

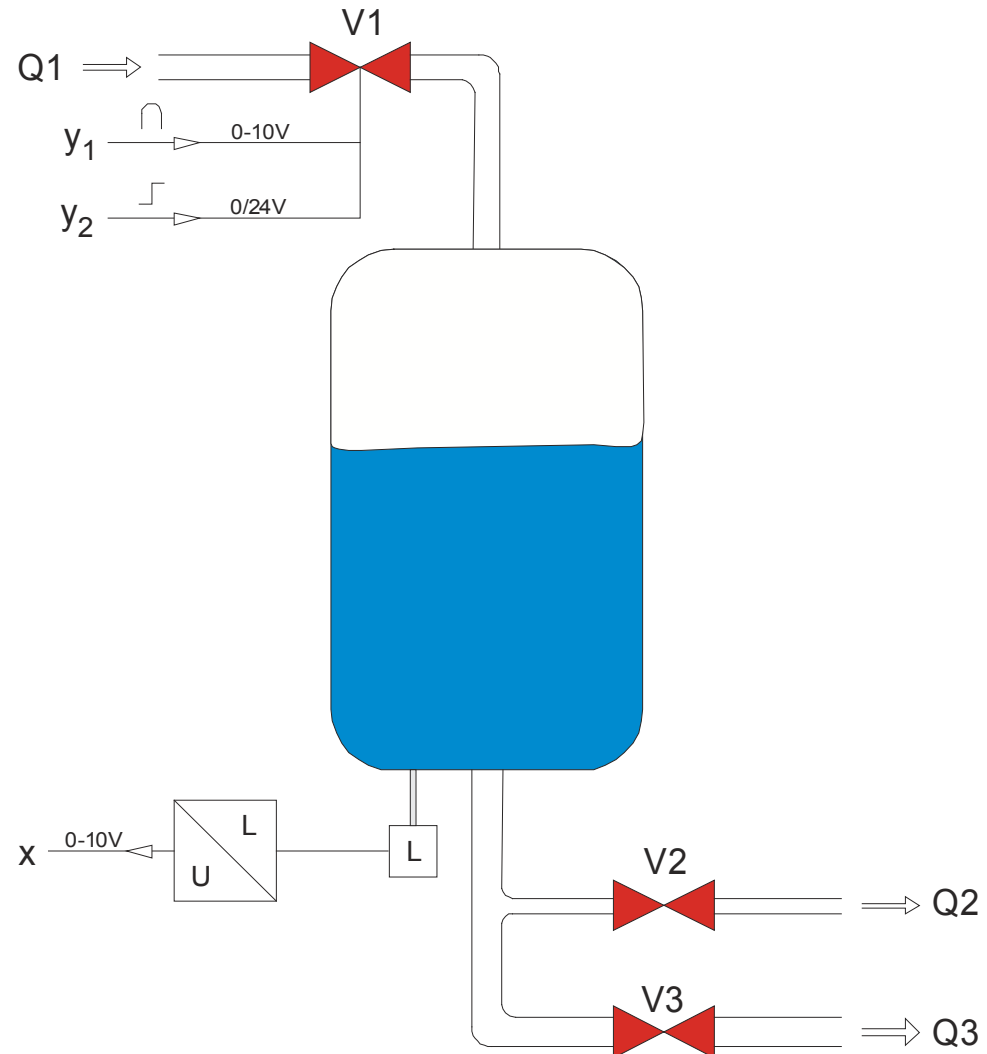
Regelungsaufgabe

In einem Behälter ist der Füllstand auf einem vorgegebenen Niveau konstant zu halten, wobei der Einfluss nicht vorhersehbarer Störgrößen ausgeglichen werden soll.

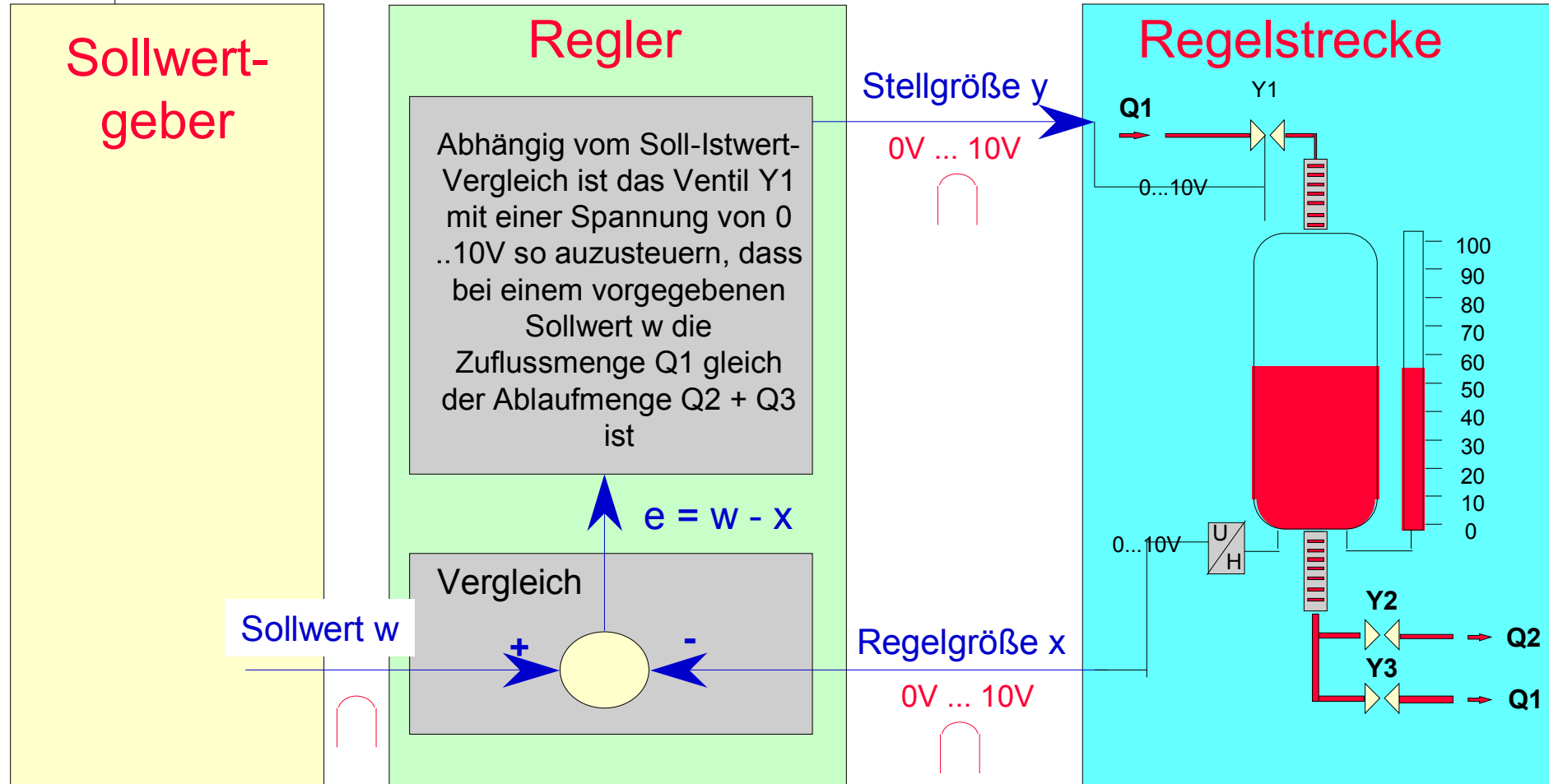
Als nicht vorhersehbare Störeinflüsse können Veränderungen der Entnahmemenge angesehen werden.

Hinweis:

Der Regler soll die Aufgabe dadurch lösen, dass er eine Stellgröße y ausgibt, die ein Magnetventil so aufsteuert, dass bei gegebenem Niveau der Zulauf gleich dem Ablauf ist.

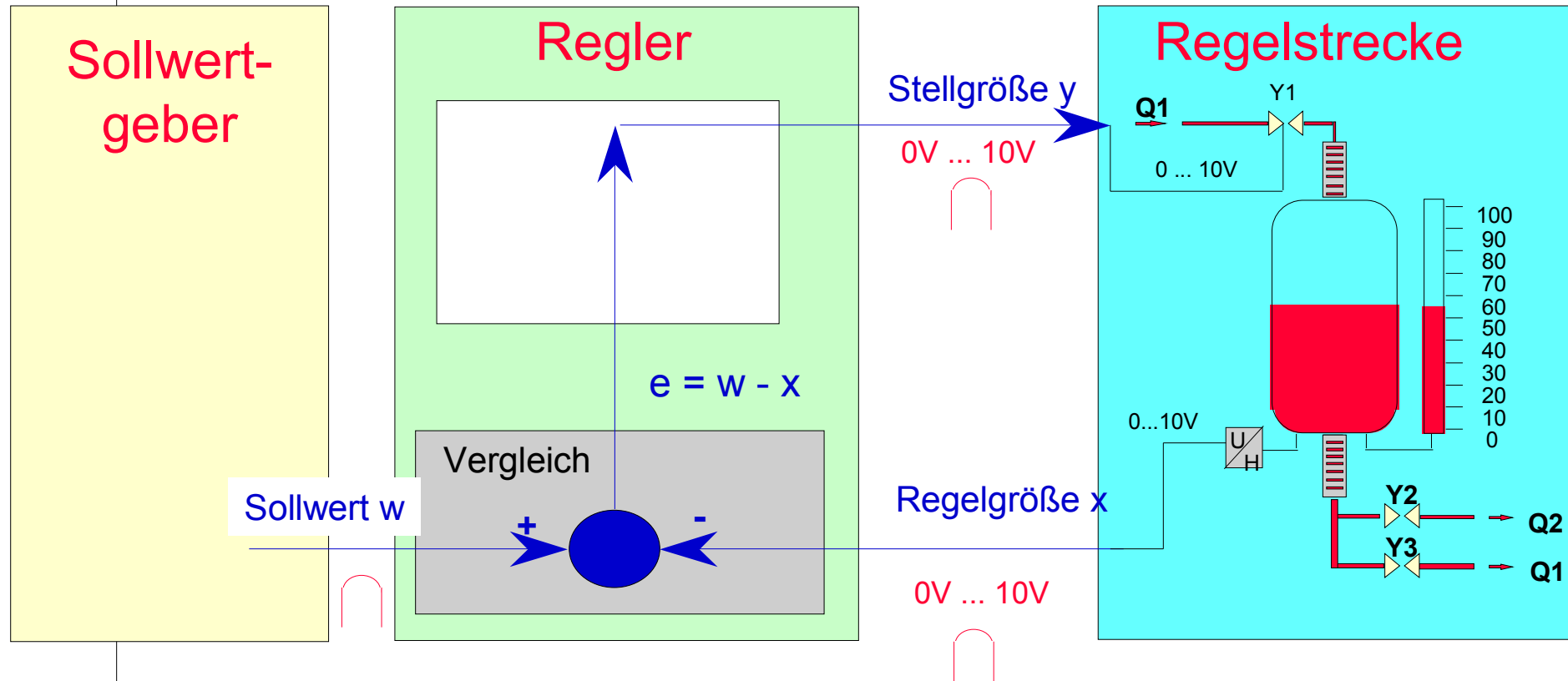


Aufgabe des Reglers: (verbale Beschreibung)



Regelfunktion: Stellgröße $y =$ Regeldifferenz

$$y = e = w - x$$

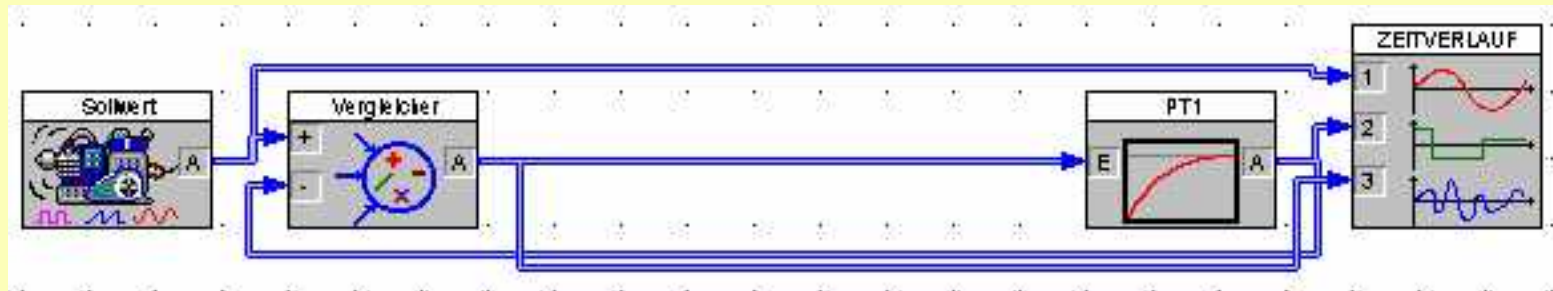


Hinweis:

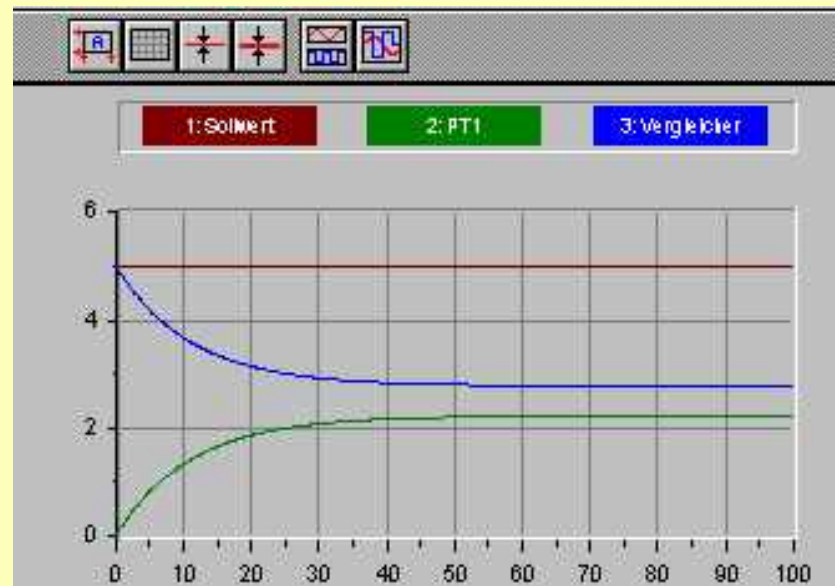
Da am Ausgang des Reglers eine analoge Spannung benötigt wird und im Regler die Regeldifferenz e als analoge Spannung vorliegt, bietet sich an, diese als Stellgröße y zu verwenden.

Simulation des Regelkreises mit BORIS

Aufbau des Signalflussplans:



Ergebnis:



Interpretation des Regelergebnisses:

Der Sollwert wird nicht erreicht.

