Stutz Aline, Isliker Pascal, Scherrer Marcel

ZHAW

PE Semesterprojekt

Bericht

Inhaltsverzeichnis

[1 Abstract 2](#_Toc101556259)

[2 Teil 1 2](#_Toc101556260)

[3 Teil 2: Würfel wird gestossen 3](#_Toc101556261)

[3.1 Aufgabenstellung 3](#_Toc101556262)

[3.2 Unser Experiment 4](#_Toc101556263)

[3.3 Theorie 5](#_Toc101556264)

[3.4 Berechnung der Energien 5](#_Toc101556265)

[3.5 Vergleich mit Experiment 6](#_Toc101556266)

[4 Teil 3a: Würfel stossen verzögert elastisch 7](#_Toc101556267)

[5 Teil 3b: Würfel 1 wird gefangen 9](#_Toc101556268)

[6 Teil 3c: Würfel 2 fällt 10](#_Toc101556269)

[7 Rückblick 11](#_Toc101556270)

[8 Abbildungsverzeichnis 11](#_Toc101556271)

[9 Anhang 12](#_Toc101556272)

# Abstract

Dieser Bericht beinhaltet die gewonnen Erkenntnisse und Resultate der Experimente gemäss der Aufgabenstellung „PE\_Semesterprojekt\_FS22\_v08.pdf“. Die Experimente wurden dabei mithilfe von Unity simuliert.

# Einleitung

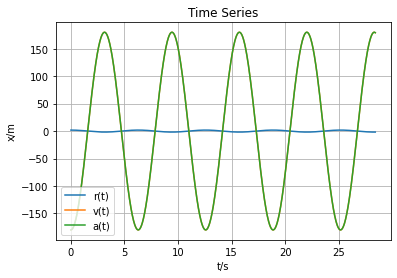
In diesem Bericht werden die gewonnenen Erkenntnisse aus den Experimenten gemäss der Anleitung Semesterprojekt PE FS 2022 dokumentiert. Dabei werden folgende Physikthemen behandelt:

* Harmonischer Oszillator
* Federkraft
* Kinetische Energie
* Federenergie
* Energieerhaltungsgesetz
* Impulsgesetz
* Elastischer Stoss
* Trockene Reibung
* Winkelgeschwindigkeit
* Arbeit
* Freier Fall

Für die Visualisierung der Experimente wird Unity verwendet. Zur Darstellung der Grafiken der erhaltenen Daten des Experimentes wird ein Python Skript verwendet.

# Teil 1: Harmonischer Oszillators

Es soll ein Würfel erstellt werden, welcher eine Oszillation erfährt. Dieser soll dann eine Harmonische Schwingung wiederspiegeln. In der unterstehenden Graphik, kann erkannt werden, dass die Reibung 0 beträgt und der Würfel eine gleiche Beschleunigung und Geschwindigkeit aufweist.



# Teil 2: Würfel wird gestossen

## Aufgabenstellung

Ein Würfel ( ) wird durch eine gespannte Feder von einer unendlich schweren   
Mauer weggestossen. Dabei soll der Würfel, nachdem er abgestossen wurde, eine Geschwindigkeit ( erreichen. Um diese Bedingungen zu erfüllen, müssen die Federkonstant und die Kompression entsprechend gewählt werden.

Text

Description automatically generated

Abbildung 1 Ausschnitt der Aufgabe 2 aus der Aufgabenstellung

## Unser Experiment

**Beschreibung**

Nach dem Start des Programmes wird der Würfel auf eine Geschwindigkeit in Richtung der Wand beschleunigt. An der Position trifft der Würfel auf die Feder. Dabei wird die Feder komprimiert und die Geschwindigkeit des Würfels verlangsamt sich, bis die maximale Kompression bei , erreicht wird. Ab diesem Zeitpunkt beschleunigt der Würfel in die entgegengesetzte Richtung (weg von der Wand). Die Beschleunigung erhöht sich bis der Würfel die Feder nicht mehr berührt. Die Geschwindigkeit beträgt ab diesem Zeitpunkt wieder konstant .

Diagram

Description automatically generated

Abbildung 2: Top-Down Ansicht des Experimentes

**Umsetzung in Unity**

Um dem Würfel eine initiale Geschwindigkeit von zu geben, wendeten wir einmalig eine Kraft von 50 Newton auf den Würfel an. Dieser Kraftaufwand ist nötig, um den Würfel auf eine Geschwindigkeit zu beschleunigen, da in Unity ein einziger Tick beträgt.

Nach der initialen Beschleunigung, bewegt sich der Würfel auf die Feder mit konstanter Geschwindigkeit von zu. Sobald der Würfel auf die Feder trifft, können wir die Formel der Federkraft anwenden. Die Feder wird maximal komprimiert und stösst den Würfel ab. Die Feder wächst anschliessend wieder auf ihre ursprüngliche Grösse an.

