollens volym (till exempel med en hink med vatten).

Nivå 2:

Mäta massan av luften inne i bollen vid olika tryck. Hitta sambandet mellan tryck och luftens massa (antagande: bollens volym ändras inte när trycket ökar). Eleverna kan rita ett diagram över relationen mellan gasens massa och trycket. Eleverna kan också mäta bollens volym. Detta experiment kan också användas för att upptäcka bollens lyftkraft (i luft).

Nivå 3:

Eleverna kan göra samma experiment som på nivå 2. De kommer att jämföra sitt diagram över förhållandet mellan massan och lufttrycket inuti bollen med allmänna gaslagen samt beräkna olika gasparametrar baserat på kurvans lutning.

2 | 2 Del 2: Studshöjd i förhållande till tryck

Nivå 1:

Fokusera på skillnaden mellan höjderna (kvalitativt): Släpp två bollar från samma höjd och observera den direkta effekten av olika tryck i bollen. Välj ett förfarande, välj vilka data du ska samla in, samla in data och diskutera dem när experimentet är klart.

Nivå 2:

Fokusera på skillnaden mellan höjderna (kvalitativt): Mät maxhöjden efter den första studsens, upprepa sedan experimentet tio gånger och leta efter ett sätt att detektera höjden, till exempel genom att skapa en höghastighetsfilm med en smarttelefon. Läs om slumpmässiga och andra faktorer som påverkar de olika resultaten samt beräkna medelhöjden.

Nivå 3:

Fokusera på att använda en matematisk modell för fritt fall för att analysera dina data. Från och med nivå 2: Analysera data för att hitta energiförlusten med hjälp av formeln $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ och jämföra energin i början av experimentet ($h = 1$ m eller annat värde) och efter bollens första kontakt med marken. Eleverna kan också beräkna tiden för en studs och den maximala hastigheten för den första kontakten med marken, och därefter försöka mäta detta. Slutligen kan de jämföra den potentiella och den kinetiska energin (E_{pot} och E_{kin}) samt beräkna stöttalet (se 3.2.1).

E_{pot} : potentiell energi [J]

m : bollens massa [g]

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

h : höjden som uppnås av bollen [m]

Del 2 kan utföras på olika ytor, till exempel gräs, gymnastiksalens golv, asfalt, betong, vått gräs, kort och längre gräs samt slutligen sand. Elever på alla nivåer bör redovisa sina hypoteser, diskutera dem och analysera experimenten på olika nivåer. För att gå vidare kan det vara intressant att ta fram en tabell som visar vilket tryck som krävs för att få samma studshöjd på olika underlag, till exempel på olika idrottsplatser.

3 | VAD ELEVERNA GÖR

Denna enhet är uppdelad i två delar: mätning av gasens massa relativt trycket inne i bollen, samt mätning av förhållandet mellan studshöjden och trycket inne i bollen.

Det finns två sätt att mäta trycket.

Det relativa trycket är skillnaden mellan trycket inne i bollen och atmosfärstrycket (utanför bollen). För att mäta det relativa trycket används en manometer. Vi använder detta tryck i del 1.

Det absoluta trycket är trycket jämfört med vakuum. Vi använder detta tryck i del 2.

3|1 Del 1: Mätning av gasens massa relativt trycket

Utrustning: en pump, en manometer (tryckmätningssystem), en våg (med noggrannheten 0,1 g och mätområdet 0–1 000 g), ett munstycke för att blåsa upp bollen, ett glas för att placera bollen på vågen, en fotboll.

Om skolan inte har denna utrustning kan experimentet göras med billiga föremål.

(Det enklaste sättet är att ha manometern på pumpen. Om så inte är fallet är det lätt att hitta en billig manometer för bildäck. Munstycket är detsamma som det som används för bollar.)

3|1|1 Förfarande

Här beskriver vi alla detaljer för det föreslagna förfarandet. Vissa delar kan utelämnas om de inte passar nivån på din grupp av elever.



FIG. 1 Boll i hink

▪ Mät bollens volym (med och utan luft inuti)

För att mäta bollens volym kan du använda en hink vatten och mäta vattennivån med eller utan nedsänkt boll. Var försiktig: Fotbollens utsida är av läder som kan absorbera vatten, vilket ökar massan hos bollen. För att undvika denna effekt kan du lägga bollen i en plastpåse. Trycket från vattnet runt bollen gör att påsen ”fastnar” mot bollen. Volymen blir densamma med eller utan plastpåse.



FIG. 2 Mät nivån för att bestämma vattenvolymen

Om du gör mätningen utan plastpåse runt bollen, bör du utföra detta efter mätningen av massa.