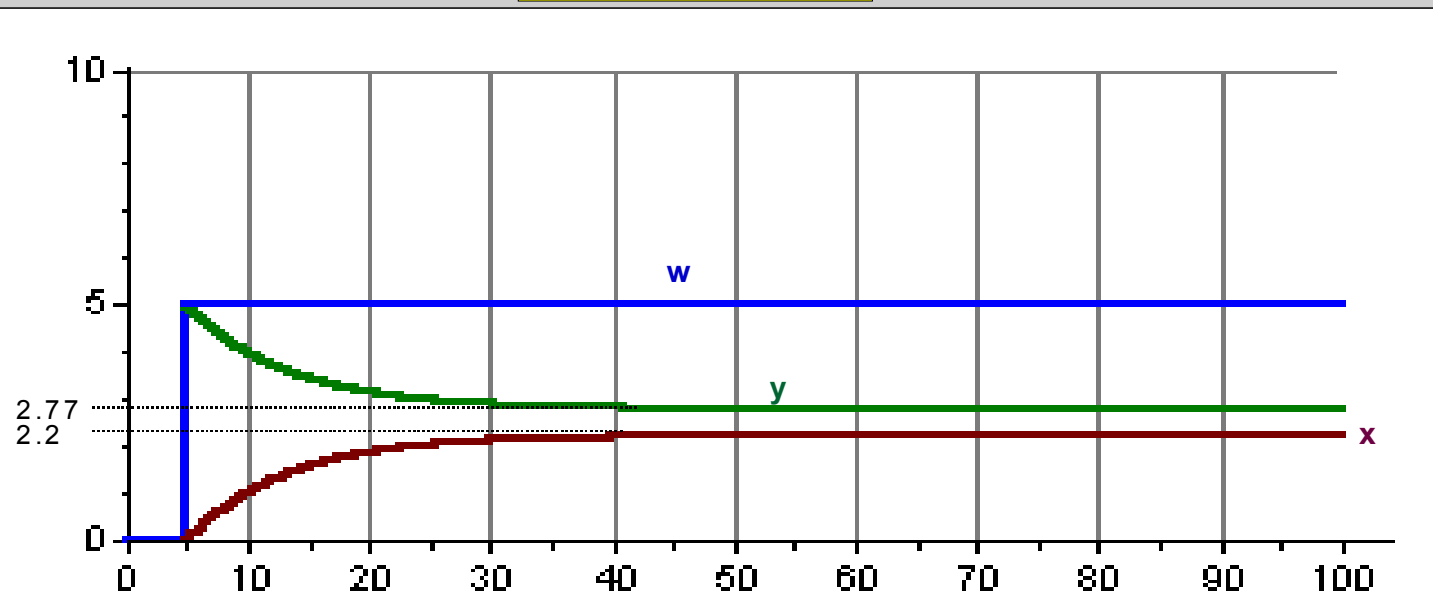
Die Regelgröße stellt sich auf einen konstanten aber zu niedrigen Wert ein.

Sollwert $w = 5V$

$$\begin{aligned}x &= K_s \cdot y = K_s \cdot e \\x &= K_s \cdot (w - x) \\x &= \frac{K_s}{K_s + 1} \cdot w\end{aligned}$$

$$x = 2.22$$

$$Y = 2.77$$

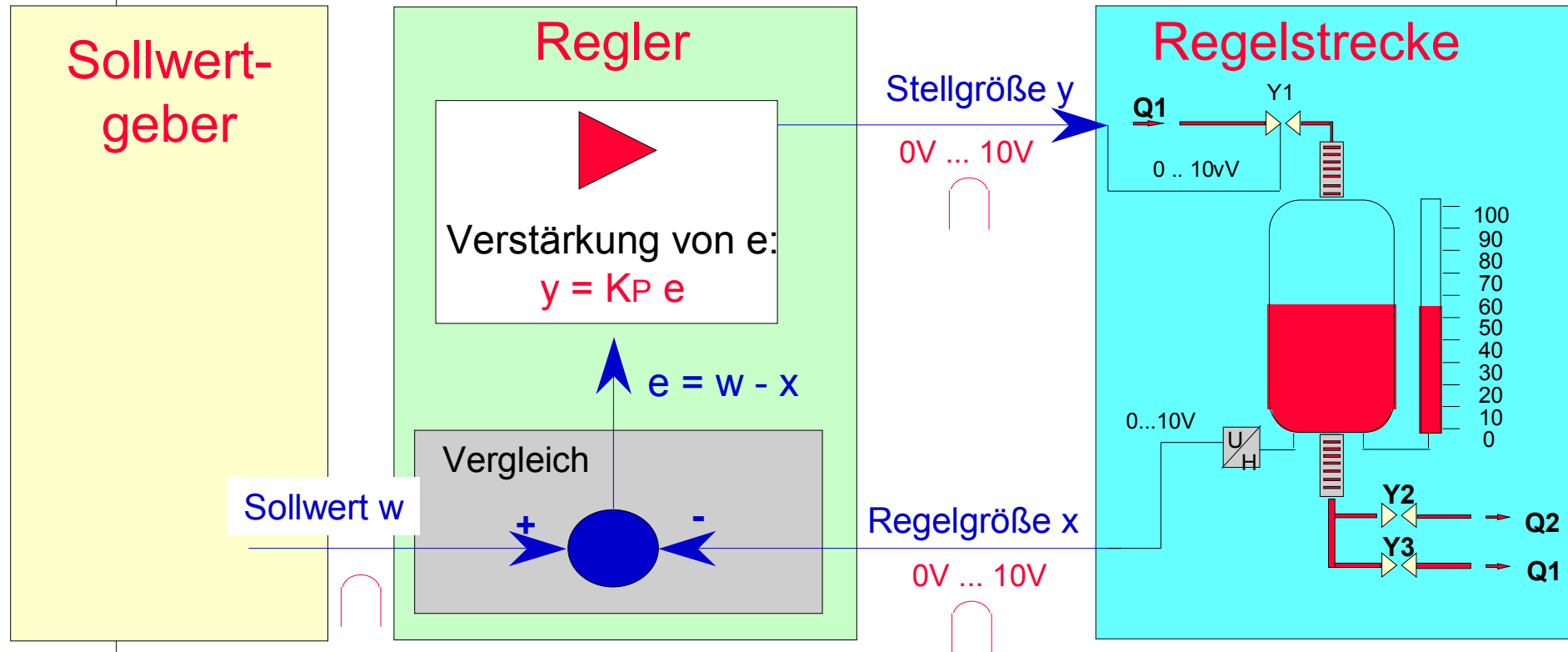


Verbesserung.

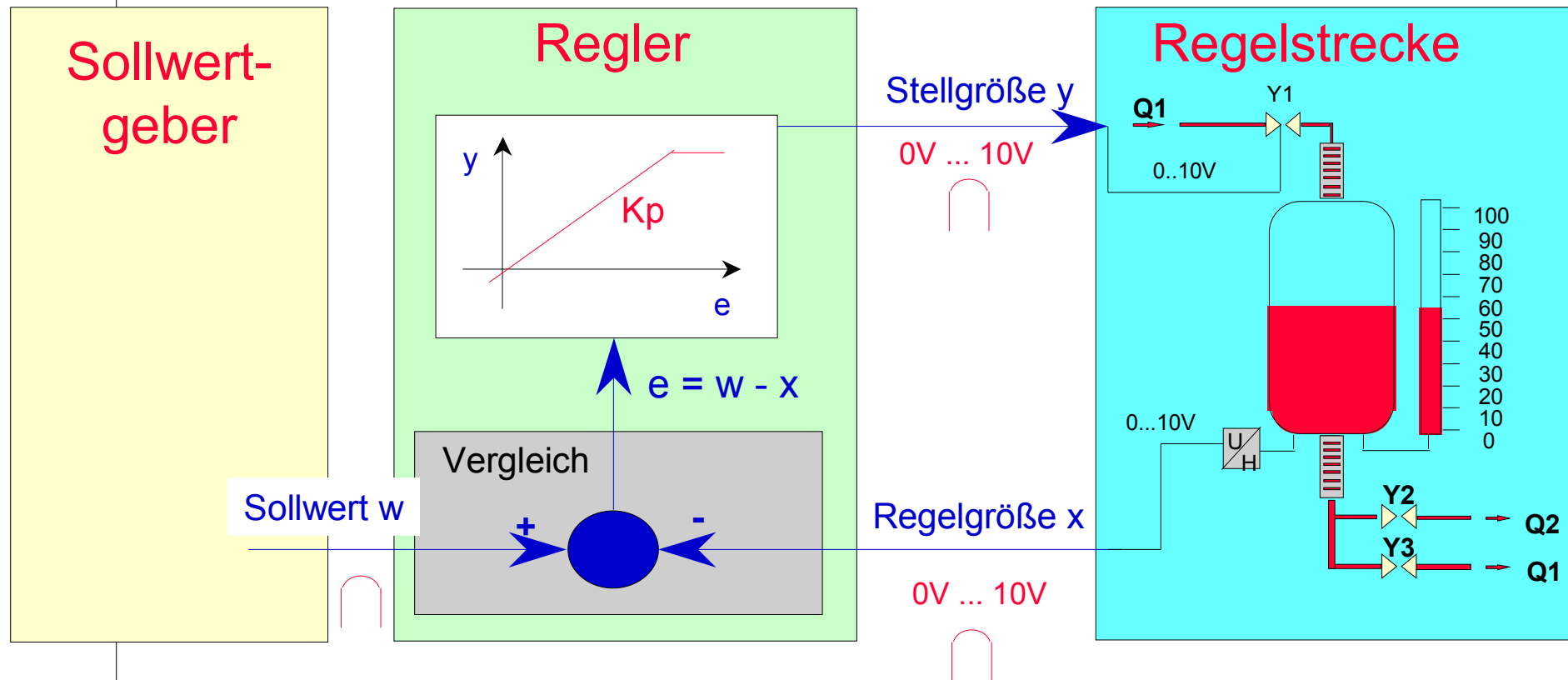
Bei kleiner werdender Regeldifferenz e müsste die Stellgröße größer werden, damit der Sollwert erreicht wird.

Regelfunktion: Stellgröße $y = \text{Konstante } K_{PR} * \text{Regeldifferenz } e$

$$y = K_{PR} * e$$

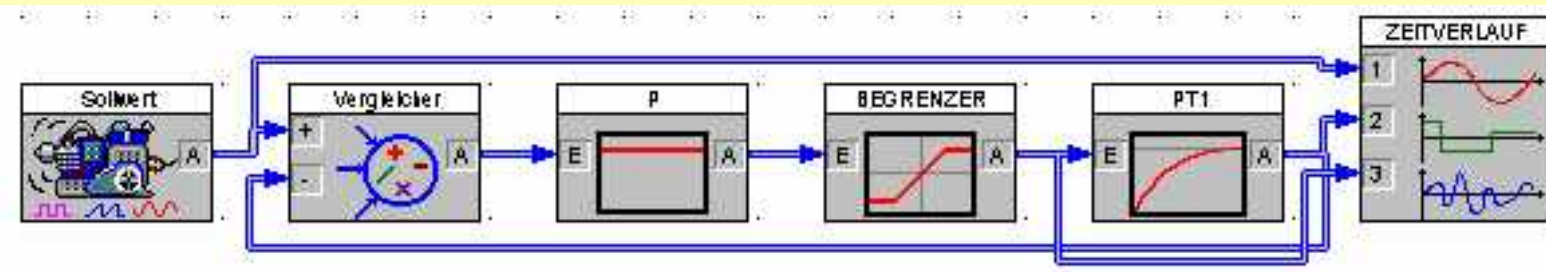


Kennlinie des Proportional-Reglers (P-Regler):

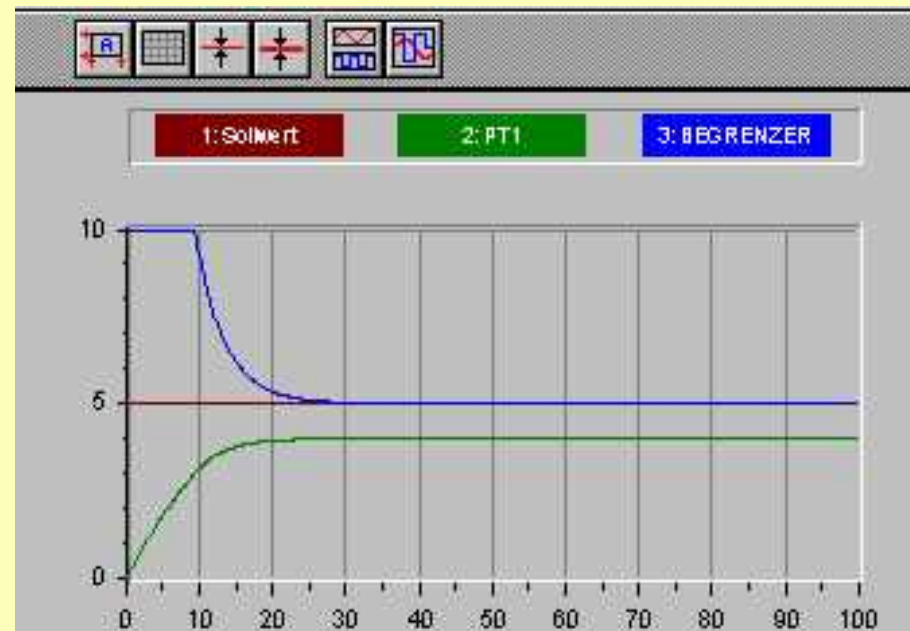


Simulation des Regelkreises mit BORIS

Aufbau des Signalflussplans:



Ergebnis:



Regelerggebnis:

Sollwert $w = 5V$

Proportional-
beiwert $K_p = 10$

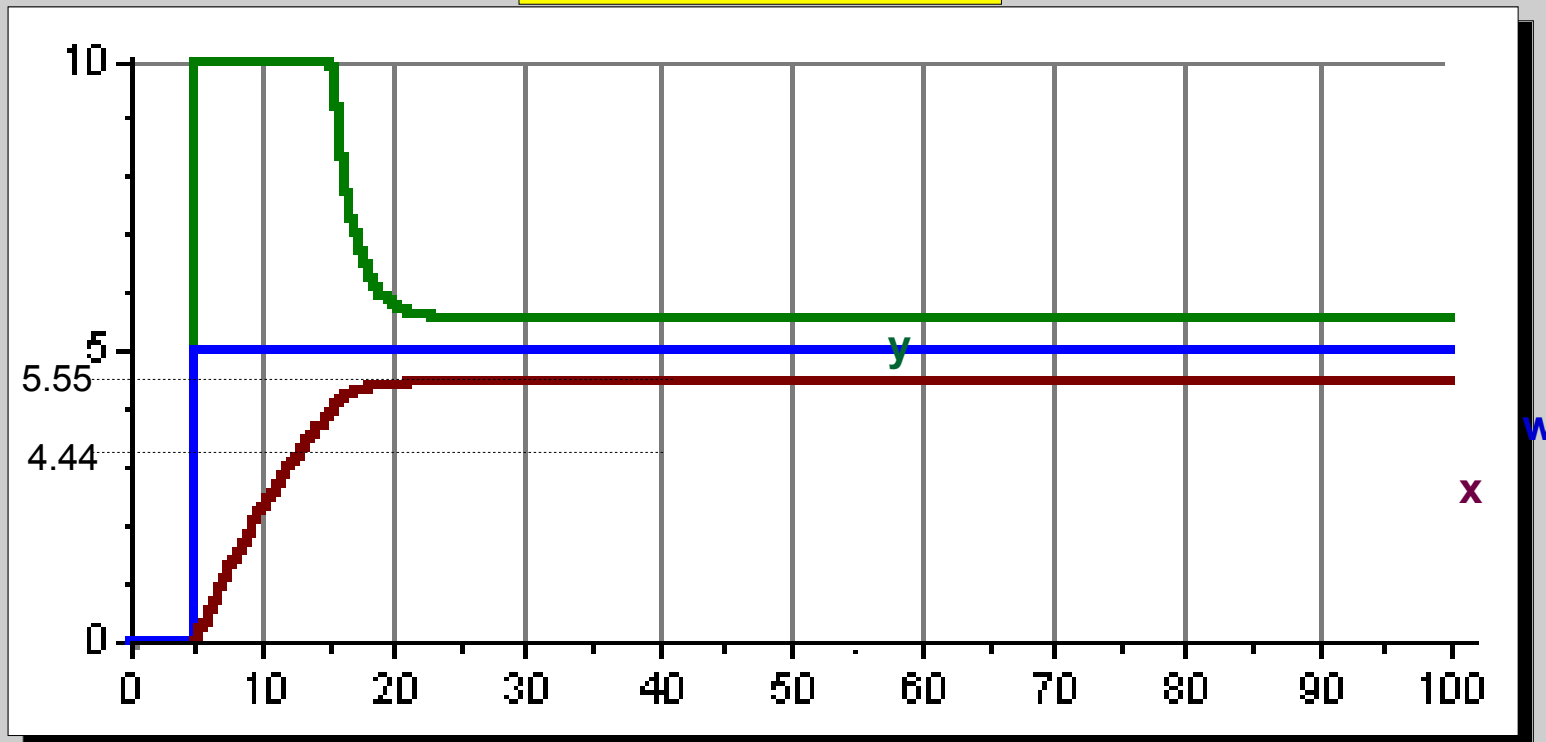
$$x = K_S \cdot y = K_S \cdot K_{PR} \cdot e$$

$$x = K_S \cdot K_{PR} \cdot (w - x)$$

$$x = \frac{K_S \cdot K_{PR}}{K_S \cdot K_{PR} + 1} \cdot w$$

$$x = 4.44$$

$$Y = 5.55$$



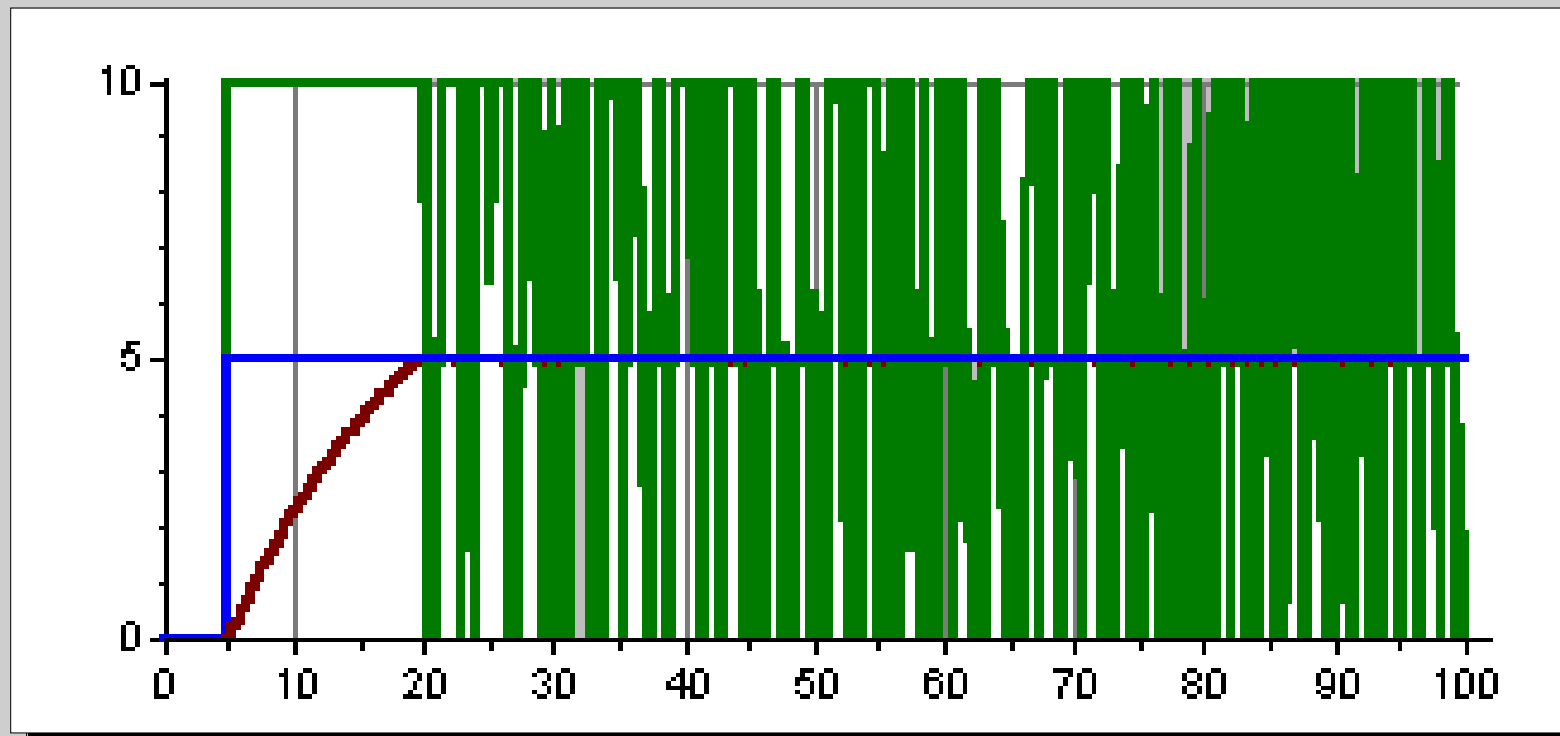
Erkenntnis:

Je größer K_{pr} umso kleiner ist die Regeldifferenz e . Versuch mit $K_{pr} = 1000$

Regelerggebnis:

Sollwert $w = 5V$

Proportional-
beiwert $K_p = 1000$



Erkenntnis:

Wenn KPR zu groß wird, schwingt der Regler. (Zweipunktverhalten)

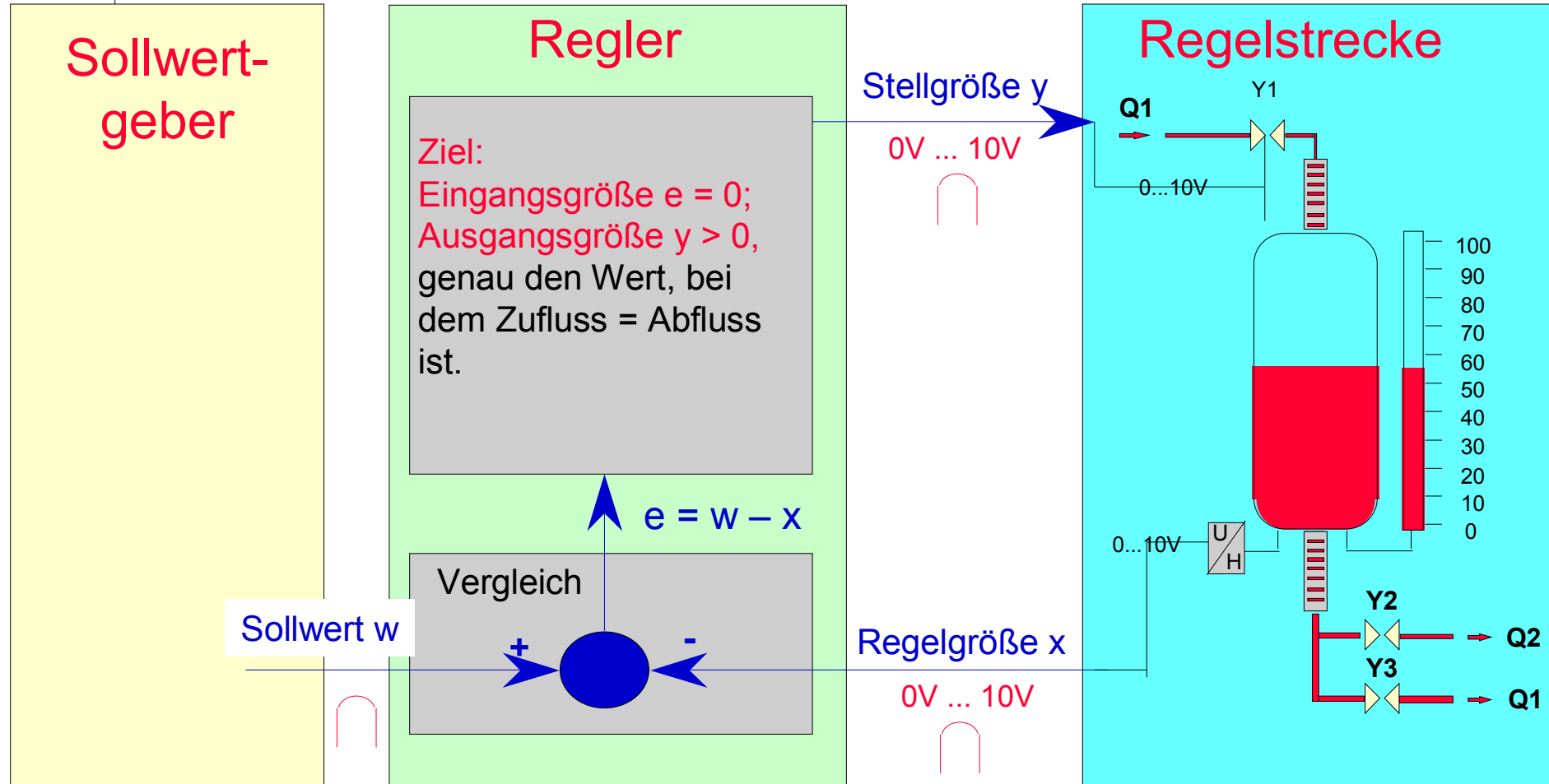
Zusammenfassung P-Regler:

Der P-Regler reagiert sehr schnell. Er greift ohne Verzögerung ein.

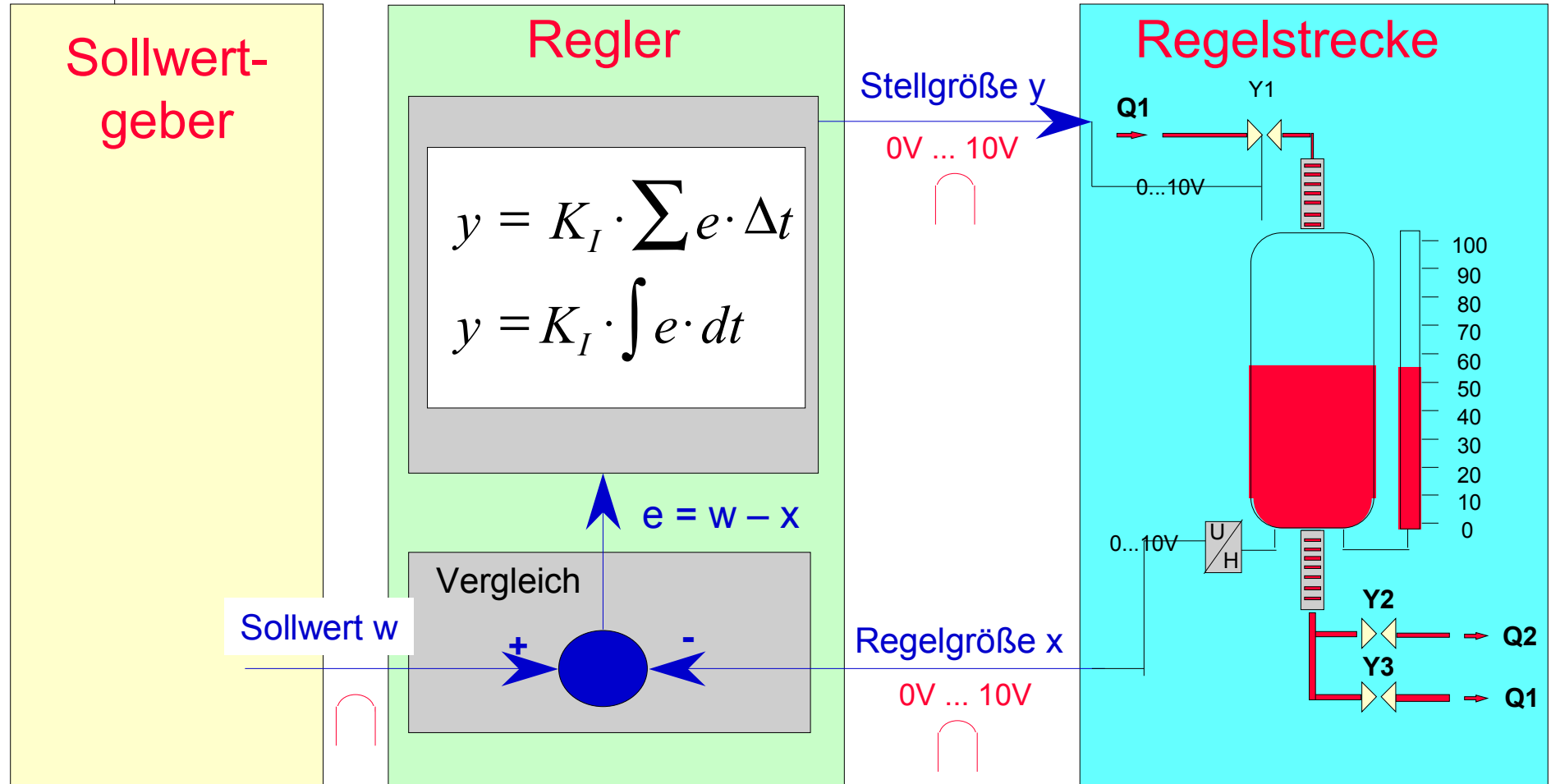
Der Nachteil des P-Reglers besteht in der bleibenden Regelabweichung.

Bei zu großem Verstärkungsfaktor K_{PR} des P-Reglers fängt der Regler an zu schwingen.

