

3.1 Blockschaltbild

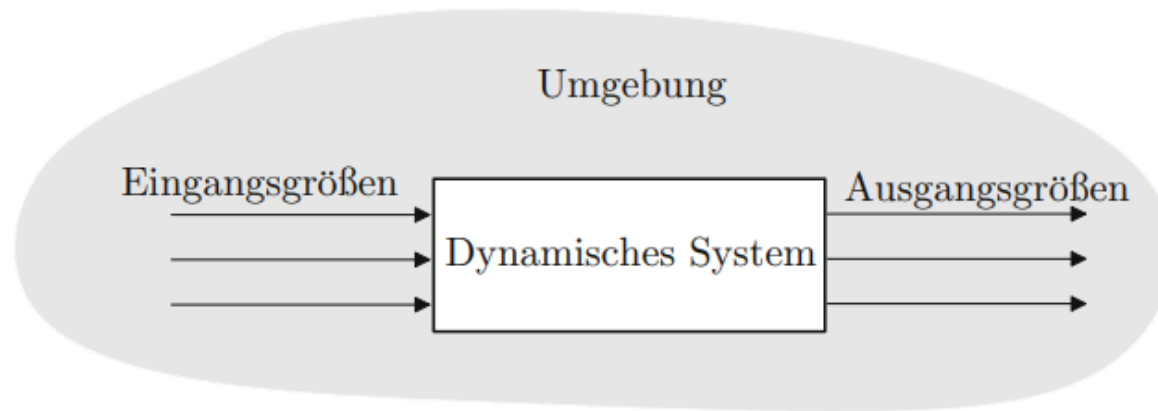


Abb. 3.1: Blockschaltbild eines Systems

- Grafische Beschreibung von Systemen in der Regelungs- und Steuerungstechnik
- Systeme werden durch Blöcke dargestellt, die durch Pfeile verbunden sind
 - z.B. Steuerungsfunktion (z.B. in Python)
 - z.B. thermodynamisches Modell eines Raums
- I.d.R. beschäftigen wir uns mit **dynamischen Systemen**
 - Die Ausgangsgröße hängt nicht nur von den Eingangsgrößen ab (vgl. Funktion)
 - sondern auch vom Systemzustand und damit inneren Zustandsgrößen (vgl. Objekt)



Dynamische Systeme

- lineare Systeme: Systemfunktion ist eine lineare Funktion
- nichtlineare Systeme: Systemfunktion ist eine nichtlineare Funktion
- zeitinvariante Systeme: Systemfunktion ist unabhängig von der Zeit
- zeitvariante Systeme: Systemfunktion ist abhängig von der Zeit

Elemente eines Blockschaltbildes

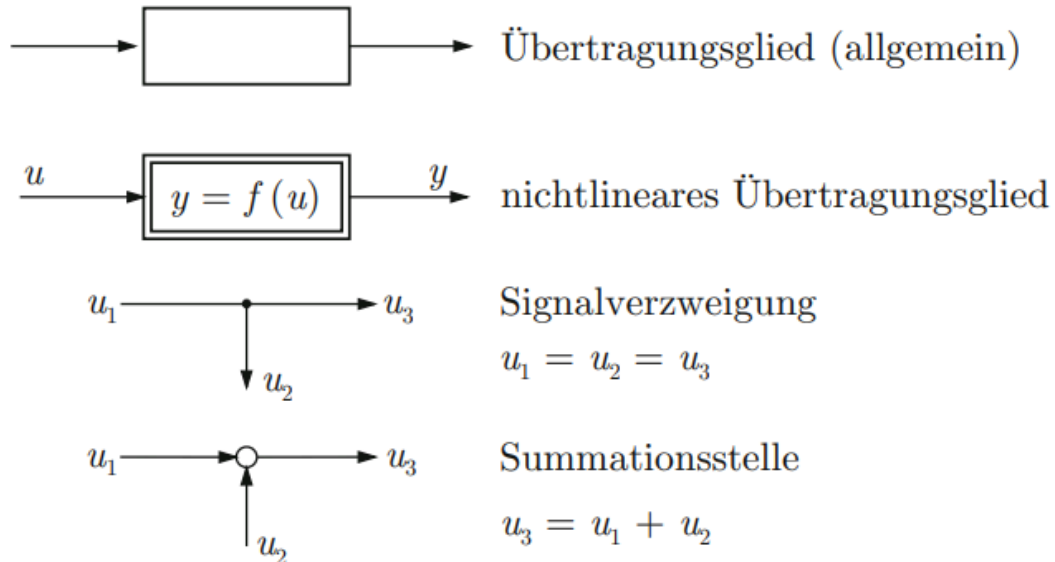
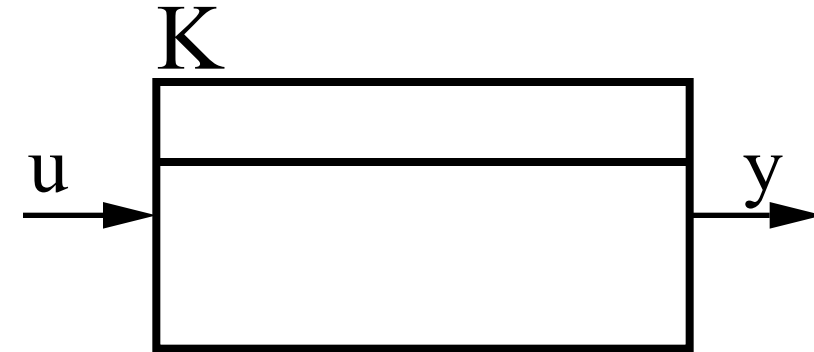


Abb. 3.2: Spezielle Symbole in Blockschaltbildern

- Übertragungsglieder beschreiben Systeme mit deren Eigenschaften / Funktionen
- Pfeile die Ein- und Ausgangsgrößen
- Komplexe Systeme können durch mehrere Systeme zusammengesetzt werden
- Systeme werden im Zeitbereich durch ihre Funktionsbeziehung zwischen Ausgang y und Eingang u unterschieden
$$f(u) = y$$

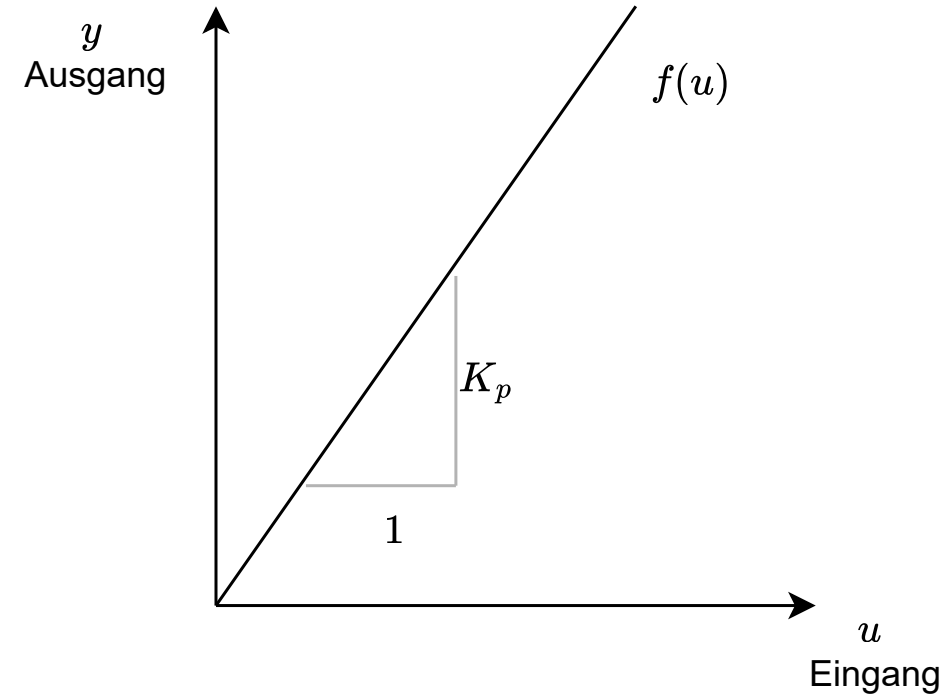
Proportionalglied (P-Glied)