Volymen kan mätas med hjälp av olika vattennivåer i hinken. Om eleverna inte kan beräkna vattenvolymen i hinken, kan de fylla hinken ända upp, trycka ner bollen och mäta volymen av det vatten som rinner över.

I detta fall är volymen av den tomma bollen 1,65 L medan volymen av den fulla bollen är 5 L. Det innebär att $5 \text{ L} - 1,65 \text{ L} = 3,35 \text{ L}$ luft finns inne i bollen.

▪ Mätning av bollens massa med luft inuti

Placera glaset på vågen, tarera vågen, placera bollen på glaset och läs av massan.

I detta experiment använder vi en våg med noggrannheten 0,1 g och mätområdet 0–1 000 g, en fotboll samt en pump med manometer.

▪ Mätning av bollens massa utan luft inuti

(till exempel $m_{\text{boll}} = 408,0 \text{ g}$)



FIG. 3 Boll på våg



FIG. 4 Mät massan av den tomma bollen

▪ **Pumpa upp bollen tills du får samma tryck inuti som utanför bollen**

Det relativa trycket, eller skillnaden mellan trycket inuti och utanför bollen, är $P = 0$ bar. Mätning av bollens massa $m_{\text{boll}} = 408,0$ g. (Samma massa som tidigare!)

3 | 1 | 2 **Analys: Varför är massan densamma, både med och utan luft i bollen?**

- **Tips:** Luften runt oss är en icke-fast kropp som skapar en kraft med samma egenskaper som kraften som uppstår när vi sänker ned något i vatten.
- **Svar:** Massan av luften inne i bollen vägs upp av lyftkraften från luften runt bollen.
- Mätning av massan hos samma boll vid olika tryck. Manometern visar det relativa trycket.
- Mata in siffrorna i ett kalkylblad. Du kan till exempel mäta massan vid de relativa trycken $P = 0,35$ bar, $P = 0,5$ bar, $P = 0,6$ bar, $P = 0,75$ bar, $P = 0,9$ bar, $P = 1,05$ bar – eller välj andra tryck.
- Rita kurvan m relativt P .
- Hitta den bästa kurvanpassningen (det är en linjär funktion).
- Hitta sambandet mellan lutningen på den räta linjen och allmänna gaslagen: $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$

För att hjälpa eleverna att förstå allmänna gaslagen kan läraren ge några ledtrådar.

- **Första ledtråden:** Den linjära kurvan har formeln

$$m_{\text{total}} = a \cdot P + m_{\text{boll}}$$

eller $m_{\text{total}} = m_{\text{gas}} + m_{\text{boll}}$.

Det betyder att: $m_{\text{gas}} = a \cdot P$.

- **Andra ledtråden:** $n_{\text{gas}} = \frac{m_{\text{gas}}}{M_{\text{gas}}}$.

m : massa [g]

P : relativt tryck [Pa]

a : kurvans lutningskoefficient [$\frac{\text{g}}{\text{bar}}$]

V : volym [m^3]

n : mängd substans [mol]

M : molvikt [$\frac{\text{g}}{\text{mol}}$]

R : allmänna gaskonstanten, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

T : temperatur [K]

- **Tredje ledtråden:** Gasen (luften) består grovt räknat av 20 % syre och 80 % kväve.

$$M_{O_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad \text{och} \quad M_{N_2} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

3 | 2 **Del 2: Mätning av studshöjd i förhållande till tryck**

3 | 2 | 1 **Teori**

Har du någonsin tänkt på hur viktigt det inre lufttrycket är för en boll? Vi kommer att visa att stöttalet e (elasticiteten) är beroende av trycket.

Vad är stöttalet? När en boll faller landar den i en viss hastighet i förhållande till marken. Detta kallas dess kollisionshastighet. Efter den elastiska kollisionen med marken kommer hastigheten efter kollisionen att skilja sig från kollisionshastigheten eftersom en del av den ursprungliga kinetiska energin går förlorad:

$$e = \frac{v_{\text{fjärmande}}}{v_{\text{närmande}}}$$

Du kan mycket enkelt bestämma denna koefficient genom att mäta den initiala höjden h_1 varifrån bollen faller, och sedan mäta den maximala höjden h_2 som bollen kan nå efter att ha studsat mot marken.