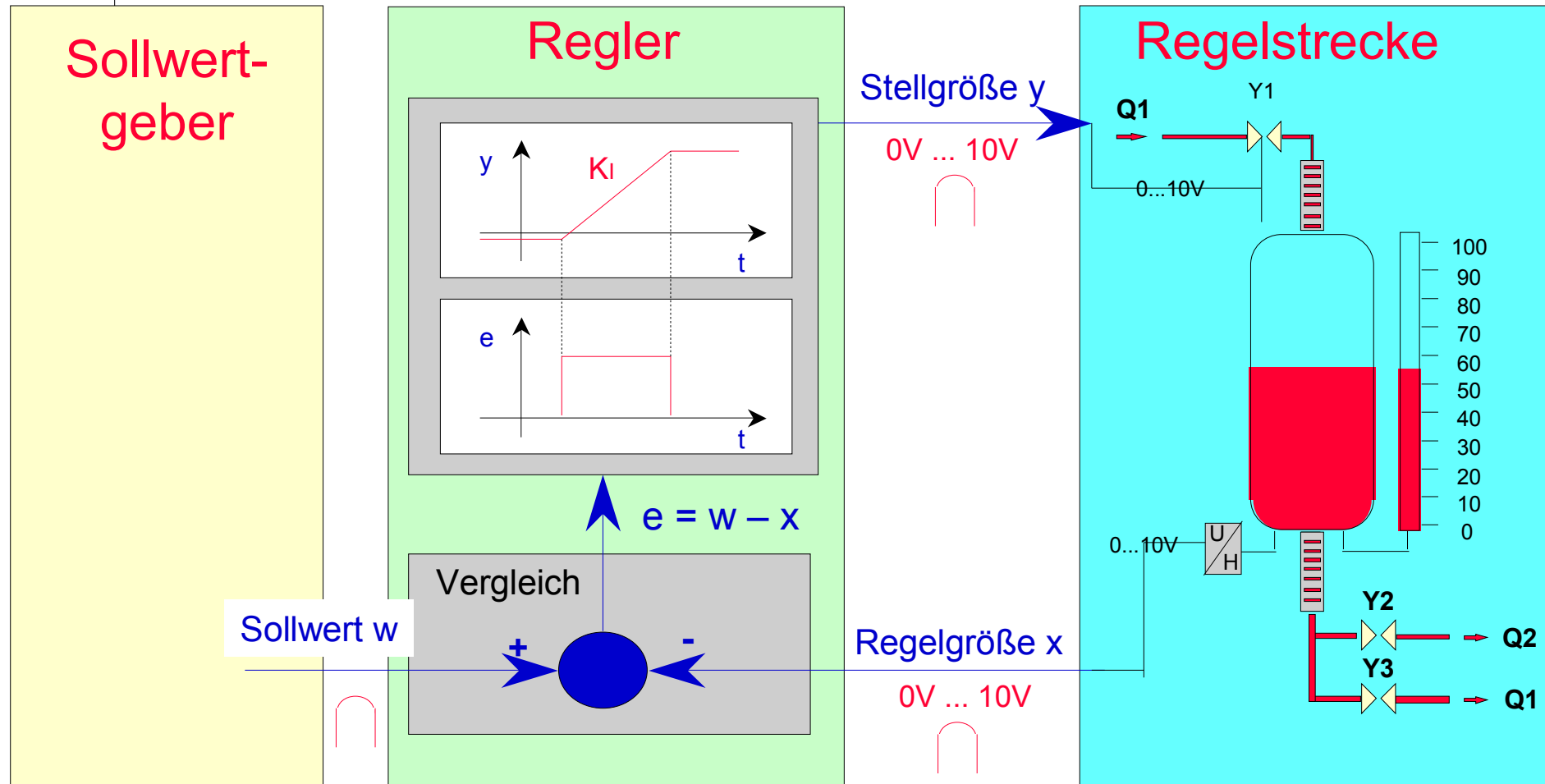
Bildung der Regelfunktion ohne Regelabweichung ($e=0$)



Bildung der Regelfunktion ohne Regelabweichung (e=0)

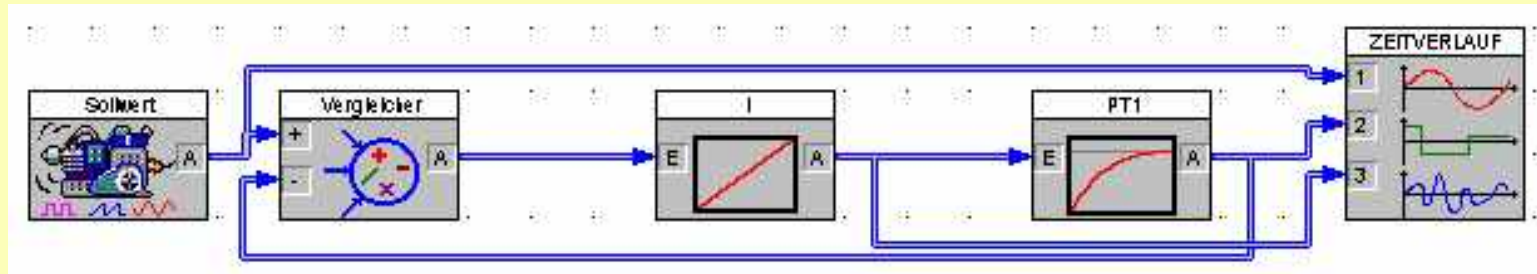


Kennlinie des Summations-Reglers (I-Regler):

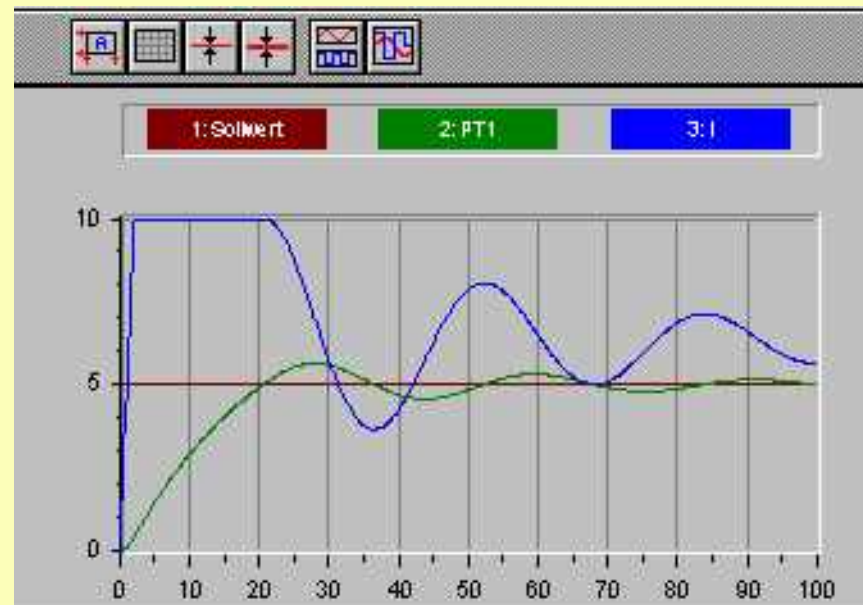


Simulation des Regelkreises mit BORIS

Aufbau des Signalflussplans:



Ergebnis:



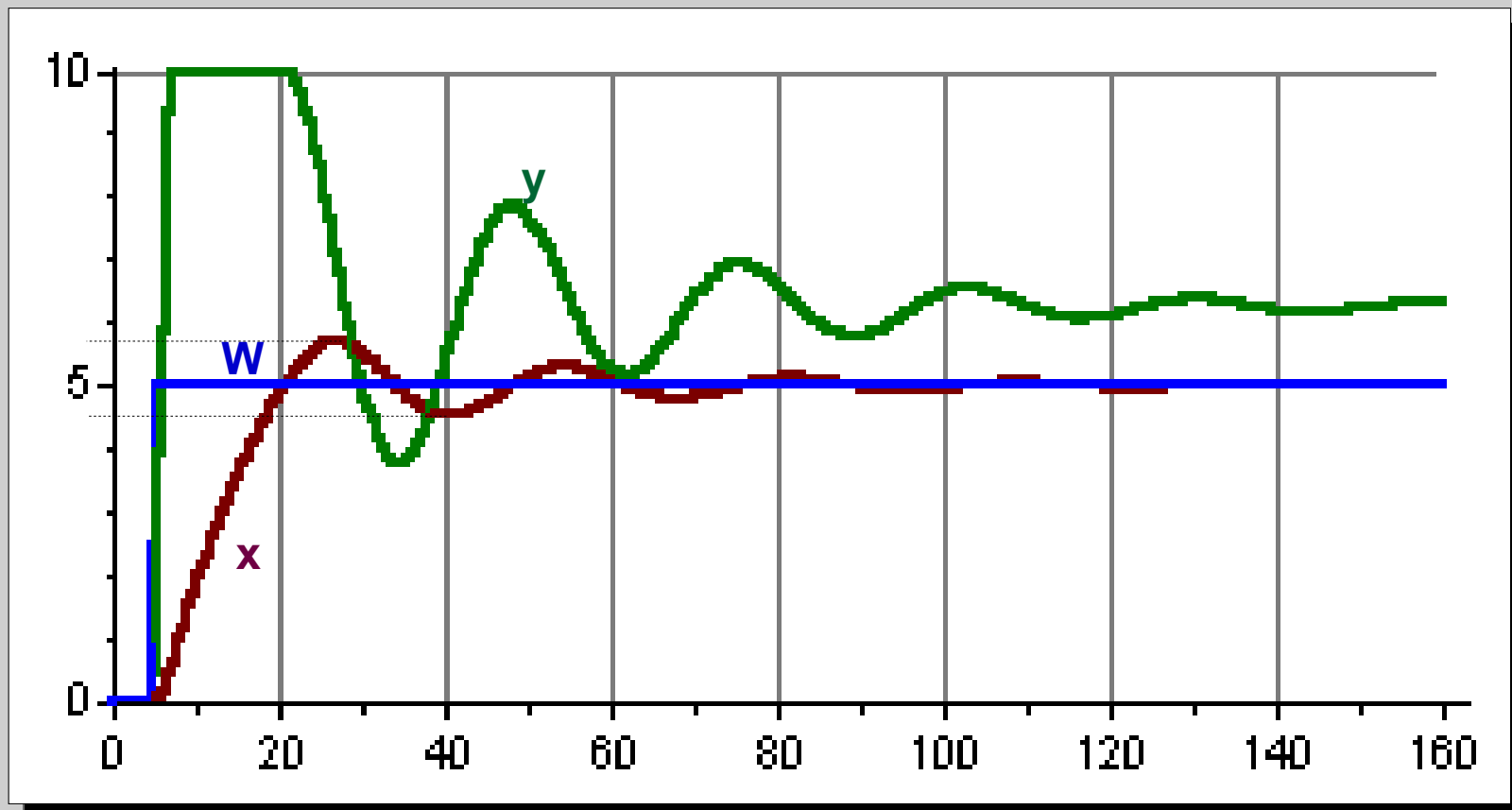
Regelergebnis:

Sollwert $w = 5V$

$T_i = 1$

Ausregelzeit $T_a = 150s$

8 Überschwingungen etwa 1V



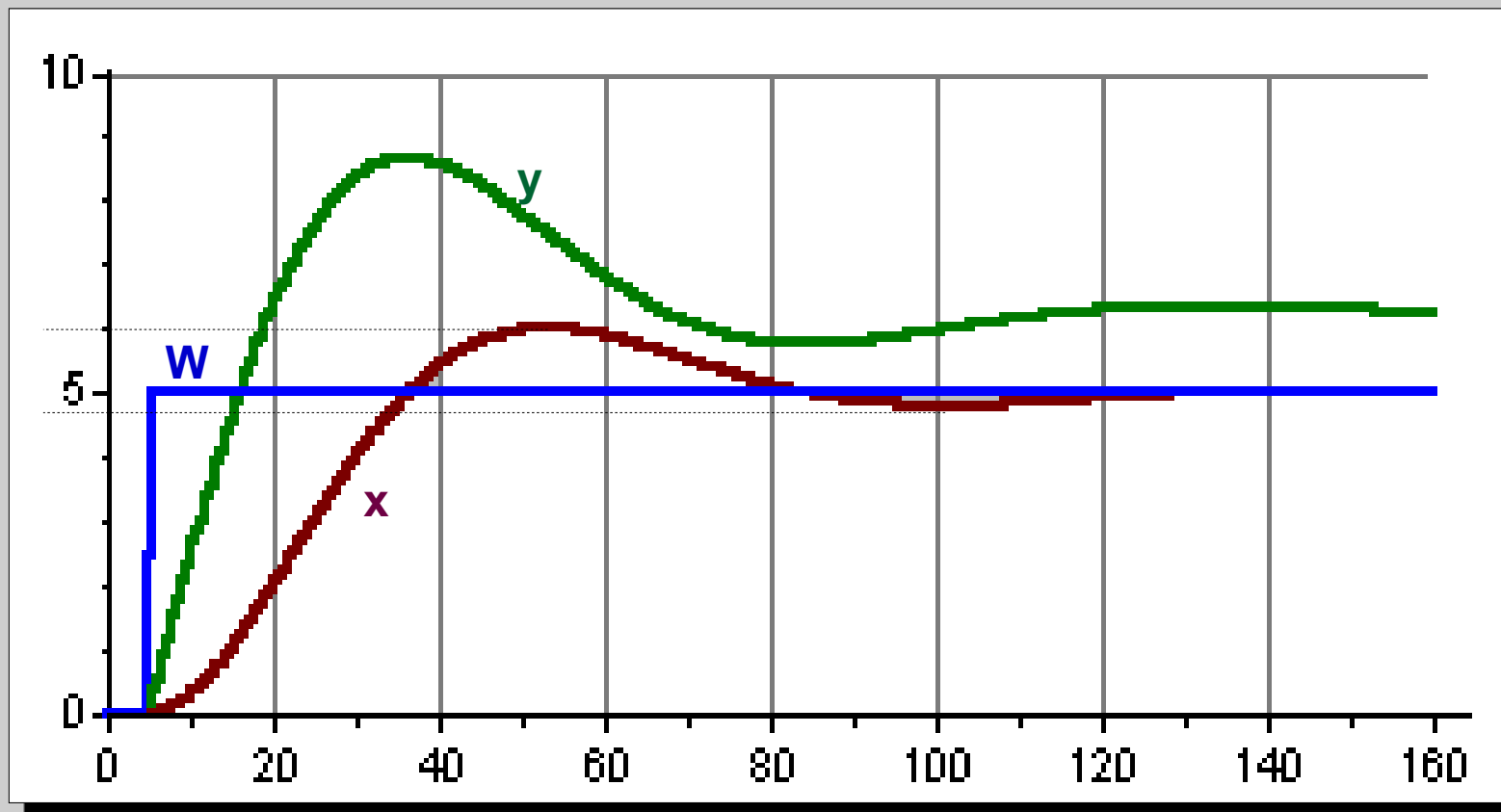
Regelergebnis:

Sollwert $w = 5V$

$T_i = 10$

Ausregelzeit $T_a = 150s$

2 Überschwingungen etwa 1,3 V



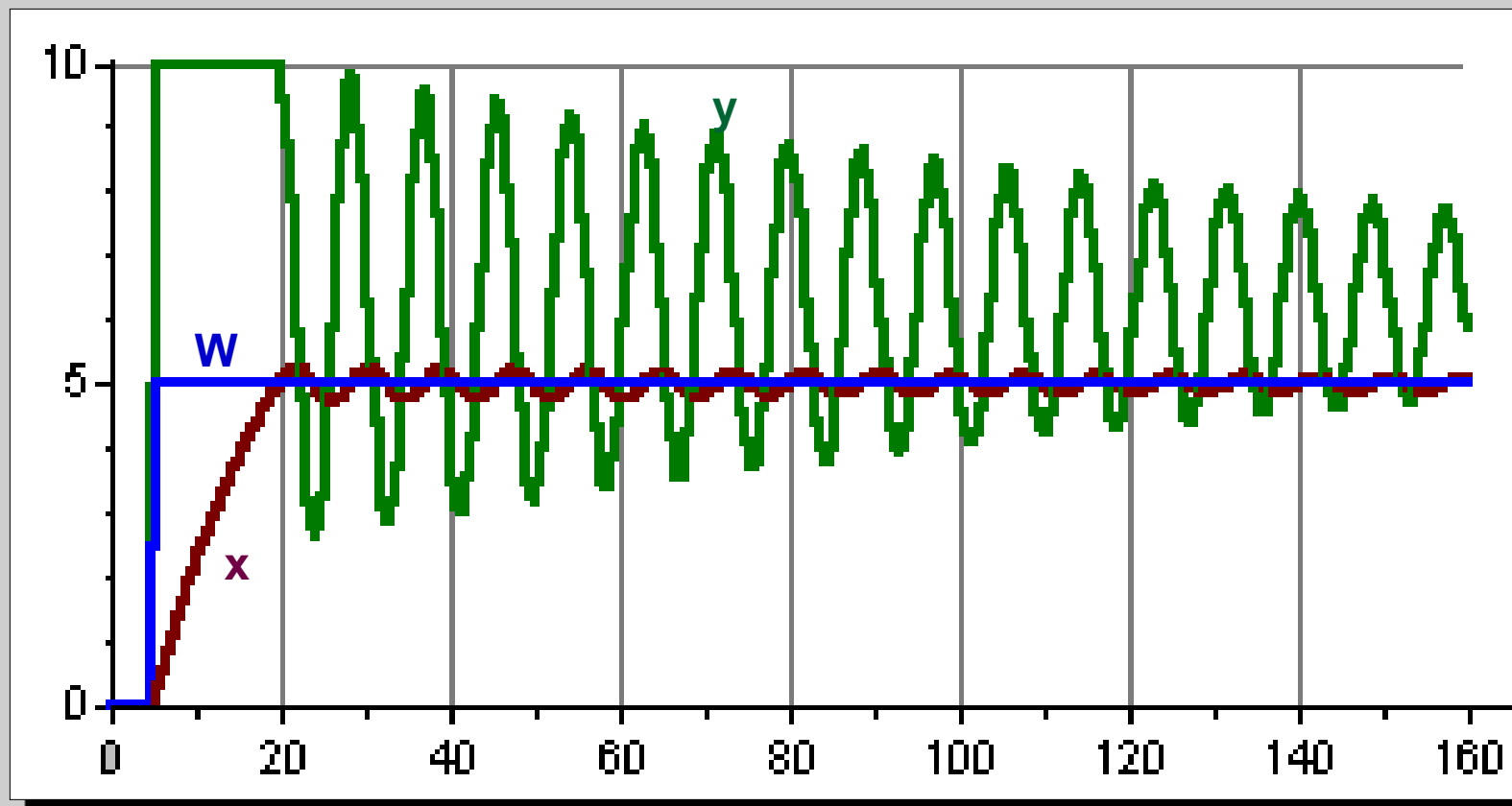
Regelerggebnis:

Sollwert $w = 5V$

$T_i = 0.1$

Ausregelzeit $T_a > 150s$

40 Überschwingungen etwa $0,4 V$



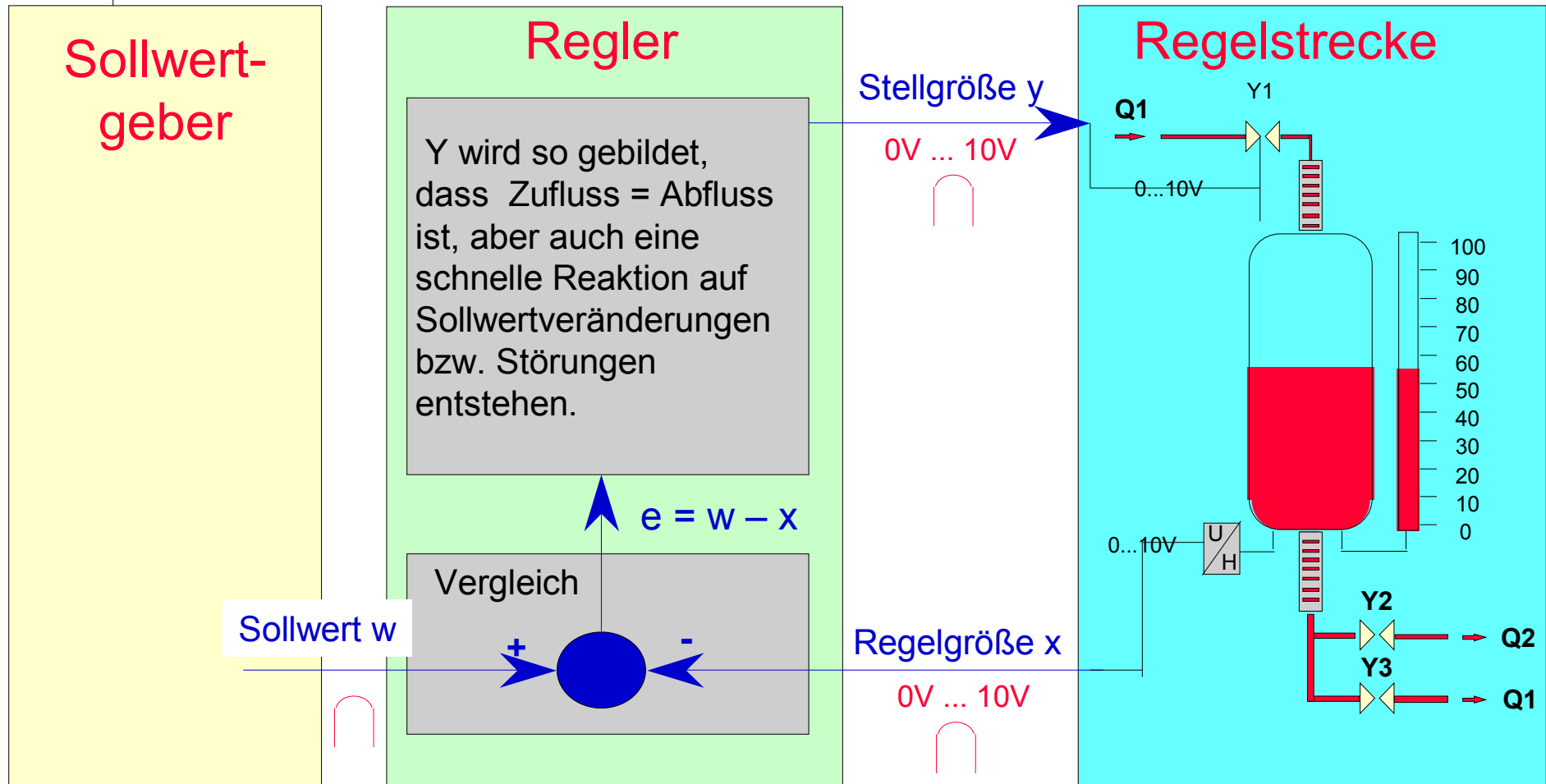
Zusammenfassung I-Regler:

Beim I-Regler tritt keine bleibende Regeldifferenz auf.

Wegen der unvermeidlichen Massenträgheit benötigt der I-Regler allerdings eine bestimmte Zeit, um bei einer sprunghaft auftretenden Regeldifferenz die Stellgröße aufzubauen.

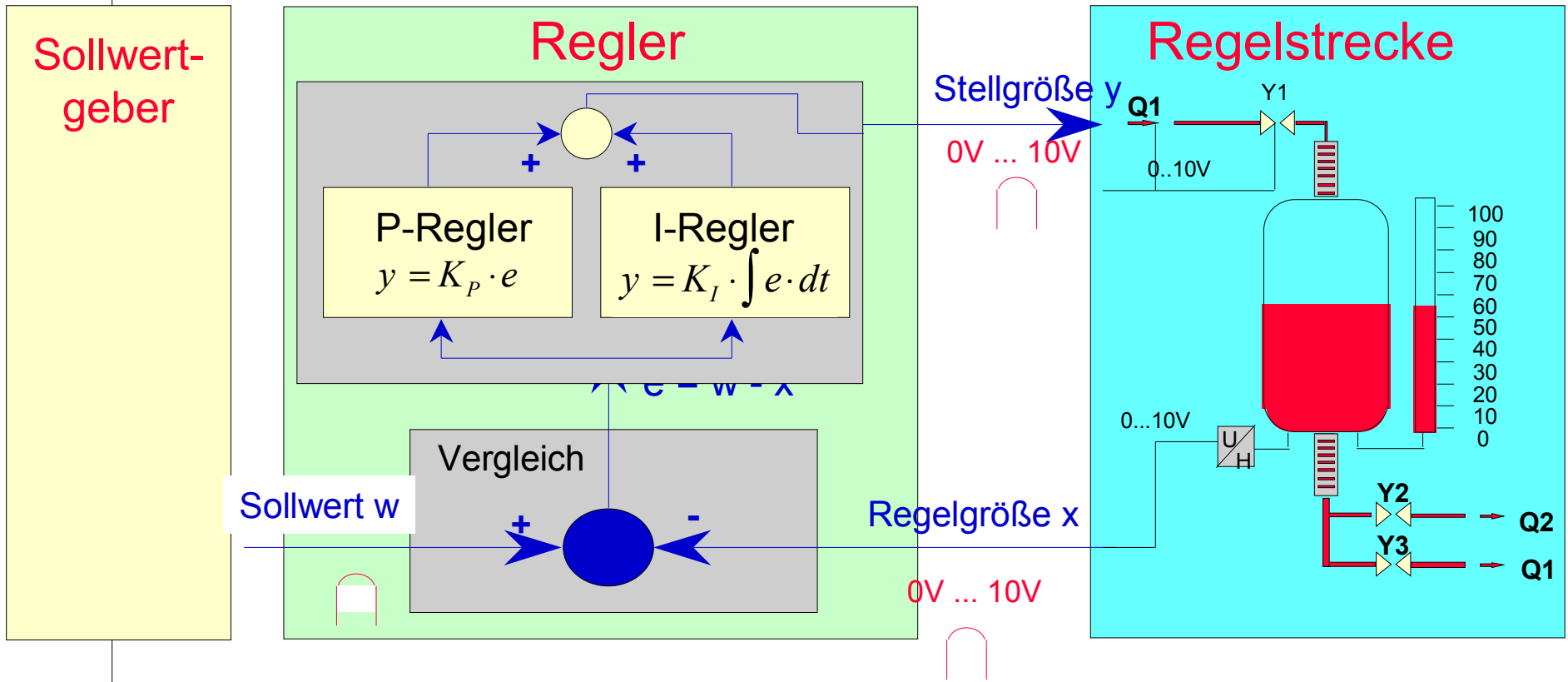
Je kleiner T_i , desto größer sind die Stellgrößenschwankungen und umso kleiner sind die Regelgrößenschwankungen.

Bildung der Regelfunktion mit kurzer Reaktionszeit und ohne Regelabweichung ($e=0$)

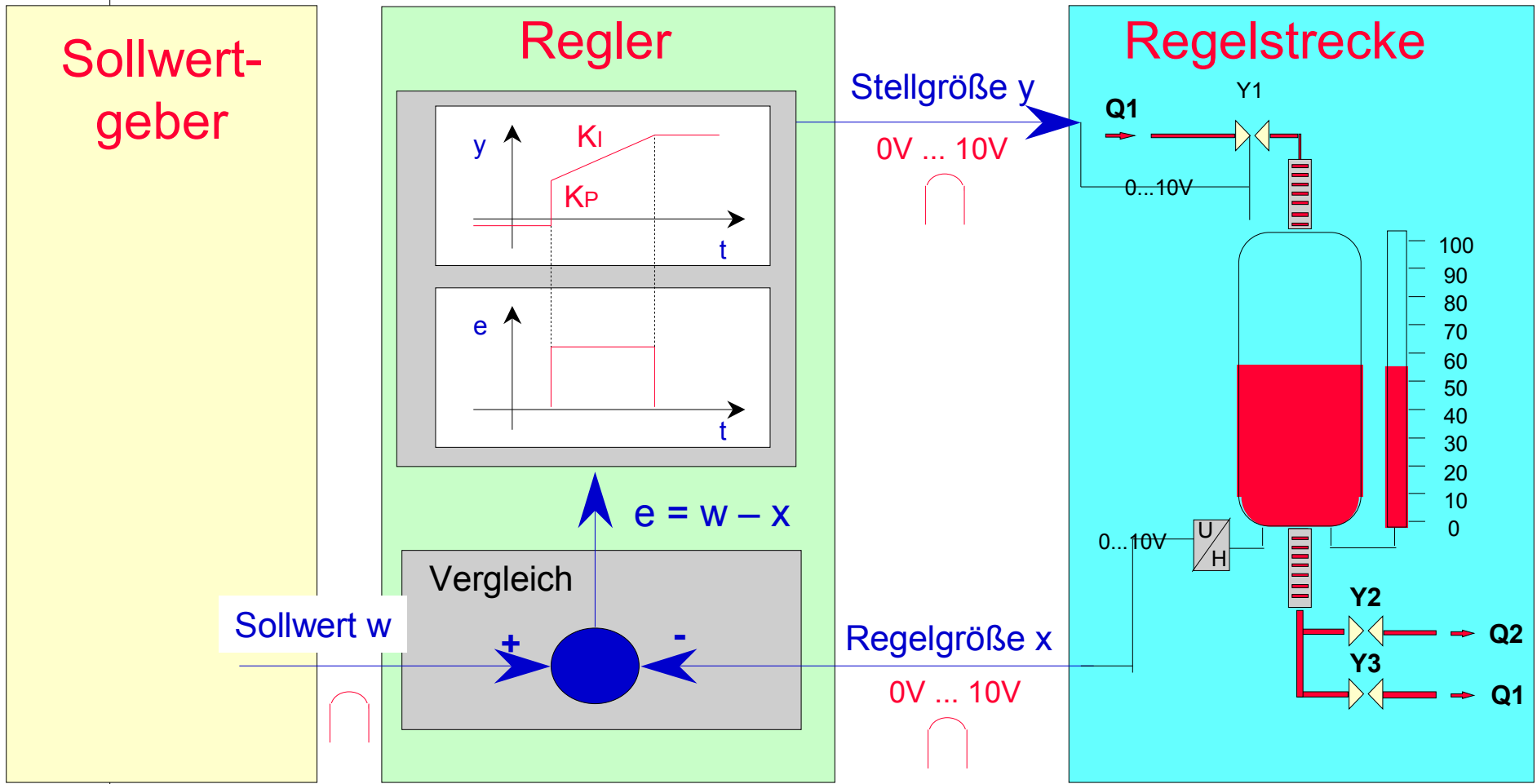


Hinweis:
Die beiden Eigenschaften der bisher untersuchten Regelfunktionen werden vereint.