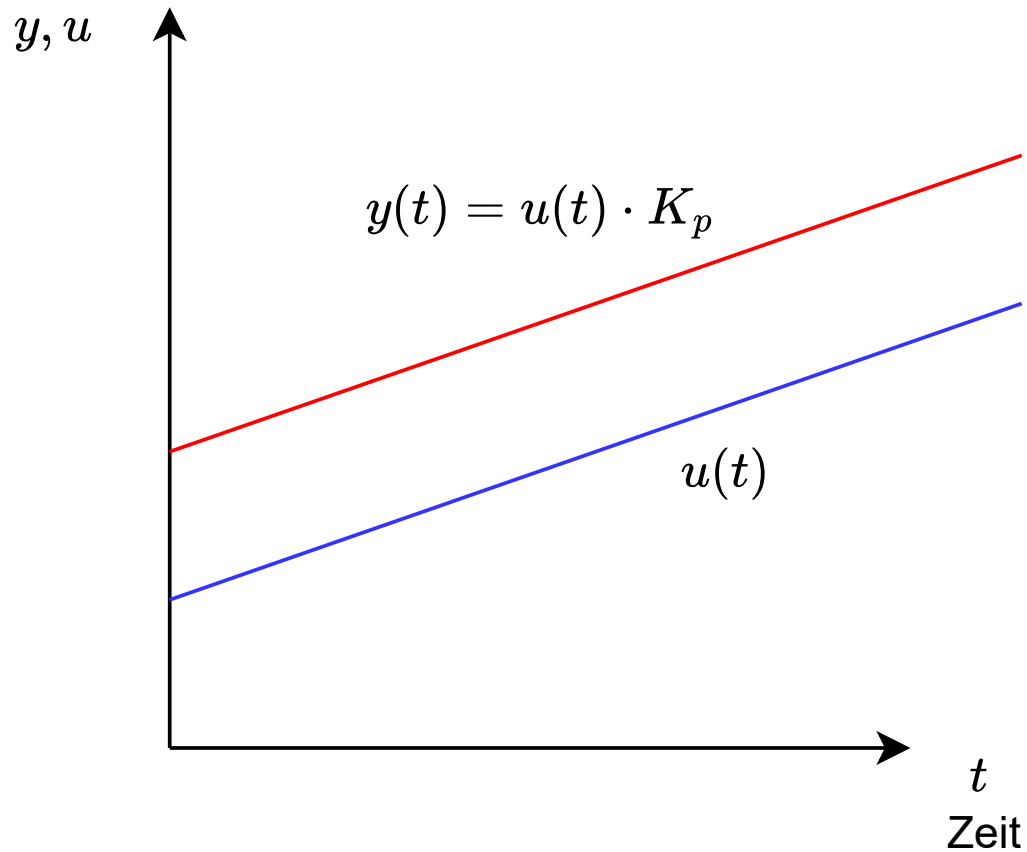
- Linear und zeitinvariant
- Beschreibt Systeme mit direktem proportionaler Systemfunktion f für den Zusammenhang zwischen Eingang (u) und Ausgang (y)
 - $y = f(u) = K_p \cdot u$
 - K_p ... Proportionalitätsfaktor



Wirkweise eines P-Glieds

- $y = f(u) = K_p \cdot u$
- Beispiel:
 - je höher die CO₂ Konzentration in einem Raum, desto schneller dreht sich ein Ventilator in einer Lüftungsanlage
 - y ... Drehfrequenz der Ventilators in Hz
 - u ... CO₂ Konzentration in ppm
 - K_p ... Proportionalitätsfaktor in $\frac{\text{Hz}}{\text{ppm}}$



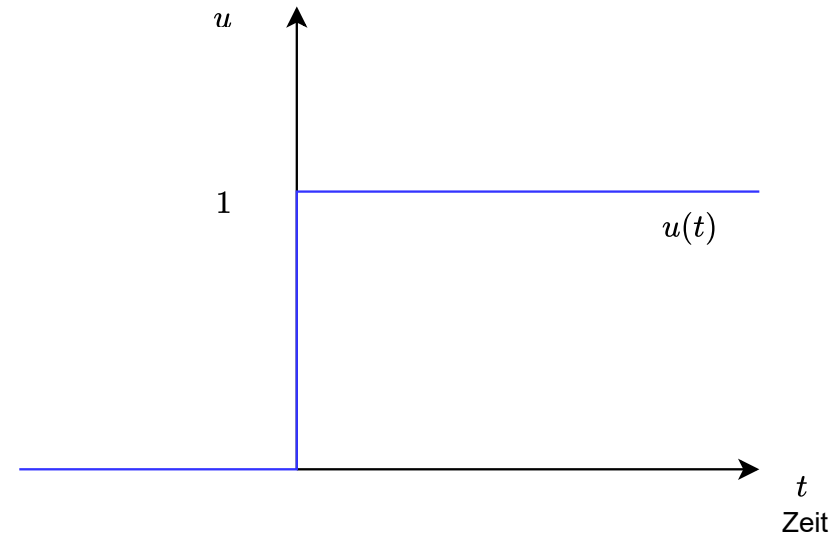


- Unabhängig vom Verlauf der Eingangsgröße $u(t)$ ist der Wert der Ausgangsgröße $y(t)$ immer proportional