Vi använder lagen om den mekaniska energins bevarande:

$$mgh_1 = \frac{mv_{\text{närmande}}^2}{2} \quad mgh_2 = \frac{mv_{\text{fjärmande}}^2}{2}$$

$$\text{Därför: } e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

e : stöttalet

v : hastighet [$\frac{\text{m}}{\text{s}}$]

m : massa [g]

g : tyngdacceleration, $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$

h : höjd [m]

3 | 2 | 2 Experimentet

Vi släpper en boll från en viss höjd (h_1) och noterar sedan till vilken höjd (h_2) bollen studsar efter att den har slagit i marken. Vi kan mäta dessa höjder i videoklippen.



FIG. 5 Håll bollen på en höjd av h_1 (vänster), släpp bollen (höger)

Experimentet kan göras med olika slags bollar och olika slags underlag^[1].

4 | SLUTSATS

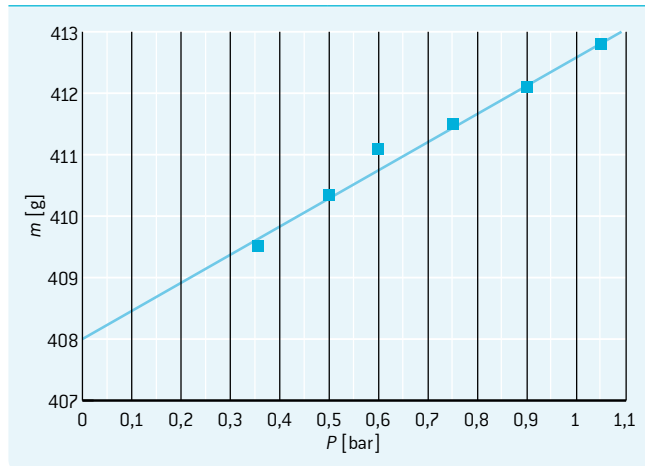
4 | 1 | Del 1: Mätning av gasens massa relativt trycket

4 | 1 | 1 Exempel på mätning av en bolls massa i förhållande till trycket i den

Massan hos bollen är is $m_{boll} = 408,0\text{ g}$ vid $P = 0\text{ bar}$. Volymen av luften i bollen är $V = 3,35\text{ L}$.

FIG. 6 m [g] relativt P [bar] (relativt tryck)

P [bar]	m [g]
0,75	411,5
0,35	409,5
1,05	412,8
0,9	412,1
0,6	411,1
0,5	410,3



4 | 1 | 2 Exempel på beräkning med allmänna gaslagen:

Formeln för denna kurva är $m = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}} \cdot P + 408,0\text{ g}$.

Vi ser att värdet 408 är massan av den tomma bollen i gram eller $m_{total} = a \cdot P + m_{boll}$.

- m : total massa [g]
- P : tryck [bar]
- a : kurvans lutningskoefficient [$\frac{\text{g}}{\text{bar}}$]

I detta fall $a = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$.

Värdet av a kan bestämmas med hjälp av allmänna gaslagen:

- $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$.
- P : tryck [Pa], $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$
- V : volym [m^3]
- n : mängd gas [mol]
- R : allmänna gaskonstanten, $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$
- T : temperatur [K]
- M : molvikt [$\frac{\text{g}}{\text{mol}}$]

Det betyder att $n_{gas} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$ och $m_{gas} = M_{gas} \cdot \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$

eller $m_{gas} = \frac{M_{gas} \cdot V}{R \cdot T} \cdot P$

och vi har redan sett i 3.2.1 att $m_{gas} = a \cdot P$,

vilket ger att $a = \frac{M_{gas} \cdot V}{R \cdot T}$.

Luft består grovt sett av 20 % syre och 80 % kväve, vilket ger

$$M_{gas} = \frac{20 \cdot M_{O_2} + 80 \cdot M_{N_2}}{100}$$

$$M_{gas} = \frac{20 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 80 \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{100}$$

$$M_{gas} = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

För denna boll:
 $V = 3,35\text{ L} = 3,35 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$
 $T = 20^\circ\text{C} = 293\text{ K}$

$$a = \frac{M_{gas} \cdot V}{R \cdot T}$$

$$a = \frac{28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 3,35 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \cdot 293\text{ K}} = 3,96 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{Pa}}$$

Detta är värdet när P uttrycks i Pa. För att få P i bar måste värdet multipliceras med 10^5 (eftersom $1\text{ bar} = 10^5\text{ Pa}$).

$$a = 3,96 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$$

Den bästa kurvanpassningen får vi med $a = 4,57 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$.