Bildung der Regelfunktion des PI-Reglers:



Kennlinie des PI-Reglers:

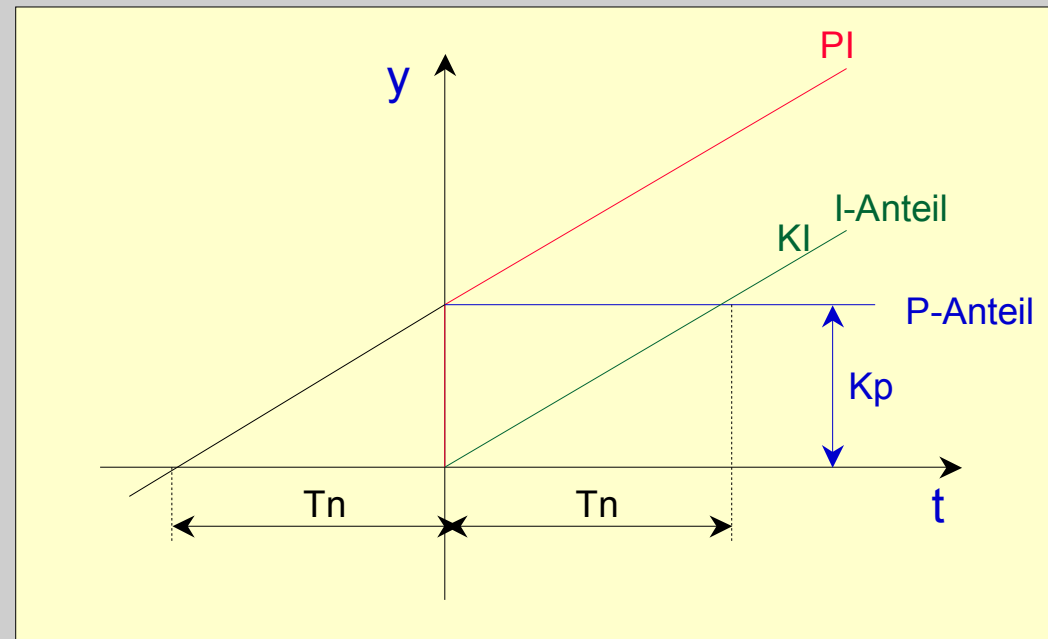


PI-Regeleinrichtung: Regelfunktion und Nachstellzeit T_n :

$$y = K_P + \frac{1}{T_I} \cdot \int e \cdot dt$$

$$y = K_P \left(1 + \frac{1}{K_P \cdot T_I} \cdot \int e \cdot dt \right)$$

$$y = K_P \left(1 + \frac{1}{T_n} \cdot \int e \cdot dt \right)$$

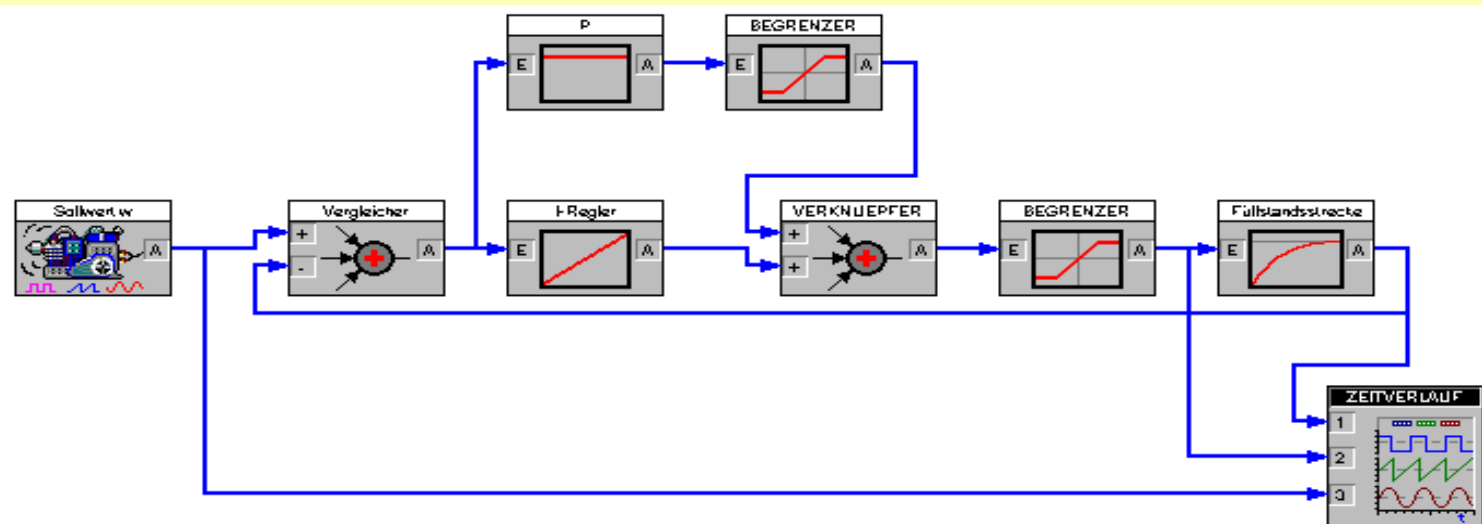


Nachstellzeit T_n :

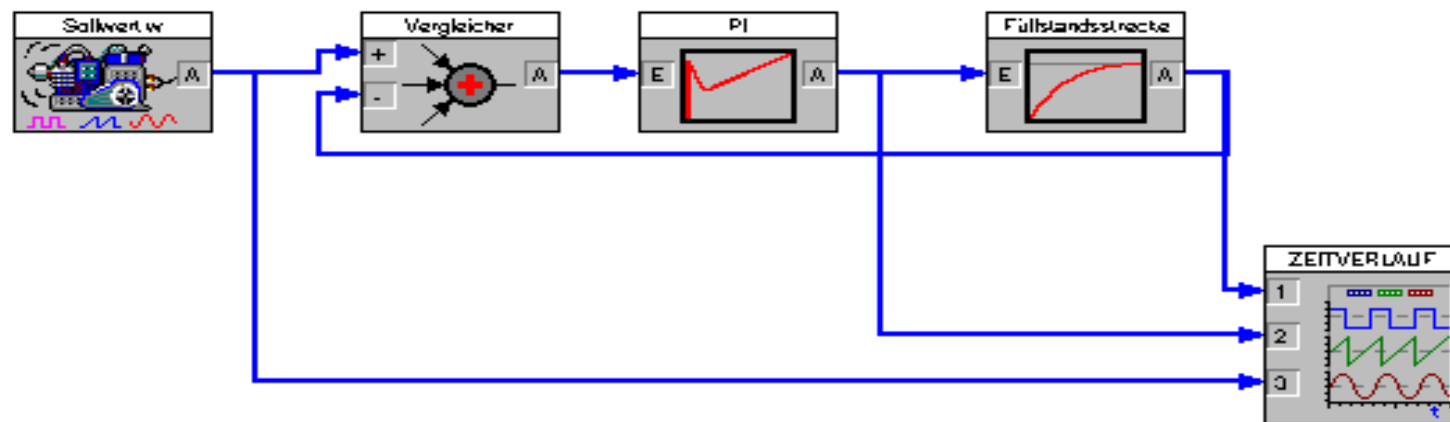
$$T_n = \frac{K_P}{K_I} = K_P \cdot T_I$$

Simulation des Regelkreises mit BORIS

Aufbau des Signalflussplans:

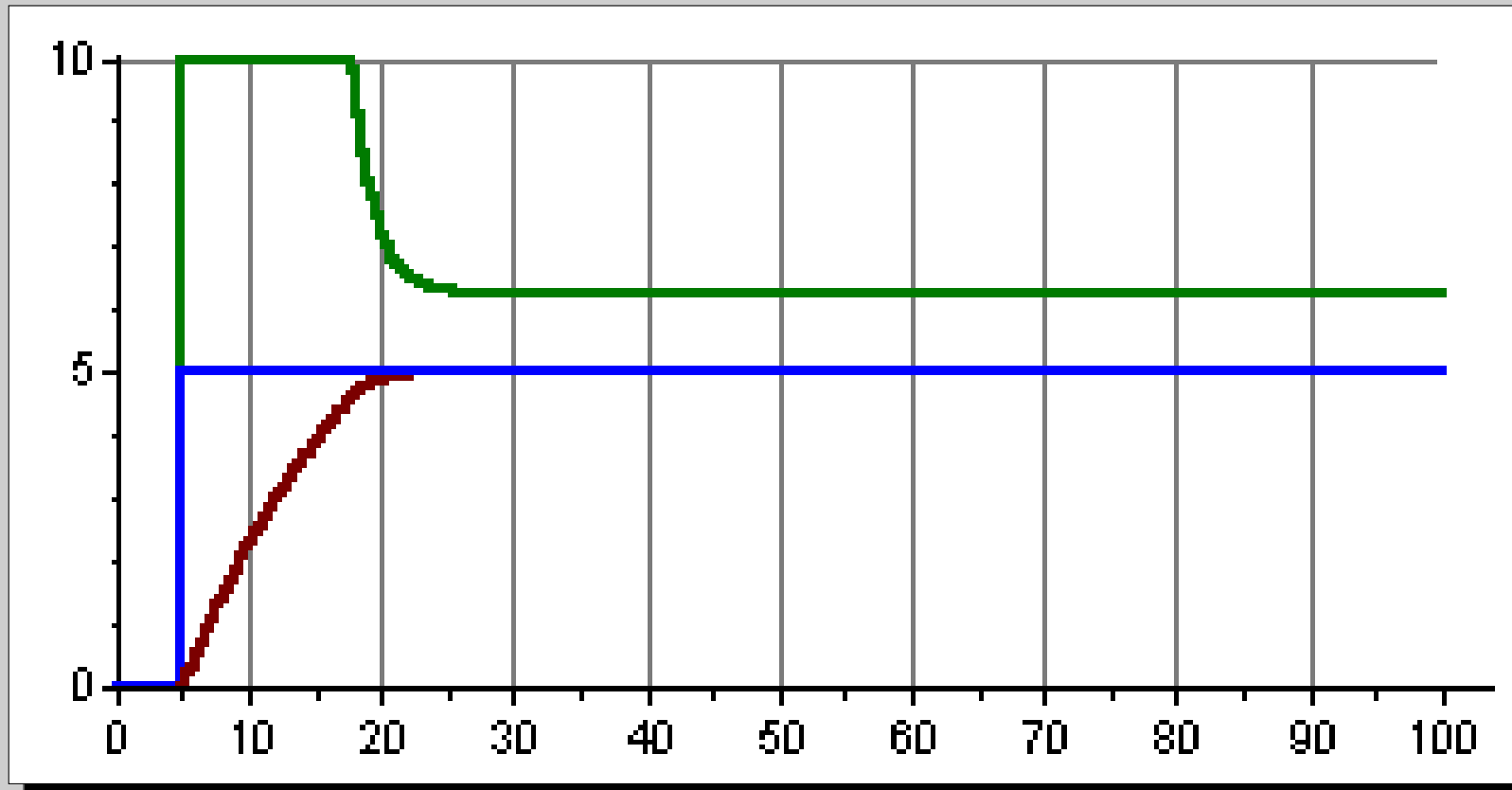


ODER:



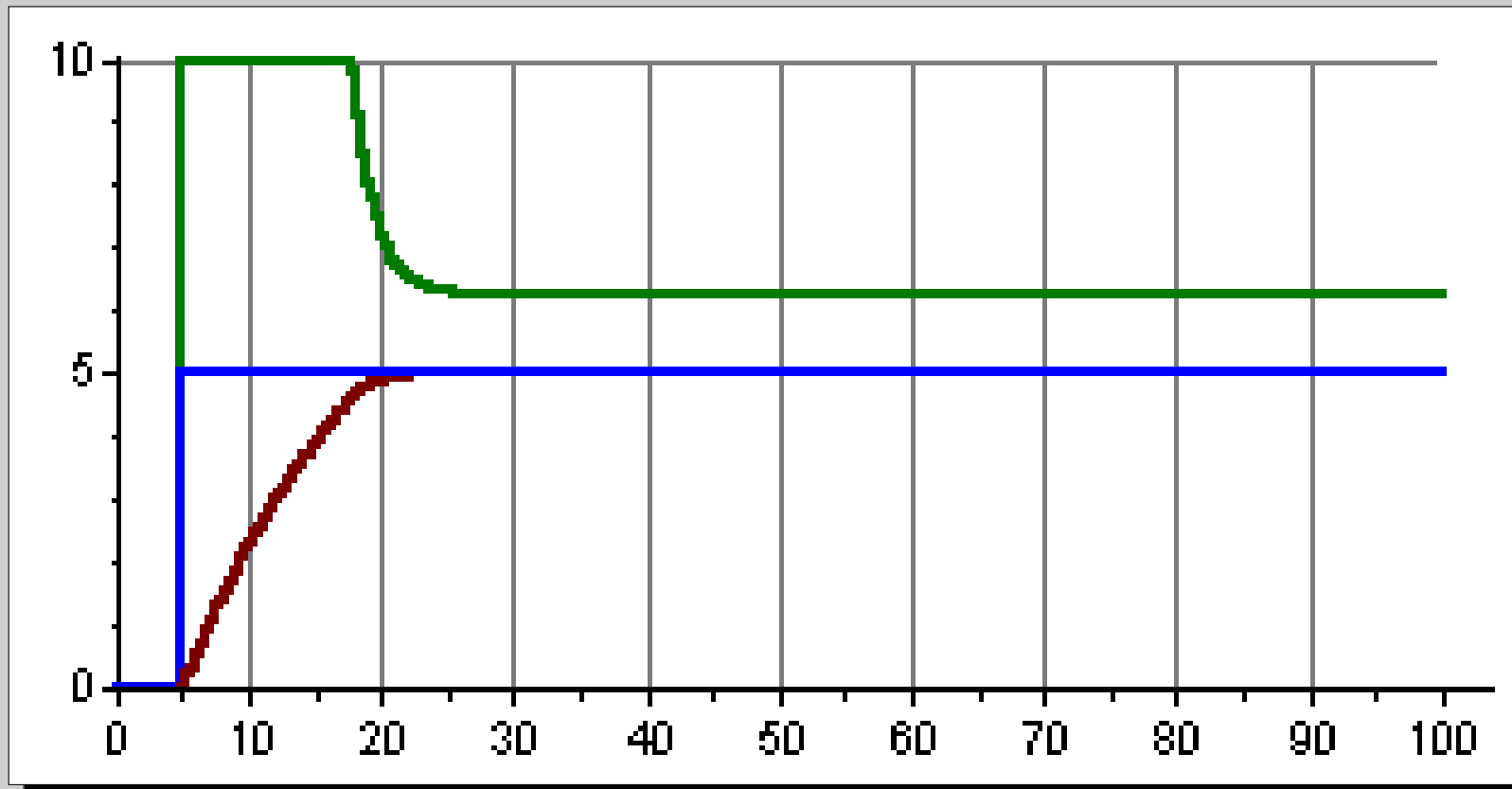
Regelergebnis:

Sollwert $w = 5V$ $K_P = 5$
 $T_i = 5s$



Regelerggebnis:

Sollwert $w = 5V$ $K_P = 5$
 $T_n = 50s$



Zusammenfassung PI-Regler:

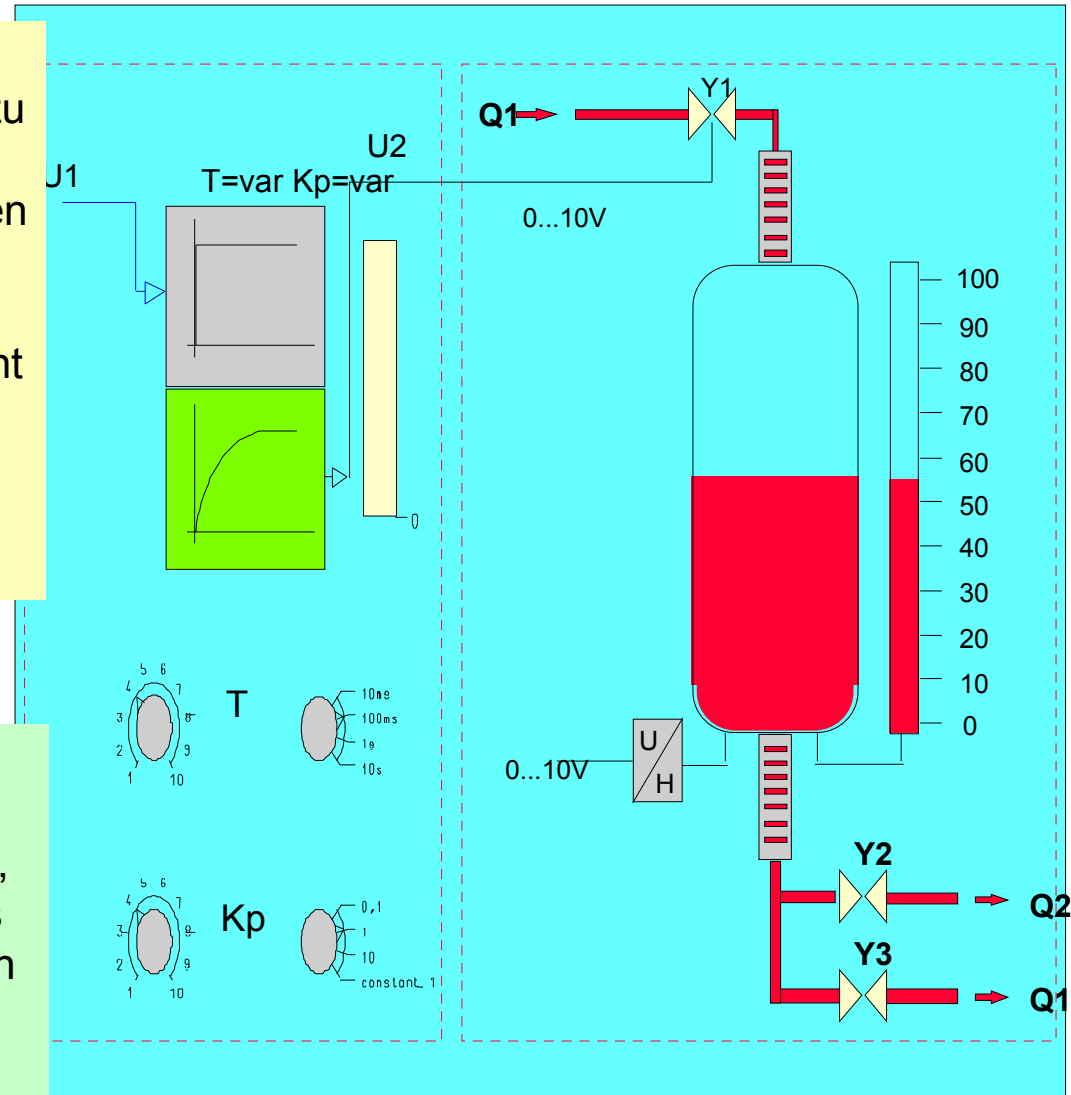
Der PI-Regler vereinigt die Eigenschaften des P-Reglers und des I-Reglers.
Für eine PT1-Strecke lassen sich mit diesem Regler optimale Regelergebnisse erzielen.

Regelungsaufgabe

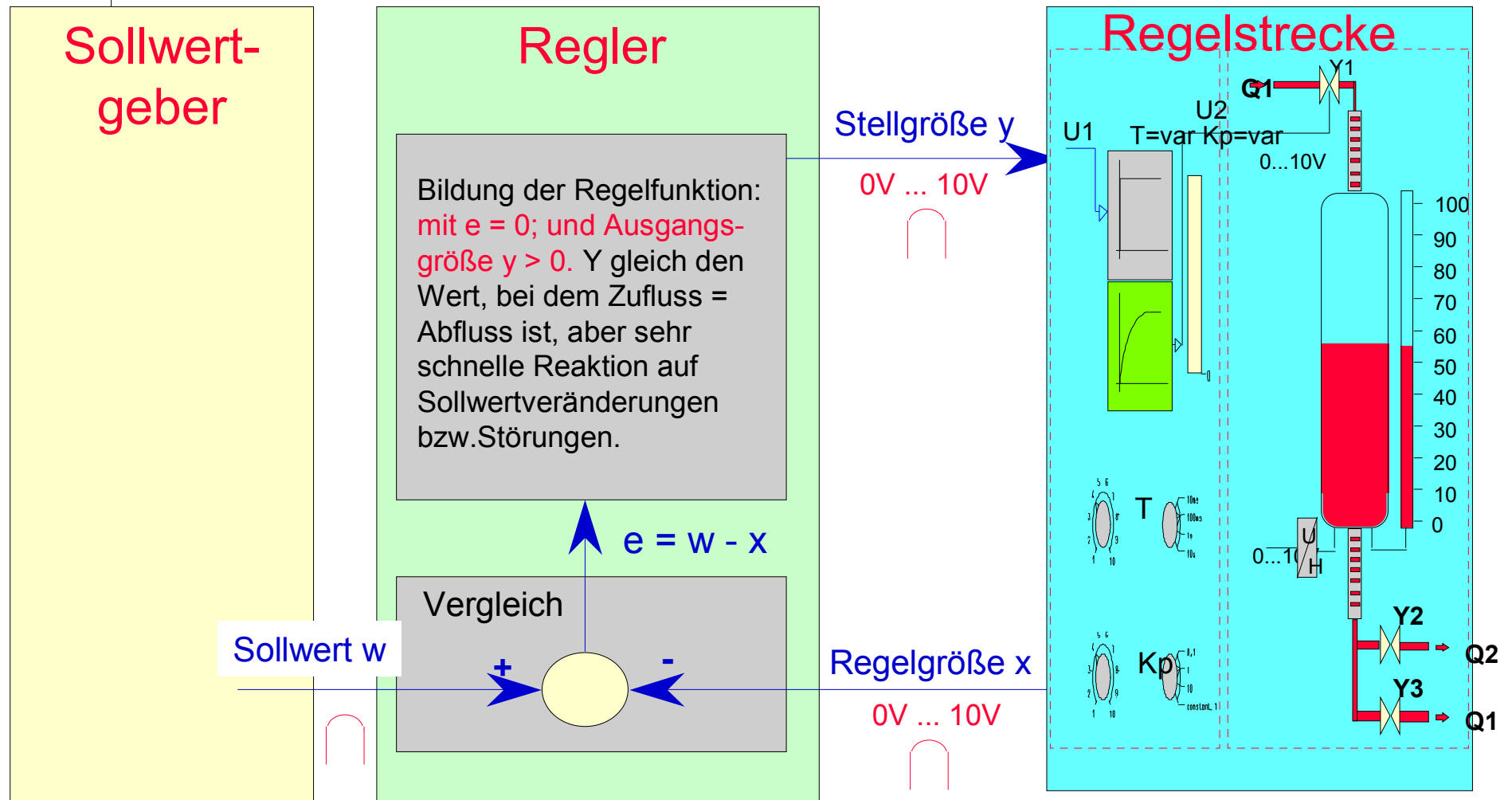
In einem Behälter ist der Füllstand auf einem vorgegebenen Niveau konstant zu halten, wobei der Einfluss nicht vorhersehbarer Störgrößen ausgeglichen werden soll.

Das Zulaufventil des Behälters folgt nicht unmittelbar der analogen Eingangsspannung, sondern verzögert.

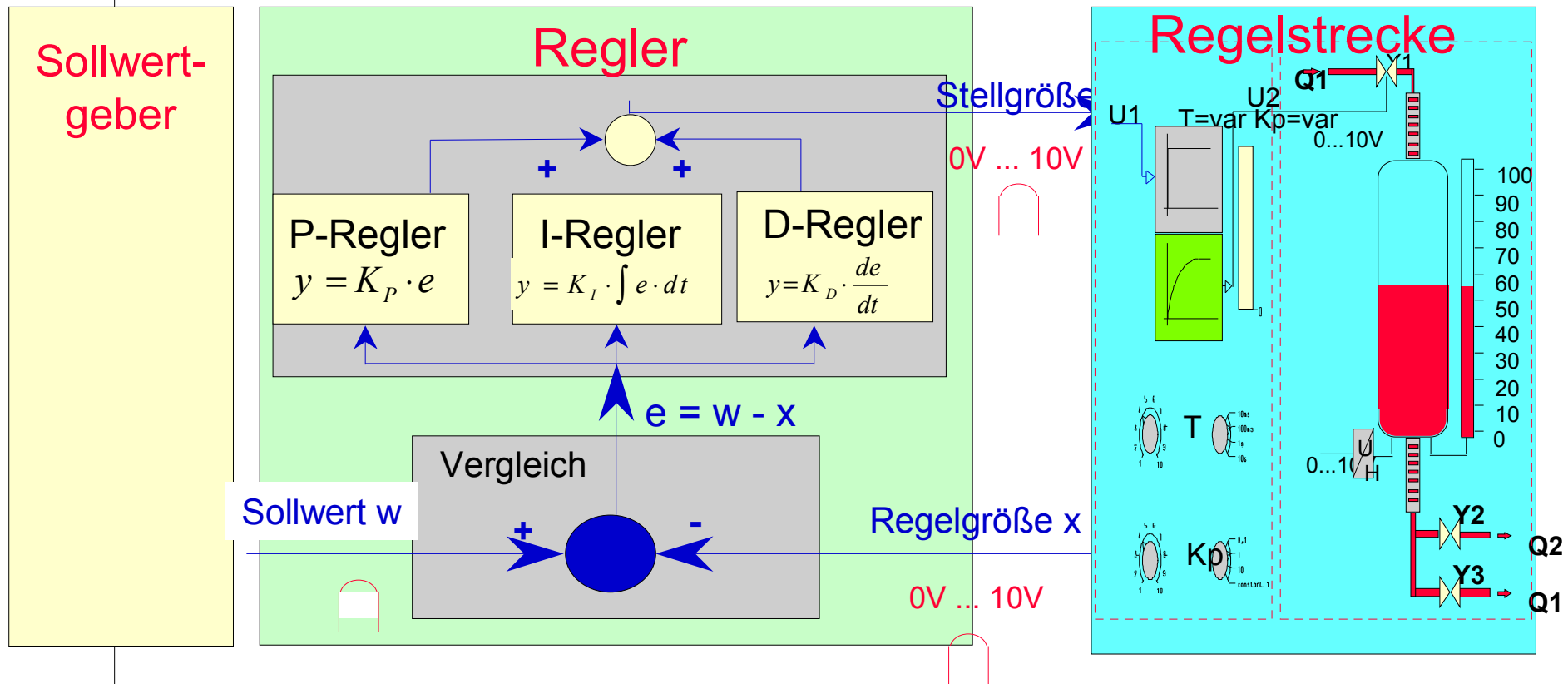
Hinweis:
Der Regler soll die Aufgabe dadurch lösen, dass er eine Stellgröße y ausgibt, die ein Magnetventil so aufsteuert, dass bei gegebenem Niveau der Zulauf gleich dem Ablauf ist.



Aufgabe des Reglers: (verbale Beschreibung)



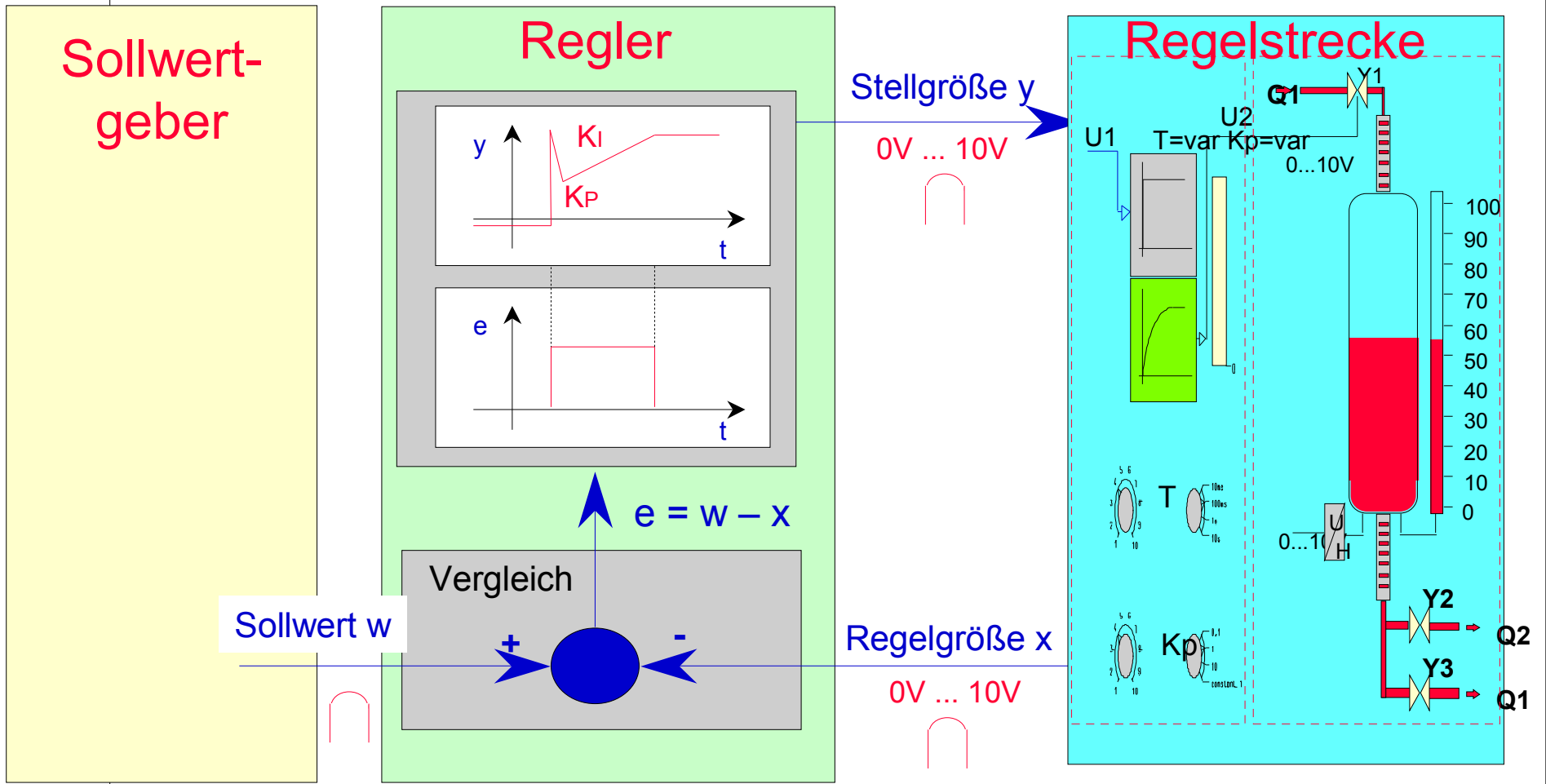
Bildung der Regelfunktion des PID-Reglers:



Hinweis:

Durch die D-Aufschaltung wird erreicht, dass bei einer schnellen Änderung der Regeldifferenz e die Stellgröße y gleich am Anfang kräftig verstellt wird.