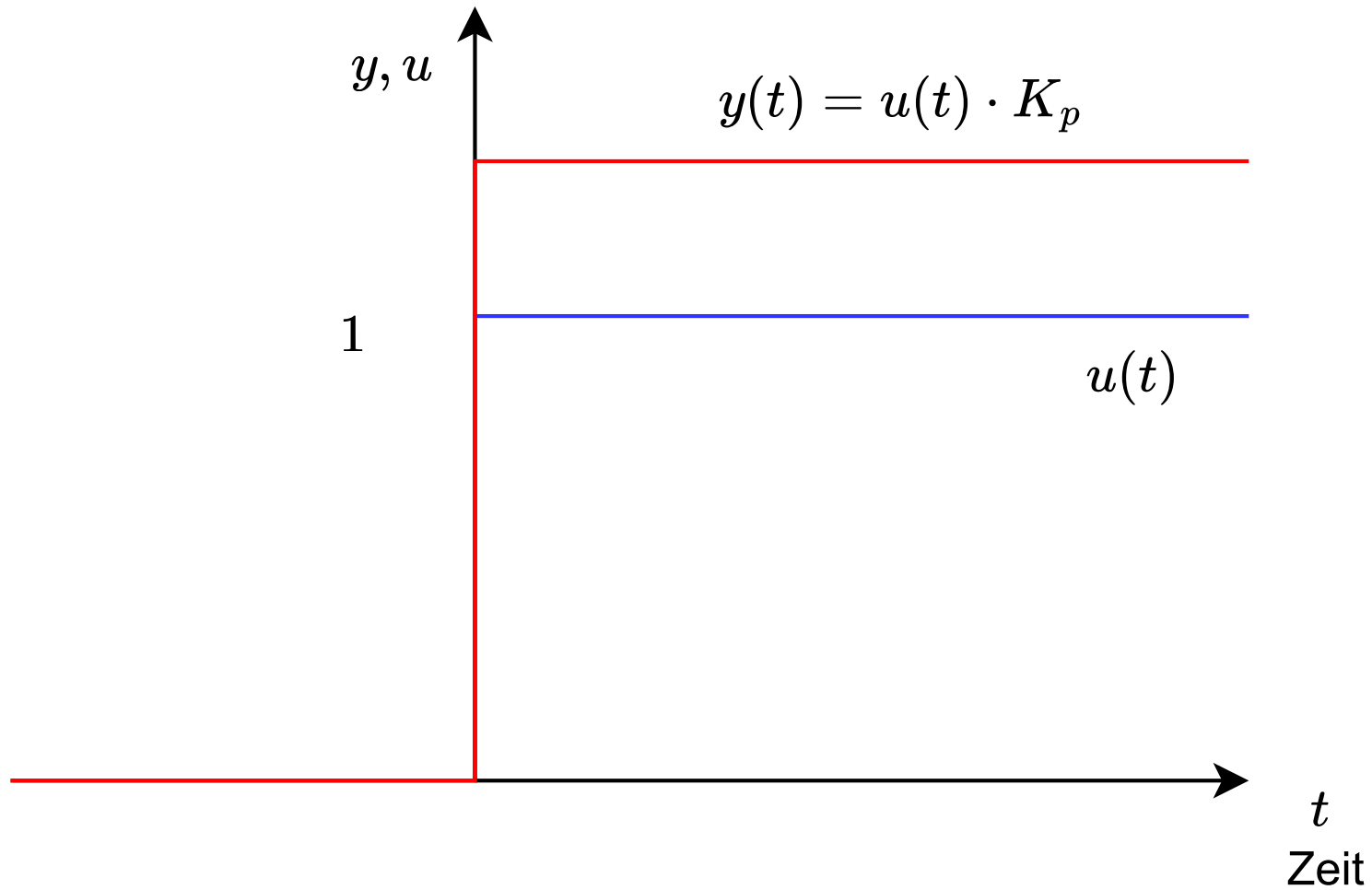


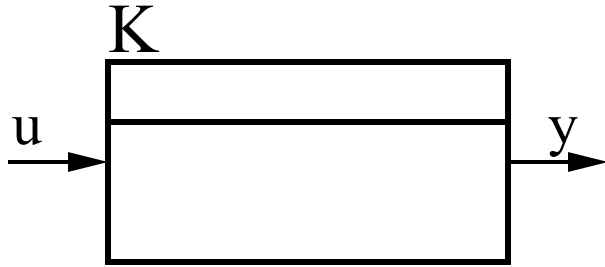
Einheits-Sprungfunktion

- Eine Funktion, die am Zeitpunkt $t = 0$ von $u = 0$ auf $u = 1$ springt und sonst konstant bleibt
- beliebtes Werkzeug in der Regelungstechnik: Wie reagiert ein System, wenn wir eine Sprungfunktion an den Eingang legen (auch in der E-Technik!)



🧠 Sprungantwort (Reaktion) eines P-Glieds auf eine Sprungfunktion



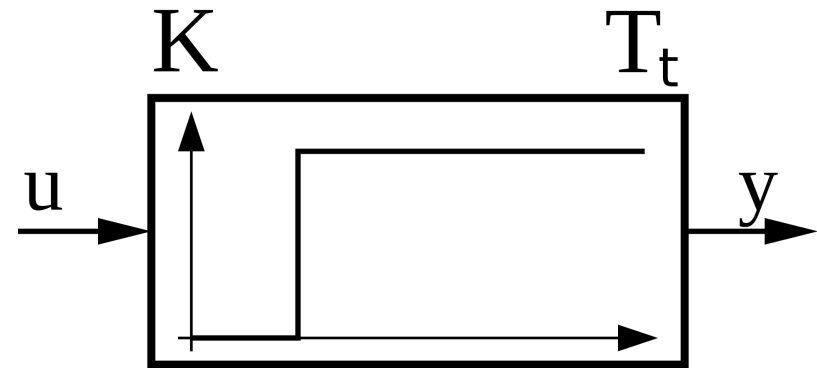


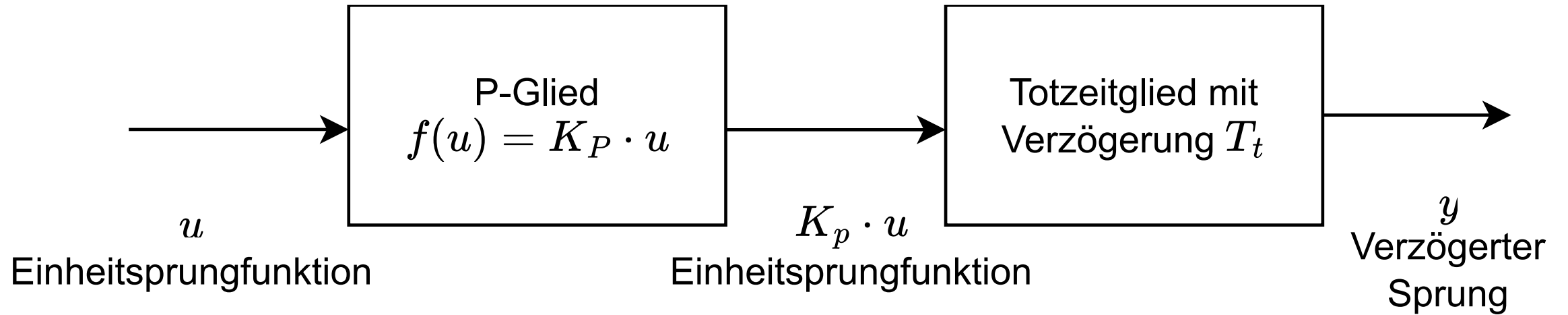
- Das Symbol repräsentiert die Sprungantwort
- weitere Beispiele:
 - Entwicklung Spannungsabfall am Ohmschen Widerstand beim Anlegen einer Quellenspannung
 - Antwort eines Helligkeitssensors auf Lichteinfall

Quelle

Totzeitglied (T-Glied)

