Modellbildung und Simulation

Einführung in Simulink

Department of Mechanical Engineering, Institute of Engineering Mechanics - Dynamics/Mechatronics

Einführung

1.Start von Simulink: In Matlab (command-window): `simulink` ↵

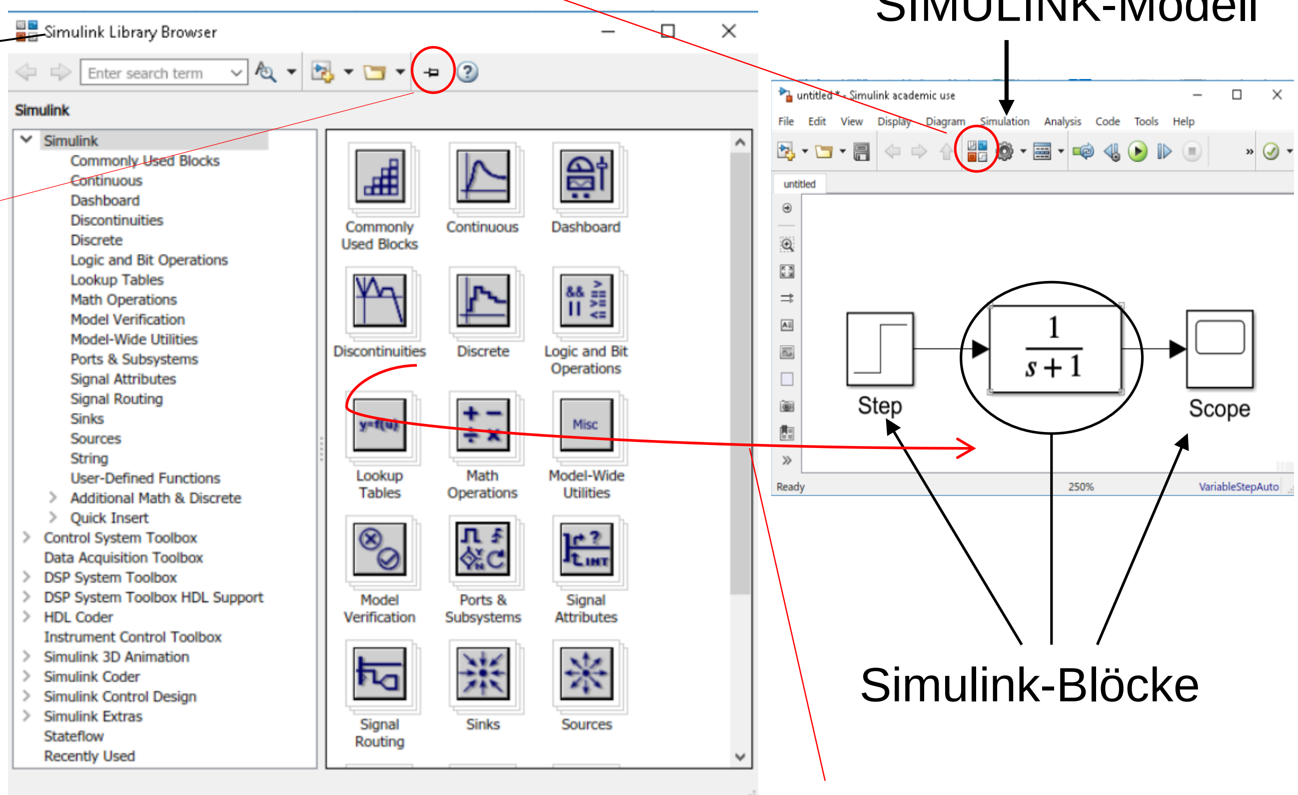
2.Neues Simulinkmodell: In Simulink Start Page: Blank Model

3.Library Browser: Icon

‚library browser‘
Block-Bibiliothek

‚stay on top‘
stets vor allen Fenstern

SIMULINK-Modell



Simulink-Blöcke

“drag and drop”

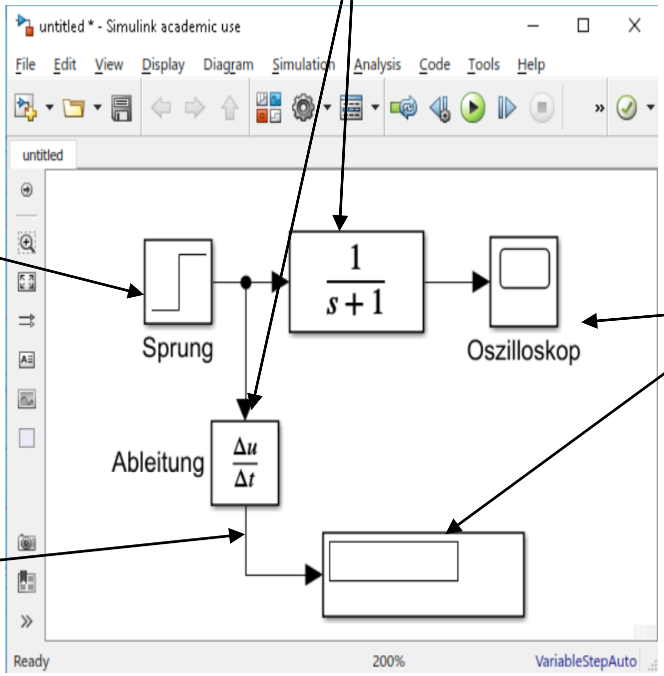
Einführung

Idee / Struktur

dynamische Systeme werden aus <u>Blöcken</u> aufgebaut, die <u>verschaltet</u> werden:

Funktionsblöcke:
Übertragungsfunktionen, *MATLAB*-Funktionen, Ableitungen, usw.