**Graphische Darstellung des Experiments**

Das nachfolgende Diagramm wurde basierend auf den Daten des Unity-Experiments generiert. Das Resultat entspricht unserer Erwartung. Die Geschwindigkeit nimmt zuerst ab und anschliessend nimmt sie wieder zu, bis eine Geschwindigkeit von 1 erreicht wird. Ab diesem Zeitpunkt bleibt die Geschwindigkeit konstant.

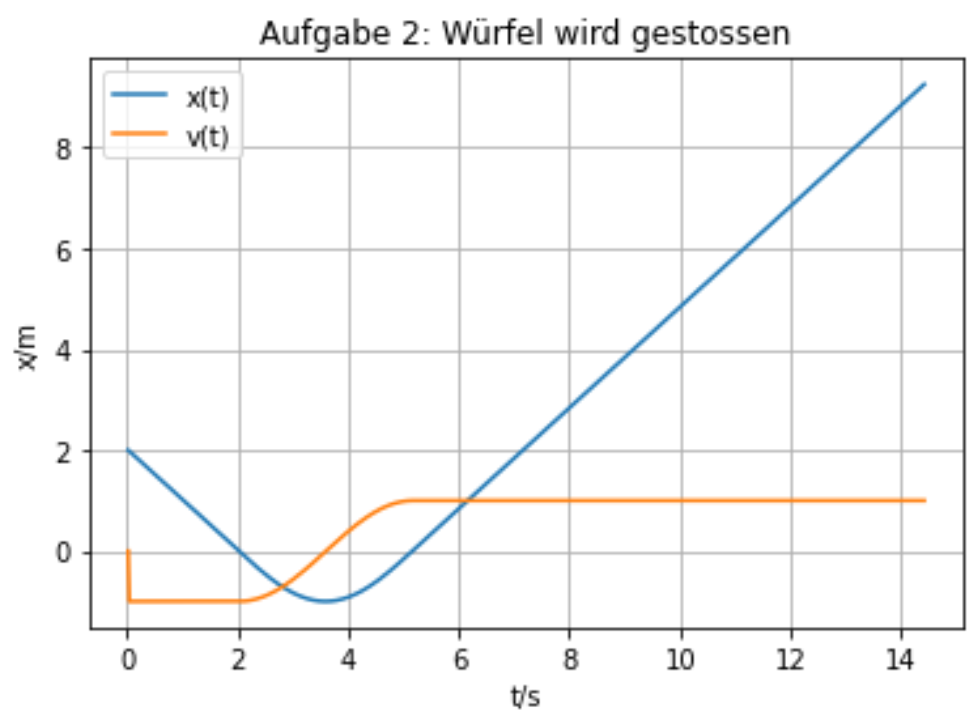


Abbildung 3: Orts- und Geschwindigkeit Diagramm

## Theorie

Für die Umsetzung des Experimentes sind Kenntnisse einiger physikalische Formeln nötig, auf die wir in diesem Abschnitt genauer eingehen wollen.

**Federkraft**

Die Federkraft beträgt . Sie zeigt entgegen der Auslenkung (). Die Beschleunigung ist proportional zum Ort .

**Kinetische-Energie und Feder-Energie**

Bei unserem Experiment entsteht sowohl Kinetische- als auch Feder-Energie. Diese Energien sind durch folgende Formeln definiert.

**Energie-Erhaltungssatz**

Da es sich bei unserem Versuch um ein abgeschlossenes System handelt, kommt der Energie-Erhaltungssatz zum Zuge. Dieser besagt, dass sich die Energie in einem abgeschlossenen System mit der Zeit nicht verändert. In unserem Fall gibt es kinetische- und Feder-Energie , diese müssen zusammen konstant bleiben. Daraus lässt sich folgende Formel ableiten.

## Berechnung der Energien

In diesem Bereich werden wir die Energien, mithilfe der vorhergehenden Formel berechnen.

**Vor Kompression**

**Während Kompression**

Berechnung der Feder-Energie:

-

Berechnung der Geschwindigkeit:

**Maximale Kompression**

## Vergleich mit Experiment

Vergleichen wir die berechnete Geschwindigkeit von , welche während der Kompression besteht, mit der Geschwindigkeit in unseren Experiment, so stellen wir fest, dass diese an der Position ebenfalls eine Geschwindigkeit aufweist.

# Teil 3a: Würfel stossen verzögert elastisch

## Beschreibung

Würfel 1 stösst mit Würfel 2 zusammen.

* Würfel 1 startet mit einer Geschwindigkeit
* Würfel 2 startet mit einer Geschwindigkeit von

Zwischen den Würfeln wird eine Feder komprimiert.

Wenn die Feder maximal komprimiert ist, werden die beiden Würfel fest miteinander verbunden und gleiten gemeinsam weiter.

Nach einer Strecke von 5 Meter oder nach einigen Sekunden wird die feste Verbindung gelöst, die Würfel stossen sich voneinander ab. Würfel 1 gleitet nach links, Würfel 2 nach rechts.

Eigenschaften:

* Würfel 2 ist doppelt so schwer wie Würfel 1 .
* Würfel 2 ist gleich gross wie Würfel 1 .

