

2 Die Basis des neuen Reglers

In **Kapitel 1** haben wir das Prinzip eines klassischen Reglers kurz ins Auge gefasst, zu dessen Verhalten ich noch einige Worte hinzufügen möchte. Vergleicht man den Sollwert und den Istwert nach einem Regelvorgang und entspräche der Istwert dem Sollwert, dann wäre entweder der Prozess oder die Regelung optimal verlaufen. Der klassische Regler berechnet aus der Differenz zwischen Sollwert und rückgeführten Istwert (Messwert) den nächsten Stellwert und bildet so die neue Führungsgröße. Sein Bestreben ist es, die Regelabweichung idealerweise auf Null auszuregeln. Dieser so geschlossene Wirkungsweg wird zyklisch wiederholt und hat nach jedem Zyklus eine entsprechende Führungsgröße.

Allerdings sagt mir die Führungsgröße nicht, mit welcher Regelgüte geregelt wurde, und normalerweise ist die Regelabweichung (Regeldifferenz) nicht bekannt, bzw. wird für den Regelprozess nicht explizit nach außen bekannt gegeben. Im Gegensatz zum klassischen Regler können wir jetzt schon über den neuen MKR eine klare Aussage machen, denn die klassische Führungsgröße, bestehend aus Sollwert und Regeldifferenz, gibt es beim MKR nicht.

Beim MKR ist die Führungsgröße immer der Sollwert selbst, ohne diesen zu verändern! Das ist die erste und neue Erkenntnis zum MKR.

Für Sie als Kenner des klassischen Regel- oder Steuerkreises sicherlich eine große Überraschung und ich hoffe, dass diese Erkenntnis Sie neugierig gemacht hat. Die Frage ist nun berechtigt, ob es sich dabei nicht um eine Sollwertsteuerung handelt, denn im ersten Augenblick entsteht ja der Eindruck, als ob überhaupt nicht geregelt, sondern nur gesteuert wird.

Beim MKR wird tatsächlich der ideale Zustand eines Regelvorgangs einfach vorausgesetzt, da dessen Stellwert immer der nackte Sollwert ist.

Aus diesem Grunde sind Sollwerte in diesem und im folgenden **Kapitel 3** ein wichtiger Bestandteil und werden deswegen auch entsprechend gründlich diskutiert. Als Aufgabe habe ich aus den von mir praktisch umgesetzten Projekten die Positionierung eines Katzfahrwerks einer Kranbrücke ausgewählt, da es sich um ein relativ allgemeines Beispiel handelt, welches auch von Lesern aus anderen, technischen Bereichen verstanden wird, denn schließlich hat schon jeder einen Kran gesehen oder fährt zudem mit einem Fahrzeug, sei es ein Auto, ein Zug oder dergleichen. So sind Geschwindigkeit und der zurückgelegte Weg vorerst die wichtigsten Faktoren und bilden die Sollwerte, welche wir auch als Sollwertkurve bezeichnen. Im nächsten Abschnitt spezifizieren wir unsere Aufgabe und plaudern ein wenig zur Vertiefung des Themas über dessen Aspekte.

2.1 Die Aufgabenstellung und andere Aspekte

Ein Katzfahrwerk mit einem Asynchronmotor¹¹ ausgerüstet, soll mit einem Frequenzumrichter so angetrieben werden, dass mit optimaler Geschwindigkeit und Zeitverhalten eine Position zielgenau, mit enger Toleranz, pendelarm angefahren wird.

Dabei ist es wichtig, dass die Positionierung in einer möglichst kurzen Zeit abgeschlossen wird und die maximale Höchstgeschwindigkeit entsprechend der Distanz erreicht werden soll. Jeglicher Schleichgang oder Kriechen in den Zielpunkt ist zu vermeiden. Ebenfalls dürfen durch den Regler keine starken Pendelbewegungen erzeugt werden. Das Fahrverhalten ist trotzdem so weich zu gestalten, dass die mechanischen Komponenten geschont bleiben. Störungen durch Lastenwechsel dürfen keinen Fahrabbruch verursachen.

Dies ist zwar eine typische Anforderung, aber nach meiner Meinung sicherlich eine Herausforderung an jeden Steuerungstechniker. Erst recht, wenn dieser sein Steuerungsprogramm für diese Aufgabe komplett eigenständig ohne Tools programmieren möchte. Hinzu kommen noch Nebeneffekte, welche in der Programmierung zu dieser Aufgabe oft vernachlässigt werden oder gar schlichtweg nicht berücksichtigt sind. Dazu zwei Bemerkungen:

Die Regelung der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs ist dann optimal, wenn sie sich auch an die momentanen Fahreigenschaften (Lastenwechsel, Drehmoment etc.) anpassen kann, also diese möglichst schonend und positiv berücksichtigt.