Signalquellen (‚*source*'): Sweep, Rauschen, usw.



Signalsenken (‚*sink*'): Oszilloskop, Anzeige, FFT, usw.

Signal (skalar, vektoriell; integer, real, usw.)

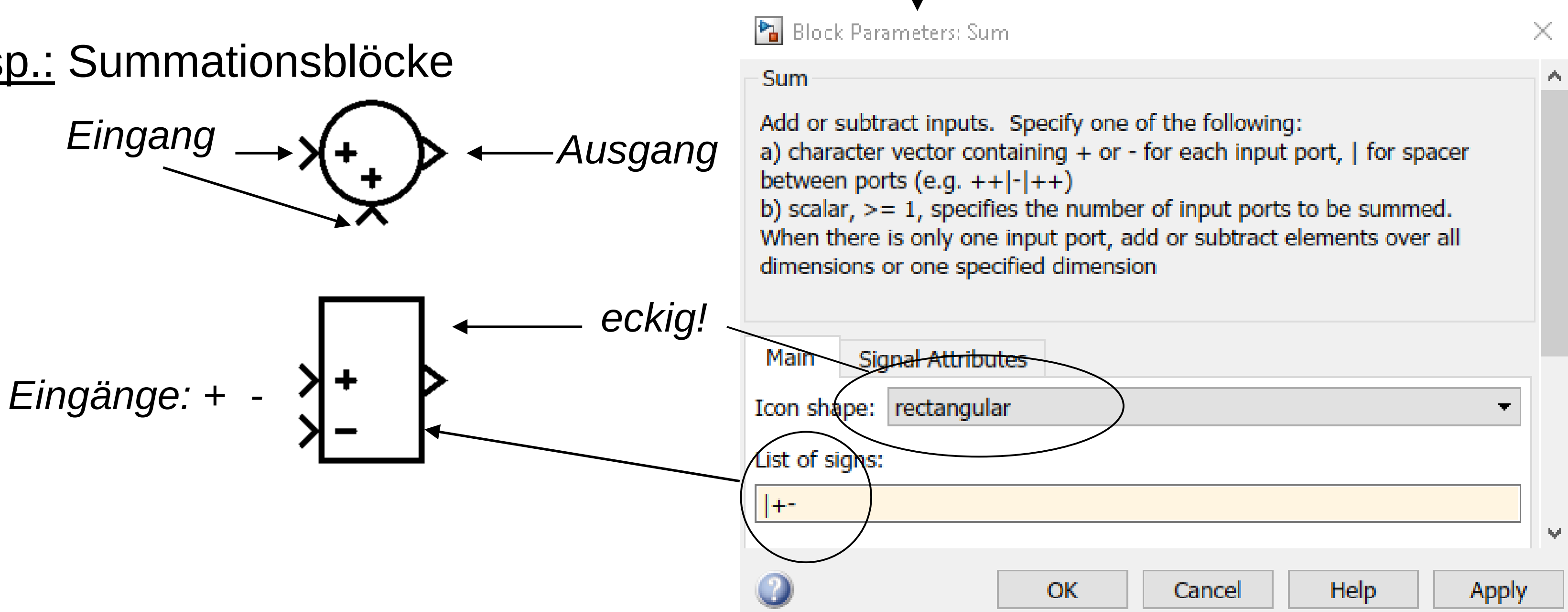
Modelle als Blockschaltbild!

Simulink rechnet im Zeit- und <u>nicht</u> im Bildbereich

Einführung

- per *‚drag & drop‘* (Linksklick, halten & ziehen, loslassen) aus *‚Simulink Library Browser‘* in das *‚Model‘* - Fenster ziehen
- können gedreht, vergrößert, eingefärbt, … werden (Format)
- können zu neuen Blöcken zusammengefasst werden (Subsysteme)
- besitzen i.d.R. Eingang, Ausgang und Parameter (Doppelklick!)

