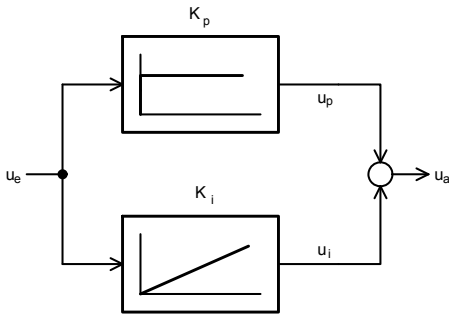


## 1. Die Sprungantwort

Das PI-Verhalten ergibt sich aus der Überlagerung (Addition) von P- und I-Verhalten.

**Bild 1.1:**



Die Ausgangsspannung  $u_a$  ist die Summe aus den Teilspannungen  $u_p$  und  $u_i$ .

Bei einem konstanten Sprung am Eingang ist  $U_p = U_e \cdot K_p$  und  $\Delta U_i = U_e \cdot K_i \cdot \Delta t$ .

Damit ergibt sich:  $u_a = U_e \cdot K_p + U_e \cdot K_i \cdot \Delta t = U_e \cdot (K_p + K_i \cdot \Delta t)$

An Hand der Sprungantwort definiert man die sogenannte Nachstellzeit  $T_N$ .

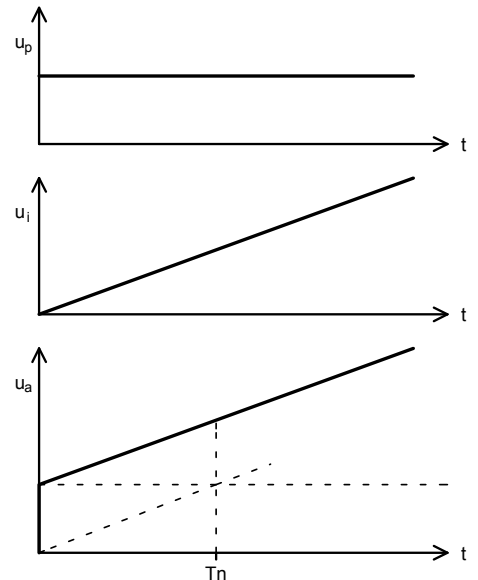
Die Nachstellzeit ist die Zeit, die vergehen muss, damit die Sprungantwort des I-Anteils den Wert erreichen kann, den der P-Anteil beim Sprung sofort erreicht.

Für diese Zeit gilt:  $U_p = U_i$

Das heißt:  $U_e \cdot K_p = U_e \cdot K_i \cdot T_N \rightarrow K_p = K_i \cdot T_N$

oder:  $T_N = \frac{K_p}{K_i}$  Die Einheit von  $T_N$  ist  $|T_N| = 1 \cdot s$ .

Oszillogramme:



Ein PI-Regelkreisglied wird vollständig beschrieben durch die Kennwerte  $K_p$  und  $K_i$  bzw.  $K_p$  und  $T_N$  !

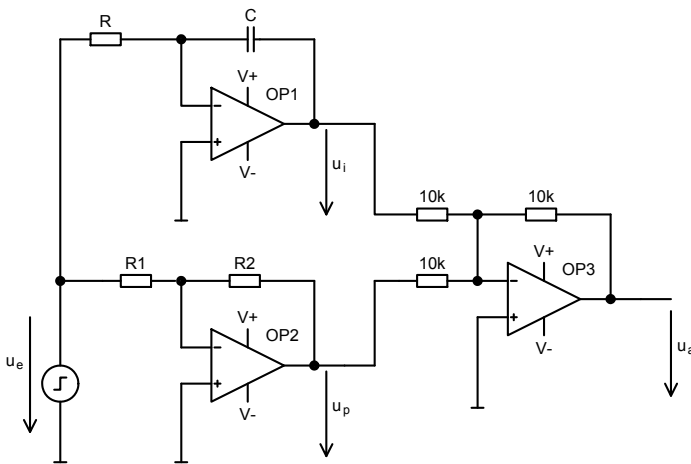
**Übung 1.1:**

a) Zeichnen Sie bitte maßstäblich die Sprungantwort eines PI-Regelkreisgliedes mit  $K_p=3$  und  $T_n=0,8s$  nach einem Sprung der Eingangsgröße von 0 auf 1V! ( $u_a(t=0)=0V$ )

b) Berechnen Sie für diese Aufgabe die Ausgangsspannung zur Zeit  $t=1,5s$  !