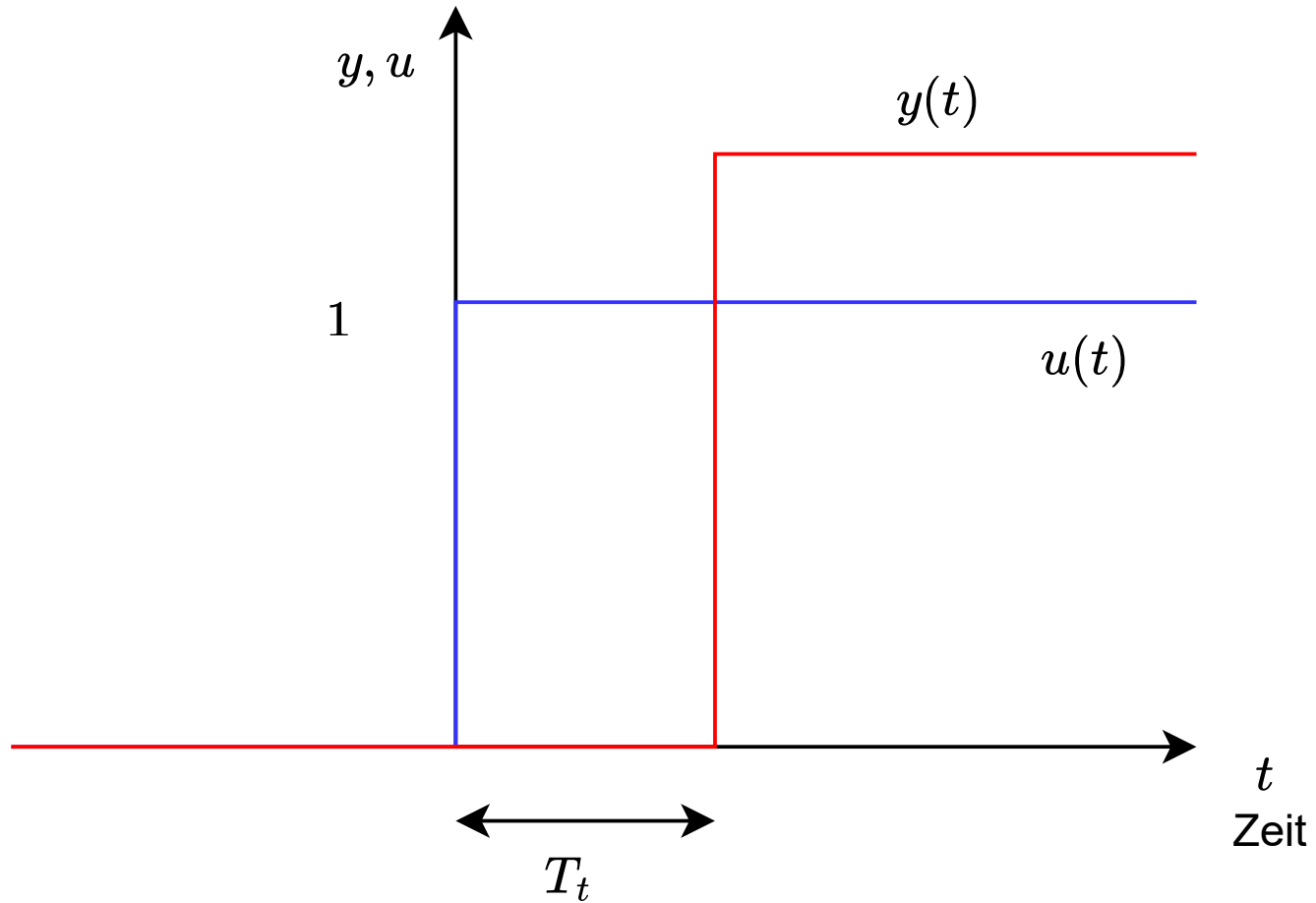
- beschreibt die zeitliche Verzögerung, bis ein System auf das Eingangssignal (z.B. der Sprungfunktion) reagiert.
- Nicht die Trägheit des Systems sondern eine Leerlaufzeit T_t .