Bsp.: Summationsblöcke



Einführung

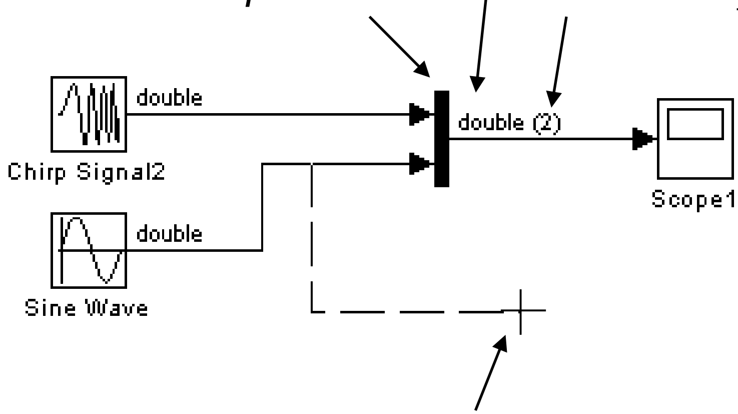
- verbinden Blöcke
- einfach vom Ausgang zum Eingang des Zielblockes „zeichnen“
- Abzweigungen: Abzweigungsstelle, rechte Maustaste drücken und halten, zum Eingang des Zielblockes „zeichnen“
- Verschieben der Signallinien: linke Maustaste drücken und halten und Linien in gewünschte Position ziehen

‚MUX‘ =Multiplexer

Datentyp & Dimension

|*Format*| → |*Port/Signal Displays*| → |*Port Data Types*|

|*Format*| → |*Port/Signal Displays*| → |*Signal Dimensions*|



Abzweigung zeichnen

Einführung

- **Sources:** Signalquellen, Einlesen von Dateien, Workspace-Input, Uhren, Konstanten
- **Sinks:** Ausgabe von Variablen in Dateien oder Workspace, Grafikausgabe
- **Continuous:** Integration und Ableitung, Übertragungsfunktionen, linearer Zustandsraum
- **Math Operations:** Summe, Produkt, Multiplikation, mathematische Funktionen, log. Operationen
- **User-Def. Functions**: Matlab-Funktion, Simulink-Funktionen
- **Signal Routing:** Signalein- und ausgänge, Multiplexer, Datenübertragung

Differentialgleichungen

- **Gleichung umformen:**

1.	DGL:	$\boxed{m\ddot{x}+d\dot{x}+cx=f}$
2.	Auflösen nach der höchsten Ableitung:	$\ddot{x}=\frac{1}{m}f-\frac{d}{m}\dot{x}-\frac{c}{m}x$
3.	hier DGL 2. Ordnung: d.h. 2 Integrationen notwendig:	$\ddot{x}\rightarrow\dot{x}\rightarrow x$

- **Optional:** Konstanten in Matlab definieren bzw. in .m-File schreiben und in Matlab ausführen

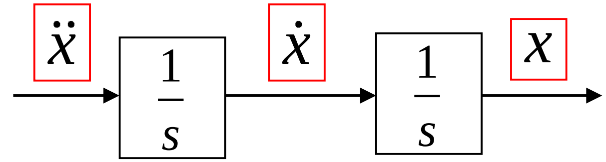
- **Matlab-Code**:

```
clear; clc;
m = 3; d = 2; c = 10;
f = 20;
```

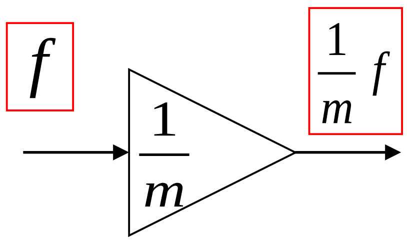
Differentialgleichungen

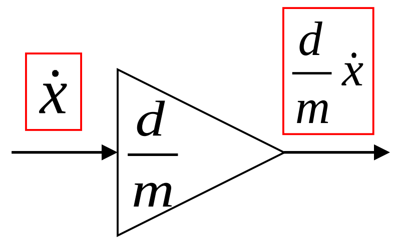
DGL: $$\ddot{x} = \frac{1}{m} f - \frac{d}{m} \dot{x} - \frac{c}{m} x$$

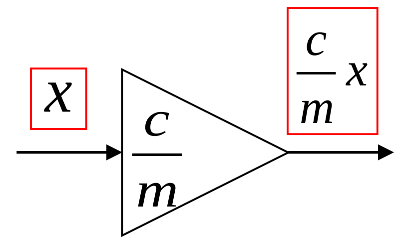
1. Integration: $\ddot{x} \rightarrow \dot{x} \rightarrow x$



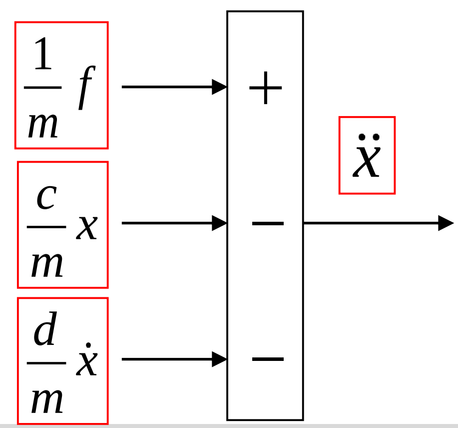
2. Verstärkung:







3. Summation: $$\ddot{x} = \boxed{\frac{1}{m} f} - \boxed{\frac{d}{m} \dot{x}} - \boxed{\frac{c}{m} x}$$

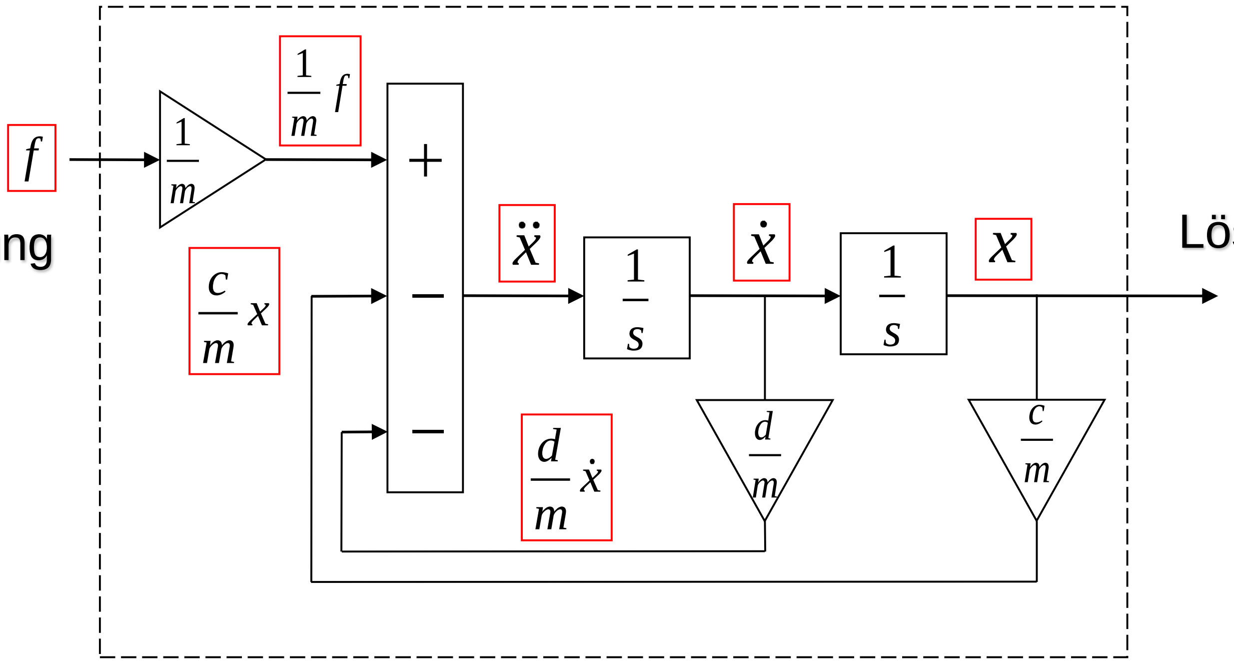


Differentialgleichungen

- **Simulinkmodell:**

4. Modell:

Anregung



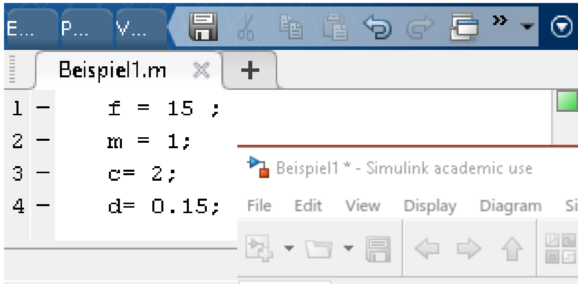
Lösung

x

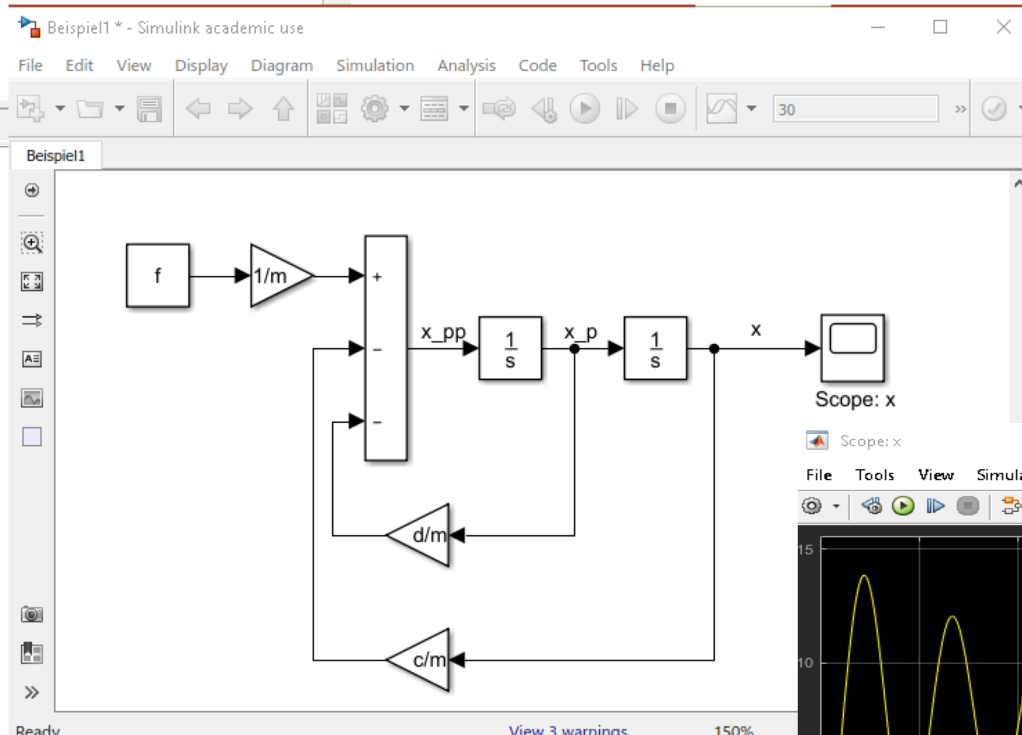
$$\boxed{f = m\ddot{x} + d\dot{x} + cx}$$

