

Kipppunkte (*tipping points*)

Was sind Kipppunkte und warum wird immer wieder behauptet, sie seien unumkehrbar?

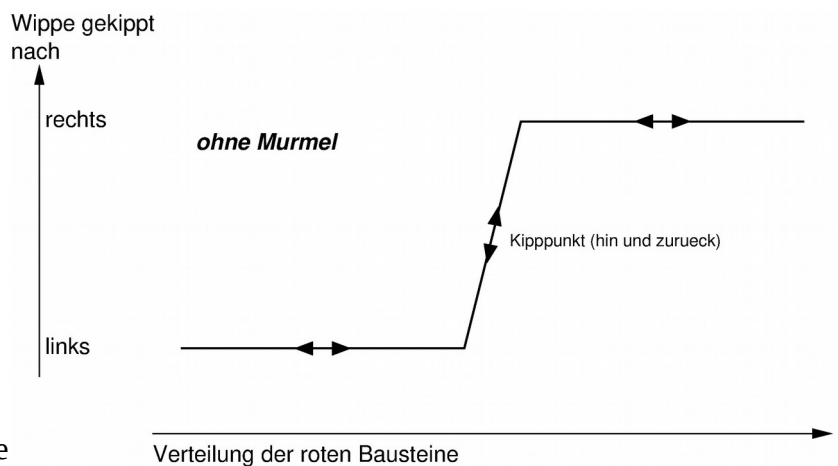
Wippe als Kipppunkt

Mit dem vorliegenden Spielklötzchen-Modell lässt sich ein Kippunkt am Beispiel einer Wippe begreifen und erfahren. Die Verteilung der roten Bauklötzchen auf die linke und rechte Seite der Wippe steht symbolisch für das den Kippunkt auslösende Moment, also etwa den CO₂-Gehalt der Atmosphäre oder die Albedo der Arktis (=Umfang der schneebedeckten und somit Sonnenstrahlung reflektierenden Fläche). Die roten Bauklötzchen können zum Experimentieren von der jeweils einen Seite der Wippe entfernt und auf der anderen Seite aufgetürmt werden, bis die Wippe in den jeweils anderen Zustand kippt.

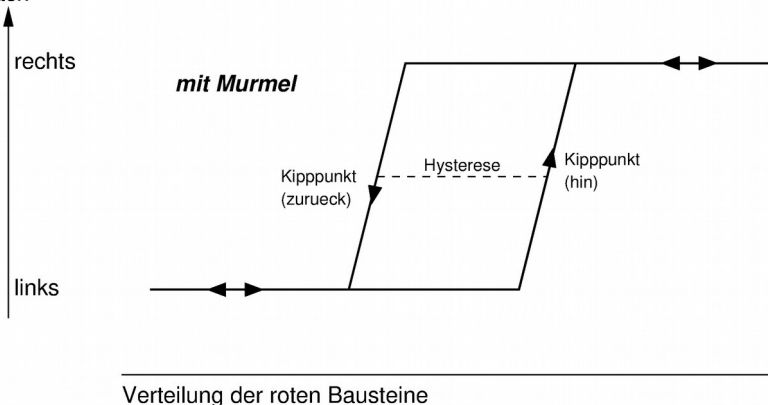
Murmel als Hysterese-Verursacher

In die Vertiefung des Balkens kann eine frei rollende Glasmurmelt gelegt werden, die stets zu der tief gelegenen Seite der Wippe rollt.

Ohne die Murren liegt der Kippunkt der Wippe bei rechts und links ungefähr gleicher Anzahl an gestapelter roter Bauklötzchen: Die Wippe neigt sich stets zu einer Seite, sobald auf dieser geringfügig mehr rote Bauklötzchen gestapelt sind, als auf der anderen Seite. Idealerweise (wenn die Reibungskräfte am Gelenk vernachlässigbar klein sind) reicht bereits ein einziger roter Bauklotz in der Überzahl aus, um die Wippe auf die Seite zu kippen.



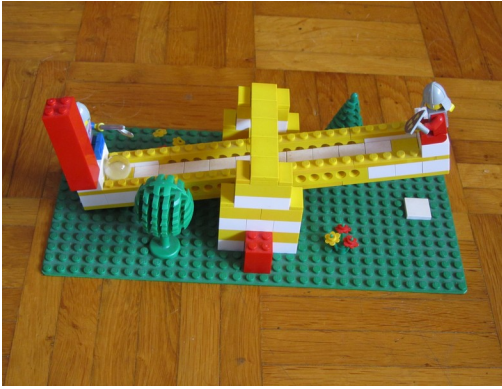
Wippe gekippt
nach



Mit der Murmel muss die Überzahl der roten Bauklötzchen deutlich größer sein, weil die Bauklötzchen zusätzlich dem Gewicht der Murmel entgegenwirken müssen. Einmal auf eine Seite gekippt, rollt die Kugel ebenfalls auf diese Seite und erschwert es dadurch deutlich, wieder zum vorherigen Zustand zurück zu kommen. Der dadurch zusätzliche Aufwand zum wieder-zurück-Kippen wird als *Hysterese* bezeichnet.

