

I-Strecken (Strecken ohne Ausgleich)

Woher der Name?

Strecken ohne Ausgleich:

Bei einem Sprung der Eingangsgrösse (Stellgrösse) nimmt die Ausgangsgrösse stetig zu, ohne einem festen Endwert zuzustreben.

Ohne Begrenzung durch eine Schutzvorrichtung (z.B. Endschalter) oder die konstruktiven Verhältnisse (z.B. Überlauf eines Behälters, Sättigung eines OPVs) würde die Regelgrösse dem Unendlichen zustreben.

Wegen der fehlenden Selbstbegrenzung sind I-Strecken im allgemeinen schwieriger zu regeln als P-Strecken.

I-Strecken (Integralstrecken):

Die Regelgrösse ist proportional zum Integral der Stellgrösse über der Zeit:

Gleichung der reinen I-Strecke (I₀-Strecke):

$$X = K_{IS} \cdot \int Y dt$$

anschauliche Vorstellung:

Das Integral berechnet die Fläche unter der Kurve $Y = f(t)$

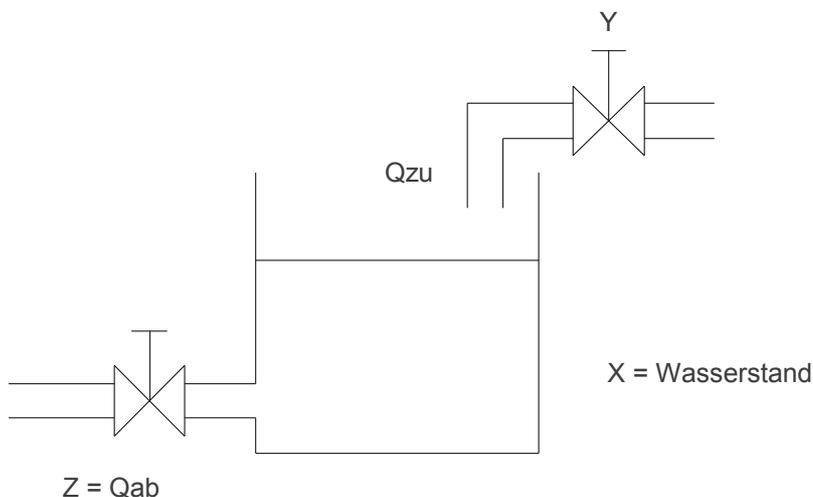
K_{IS} = Integrierbeiwert

Beispiele für I-Strecken:

Flüssigkeitsbehälter, Werkzeugvorschub bei einer Maschine über eine Spindel.

Sprungantwort:

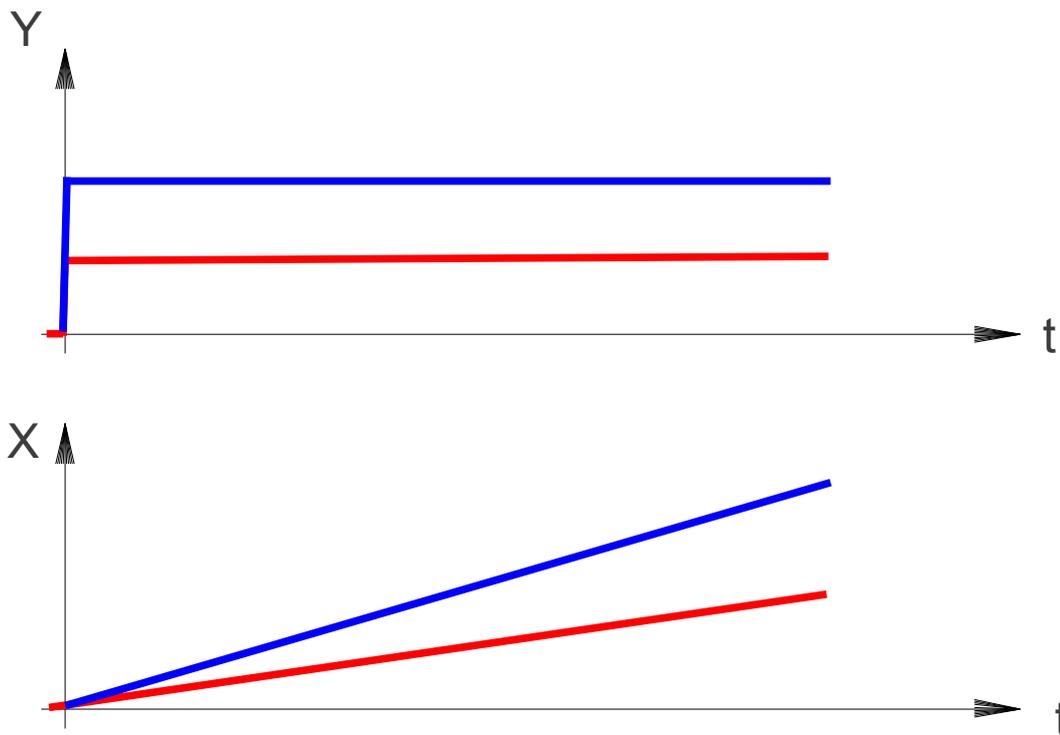
Beispiel eines Wasserbehälters:



Regelgröße X	Wasserstand in m
Stellgröße Y	Zufluss in l/s oder Schieberposition
Störgröße Z	Abfluss in l/s

Aufnahme der Sprungantwort:

- keine Änderung der Störgröße, also $Z = \text{const} \rightarrow z = 0$
(am einfachsten auch $Z = 0$)
- Sprung der Stellgröße \rightarrow Schieber für den Zufluss aufdrehen.
- Regelgröße = Wasserstand messen.



Gleichung für die Sprungantwort:

$$X = K_{IS} \cdot \int Y \, dt$$

Das Integral berechnet die Fläche unter der Y-Kurve, in diesem Fall ganz einfach eine Rechteckfläche $\int Y \cdot dt = Y \cdot t$

$$\rightarrow X = K_{IS} \cdot Y \cdot t$$

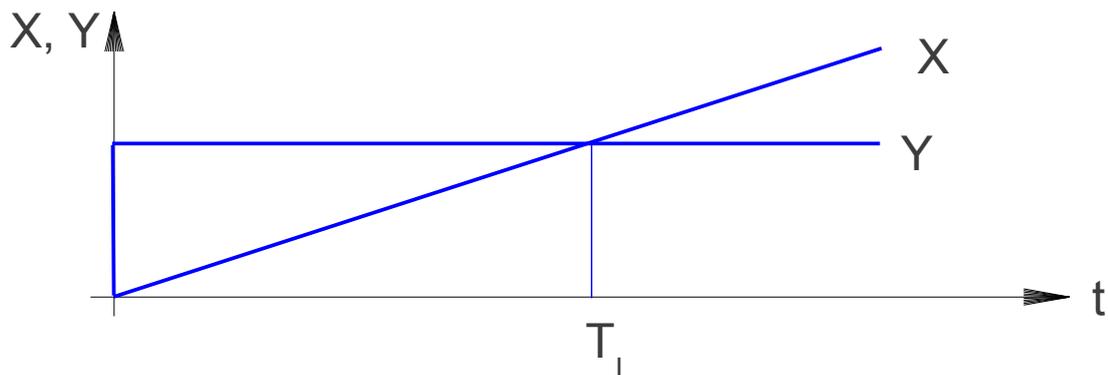
Dies ist die Gleichung einer Ursprungsgeraden, da X proportional zur Zeit zunimmt..

Integrierzeit

In der Praxis wird als charakteristische Grösse einer I-Strecke nicht K_{IS} sondern die Integrierzeit T_I angegeben.

Definition:

Die Integrierzeit T_I ist die Zeit die die Strecke benötigt bis die Ausgangsgrösse X gleich der Eingangsgrösse Y ist.



Diese Definition funktioniert natürlich nur bei Strecken welche gleichartige Ein- und Ausgangssignale haben wie z.B. OPV-Schaltungen. Im anderen Fall hilft man sich damit, dass man mit normierten Grössen arbeitet, d.h. die Grössen in Prozent des maximalen Wertes ausdrückt.

Beziehung zwischen K_{IS} und T_I :

$$X = K_{IS} \cdot Y \cdot t \quad \text{mit } X = Y \text{ und } t = T_I$$

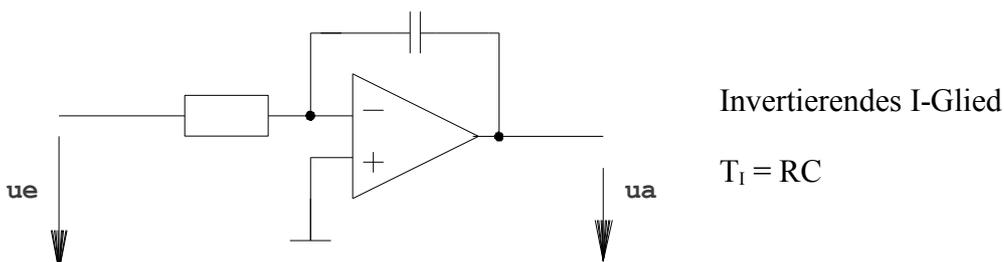
$$\rightarrow T_I = \frac{1}{K_{IS}} \quad \text{für gleichartige oder normierte } X, Y$$

Was geschieht, wenn die Stellgrösse null ist?