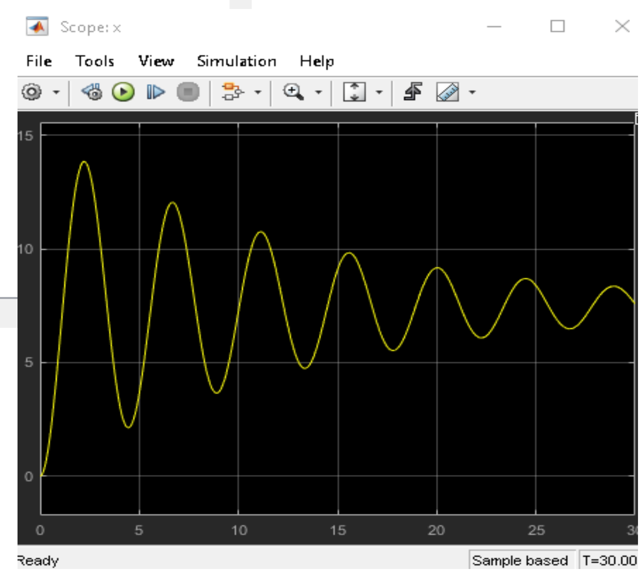
Differentialgleichungen

1. Konstanten (Editor) (Optional)



2. Modell (Simulink)





3. Ergebnis (Simulink-Scope)

Differentialgleichungssysteme

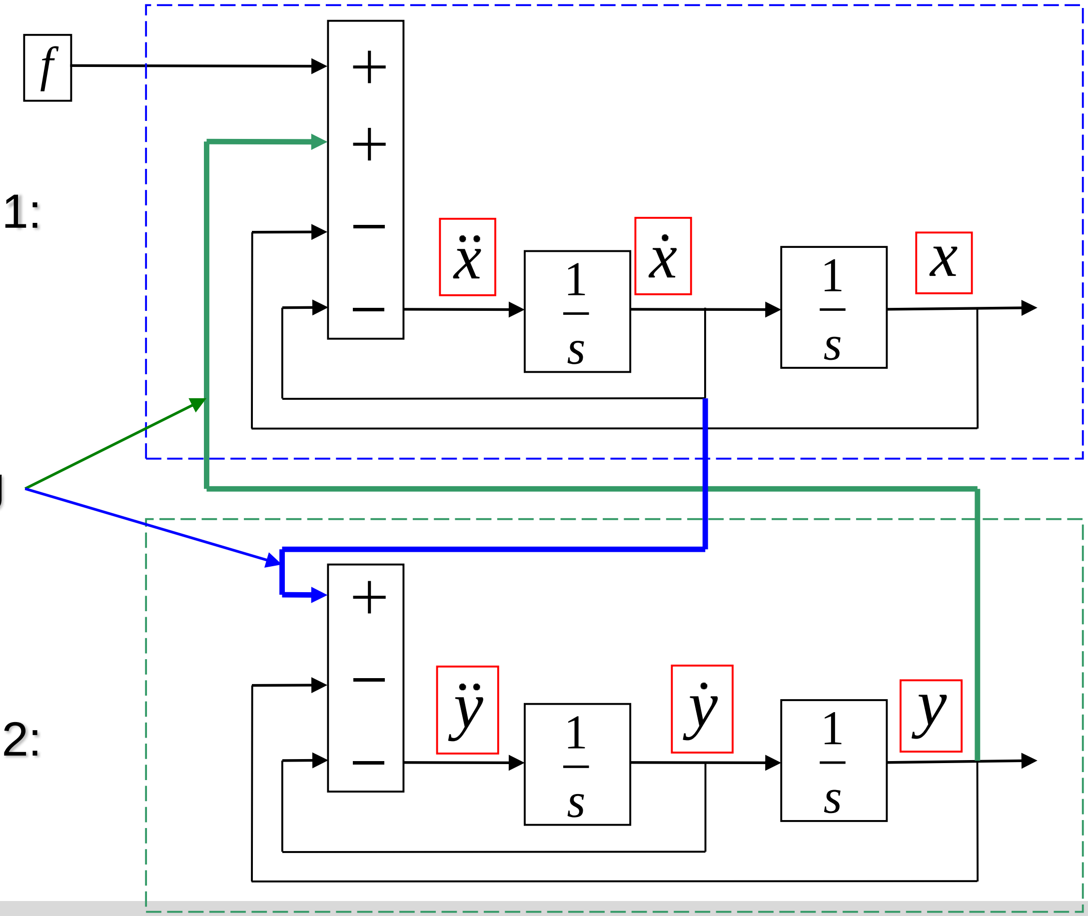
DGL-System:

$$\left.\begin{array}{l}\ddot{x}+\dot{x}+x=y+f\\ \ddot{y}+\dot{y}+y=\dot{x}\end{array}\right\} \Rightarrow \begin{array}{l}\ddot{x}=y+f-\dot{x}-x\\ \ddot{y}=\dot{x}-\dot{y}-y\end{array}$$

Gleichung 1:

Kopplung

Gleichung 2:

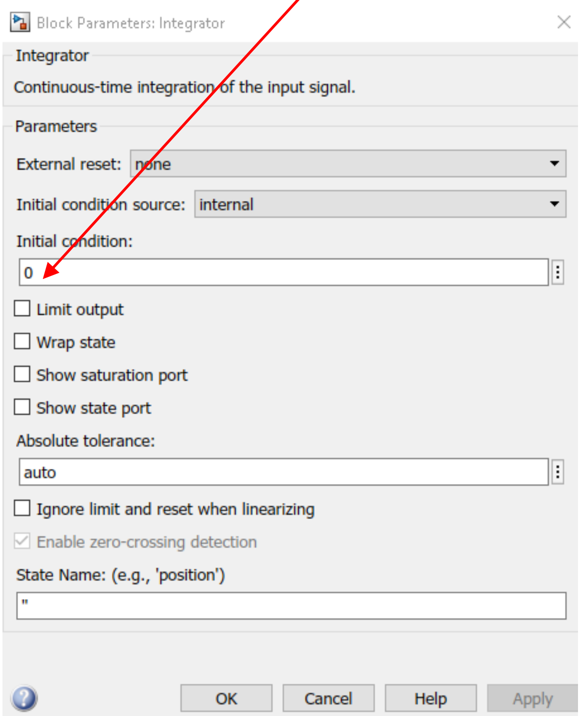


Blockparameter

- beeinflussen das Verhalten der Simulinkblöcke

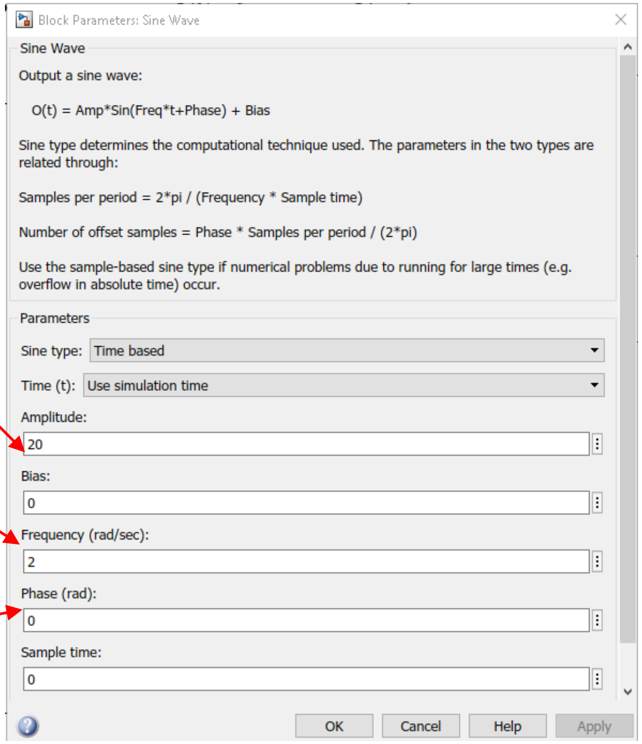
Beispiel:
Parameter des Integrators

- Anfangsbedingung



Beispiel:
Parameter des *sinus*-Blocks

- Amplitude
- Frequenz
- Phase



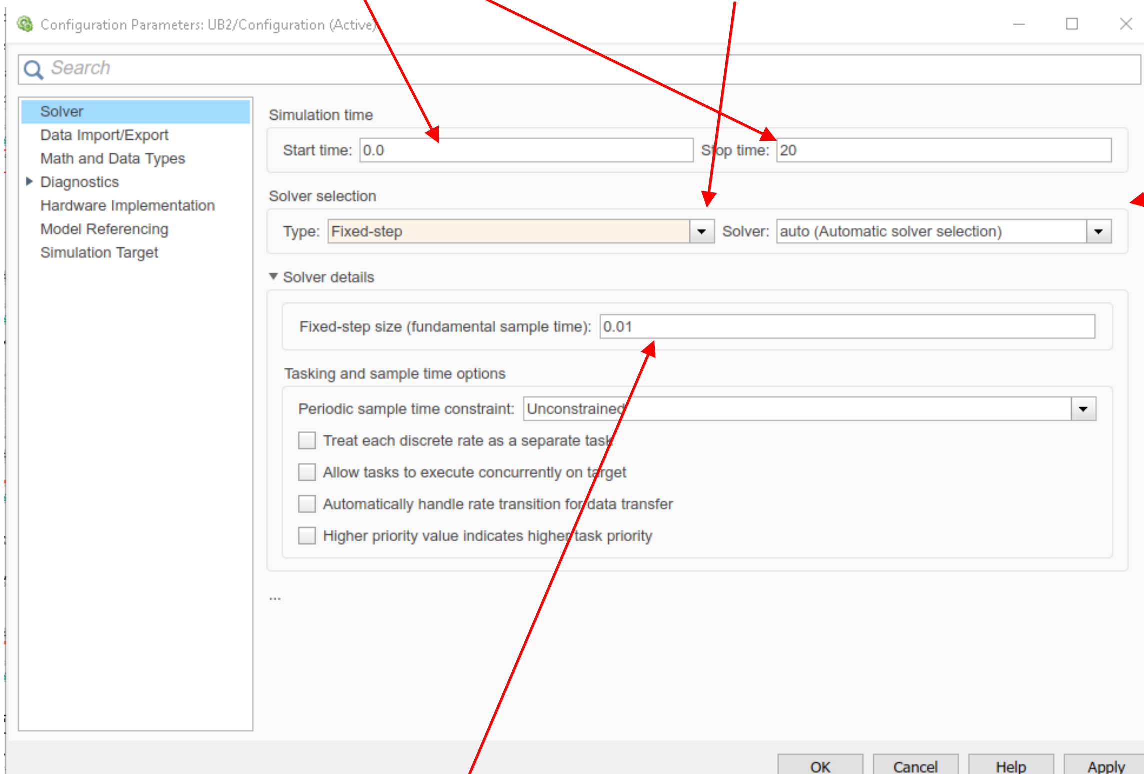
Solverparameter

Simulink-Menu: `-> Model Configuration Parameters`

Simulationsdauer

Solver-Typ
(konstante oder variable Schrittweite)

Solver
(Integrationsverfahren: Runge-Kutta, Euler, ...)



Schrittweite

Übertragungsfunktion G(s) (‚transfer function‘)

Siehe z.B.: (HM, MMS, MRT)

System: Beschreibung/Analyse

Zeitbereich:
Differentialgleichung

Frequenzbereich: FOURIER
Bildbereich: LAPLACE

FOURIER-Transformation

$$X(j\omega) = F\big(x(t)\big) = \int_{t=-\infty}^{\infty} x(t)\, e^{-j\omega t}\, dt$$

$$t = -\infty \ldots \infty$$

- Dauervorgänge!
- kein Einschwingen, keine Anfangsbedingungen
- Signalanalyse

LAPLACE-Transformation

$$X(s) = L\big(x(t)\big) = \int_{t=0}^{\infty} x(t)\, e^{-st}\, dt \quad (s = j\omega + d)$$