**Übung 1.2:**

Gegeben ist die folgende Schaltung eines PI-Regelkreisgliedes:

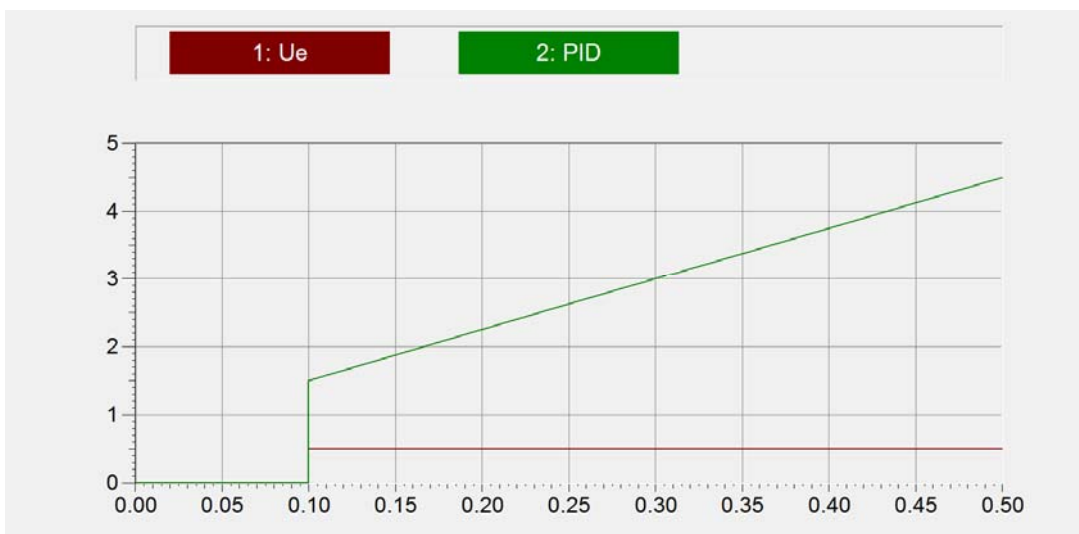


Berechnen Sie die erforderlichen Werte  $R$ ,  $C$ ,  $R_1$  und  $R_2$  für  $K_p=3$  und  $T_N=0,8s$ !

**Übung 1.3:**

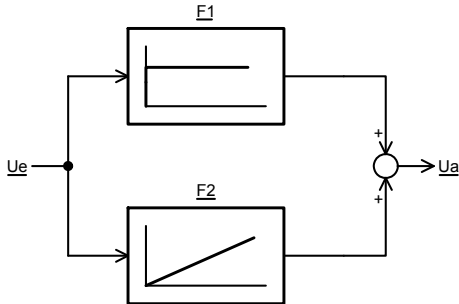
Bei einem Regelkreisglied wurde bei einem Sprung von 0 auf 0,5V (!) folgende Sprungantwort gemessen.

Bestimmen Sie die Parameter des Regelkreisgliedes!



## 2. Der Frequenzgang

Bei einem PI-Regler überlagern sich P- und I-Anteil:



Mit  $\underline{F}_1 = K_P$  und  $\underline{F}_2 = \frac{K_i}{j\omega}$

ergibt sich für den gesamten Frequenzgang

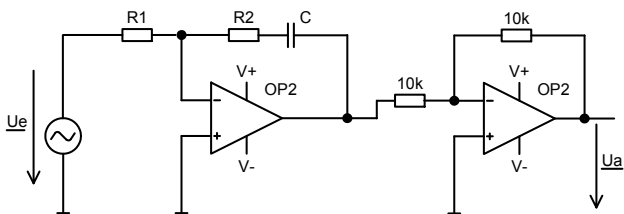
$$\underline{F} = \underline{F}_1 + \underline{F}_2 = K_P + \frac{K_i}{j\omega}$$

oder mit  $K_i = \frac{K_P}{T_N}$

$$\underline{F} = K_P + \frac{K_P}{j\omega \cdot T_N} = K_P \cdot \left(1 + \frac{1}{j\omega \cdot T_N}\right)$$

### Übung 2.1:

Weisen Sie durch allgemeine Berechnung des Frequenzganges nach, dass die folgende Schaltung PI-Verhalten aufweist und bestimmen Sie allgemein die Parameter des Regelkreisgliedes!