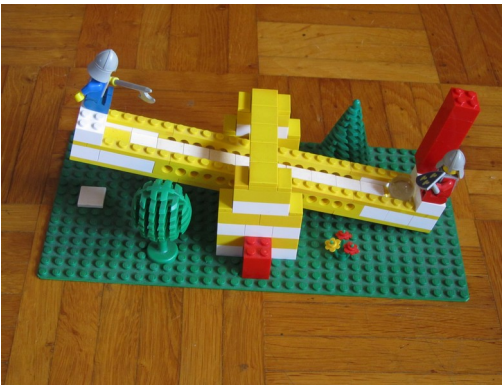
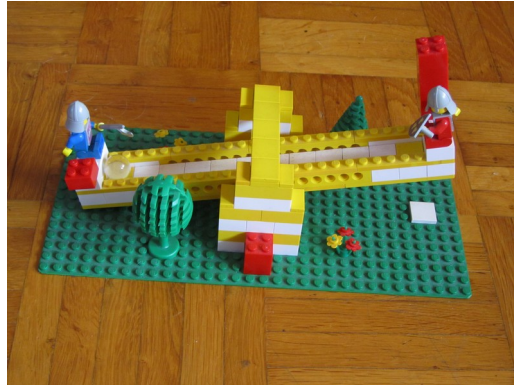
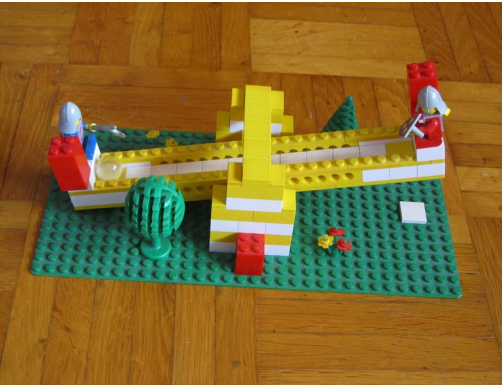
Wenn die Hysterese sehr groß ist, dann ist der Kippunkt praktisch unumkehrbar, weil der Aufwand, wieder zum ursprünglichen Zustand zurück zu kehren, extrem groß ist.

Durchlauf



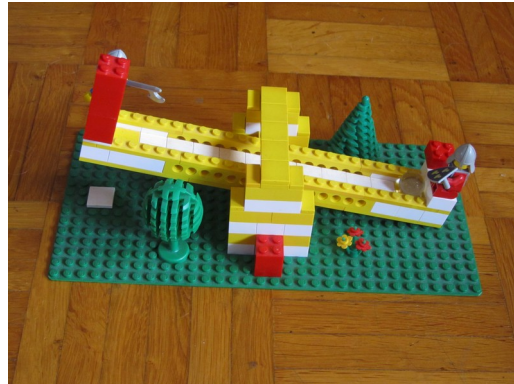
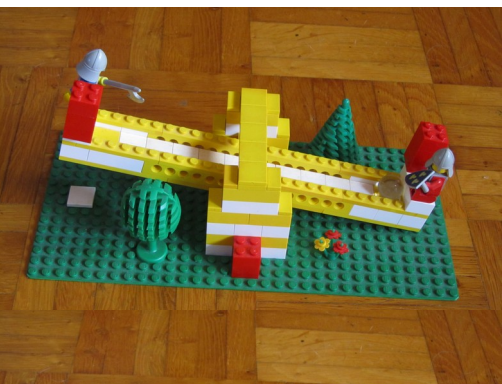
Wir starten mit allen roten Bauklötzchen (6 Stück) auf der linken Seite. Die Murmel liegt ebenfalls links.

Wir nehmen nun ein rotes Bauklötzchen nach dem anderen von der linken Seite weg und türmen es auf der rechten Seite wieder auf. Nicht bereits nach der Hälfte der Bauklötzchen, sondern erst nach Umsetzen des letzten Bauklötzchens kippt die Wippe schließlich um.



Wir testen nun, wie viele Klötzchen wir von rechts wieder zurück nach links umsetzen müssen, damit die Wippe wieder zurück kippt.

Weil beim Umkippen nach rechts die Murmel ebenfalls nach rechts gerollt ist, reicht es nicht, nur das zuletzt umgesetzte Bauklötzchen wieder nach links umzusetzen. Erst wenn alle 6 Bauklötzchen wieder nach links umgesetzt wurden, kippt die Wippe wieder nach links, gefolgt von der



Murmel, die ebenfalls wieder nach links in die Ausgangsposition rollt.

Jürgen Reuter

<https://soundpaint.github.io/tipping-points/de/>