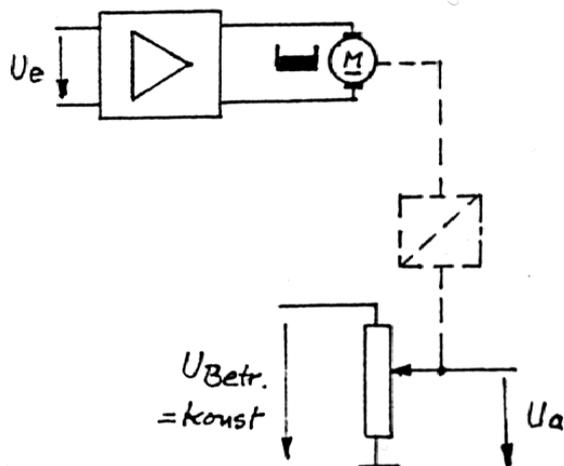
Dies sieht man gut am Beispiel des Wasserbehälters: da kein Wasser mehr hinzu kommt, bleibt der Wasserstand konstant.

Damit die Regelgrösse wieder auf null geht, muss die Stellgrösse negativ werden. Am Beispiel des Wasserbehälters hiesse das: es wird Wasser herausgepumpt.

Elektronisches Modell einer I-Strecke:



Elektromechanisches Modell:



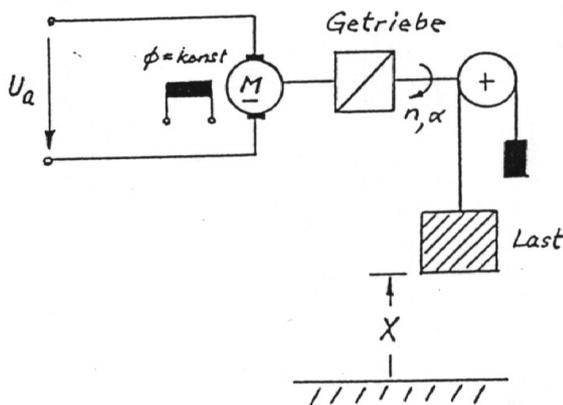
Gleichstrommotor

Getriebe

Potentiometer

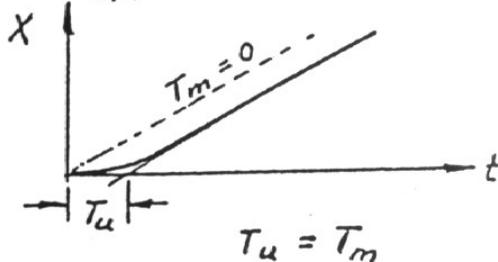
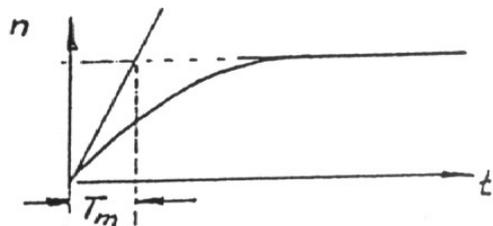
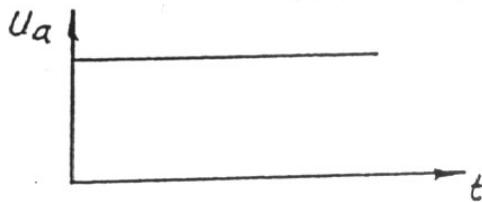
I-Strecken mit Verzögerungsgliedern

Beispiel:



Motor + Getriebe + Rotor:
PT1-Verhalten

Lasthöhe abhängig von der Drehzahl:
I-Verhalten



Aufgabe I1:

Ein Wasserbehälter hat eine Grundfläche 50cm x 50cm und 2m Höhe, der Schieber für den Zufluss erlaubt die Einstellung von 0...20 Liter pro Sekunde.

Die Sprungantwort wird aufgenommen indem der Schieber für den Zufluss von 0 auf 50% verstellt wird.

a) Zeichne ein Diagramm $Y=f(t)$, $X=f(t)$ mit Angabe von wichtigen Werten.

b) Bestimme K_{IS} und T_1 .

Wie würde die Sprungantwort bei einem Sprung von null auf 25% aussehen?

Aufgabe I2

Eine Radarantenne wird durch einen Getriebemotor im Bereich 0...360° gedreht.

Bei voller Motorspannung bewegt sich die Antenne um 20° in 30s.

Bestimme die Integrierzeit.

Bemerkung:

Die Gleichung der I-Strecke kann auch als Differentialgleichung geschrieben werden:

$$\frac{dX}{dt} = K_{IS} \cdot Y$$

$\frac{dX}{dt}$ ist die Änderungsgeschwindigkeit der Regelgröße

Bei positiver Stellgröße ist $\frac{dX}{dt}$ auch positiv, X nimmt zu.

Bei negativer Stellgröße ist $\frac{dX}{dt}$ auch negativ, X nimmt ab.

Bei der Stellgröße null ist $\frac{dX}{dt}$ auch null, X bleibt konstant.
