

# Titel

Frenk Klein Schiphorst

11 november 2020

## Samenvatting

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut tempor ullamcorper sapien, quis lacinia nibh pellentesque vel. Sed ultrices nunc vitae magna pulvinar ac posuere velit bibendum. Nunc placerat ornare libero nec viverra. Nulla ullamcorper diam orci, sit amet scelerisque nisl. Nam sapien felis, auctor vestibulum dignissim nec, egestas eget dolor.

STUDENTNUMMER	11866497
PRACTICUMGROEP	Groep B
BEGELEIDER	Evelijn Akerboom
VAK	Practicum 1
OPDRACHT	Practicumverslag
VERSIE	Eerste versie
STUDIE	Natuur- & Sterrenkunde

## 1 Inleiding

Bij een voetbalwedstrijd moeten de ballen opgepompt zijn tot een bepaalde druk, anders mogen ze niet gebruikt worden. Een voetbal die met de aanbevolen druk is opgepompt stuitert hoger op dan een te zacht opgepompte voetbal, wanneer ze van dezelfde hoogte worden laten vallen. De zachtere bal verliest tijdens de stuit meer van de beginenergie dan de hardere. Het energieverlies in de stuit lijkt dus afhankelijk te zijn van de druk in de bal. In dit onderzoek is daarom gezocht naar het verband tussen de druk in een voetbal en het energieverlies tijdens de hele stuit.

## 2 Theorie

Het energieverlies tijdens een stuit volgt uit de wet van behoud van energie. Die zegt dat de totale energie voor en na een gebeurtenis hetzelfde is. De energie voor bestaat uit potentiële energie en kinetische energie, terwijl de energie na bestaat uit dezelfde componenten, met een eventueel energieverlies erbij. In het algemeen geldt dus

$$U_{voor} + K_{voor} = U_{na} + K_{na} + E_{verlies} \quad (1)$$

met  $U$  de potentiële energie en  $K$  de kinetische energie. De potentiële energie wordt gegeven door

$$U = mgh \quad (2)$$

met  $m$  de massa van het object,  $g$  de valversnelling en  $h$  de hoogte van het object boven een willekeurig punt, vaak de grond. De kinetische energie wordt gegeven door

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

met  $m$  de massa van het object en  $v$  de snelheid.

Voordat een bal losgelaten wordt hangt de bal stil in de lucht op een bepaalde hoogte, en na de stuit ook. De snelheid voor en na de stuit is dus 0, waaruit via vergelijking 3 ook een kinetische energie van 0 volgt. Het energieverlies tussen het moment van stil hangen in de lucht voor en na de stuit is dus alleen afhankelijk van het verschil in potentiële energie. Uit vergelijkingen 1 en 2 volgt

$$\begin{aligned} E_{verlies} &= U_{voor} - U_{na} \\ &= mgh_{voor} - mgh_{na} \\ &= mg(h_{voor} - h_{na}) \end{aligned} \quad (4)$$

waaruit blijkt dat het energieverlies tijdens de hele stuit alleen afhangt van het verschil in hoogte voor en na de stuit, aangenomen dat de massa van de bal en de valversnelling gelijk blijven.

Een bal die opgepompt is met de aanbevolen druk stuitert hoger op dan een bal die minder dan de aanbevolen druk heeft. Het hoogteverschil voor en na de stuit zal bij de zachtere ballen dus groter zijn, en daarmee ook het energieverlies. De verwachting is daarom een negatief verband tussen de druk in de bal en het energieverlies tijdens de hele stuit. De hele stuit beschrijft hier de beweging van de bal tussen het moment van loslaten en het moment van stil hangen in de lucht na de stuit.

De restitutie-coëfficiënt  $e$  van een bal is gedefinieerd als

$$e = \frac{|v_{na}|}{|v_{voor}|} \quad (5)$$

met  $v_{voor}$  de snelheid van de bal precies voor het moment van stuiten en  $v_{na}$  de snelheid precies erna <sup>?</sup>. Uit vergelijking 3 volgt dus

$$\begin{aligned} e^2 &= \frac{\frac{1}{2}mv_{na}^2}{\frac{1}{2}mv_{voor}^2} \\ &= \frac{K_{na}}{K_{voor}} \end{aligned} \quad (6)$$

Als er geen luchtwrijving is, of als de luchtwrijving verwaarloosbaar is, zal de potentiële energie voor de stuit helemaal omgezet worden naar de kinetische energie vlak voor het moment van stuiten, en zal de kinetische energie vlak na het moment van stuiten helemaal omgezet worden naar de potentiële energie op het moment van stil hangen. Gecombineerd met vergelijking 2 volgt dus

$$\begin{aligned} e^2 &= \frac{U_{na}}{U_{voor}} \\ &= \frac{h_{na}}{h_{voor}} \end{aligned} \quad (7)$$

$$e = \sqrt{\frac{h_{na}}{h_{voor}}} \quad (8)$$

Als de grafiek voor de voetbal (soccerball) in <sup>?</sup> overeen komt met de  $(P, e)$ -grafiek die verkregen wordt door de waarden uit vergelijking 8 uit te zetten tegen de druk  $P$  in de bal, kan dus aangenomen worden dat de luchtwrijving verwaarloosd mag worden. Al het energieverlies tijdens de stuit is dan afkomstig van het contact van de bal met de grond.

Bij dit experiment wordt gebruik gemaakt van een Ultrasonic Detector (USD). De USD zendt met een bepaalde frequentie ultrasone geluidsgolven uit. Deze pulsen worden weerkaatst door objecten recht voor de USD, en de USD meet de teruggekaatste puls. Met de tijd  $t$  tussen het verzenden en ontvangen van de pulsen kan de USD de afstand tot het object bepalen met de formule

$$s_{USD} = \frac{vt}{2} \quad (9)$$

met  $v$  de gemiddelde geluidssnelheid bij 1 atm (343 m/s). De werkelijke geluidssnelheid hangt echter van meerdere factoren af, bijvoorbeeld de temperatuur van de lucht. Om de USD te kunnen gebruiken moet deze dus eerst geijkt worden.