

Stehendes Pendel – von Hand balanciert

1

Kannst du den Stab durch Balancieren von Hand in der Senkrechten halten?

Bringe den Stab von Hand in die Senkrechte.

Versuche dann, durch Verschieben seiner Drehachse mit dem roten Knauf zu verhindern, dass der Stab umkippt und nach unten pendelt.

Wenn dir das gelingt, kannst du dir eine schwierigere Aufgabe vornehmen: Versuche, den Stab aus seiner hängenden Ruhelage durch Hin- und Herbewegen der Drehachse aufzuschwingen und wieder in der Senkrechten zu halten.

2

Was geschieht hier?

Du wirst merken: Es ist nicht ganz einfach, diese Balancieraufgaben zu lösen. Wenn man nicht schnell genug erkennt, dass der Stab zu kippen beginnt, und zu spät reagiert, pendelt er nach unten. Wenn man beim Hochschaukeln bis zum Überschlag nicht im richtigen Moment gegensteuert, kann man ihn nicht in die Senkrechte bringen und dort halten.

3

Genauer betrachtet

Dieser Stab hat zwei Gleichgewichtslagen: senkrecht stehend mit dem Schwerpunkt oben und senkrecht hängend mit dem Schwerpunkt unten. Die stehende Position nennt man labil, weil die geringste Störung den Stab aus dieser Lage bringt. Die hängende nennt man stabil, weil er nach Störungen immer wieder dorthin zurückkehrt.

Den Stab in der stehenden, labilen Position zu halten, ist eine klassische Regelungsaufgabe: Abweichungen vom Soll-Zustand erkennen und so eingreifen, dass dieser wieder hergestellt wird. Ständig vollbringen wir, bewusst oder unbewusst, solche Leistungen.

Wenn wir stehen, sind wir im regelungstechnischen Sinne ein stehendes Pendel. Ständig müssen wir unseren Körperschwerpunkt senkrecht über den Füßen halten, sonst fallen wir um. Schwierig wird das, wenn wir auf einer Wippe stehen, wie bei der Versuchsstation „Gleichgewichtssinn“, oder wenn uns die „Gleichgewichtswand“ Abweichungen von der Senkrechten vorgaukelt.

Stehendes Pendel – automatisch geregelt

1

Wie stabil steht der Pendelstab?

Was du bei dem anderen Pendel von Hand versucht hast, macht dieses geregelte Pendel automatisch.

Der Stab schwingt im Minutentakt selbsttätig nach oben und bleibt dann eine halbe Minute in der Senkrechten. Danach schaltet sich die Regelung aus und der Stab pendelt wieder nach unten bis der Zyklus von Neuem beginnt.

Wenn der Stab oben steht, kannst du testen, wie stabil die automatische Regelung ist: Versuche, den senkrecht stehenden Stab zur Seite zu kippen.

2

Was geschieht hier?

Sobald du den Pendelstab zur Seite bewegst, fährt der Wagen unten nach und stellt sich wieder senkrecht unter den Stab. Erst wenn die Auslenkung zu groß wird, fällt der Stab um und pendelt unten durch auf die andere Seite, wo ihn die Regelung wieder einfängt und erneut stabilisiert.

3

Genauer betrachtet

Die Regelung erfolgt hier durch automatische Rückkopplung: Ein Messglied (Winkelmesser am Fuße des Stabes) meldet Abweichungen vom Soll-Zustand (senkrechte Position), und ein Stellglied (Motor des Wagens) greift so ein, dass der Soll-Zustand wieder hergestellt wird.

Das Prinzip der Regelung entstammt der belebten Natur. Die Regelungstechnik bildet dieses biologische Funktionsprinzip nach. Aber sie übertrifft ihre Vorbilder aus der belebten Natur, auch den Menschen, an Schnelligkeit und Präzision beim Regeln komplexer Systeme.

Als allgemeine Lehre von der Regelung und Informationsverarbeitung in Maschinen und Organismen entstand in den 1940er Jahren die von Norbert Wiener so genannte Kybernetik. Information ist hier der Schlüsselbegriff, den Claude E. Shannon mit seiner Informationstheorie zur selben Zeit einführte. Informationstheorie und Kybernetik wurden die mathematisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen der Automatisierung.

In Kooperation mit dem Institut für Regelungs- und Prozessleittechnik der Hochschule Mannheim

Stangenfall

1

Wer reagiert schneller: Du oder die Maschine?

Stecke beide Stangen in die Halterungen oben im Kasten und lasse sie los.

Drücke den Startknopf.

Nach ein paar Sekunden fallen die Stangen. Versuche, die rechte Stange so schnell wie möglich zu fangen. Die linke wird von dem automatischen Greifer gefasst.

2

Was geschieht hier?

Beide Stangen fallen, von einer Zufalls-schaltung ausgelöst, zur selben Zeit. Auch nach mehreren Versuchen wirst du feststellen: Der automatische Greifer hat jedes Mal schneller reagiert als du, also die Stange ist auf seiner Seite nicht so weit nach unten gefallen wie auf deiner.

Zur Veranschaulichung:
5 cm Fallweg entsprechen 0,1 Sekunden,
20 cm entsprechen 0,2 Sekunden.

3

Genauer betrachtet

Diese Versuchsanordnung vergleicht die Reaktionsgeschwindigkeiten von Mensch und Maschine. Der automatische Greifer wird von einem Sensor angesteuert, der den Fall der Stange sofort und reproduzierbar genau registriert. Die menschliche Hand bekommt ihren Bewegungsimpuls, wenn über das Auge die Fallbewegung der Stange wahrgenommen wurde und wenn diese Information im Gehirn den Greif-Befehl ausgelöst hat.

Im Prinzip geschieht hier also in Mensch und Maschine dasselbe, nur läuft das Zusammenspiel von sensorischen und motorischen Nervenimpulsen im menschlichen Körper in der Regel langsamer als die Signalverarbeitung in der Maschine und ist größeren Schwankungen unterworfen.

Aber der Mensch ist, verglichen mit der Maschine, ein universeller Organismus. Die Summe seiner sensorischen, informationsverarbeitenden und aktorischen Fähigkeiten wird von keiner Maschine auch nur annähernd erreicht.

Nur wenn einzelne Fähigkeiten des Menschen auf Maschinen übertragen werden, können diese schneller und präziser sein – fehlerfreie Funktion vorausgesetzt.