Dies ist nur möglich, wenn Fahrkurven aus einer Lernfahrt ermittelt werden.

Der Betreiber kann meist nicht überprüfen, ob sein Fahrzeug so optimal wie vorgeschrieben eingesetzt wird und beurteilt deswegen das Fahrzeug nach den anfallenden Instandhaltungskosten oder Stillstandszeiten. Das Ergebnis fällt deutlich schlechter aus, wenn das Fahrzeug nicht wie vorgeschrieben, optimal betrieben wird. Ich habe sehr oft in der Praxis beobachtet, dass z. B. die Beschleunigung zu hoch angesetzt und der Frequenzumrichter damit überwiegend in den Stromgrenzen betrieben wird. Im Gegensatz dazu habe ich aus der Praxis genügend Erfahrung sammeln können, Antriebe mit dem MKR dynamisch und schonend zu fahren, ohne dabei die Leistung gegenüber klassischen, traditionellen Reglern zu unterschreiten. Im Gegenteil, die Gesamtzeit für die Positionierung war oftmals kürzer und genauer bezüglich der Positions-Toleranz. Der dazu erforderliche Aufwand, die Fahrkurve zu ermitteln, ist sehr stark abhängig von den Anwendungen und den zu steuernden Geräten. Ein Fahrstuhl (Lift) hat ganz andere Anforderungen als ein 80-Tonnen-Kran für die Zustellung von Werkzeugen oder ein Regalbediengerät, welches ähnlich wie ein Roboter synchronisiert, positionieren muss. Jedoch ergab sich, dass der Zeitaufwand für die Inbetriebnahme mit dem MKR immer wesentlich kürzer war, als die Inbetriebnahme-Zeit mit anderen Regelsystemen.

Zwei Beispiele, welche den Einsatz eines MKR verdeutlichen sollen: In Müllverbrennungsanlagen arbeiten Müllkrane, welche aufgrund der langen Seile des Hubwerks sehr pendelarm fahren müssen. Da auch hier jede Sekunde zählt, müssen im automatischen Betrieb Kranbrücke, Katzfahr- und Hubwerk gleichzeitig fahren. Der 3-achsige Betrieb ist für einen Programmierer schon eine enorme Aufgabenstellung und oft nur mit zugekauft-

¹¹ Der Asynchronmotor dreht mit der Netzfrequenz und ist mit dieser synchron. Daher der Name. Sein Drehmoment entsteht durch die Abweichung seiner Drehzahl zur Netzfrequenz ist auf mathematischen Weg schwierig zu ermitteln. Deswegen ein idealer Partner zum lernfähigen MKR.

ten Motion-Tools einschließlich zusätzlicher Sensorik realisierbar. Ein gelerntes Fahrmodell, umgesetzt mit dem MKR, welches sich dann auch noch aufgrund der Müllberge anpassen ließ, war für mich ein ganz spezielles Erlebnis, dessen praktische Umsetzung überzeugte mich damals von dieser neuen Idee.

Ein weiteres Beispiel sind mechanische Stellglieder (Wippen) in der Plattenfertigung oder in Abfüllanlagen, welche kurze Fahrwege haben und sehr schnell positionsgenau gesteuert werden müssen. Auch hier waren produktspezifische Sollkurven sehr hilfreich, da verschiedene Plattenstärken zum Einsatz kamen. Nur durch Lernen der Kurven mit verschiedenen Produkten, konnten letztendlich alle Forderungen erfüllt werden, um eine optimale Leistung zu erreichen. Auch mehrere Parametersätze im Frequenzumrichter hätten das Problem nicht gelöst, da schon alleine die Produktvielfalt den Speicher des Frequenzumrichters überforderte.

Kehren wir wieder zu unserem Vorhaben zurück und beginnen nun mit der Lösungsfindung in der Form, dass wir zunächst nur ein Geschwindigkeits-Weg-Diagramm betrachten und den zeitlichen Verlauf noch außer Acht lassen.

2.2 Versuchsaufbau und Sollkurve

In **Bild 2.1** sind die wesentlichen Komponenten des Versuchsaufbaus dargestellt, welche in erster Linie das Experiment erklären sollen. Interessant ist, dass der von mir verwendete Motor in einfachster Ausführung als Asynchronmotor zur Anwendung kam und aufgrund seiner Leistung und Qualität, tatsächlich mit dem eines Waschmaschinenmotors verglichen werden konnte. Seine Regeleigenschaften waren aus diesem Grund nicht besonders vorteilhaft, gelinde ausgedrückt miserabel, und forderten deswegen besondere Aufmerksamkeit.

