

Eine wichtige Eigenschaft von Regelkreisen ist das zeitliche Verhalten. Ob eine Regelung sofort wirkt oder zeitlich verzögert wirkt, hat große Folgen. Diese zeitliche Verzögerung wird mit dem Begriff „Tot-Zeit“ beschrieben:

Totzeit:Beispiel: **Förderband**

Ein Förderband (20 m lang) fördert Pakete. Ein Arbeiter legt am einen Ende alle 5 Sekunden ein Paket auf das Band, am anderen Ende nimmt ein anderer Arbeiter diese Pakete in Empfang und stapelt sie in einem LKW (Lastkraftwagen).

Der erste Arbeiter, welcher die Pakete aufs Band legt muss sich die Nase putzen. Mit der einen Hand putzt er sich die Nase, mit der anderen Hand legt er Pakete aufs Band, das geht etwas langsamer: Alle 6 Sekunden ein Paket. Der andere Arbeiter bemerkt zunächst nichts, es kommen noch gleichmäßig Pakete bei ihm an. Der erste Arbeiter ist mit dem Naseputzen fertig und legt wieder alle 5 Sekunden ein Paket aufs Band. Nach einer Weile bemerkt der Arbeiter am LKW, dass die Pakete jetzt seltener ankommen. Der Arbeiter am LKW ruft: Pack mal schneller, hier kommt ja gar nichts mehr an! Der erste Arbeiter packt jetzt schneller, alle 3 Sekunden ein Paket aufs Band. Etwas später ruft der Arbeiter am LKW: Halt, halt nicht so schnell, ich komme ja gar nicht mehr mit, mach mal langsamer! Daraufhin packt der erste Arbeiter nur noch alle 6 Sekunden ein Paket aufs Band. Irgendwann ruft der Arbeiter am LKW: Jetzt sind es zu wenige, mach mal schneller!.....

Dieses Problem nennt man in der Regelungstechnik: „**Totzeit**“. Damit ist folgender Effekt gemeint, es dauert eine gewisse Zeit, bis der Regelungseffekt (mehr Pakete oder weniger Pakete) bei der Strecke (dem LKW) ankommt. Diese Regelung kann ins Schwingen geraten (sich aufschaukeln), es wird an einem Ende immer mehr (Pakete) und kurz darauf immer weniger (Pakete) und am anderen Ende (mit Zeitverzögerung) genau das Gegenteil passieren. Der eine kann es dem anderen nicht recht machen. Die Arbeiter müssten bedenken, dass bedingt durch die Länge des Förderbandes ein Verzögerungseffekt (Totzeit) vorhanden ist, dann könnten sie wieder einen gleichmäßigen Takt (alle 5 Sekunden ein Paket) erreichen. Der erste Arbeiter müsste einfach (stur) alle 5 Sekunden ein Paket aufs Band legen, egal was der Arbeiter am LKW ruft, dann wäre nach einer Weile alles wieder in Ordnung. In diesem Beispiel ist es noch einfach, weil ein fester Takt vorgegeben ist: Alle 5 Sekunden ein Paket. Wenn aber der Arbeiter am LKW unterschiedlich viele Pakete braucht: Eine Weile alle 6 Sekunden ein Paket, dann eine Weile alle 10 Sekunden ein Paket, dann alle 4 Sekunden ein Paket, dann wäre der normale Betrieb schon eine anstrengende Sache, beide Arbeiter müssten sich sehr konzentrieren. Wenn sich dann der erste Arbeiter einmal in Ruhe die Nase putzen würde, dann.....dann wäre es mit der Ruhe vorbei, die beiden würden nie wieder den richtigen Takt finden. Eine kleine Störung kann sich zu einer großen aufschaukeln.

So ist es der **Regelung einer Heizungsanlage** auch: Die Leistungsanforderungen ändern sich ständig: Ständig öffnet irgendein Thermostatventil, ein anderes schließt, mal schließen fast alle, mal öffnen fast alle gemeinsam, dann wieder durcheinander. Dann kommt eine Anforderung vom Warmwasserbereiter, also alle Kraft in den Warmwasserbereiter (Speichervorrangschaltung: Warmes Wasser hat Vorrang, bis das TWW wieder warm ist, bekommt die Heizung gar nichts). Und wenn die Heizung wieder dran ist, haben noch mehr Thermostatventile geöffnet. Ein ständiges Durcheinander! Zum Glück reagiert die Zimmertemperatur in einem Haus träge (langsam), so macht sich eine gewisse **Totzeit** (die Zeit, welche das Heizungswasser vom Kessel zum Heizkörper braucht) kaum bemerkbar.

Der Weg vom Kessel zum Heizkörper ist verhältnismäßig kurz und der Raum in dem der Heizkörper hängt reagiert recht träge (ändert seine Temperatur langsam). Der Heizkörper selbst ändert seine Temperatur unterschiedlich schnell (je nach dem wie groß das Wasservolumen und die Masse des HK selbst ist).