

# **1. Einleitung:**

In meiner Arbeit werde ich mich mit dem Thema Chaos beziehungsweise dem deterministischen Chaos beschäftigen. Ich habe dieses Thema gewählt, da es im Alltag zwar eine Rolle spielt, ich aber noch nicht viel darüber wusste. Ich werde anhand eines selbst konstruierten Fischertechnik-Modells versuchen, die deterministisch chaotische Übertragung einer Schwingung darzustellen. Dabei gibt es als chaotischen Aspekt die Rotation des Systems und die damit verbundenen Richtungsänderungen der Schwingungen sowie die dadurch mit veränderte Schwingungsübertragung.

# **2. Einführung:**

## **2.1 Was genau ist Chaos?**

In unserem alltäglichen Sprachgebrauch ist Chaos meist ein Synonym für den Zustand des Zufalls, der kompletten Unordnung. Doch in den meisten Fällen ist das alltägliche Chaos nicht komplett Zufall, es folgt Regeln. Und alles was Regeln folgt, kann sich auch wiederholen, es hat eine gewisse Periodizität. Diese Art des Chaos nennt man in der Physik das deterministische, also das berechenbare Chaos. Dieser Ausdruck steht generell für alle nichtlinearen Vorgänge, die sich, allerdings erst bei Kenntnis aller Faktoren, präzise Vorhersagen beziehungsweise zurück berechnen lassen. So lässt sich zum Beispiel, auf Basis von Berechnungen, Statistiken und Erfahrungswerten, das auf ersten Blick doch recht chaotische Wettergeschehen relativ genau vorhersagen, auch wenn viele Faktoren gar nicht berücksichtigt werden können, beziehungsweise nicht einmal bekannt sind.

## 2.2 Aufbau des Experimentes

Die Grundidee des Experimentes, die Art der Schwingungsübertragung, stammt von dem "Knetgummi-Modell" aus dem Physikunterricht. Mein Modell ist komplett aus Fischertechnik selbst zusammengebaut.

Bei diesem sind, für das Darstellen einer fortschreitenden Schwingung, an einer langen Halterung sieben Haupt-Oszillatoren aufgehängt, welche durch sechs kleinere Gewichte, also kleinere Oszillatoren, verbunden sind. So lässt sich die Schwingung des einen Haupt-Oszillators über einen kleinen Oszillator auf den nächsten Haupt-Oszillatoren mechanisch übertragen. Das ganze System ist auf einer Scheibe, die Mithilfe von zwei Motoren beliebig gedreht werden kann. (Abb. 2.1)



Um die Schwingungen auf dem sich drehenden System darstellen und somit angemessen ablesen zu können, ist über der Aufhängung der Oszillatoren eine Kamera befestigt, die sich, durch die direkte Befestigung an dem System, mit selbigem dreht. Da die Kamera direkt von oben auf das System zeigt, gibt es keinerlei perspektivische Verzerrungen, die Amplituden sind in jeder Position eindeutig und vergleichbar, eine Skalierung ist deshalb nicht notwendig. Auf dem Kamerabild lassen sich sowohl die Schwingungen, als auch die Richtung und die Geschwindigkeit der Rotation klar erkennen. (Abb. 2.2)

### 3. Durchführung des Experiments

#### 3.1 Versuch 1: lineare Ausbreitung

Dieser erste Versuch ist für die Vergleichbarkeit mit dem späteren chaotischen Versuch wichtig, da hier die Ausbreitungsgeschwindigkeit unter normalen umständen gezeigt wird. Es wird nur der mittlere der 7 Oszillatoren ausgelenkt. Diesem anfänglichen Vollausschlag wird die Amplitude „1“ zugeordnet, alle anderen Werte sind als Bruchteil davon dargestellt. Da bei diesem Aufbau leider von Reibung nicht abgesehen werden kann, sind natürlich die späteren Amplituden niemals so groß, wie die Anfängliche, die Schwingung ist gedämpft.

Es ergibt sich folgender Schwingungsverlauf der einzelnen Oszillatoren:

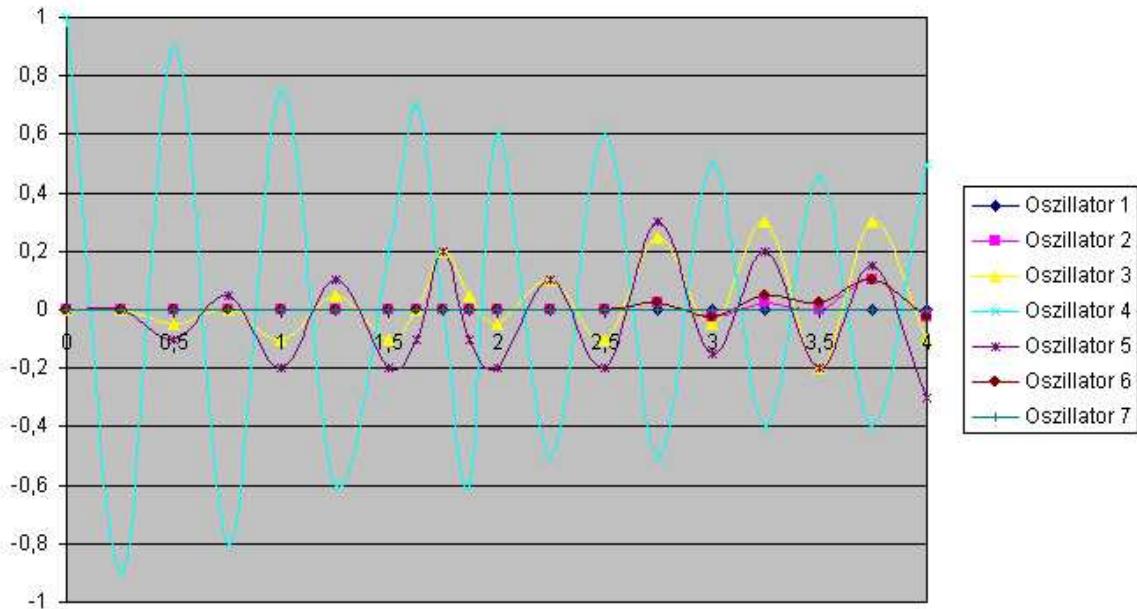


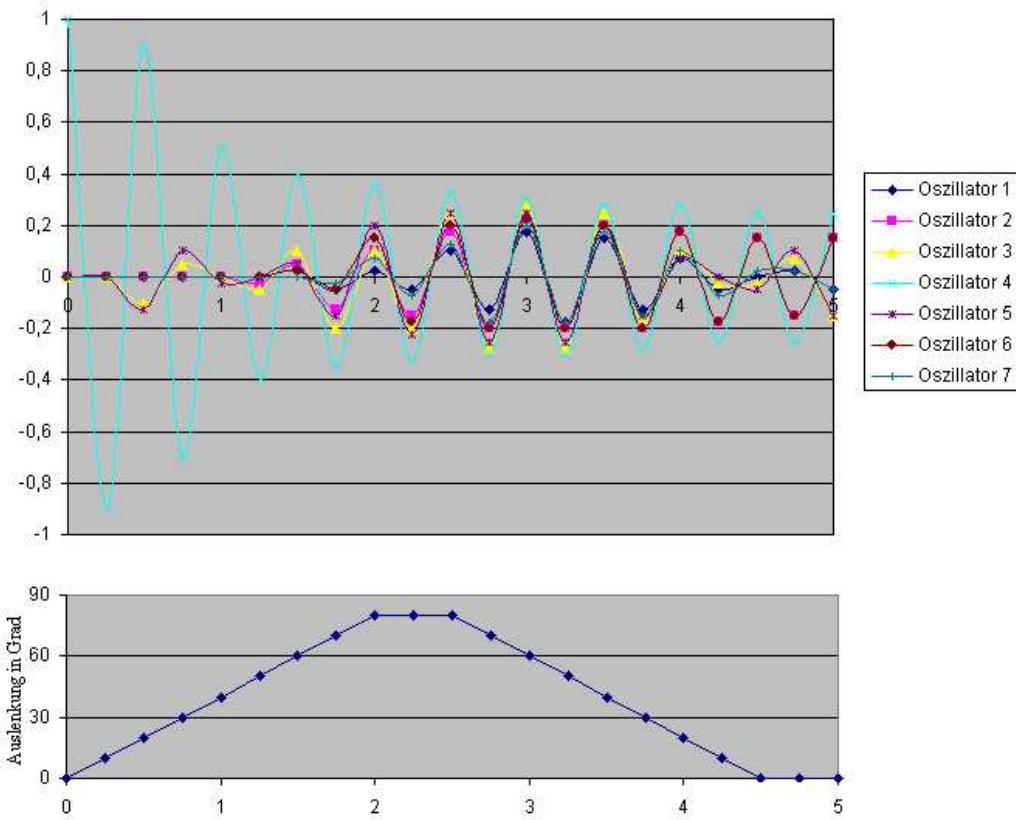
Abbildung 3.1

Wie klar zu erkennen ist, schwingen die benachbarten Oszillatoren fast sofort mit, allerdings sind sie um immer genau eine halbe Periode verschoben, dies ändert sich auch im weiteren Verlauf nicht. Die Oszillatoren 2 und 6 folgen nach ca. 3 Sekunden, allerdings lässt sich der Phasensprung nicht in dieser Grafik erkennen, dafür müssten die Messabstände geringer sein, erst später macht dieser sich bemerkbar. Die äußersten Oszillatoren fangen erst nach 12 Sekunden merklich zu schwingen an.