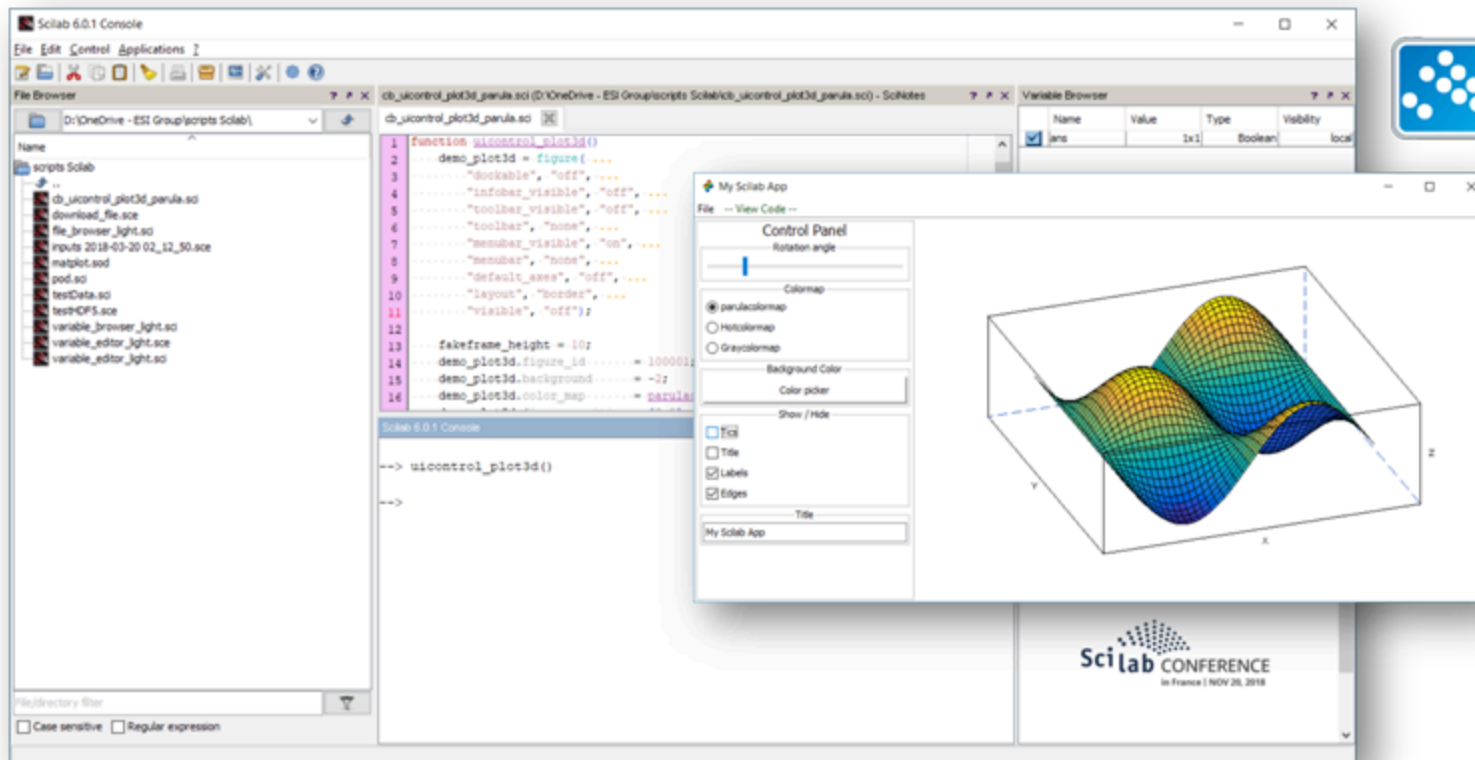


Sprungantwort eines T-Glieds auf eine Sprungfunktion



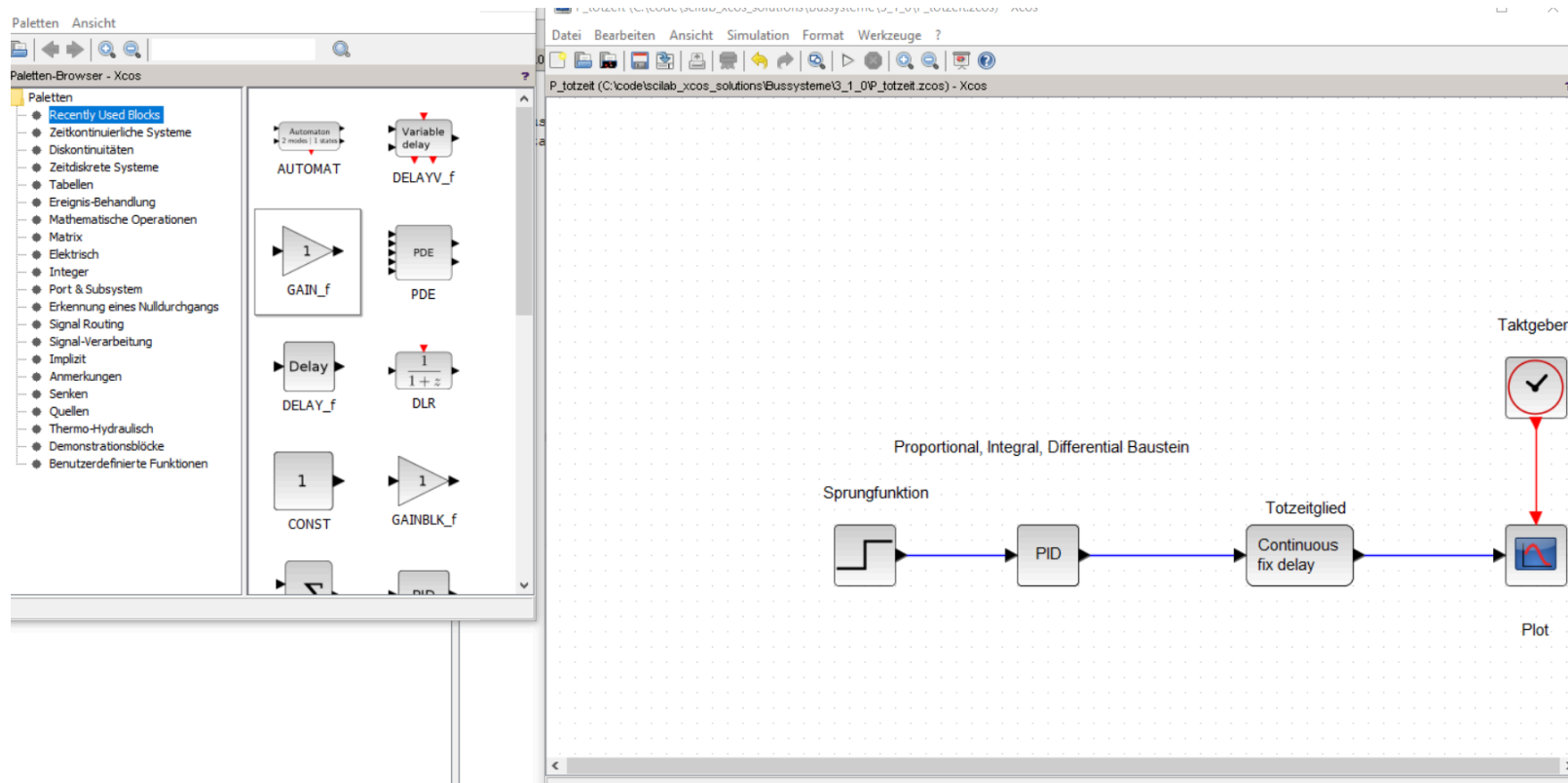
Simulation mit scilab xcos

- Installieren Sie [scilab xcos](#)
- Xcos ist ein grafischer Editor für Blockschaltbilder
- die Funktionalität entspricht in etwa matlab simulink
- allerdings ist die Software open source und kostenlos





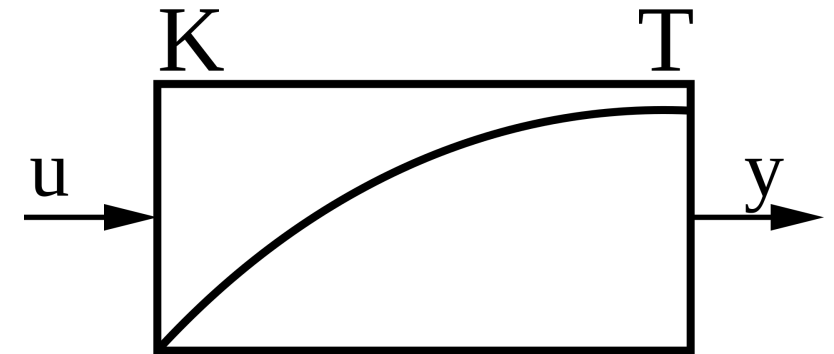
Aufgabe 3_1_0: Proportional mit Totzeitglied



- Öffnen Sie **P_totzeit.zcos** in **scilab xcos**
- Testen Sie verschiedene Werte für den P-Wert beim **PID** -Block und die Totzeit beim **Continuous fix delay** -Block
- Ersetzen Sie den **PID** -Block durch einen **GAIN_f** -Block

Proportionalglied mit Verzögerung 1. Ordnung (PT1-Glied)

- beschreibt Trägheit im System oder eine Dämpfung
- nähert sich über die Zeit einer waagrechten Linie an
 - z.B. Spannung am Kondensator
 - z.B. Temperatur im Raum nach dem Einschalten einer Fußbodenheizung
 - Beschränktes Wachstum



- Es gibt noch viele weitere typische Glieder
- Mehr dazu beim Thema stetige Regler
- aus diesen lassen sich komplexe Modelle zusammenstellen lassen (z.B. als Blockschaltbild)

Blockschaltbild einer Steuerung



- Die **Führungsgröße** ist die Größe, welche das Verhalten der Stellglieds bestimmt (→ z.B. die aktuelle Beleuchtungsstärke gemessen am Lichtsensor im Freien)
- Durch das Stellen eines **Stellglieds** (oder Stelleinrichtung bzw. Aktor) wird die Steuerstrecke beeinflusst (→ Mikrocontroller steuert Spannung an LED an oder aus basierend auf einen Schwellenwert)

Steuerung



- **Stellgröße** ist die Ausgangsgröße des Stellglieds (→ Spannung an der LED)
- **Steuerstrecke** ist das System, das durch die Stellgröße und Störgrößen beeinflusst wird (→ Helligkeit im Raum)
- Auf die Steuerstrecke wirken neben der Stellgröße aus **Störgrößen** (→ Lichteinfall von Außen, weitere nicht gesteuerte Lichtquellen im Raum)

Quelle

Stellglied

- ist nun kein standardisiertes Glied, sondern hat eine spezielle Funktion die sich aus Hard- und Software ergibt
- diese beinhaltet Steuerungslogik
- und physikalische Umsetzung
- zeitliche Reaktion meist nicht unmittelbar, sondern verzögert (z.B. Rechenzeit als Totzeit)

```
def l_set(p_act, h_room, PAR_SETPT, l_man):  
    return (p_act and h_room < PAR_SETPT) or l_man
```

