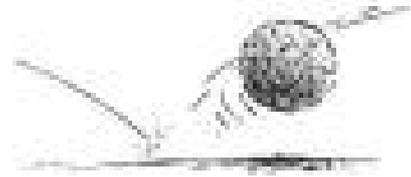


Kausalität: Verhältnis von Ursache und Wirkung

Einleitung

Wenn jemand einen Ball fallen lässt, wisst ihr sicherlich jedesmal ungefähr, wohin der Ball fällt. Wisst ihr das auch, wenn ein Blatt Papier fallengelassen wird?



Probiere es aus.

Lasst einen Ball zweimal von derselben Stelle auf den Boden fallen (am Besten eignet sich hierzu ein Jonglierball).

Lasst eine Spielkarte oder ein Blatt Papier von derselben Stelle zweimal fallen. Wiederholt den Versuch mehrmals und beschreibt die unterschiedlichen Bewegungen!



Bewegung des Balls:

Bewegung des Papiers:

Für die Unterschiede von ähnlichen und exakt gleichen Ursachen gibt es in der Physik zwei Begriffe:

Exakt gleiche Ursachen rufen exakt gleiche Wirkungen hervor.

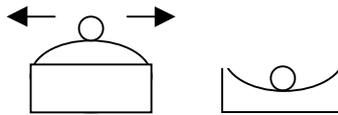
Dieses Prinzip gilt **immer**. Deshalb ist es nichts besonderes. Man benutzt dafür den Begriff **Schwache Kausalität**.

Ähnliche Ursachen rufen ähnliche Wirkungen hervor.

Dieses Prinzip gilt nicht immer, es gilt nur für bestimmte Systeme, es ist etwas Besonderes. Daher nennt man es **Starke Kausalität**.

Wendet diese Prinzip auf euren Versuch an und bearbeitet dazu Arbeitsblatt 1

Stabile und instabile Ruhelagen



Aufgabe 1:

Material: nach oben gewölbte Schale, Schale mit Mulde, Kugel

Arbeitsauftrag: Ihr seht hier 2 Oberflächen, die eine ist nach oben gewölbt, die andere nach unten. Lasst die Kugel in die Mulde rollen und beobachtet, was passiert. Schreibt eure Beobachtung auf einem separaten Blatt auf. (Arbeitsblatt 2)

Versucht anschließend, die Kugel auf der gewölbten Oberfläche so auszubalancieren, dass sie ruhig liegenbleibt. Beschreibt, was geschieht!

Vergleicht das Verhalten der Kugel auf der gewölbten Oberfläche mit dem in der Mulde und notiert dies ebenfalls auf dem Arbeitsblatt.

Die Position in der Mitte der Mulde nennt man **stabile Ruhelage**.

Die Position in der Mitte der Wölbung nennt man eine **instabile Ruhelage**.

Ihr könnt euch merken:

Instabile Ruhelagen sind Zustände, in denen kleinste Änderungen in der Umgebung zu einer Entscheidung mit großen Konsequenzen führen.

Aufgabe 2:

Material: DIN A4 Blatt, 2 Magnete, doppelseitiges Klebeband, Eisenkugel, Bleistift, roter und blauer Filzstift.

Arbeitsauftrag: 1. Legt ein Blatt Papier (DIN A4 oder größer) auf den Tisch.

Markiert zwei Punkte im Abstand von mindestens 3 cm bis maximal 8 cm auf dem Papier.

Befestigt zwei Magnete mit doppelseitigem Klebeband an den markierten Punkten auf dem Papier (die Punkte markieren den Abstand von Rand zu Rand).

Markiert nun mit einem Bleistift einen Punkt zwischen den Magneten.

Nehmt die Kugel und legt sie auf diesen Punkt.

Beobachtet, was mit der Kugel geschieht!

Färbt den Ausgangspunkt rot, wenn die Kugel zum rechten Magneten gerollt ist. Färbt den Ausgangspunkt blau, wenn die Kugel zum linken Magneten gerollt ist.

Wiederholt den Versuch mit 10 (oder mehr) verschiedenen Ausgangslagen der Kugel. Diese sollen alle im Gebiet zwischen den Magneten verteilt sein. Vergesst nicht, den Startpunkt jedes mal wie oben einzufärben!

2. Wie sind die Farben verteilt?

Skizziert eure Beobachtungen auf Arbeitsblatt 3!

Formuliert eure Beobachtungen ebenfalls auf Arbeitsblatt 3.

Versucht, eure Beobachtung zu erklären (Arbeitsblatt 3).

3. Versucht nun Punkte zu finden, wo die Kugel in Ruhelage bleibt. Wo, glaubt ihr, sollte man sie suchen? Begründet eure Antwort mit geometrischen Überlegungen!

Habt ihr solche Punkte im Versuch finden können?

Wenn ihr die gedachten Punkte aus Arbeitsauftrag 3 verbindet, welche geometrische Figur erhaltet ihr dann?

Diese gedachte Linie gibt es theoretisch, aber in der Praxis werdet ihr sie nicht finden können.

Ihr könnt euch merken:

Auf dieser Linie haben die Kugeln eine **instabile Ruhelage**, welche ihr bei dem Versuch mit der Kugel und der nach oben gewölbten Halbkugel bereits kennen gelernt habt

Deshalb wird diese Linie **Instabilitätslinie** genannt.

Eine solche Instabilitätslinie findet ihr auch, wenn ihr versucht, eine Kugel auf einem Messerrücken rollen zu lassen.

Aufgabe 3:

Auf der Abbildung rechts seht ihr eine Schale mit 3 Mulden. Mit einer solchen Schale werdet ihr euch in der nächsten Aufgabe beschäftigen.