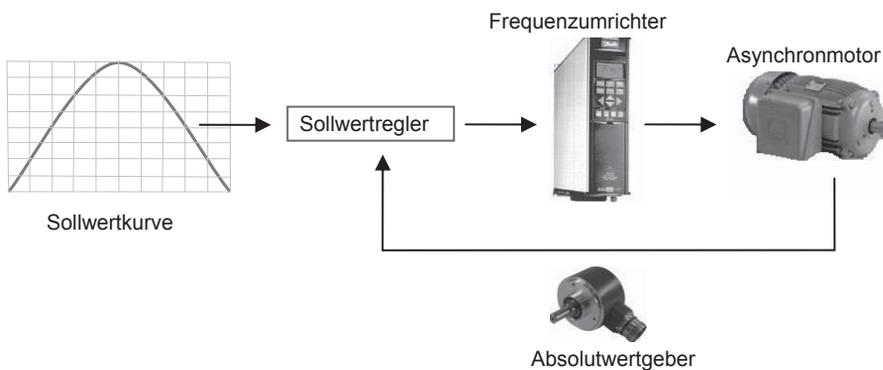


Bild 2.1: Schematische Darstellung der Regelkomponenten

Ich habe die Komponenten praktisch so wie im Bild dargestellt benutzt und damit die Testergebnisse ermittelt. Betrachten wir ein wenig die Details.

Die Fahrkurve wurde für ein Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 80 m/min ausgelegt und wird so als Sinuskurve, wie im **Bild 2.2** abgebildet, dem MKR vorgegeben. Dieser wandelt die Geschwindigkeitsvorgaben aus der Sinuskurve für den Frequenzumrichter in

eine Analogspannung von ± 10 V. Als Rückkopplung dient das Signal der Distanzmessung, welche den Wirkkreis schließt. Es spielt dabei keine Rolle, welcher Distanzmesser eingesetzt wird. Zum Beispiel sind Laser, Drehgeber oder auch codierte Lineargeber geeignet. Der MKR ist grundsätzlich als Softwareprodukt umgesetzt und kann z. B. in einer SPS¹² oder auch direkt im Frequenzumrichter implementiert sein. In unserem Beispiel habe ich den Frequenzumrichter der Fa. Danfoss verwendet, welcher einen integrierten MCO305¹³ besitzt und mir freundlicherweise leihweise zur Verfügung stand. Es handelt sich hierbei um eine freiprogrammierbare Kontroll-Einheit mit der Möglichkeit Peripherie, wie Eingänge, Ausgänge und natürlich den Absolutwertgeber direkt anzuschließen.

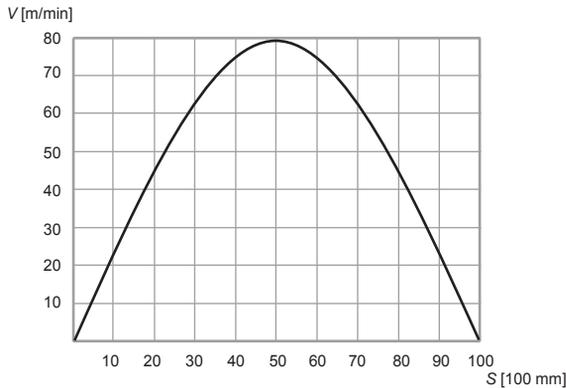


Bild 2.2: Sollkurve beispielhaft als Sinus mit Geschwindigkeit und Weg

Der analoge Ausgang zur Steuerung des Frequenzumrichters könnte auch intern über die Software der MC305 direkt als Parameter dem Frequenzumrichter mitgeteilt werden. Ich habe allerdings hier die Kabelversion gewählt, damit ein Oszilloskop die Darstellung der Sollvorgaben messen und anzeigen kann. Die Sollwertkurve zeigt einen Sinus mit einer Wegstrecke (Faktor 100 unten im **Bild 2.2** zu sehen) von 10.000 mm und ergibt bei einer Geschwindigkeit von 80 m/min vorerst eine recht gemütliche Beschleunigung. Schließlich haben wir es mit einem Waschmaschinenmotor zu tun. Erst später werden wir den Motor stressen und zeigen, dass unser MKR das auch wunderbar in den Griff bekommt, obwohl dieser Motor dazu gar nicht geeignet ist. ☺

2.3 Bestimmung der Parameter

Welche Parameter finden bzw. benötigen wir nun für unsere Aufgabenstellung? Der Frequenzumrichter erhält seinen Sollwert mit ± 10 V Gleichspannung über seinen Analogeingang und reagiert gemäß seinen Einstellungen auf den angeschlossenen Motor. Stillstand bedeutet 0 V und volle Geschwindigkeit bedeutet ± 10 V. Die Richtung des Motors wird mit dem Vorzeichen der Spannung geregelt. Positive Spannung heißt grundsätzlich Fahrrichtung vorwärts. Die Richtung für Vorwärts ist zwar auch wieder zu definieren,

¹² Speicherprogrammierbare Steuerung

¹³ Programmable Motion Controller – MCO 305 der Fa. Danfoss