Kennlinie des PID-Reglers:

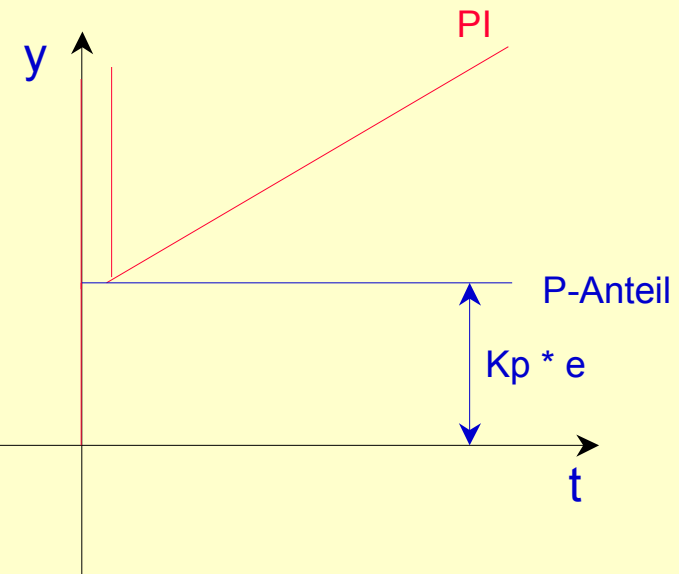


PID-Regeleinrichtung: Regelfunktion Nachstellzeit T_n und Vorhaltezeit T_v :

$$y = K_P + \frac{1}{T_I} \int e \, dt + K_D \cdot \frac{de}{dt}$$

$$y = K_P \left(1 + \frac{1}{K_P \cdot T_I} \int e \, dt + \frac{K_D}{K_P} \cdot \frac{de}{dt} \right)$$

$$y = K_P \left(1 + \frac{1}{T_n} \int e \, dt + T_v \cdot \frac{de}{dt} \right)$$



Nachstellzeit T_n :

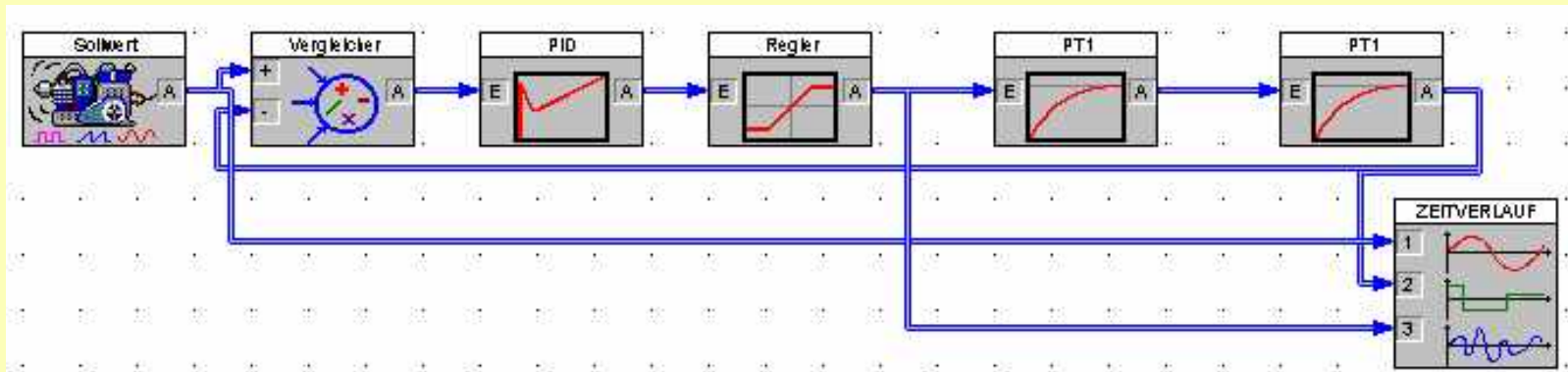
$$T_n = \frac{K_P}{K_I} = K_P \cdot T_I$$

Vorhaltezeit T_v :

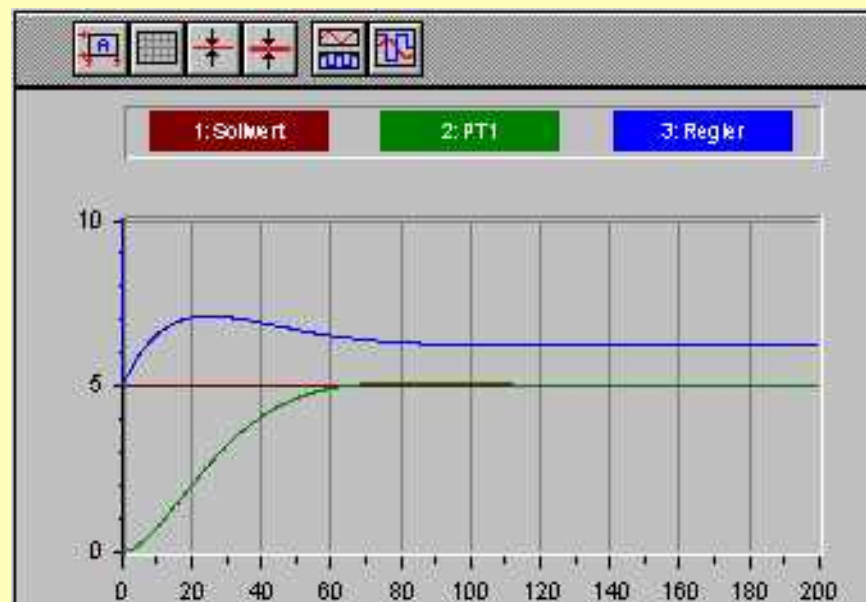
$$T_v = \frac{K_D}{K_P}$$

Simulation des Regelkreises mit BORIS

Aufbau des Signalflussplans:

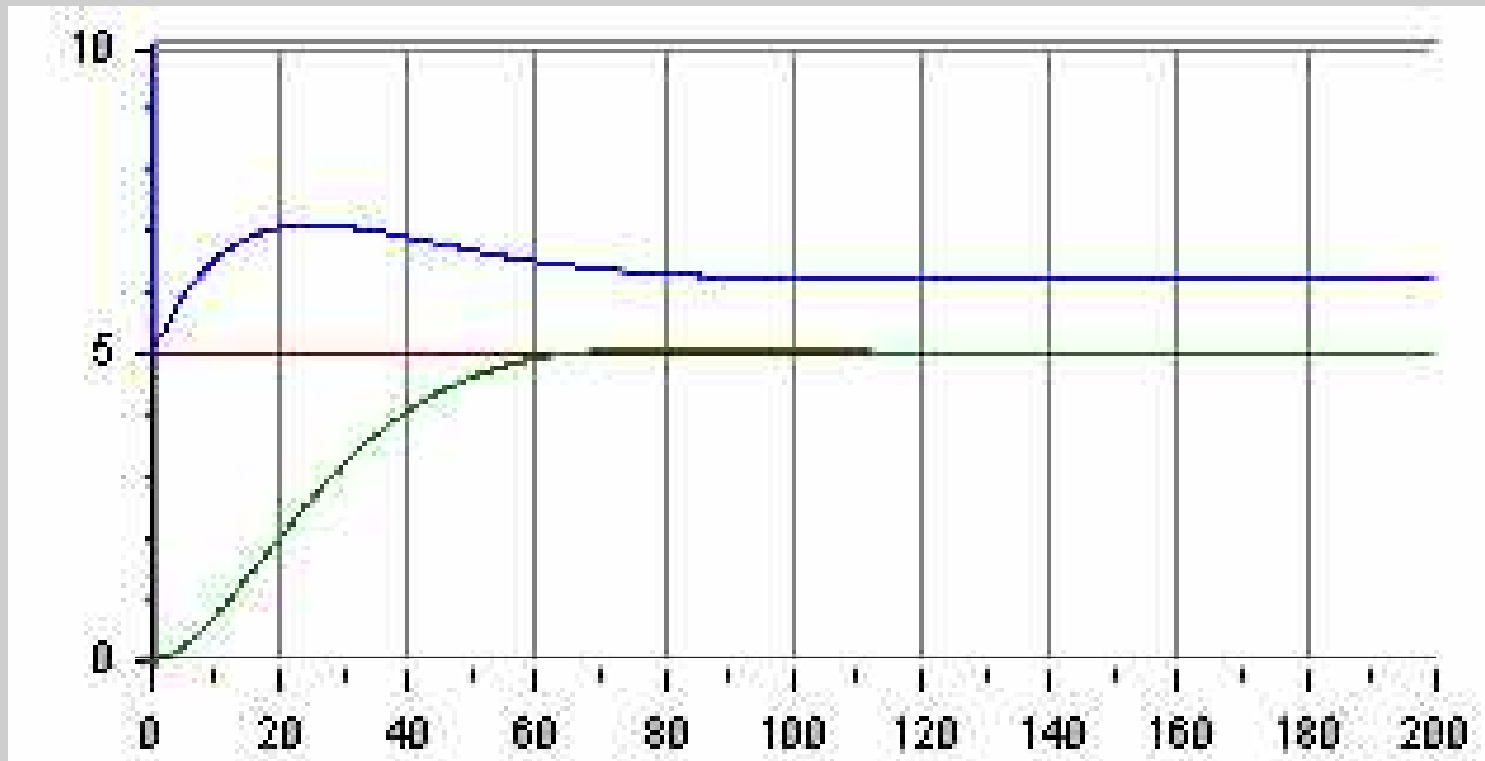


Regelerggebnis



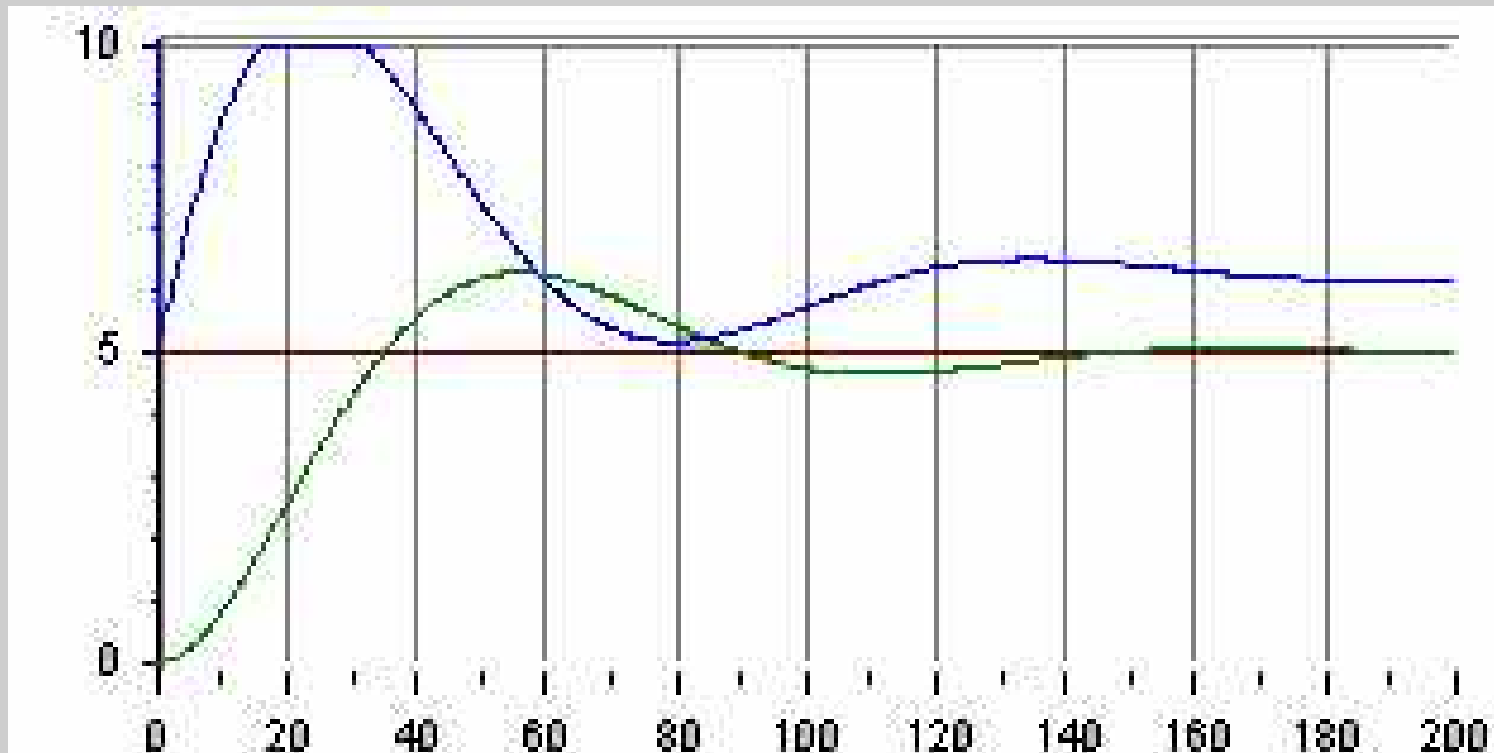
Regelerggebnis:

Sollwert $w = 5V$ $K_P = 5$
 $T_i = 20s$
 $T_v = 1s$



Regelergebnis:

Sollwert $w = 5V$ $K_P = 5$
 $T_i = 10s$
 $T_v = 1s$



Zusammenfassung PID-Regler:

Im PID-Regler sind die drei grundsätzlichen Übertragungseigenschaften - proportional, integral und differentiell zusammengefasst.

Die PID Regelfunktion zeichnet sich sowohl durch ein gutes statisches Verhalten (keine bleibende Regelabweichung) als auch durch eine gute Anpassbarkeit an die dynamischen Forderungen einer Regelstrecke aus.