Materialien: Schale mit drei Vertiefungen, Kugeln, Durchmesser ca. 1 – 2 cm, Arbeitsblatt.



Arbeitsauftrag: Macht eine Skizze für diesen Versuch auf Arbeitsblatt 4, indem ihr die Schale aus der Sicht von oben abzeichnet!

Nehmt eine Kugel und platziert sie irgendwo auf einer der Schwellen zwischen zwei Mulden. Beobachtet die Bewegung der Kugel. Markiert Ausgangsposition und Endlage der Kugel auf eurer Skizze und verbindet die beiden Punkte.

Wiederholt den Versuch 10 Mal und verbindet jeweils Ausgangspunkt und Endlage auf eurem Arbeitsblatt.

Wie viele Endlagen gibt es? _____

Es handelt sich um stabile / instabile Ruhelagen. (Bitte unterstreicht das Richtige!)

Findet ihr auch Instabilitätslinien? Wenn ja, markiert sie farbig auf eurem Arbeitsblatt.

Aufgabe 4:

Arbeitsauftrag: Im ersten Modul habt ihr einen Versuch mit dem Magnetpendel durchgeführt.

Zeichnet auf Arbeitsblatt 5 die Lage der 3 Magnete.

Überlegt, ob es hier stabile und/oder instabile Ruhelagen gibt und markiert eure Vermutung auf dem Arbeitsblatt.

Wiederholung:

Zustände, in denen kleinste Änderungen in der Umgebung zu einer Entscheidung mit großen Konsequenzen führen nennt man **instabile Ruhelagen**.

Instabile Ruhelagen könnt ihr auch beim Experimentieren mit folgenden Systemen finden:

Stellt einen Bleistift auf die Spitze.

Stellt ein Ei auf die Spitze.

Stellt einen Würfel auf ein Eck.

Balanciert einen Stab auf der Hand.

Versucht auf einem Stehenden Fahrrad zu balancieren.

Versucht ein Überschlagpendel am Überschlagpunkt auszubalancieren.

Wir fassen zusammen: (Füllt die Lücken aus)

1. Aufgrund der _____ der _____ wird das Prinzip der starken Kausalität verletzt.
2. An Punkten der _____ reichen kleinste Störungen aus, um die Bewegung komplett anders weiter zu entfalten.
3. Die Existenz von instabilen Ruhelagen ist eine zweite Eigenschaft der chaotischen Systeme, die zur _____ führt.

Merksatz

Eine Eigenschaft chaotischer Systeme, die zur Unvorhersagbarkeit führt, ist _____

Der Merksatz sollte von Lehrer und Schülern gemeinsam formuliert werden.

Arbeitsblatt 1:

Wir haben zwei neue Begriffe kennengelernt:

Die **starke Kausalität** und die **schwache Kausalität**

Bitte streicht von den kursiv geschriebenen Worten das falsche durch!

Die Bewegung des Balles unterliegt der *schwachen/starken* Kausalität.

Die Bewegung des Papiers unterliegt der *schwachen/starken* Kausalität.

Bitte füllt nun den Lückentext aus: (Lücken sind durchgestrichen)

Das Beispiel des Balls zeigt eine typische Eigenschaft vieler physikalischer Vorgänge, die **starke Kausalität**:

Ähnliche Ursachen haben _____ Wirkung. _____ Störungen haben nur kleine Auswirkungen.

Wendet ihr den Begriff der starken Kausalität auf einen Apfel an, dann könnt ihr folgende Aussage treffen:

Fällt ein Apfel vom Baum, so kann man _____ vorhersagen, wo er landen wird. Fällt ein weiterer Apfel von demselben Ast, so landet er in etwa an _____ Stelle.

Für das Beispiel des Blattes wenden wir den Begriff der **schwachen Kausalität** an:

Die Bahn des Blattes läßt sich auch nicht annähernd genau vorhersagen. _____ Änderungen in den Anfangsbedingungen haben große Auswirkungen auf das Verhalten des Systems.

Nur dieselben Ursachen haben _____ Wirkung. Wäre es möglich, die Anfangsbedingungen exakt gleich zu gestalten, dann würde auch das Papier _____ fliegen.

Das Verhalten des Systems ist bei schwacher Kausalität _____ .

Es ist sensitiv (=empfindlich) gegenüber den _____ .

Beantwortet zum Schluss noch folgende Frage:

Welchem kausalen Zusammenhang gehorcht das Magnetpendel?

Ähnliche Ursachen führen zu _____ Wirkungen.

Arbeitsblatt 2

Stabile und instabile Ruhelagen

Verhalten der Kugel in der Mulde:

Verhalten der Kugel auf der gewölbten Oberfläche:

Vergleich Kugel in der Mulde - Kugel auf der gewölbten Oberfläche:

Arbeitsblatt 3

Skizze zu Aufgabe 2:

Beschreibt, wie die farbig markierten Punkte auf dem Blatt verteilt sind:

Wie würdet ihr die Verteilung der Farben erklären?

Arbeitsblatt 4

3-Muldenschale

Arbeitsblatt 5**Stabile und/oder instabile Ruhelage beim Magnetpendel**

Skizziert die Lage der 3 Magnetpendel und zeichnet mit verschiedenen Farben ein, wo ihr die stabilen und instabilen Ruhelagen vermutet.

Schreibt hier eure Überlegungen auf, die zu eurer Entscheidung geführt haben.

Was, denkt ihr, passiert, wenn das Pendel an einer instabilen Ruhelage zum Stillstand kommt?

Glaubt ihr, dass instabile Ruhelagen in der Praxis zu verwirklichen sind?