$$t = 0 \ldots \infty$$

- Einschaltvorgänge!
- mit Anfangsbedingungen
- vollständige Lösung von Differentialgleichungen

Übertragungsfunktion

Laplace-Transformation

Für Differentiationen gilt:

$$L\left\{\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}x(t)\right\} = sL\{x(t)\} - x(0)$$

$$L\left\{\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}x(t)\right\} = s^2L\{x(t)\} - s\dot{x}(0) - x(0)$$

Aus *linearen gewöhnlichen Differentialgleichungen* werden Polynome in s.

Zeitbereich

$$\frac{d^n}{dt}y(t) + a_{n-1}\frac{d^{n-1}}{dt}y(t) + \ldots + a_1\frac{d}{dt}y(t) + a_0 y(t) = x(t)$$

$$\bullet\!\!-\!\!\circ$$

Bildbereich

$$s^n Y(s) + s^{n-1}\left[a_{n-1}Y(s) - y^{(n-1)}(0)\right] + \ldots$$

$$\ldots + s\left[a_1 Y(s) - \dot{y}(0)\right] + \left[a_0 Y(s) - y(0)\right] = X(s)$$

Übertragungsfunktion

für homogene Anfangsbedingungen ($y(0)=0$, usw.) ergibt sich

$$s^n Y(s) + s^{n-1}\left[a_{n-1}Y(s) - \cancel{y^{(n-1)}}(0)\right] + \ldots$$

$$\ldots + s\left[a_1 Y(s) - \cancel{\dot{y}}(0)\right] + \left[a_0 Y(s) - \cancel{y(0)}\right] = X(s)$$

$$\rightarrow \quad s^n Y(s) + s^{n-1}\left[a_{n-1}Y(s)\right] + \ldots + s\left[a_1 Y(s)\right] + \left[a_0 Y(s)\right] = X(s)$$