### 3. Das Bode-Diagramm

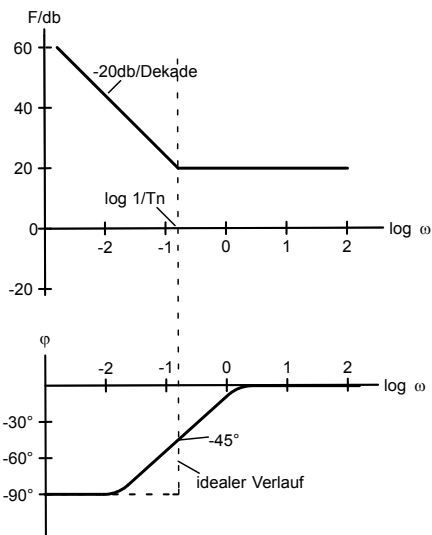
An Hand des Frequenzganges

$$\underline{F} = K_P + \frac{K_P}{j\omega \cdot T_N} = K_P \cdot \left(1 + \frac{1}{j\omega \cdot T_N}\right)$$

lässt sich ablesen, dass für sehr kleine Frequenzen ( $\omega \rightarrow 0$ ) die Verstärkung unendlich groß wird und der Realanteil verschwindend gering gegenüber dem Imaginäranteil wird. Die Phasenverschiebung beträgt  $-90^\circ$ . Für sehr hohe Frequenzen ( $\omega \rightarrow \infty$ ) wird die Verstärkung gleich  $K_P$  und die Phasenverschiebung geht gegen  $0^\circ$ .

Der Amplitudengang lässt sich idealerweise durch zwei Geraden darstellen. Für Frequenzen unterhalb von  $\frac{1}{T_N}$  lässt sich der Amplitudengang durch eine Gerade darstellen, welche mit 20dB/Dekade abfällt.

Oberhalb dieser Frequenz ist der Amplitudengang eine Gerade im Abstand  $K_P$ .

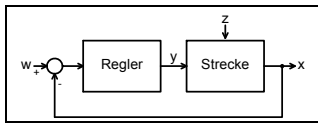


#### Übung 3.1:

Für die Schaltung in Übung 2.1 sind folgende Werte gegeben:

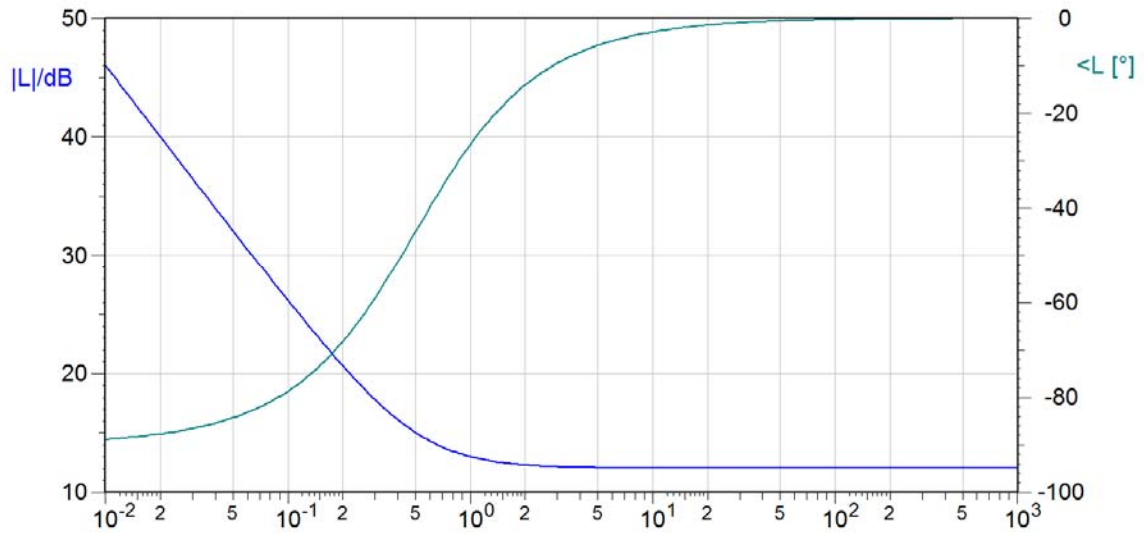
$$R_1 = 15 \text{ k}\Omega, R_2 = 57 \text{ k}\Omega, C = 1,8 \text{ }\mu\text{F}$$

- a) Berechnen Sie  $\underline{F}$  nach Betrag und Phase für  $\omega = 1, 10, 50$  und  $200 \text{ s}^{-1}$  !
- b) Zeichnen Sie das ideale Bode-Diagramm und vergleichen Sie die Werte mit den Berechnungen der Aufgabe a) !



**Übung 3.2:**

Gegeben ist das folgende Bode-Diagramm:



- a) Bestimmen Sie bitte die Parameter des Regelkreisgliedes!
- b) Entwickeln und dimensionieren Sie eine Schaltung mit Operationsverstärkern!
- c) Zeichnen Sie maßstäblich die Sprungantwort des Regelkreisgliedes für einen Eingangssprung von 0 auf 1V!
- d) Berechnen Sie die Ausgangsspannung nach Aufgabe c) zur Zeit t=1,2 Sekunden!