Om vi jämför de båda resultaten är den relativa avvikelsen mellan resultaten lika med:

$$d = \frac{4,57 - 3,96}{4,57} = 0,13.$$

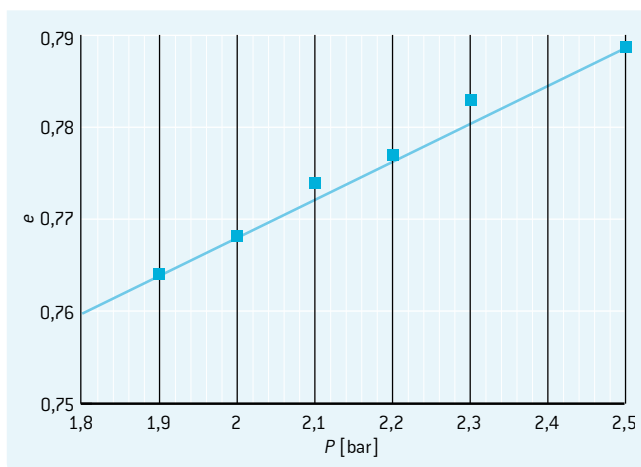
Vi kan diskutera felen som är förknippade med detta mått. Här är noggrannheten hos manometern 0,05 bar vid ett värde på cirka 1 bar. Det kan fortfarande finnas luft kvar inuti bollen när vi mäter volymen av den tomma bollen.

4 | 2 Del 2: Mätning av studs i förhållande till tryck

I vårt experiment ändrade vi lufttrycket inne i två olika bollar och fick följande resultat:

FIG. 7 Stöttalet e relativt absolut tryck P (boll 1)

P [bar]	e
1,9	0,764
2,0	0,768
2,1	0,774
2,2	0,777
2,3	0,783
2,5	0,789



Här är P det absoluta trycket i bar.

För den första bollen är beroendet linjärt eftersom tryckvariationen inte är så stor.

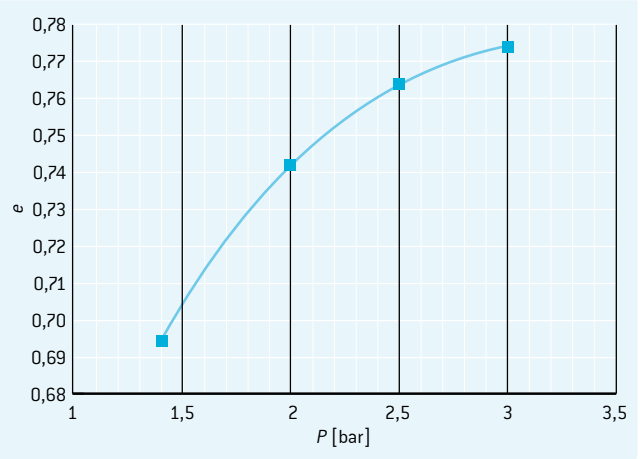
För den andra bollen fick vi en kurva. När trycket är alltför stort förlorar bollen sin elasticitet och stöttalet verkar nå ett gränsvärde.

I de här båda experimenten släpptes bollen ned på ett golv, och du kan se att stöttalet är cirka 0,77 vid trycket 3 bar.

Sedan bytte vi till en annan yta, men det inre lufttrycket var fortfarande 3 bar. På gräs var stöttalet mindre: $e = 0,57$. På konstgräs blev stöttalet 0,74^[1].

FIG. 8 Stöttalet e i förhållande till det absoluta trycket P (boll 2)

P [bar]	e
1,4	0,695
2,0	0,742
2,5	0,764
3,0	0,774



5 | SLUTSATS

Fotbollar är mycket bra verktyg för att studera gaslagarna, tryckets egenskaper och effektiviteten i studsarna. Eleverna kan studera fysikens lagar med hjälp av en boll som är ett vanligt idrottsredskap. De kan se sambandet mellan de fysiska lagarna, i detta fall allmänna gaslagen, och det dagliga livet.

Det är också intressant att se att aktiviteterna i den här enheten kan läras ut till elever i olika åldersgrupper, från 6 till 18 år. Det är enkelt att passa in dessa aktiviteter i alla slags läroplaner.

6 | ALTERNATIV FÖR SAMARBETE

Vi kan dela med oss av våra resultat från olika försök med fotbollar.

Om du vill dela med dig av resultaten laddar du ner filen och följer anvisningarna^[1].

Vi är övertygade om att eleverna kan beskriva sina idéer om skillnaderna mellan sina mätningar eller sina försöksanordningar. De kan tänka ut andra experiment med bollen – till exempel att filma bollens deformation vid kollisionen med underlaget och hur trycket påverkar denna process.

REFERENSER

^[1] www.science-on-stage.de/iStage3_materials



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
Ingenieurwachstum

Proudly supported by