A picture containing timeline

Description automatically generated

## Impuls Theorie

**Massen und Geschwindigkeitsänderungen**

**Impuls**

* Impuls eines Körpers
* Impuls vor Stoss
* Impuls nach Stoss

**Elastischer Stoss**

## Umsetzung in Unity

## Berechnungen

**Impuls**

* Impuls von Körper
* Impuls von Körper

**Elastischer Stoss**

## Vergleich mit Experiment

Nun vergleichen wir die berechnete mit der tatsächlichen Geschwindigkeit der beiden Würfel.

* Würfel 1: Berechnet: Experiment:
* Würfel 2: Berechnet: Experiment:

Die berechneten Werte unterscheiden sich somit nur leicht von den tatsächlichen Werten.

# Teil 3b: Würfel 1 wird gefangen

## Beschreibung

Würfel 1 gleitet (mit einer Geschwindigkeit von ) eine kurze Strecke nach links.

Dann wird ein virtuelles masseloses Seil von 5 m Länge am Schwerpunkt des Würfels befestigt. Würfel 1 dreht in der Ebene um den Befestigungspunkt des Seils. Der Befestigungspunkt befindet sich seitlich, 5 m senkrecht zur Geschwindigkeit.

Am Boden wirkt trockene Reibung, sodass der Würfel nach einem Viertelkreis zum Stehen kommt.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

## Theorie

**Trockene Reibung**

Trockene Reibung ist proportional zur Normalkraft

* Proportionalitätsfaktor / Gleitreibungskoeffizient

**Winkelgeschwindigkeit**

**Diagram

Description automatically generatedArbeit**

**Lösungsweg**

Zentripetalkraft

Reibungskraft

Resultierende Kraft

## Berechnung

* Würfel-Geschwindigkeit
* Seillänge (Radius)
* Reibungskoeffizient

# Teil 3c: Würfel 2 fällt

## Beschreibung

Würfel 2 gleitet (mit einer Geschwindigkeit von ) auf eine Kante zu und fällt ins Leere (.

Weit unten, tiefer, gibt es ein Loch im Boden, durch das der Würfel fallen soll. Wählen Sie die Position des Lochs so, dass der Würfel mittig trifft.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

## Theorie

Falldistanz und Fall-Geschwindigkeit nach einer Zeit

Horizontale Distanz und Geschwindigkeit nach einer Zeit

Drehmoment?

# Rückblick

# Abbildungsverzeichnis

[Abbildung 1 Ausschnitt der Aufgabe 2 aus der Aufgabenstellung 3](#_Toc101615123)

[Abbildung 2: Top-Down Ansicht des Experimentes 4](#_Toc101615124)

[Abbildung 3: Orts- und Geschwindigkeit Diagramm 4](#_Toc101615125)

# Anhang

## Aufgabe 2

public class CubeController : MonoBehaviour

{

private Rigidbody rigidBody;

public int springConstant; // N/m

private float currentTimeStep; // s

private List<List<float>> timeSeries;

// Start is called before the first frame update

void Start()

{

rigidBody = GetComponent<Rigidbody>();

timeSeries = new List<List<float>>();

}

// Update is called once per frame

void Update()

{

}

private float featherPosXFrom = 0; // m

private double featherPosXTo = -3.5; // m

private bool featherEnabled = false;

private bool setInitialForce = false;

// FixedUpdate can be called multiple times per frame

void FixedUpdate() {

float forceX = 0; // N

rigidBody.mass = 1; // kg

springConstant = 1; // N/m

// Assuming the Feather starts at position x = 0

float compression = rigidBody.position.x;

//Set Initial Force before Feather is touched

if (!setInitialForce)

{

//Apply Force

forceX = -50; // N

rigidBody.AddForce(new Vector3(forceX, 0f, 0f));

setInitialForce = true;

}

//Pre-Feather

if (rigidBody.position.x < featherPosXFrom && rigidBody.position.x > featherPosXTo)

{

featherEnabled = true;

} else

{

featherEnabled = false;

}

Debug.Log("Position: " + rigidBody.position.x

+ ", Velocity: " + rigidBody.velocity.x

+ ", Acceleration: " + forceX / rigidBody.mass);

//Feather

if (featherEnabled)

{

//F = -x\*k

forceX = -compression \* springConstant;

//Apply Force

rigidBody.AddForce(new Vector3(forceX, 0f, 0f));

}

//Post-Feather

currentTimeStep += Time.deltaTime;

timeSeries.Add(new List<float>() {currentTimeStep, rigidBody.position.x, rigidBody.velocity.x, forceX });

}

void OnApplicationQuit() {

WriteTimeSeriesToCSV();

}

void WriteTimeSeriesToCSV() {

using (var streamWriter = new StreamWriter("time\_series.csv")) {

streamWriter.WriteLine("t,z(t),v(t),a(t) (added)");

foreach (List<float> timeStep in timeSeries) {

streamWriter.WriteLine(string.Join(",", timeStep));

streamWriter.Flush();

}

}

}

}

## Aufgabe 3