## 3.2 Versuch 2: nichtlineare Ausbreitung

Bei diesem zweiten Versuch wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit durch die sich, durch die Rotation des Systems geänderte, Bewegungsrichtung der Oszillatoren beeinflusst. Schwingen die Oszillatoren senkrecht zur Aufhängung, dann breitet sich die Schwingung normal aus. Wird allerdings der vektorielle Anteil der parallelen Schwingungen größer, so wird die Schwingung viel direkter übertragen, da die Zugbelastung auf die benachbarten Oszillatoren dann um einiges größer ist. Darüber hinaus, gibt es bei dieser Art der Übertragung keinen Phasensprung. Außerdem kann es im Extremfall dazu kommen, dass sich einzelne Oszillatoren direkt treffen, was bei dem Versuch allerdings nicht passiert ist. Es gilt wiederum als Maximale Amplitude die „1“, zusätzlich muss allerdings noch die Bewegungsrichtung relativ zur Aufhängung angegeben werden, da der einfache Ausschlag nicht mehr reichen wird. Da allerdings alle Oszillatoren in ähnliche Richtungen Schwingen, muss nicht für jeden die aktuelle Richtung angegeben werden, es reicht ein Wert für alle. Die ersten zwei Sekunden dreht sich das System mit dem Uhrzeigersinn, dann wird es für eine halbe Sekunde gestoppt und dreht sich dann zwei Sekunden mit dem Uhrzeigersinn.

Abbildung 4.1:



Wie auf der Abbildung 4.1 zu sehen, setzt die Schwingung ihren Weg nicht auf die gewohnte Weise fort. Wird der Winkel zur Ausgangsschwingrichtung zu groß, so überwiegt klar die parallele Komponente, die Schwingung wird schnell und ohne Phasensprung selbst an die äußeren Oszillatoren übertragen. Dabei wird die Amplitude bei allen Oszillatoren fast gleich groß. Wenn nun das System sich wieder zu seiner Ausgangsposition zurückbewegt, dann stellen sich die Auswirkungen der senkrechten Komponente wieder ein: Die Oszillatoren 1,3,5 und 7 werden langsam ausgebremst, und Schwingen wieder mit dem Phasensprung. Die äußeren Oszillatoren Schwingen stärker, als sie es unter normalen Umständen getan hätten, der mittlere Oszillator wurde mehr als doppelt so stark ausgebremst, wie in Versuch 1.

### 3.3 Auswertung

Die Versuche sind trotz der langsamen und teilweise doch stark gedämpften Übertragung sehr eindeutig ausgefallen. Die Vermischung der vektoriell senkrechten und der vektoriell parallelen Ausbreitungsart konnten die Ausbreitungsgeschwindigkeit so stark verändern, dass ohne vorherige Kenntnis der Rotationsabläufe keine Vorhersagen über den Endzustand getroffen werden könnten. Somit ist das Ziel des Experiments, das Erzeugen einer chaotischen Schwingungsübertragung durch den Einfluss der Rotation erreicht worden.

## 4. Fazit

Die Arbeit mit dem Fischertechnik-Modell war allgemein schwerer als erwartet, die Motoren machten manchmal bei geringeren Geschwindigkeiten Probleme, die Oszillatoren haben keinen guten Schwerpunkt, außerdem ist die Länge der Fäden weit unter dem Optimum. Auch die Zusammenstöße der Oszillatoren bei  $90^\circ$  waren ein größeres Problem, auch die Fliehkräfte bei höheren Geschwindigkeiten sowie die Trägheit bei Geschwindigkeitsänderungen. Zum Ablesen der Amplituden vom Kamerabild musste ich bei der nicht-senkrechten Schwingung eine Maske mit Kreisen über das Bild legen, um die Werte ausreichend exakt bestimmen zu können.

Falls ich dieses Experiment noch mal wiederholen müsste, würde ich Dinge bei der Konstruktion ändern, Bleikugeln als Oszillatoren wären klar von Vorteil gewesen, längere Fäden erforderten auch eine veränderte Aufhängung. Auch die Überträger-Oszillatoren sollten ein höheres Gewicht bekommen und auch an längeren Fäden hängen.

Trotzdem hat es alles in allem sehr viel Spaß gemacht, vor allem das Konzipieren des Modells. Ich hoffe, dass ich Mithilfe dieses Experiments ein Aspekt des Themas Chaos gut darstellen konnte. Auch wenn ich in dieser Arbeit nicht eine einzige Formel verwendet habe, hoffe ich trotzdem durch diese, rein auf dem Experiment beruhende Darstellung, dem kleinen Ausschnitt des Themas Chaos gerecht geworden zu sein.