Steuerstrecke

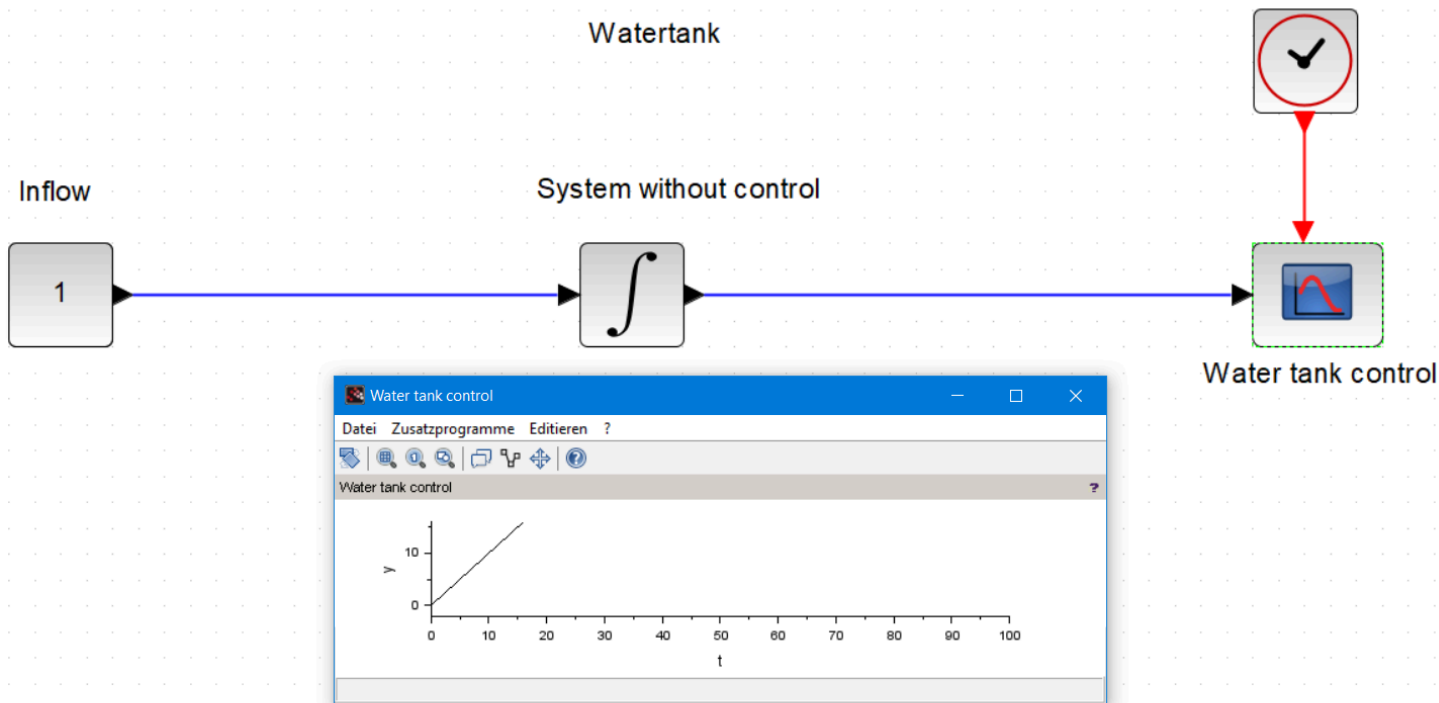
- beschreibt die echte Welt
- häufig in vereinfachten Modellen
- zeitliche Reaktion meist nicht unmittelbar (z.B. PT1-Glied)

```
def beleuchtungsstraerke_raum_lux(lichtabgabe_led, lichteinfall_aussen, wand_farbe):  
    # Größe des Raumes  
    # Größe der Fenster  
    # Reflexion der Wände  
    <...>  
    return beleuchtungsstraerke_raum_lux
```

```
def raumtemperatur(heizleistung_in_w, aussen_temp_in_c):  
    # Temperatur im Zeitpunkt zuvor  
    # Trägheit der Temperaturänderung  
    # Größe des Raumes  
    # Isolation der Raumes  
    <...>  
    return raum_temp_in_c
```

👉 Aufgabe 3_1_1: Wassertank ohne Steuerung

- Bauen Sie das folgende Modell aus `CONST`, `INTEGRAL_m`, `CSCOPE` und `CLOCK_c` nach
- Modellieren Sie einen 100 l fassenden Wassertank, der zu Beginn mit 10 l gefüllt ist und in den 5 l pro Minute einfließen



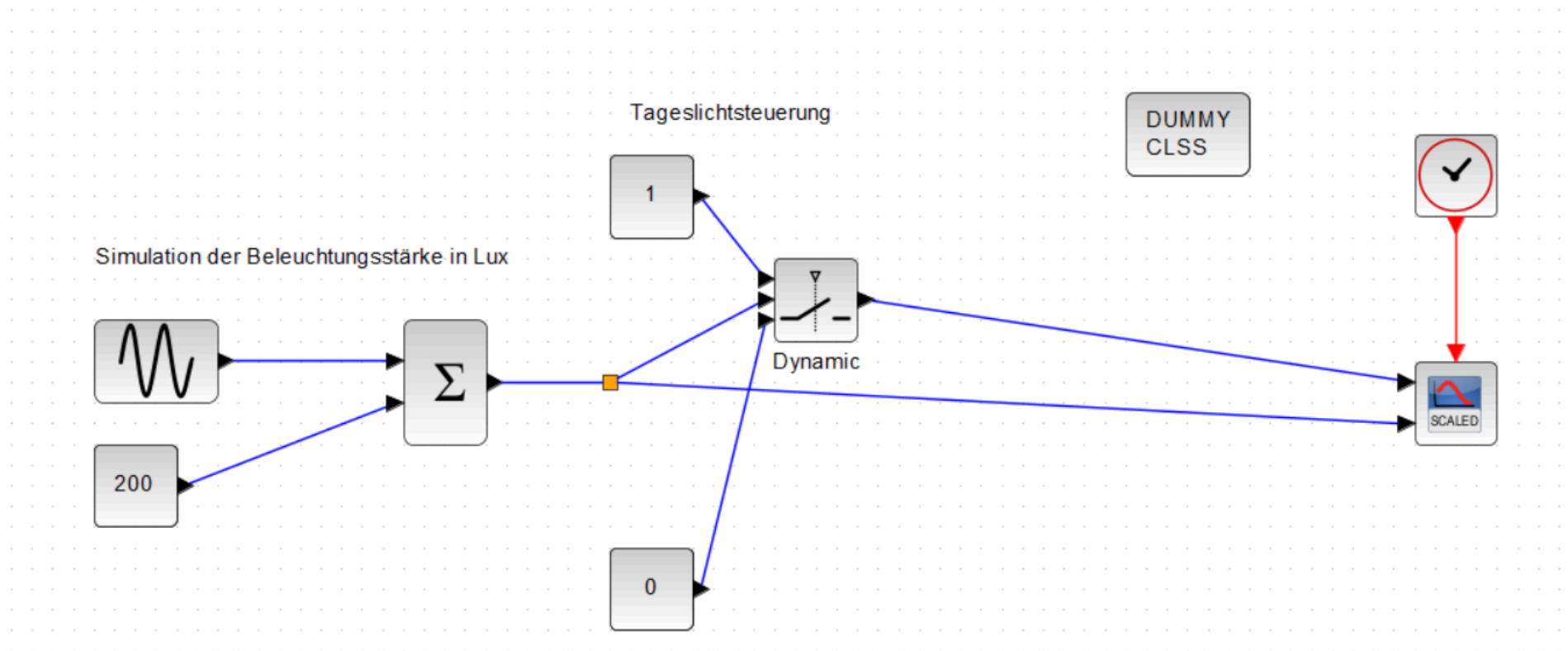
✓ Lösung

??? optional-class "💡 anzeigen"

[Link](#)

👉 Aufgabe 3_1_2: Einfache Tageslichtschaltung

- passen Sie den Threshold in **Dynamic** in [3_1_2_Tageslichtschaltung.zcos](#) so an, dass die LED bei einer Helligkeit von 220 Lux angeht



✓ Lösung

??? optional-class "💡 anzeigen"

[Link](#)

Zwei-Punkt Regelung

- Vorteile
 - einfach zu verstehen
 - und zu implementieren

```
regelabweichung = soll_lux - ist_lux

zweipunkt_regler(regelabweichung):
    if regelabweichung > 0:
        licht = True
    else:
        licht = False
    return licht
```