Bsp.:

$$a\ddot{y} + b\dot{y} + cy = x$$

$$\bullet\!\!-\!\!\circ$$

$$as^2 Y(s) + bsY(s) + c\,Y(s) = X(s)$$

$$\left[as^2 + bs + c\right]Y(s) = X(s)$$

$$\boxed{\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{1}{as^2 + bs + c} = G(s)}$$

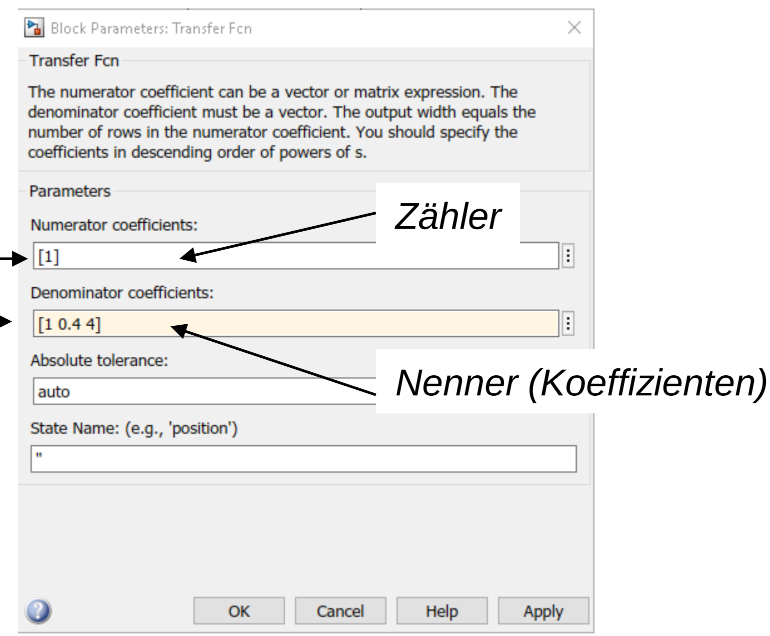
Übertragungsfunktion

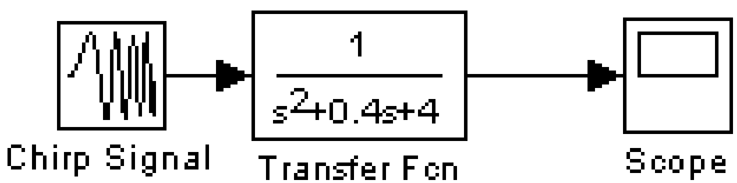
Übertragungsfunktion

Bsp.:

$$G(s) = \frac{1}{as^2 + bs + c}$$

z.b: $a=1,\ b=0.4,\ c=4$





Übertragungsfunktion

mit der Übertragungsfunktion $$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

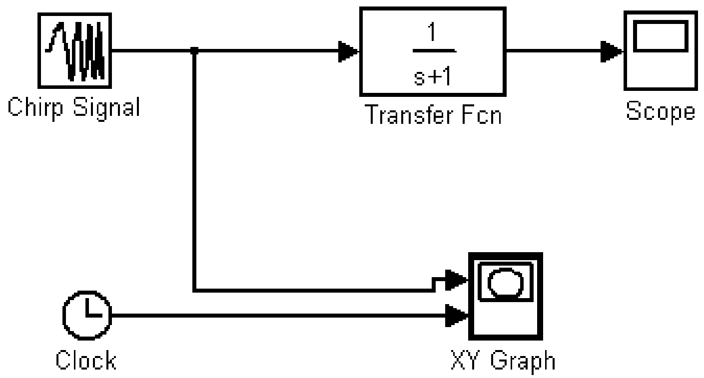
gilt für die Lösung der DGL im Bildbereich $$\boxed{Y(s) = G(s) \cdot X(s)}$$

einfache Multiplikation!

das Verhalten (Lösung) von Systemen (DGL‘s!) lässt sich im Bildbereich durch einfach algebraische Operationen (Multiplikation) beschreiben!

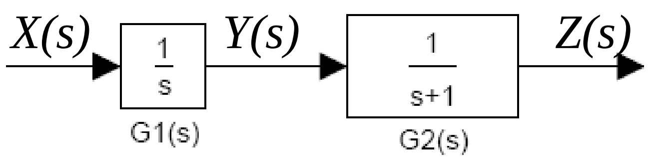
→Blockschaltbilder

→lineare Regelungstechnik



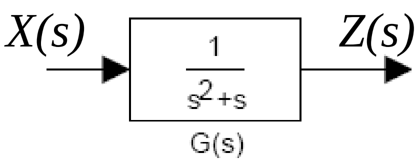
Übertragungsfunktion

2 Regelblöcke $G_1(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)}, \quad G_2(s) = \dfrac{Z(s)}{Y(s)}$



in Reihe lassen sich durch Multiplikation im Bildbereich
zu einem Block zusammenfassen:

$$G(s) = \frac{Z}{X} = G_1(s) \cdot G_2(s)$$



Signale