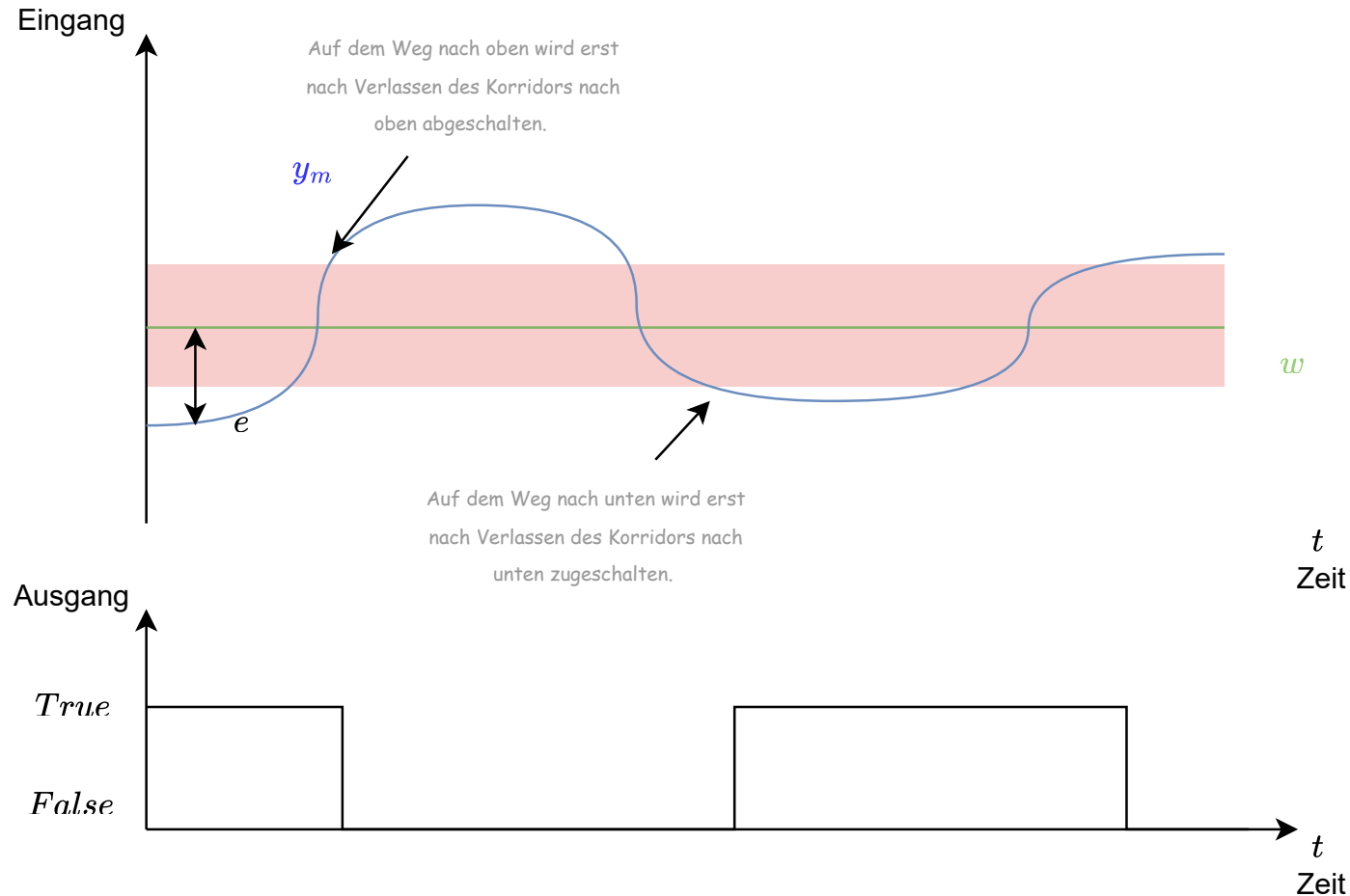
[Quelle](Vorsicht: Wir greifen hier zum Thema Regelung vor, setzen den Regler aber in einer Steuerung ohne Regelkreis ein!)

Probleme Zwei-Punkt Regelung

- Nachteile bei zeitlich wenig trägen Systemen
 - Regler schaltet ständig zwischen den Ausgangswerten
 - kritisch insbesondere bei mechanische Belastung
 - z.B. Motor wird ständig an und aus geschaltet

Hysteresis

- bewirkt eine Schalttoleranz ober- und unterhalb des Sollwerts



```
def zweipunkt_hysterese(ist_lux, on_level, off_level, letzter_zustand):
    if ist_lux > off_level:
        licht = False
    elif ist_lux < on_level:
        licht = True
    else:
        licht = letzter_zustand

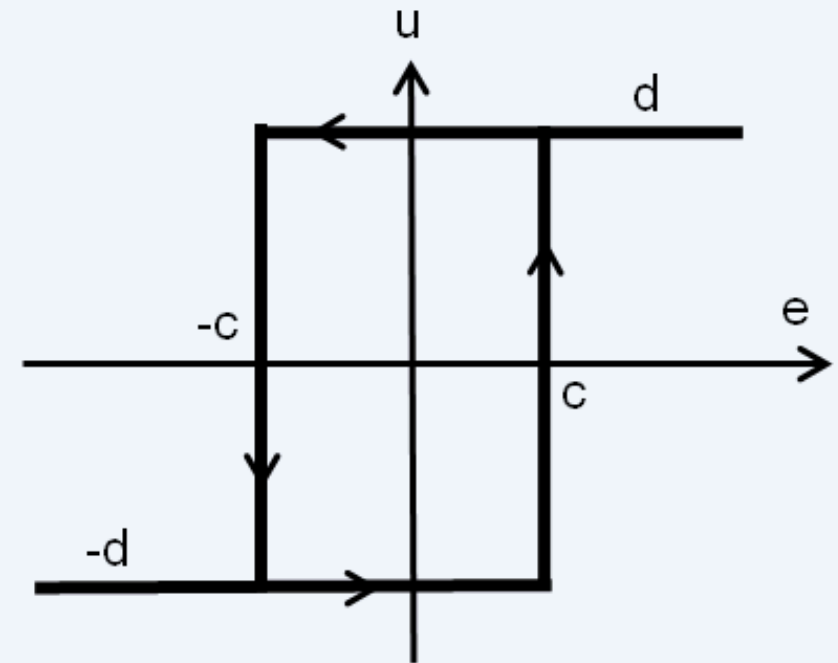
    return licht
```

```
class zweipunkt_hysterese():

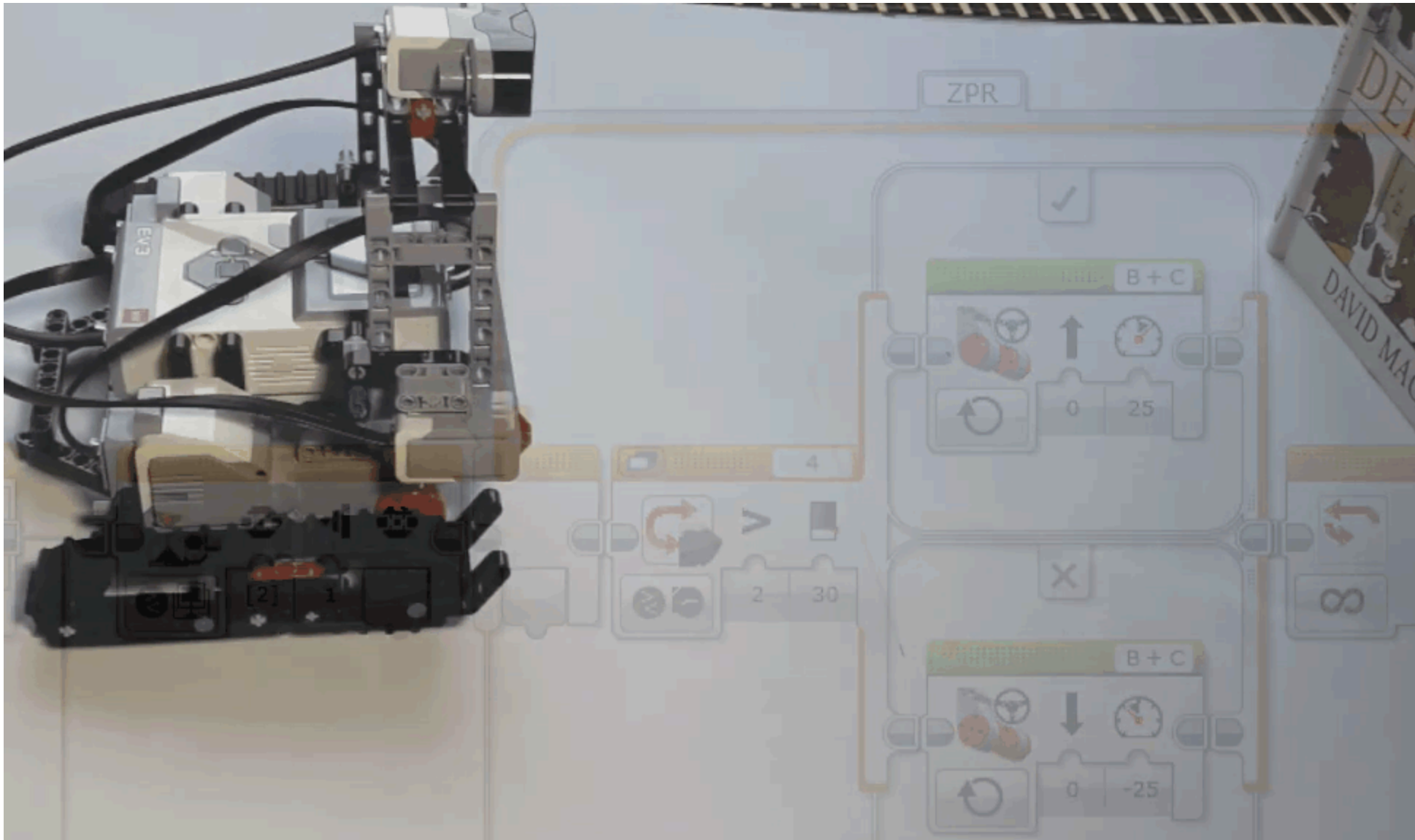
    def __init__(self, on_level, off_level):
        self.on_level = on_level
        self.off_level = off_level
        self.letzter_zustand = False

    def calc_output(self, ist_lux):
        if ist_lux > self.off_level:
            self.letzter_zustand = False
        elif ist_lux < self.on_level:
            self.letzter_zustand = True
        return self.letzter_zustand
```

Quelle



Zweipunkt-Kennlinie
mit Hysterese



Quelle

Julian Huber - Bussysteme

Drei-Punkt Regelung

- vermeidet ständiges Umschalten
- sinnvoll bei Neutralstellung z.B. Motoren

```
drei_punkt_regler(abstand):
```

```
    if abstand > 6:
```

```
        fahre = "vorwärts"
```

```
    elif abstand < 4:
```

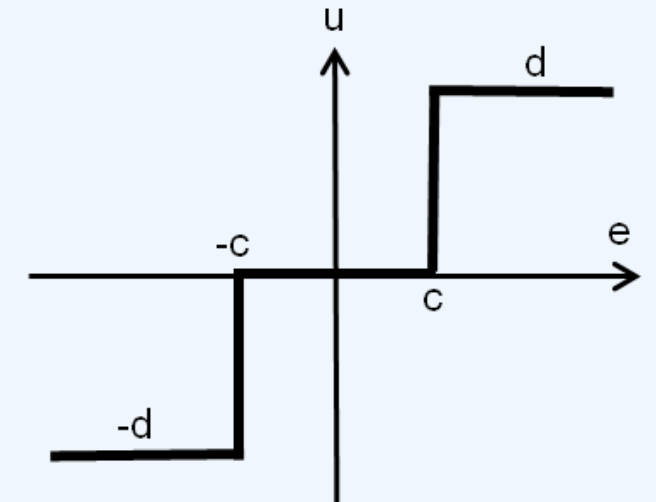
```
        fahre = "rückwärts"
```

```
    else:
```

```
        fahre = "nicht"
```

```
    return fahre
```

```
bewegung = drei_punkt_regler(abstand)
```

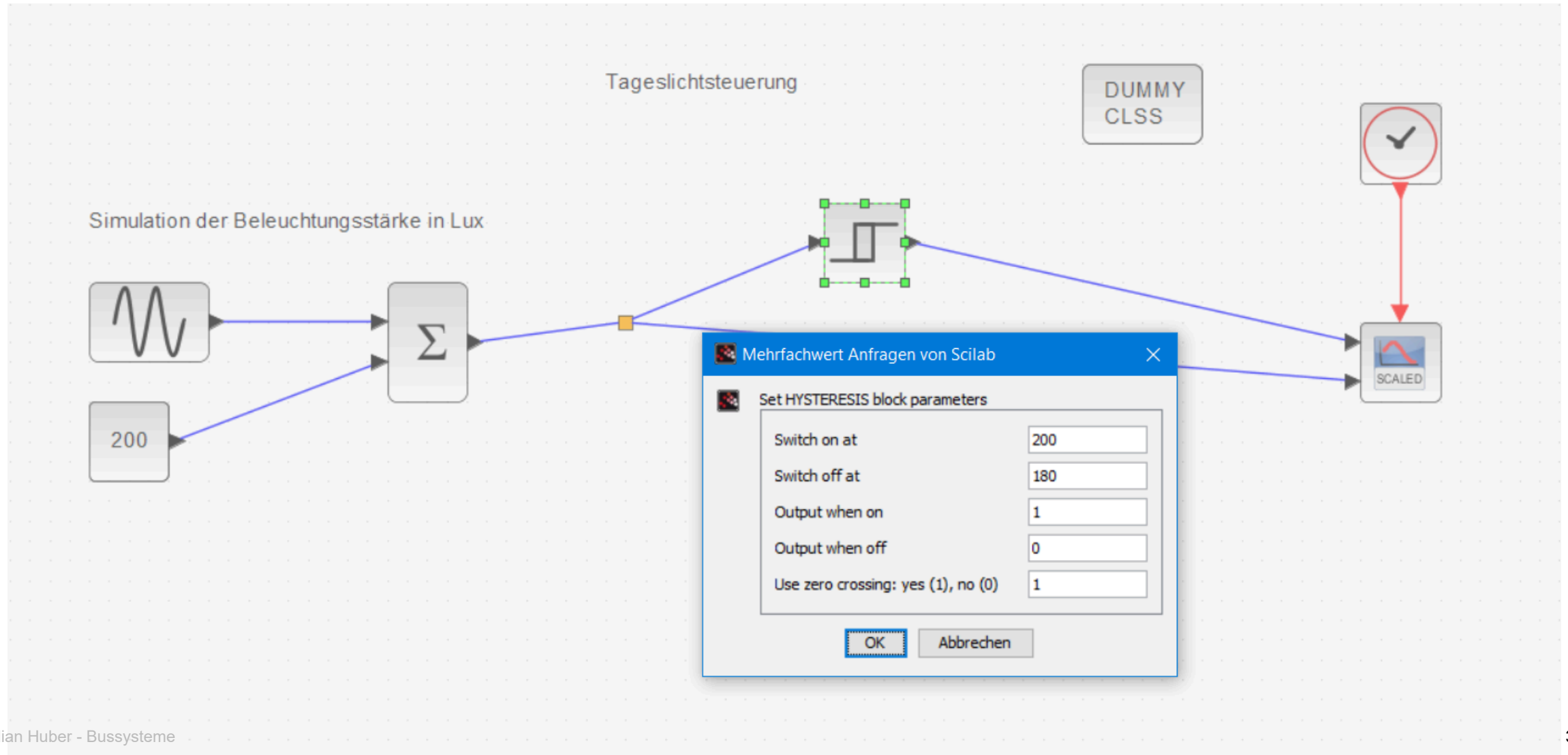


Dreipunkt-Kennlinie



Aufgabe 3_1_3: Einfache Tageslichtschaltung

- Ersetzen Sie den Schalter **Dynamic** mit einem Hystereseschalter **HYSTERESIS**



✓ Lösung

??? optional-class "💡 anzeigen"

[Link](#)