

# Signale & Systeme

## Analyse eines Systems

**Name:** Philipp Rall & Duc Vo Ngoc

**Matrikelnr.:** XXXX

**Studiengangsleiter:** Prof. Dr. Heinrich Braun

**Kurs:** TINF18B2

24. November 2019

# 1 Das System

## 1.1 Die Übertragungsfunktion

Formel 2 zeigt die allgemeine Übertragungsfunktion eines  $IT_1$  – *Gliedes*.

In Formel 3 wird ein konkretes IT1-Glied dargestellt, das in diesem Skript analysiert wird.

Formel 4 zeigt dessen ausmultiplizierte Form.

$$G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} \quad (1)$$

$$= \frac{K}{(T_I + T_1 s) * s} \quad (2)$$

$$= \frac{4}{(1 + 7s)s} \quad (3)$$

$$= \frac{4}{7s^2 + s} \quad (4)$$

## 1.2 Eigenschaften des Systems

Im folgenden ist eine Liste angeführt an Eigenschaften, die sich aus der Übertragungsfunktion  $G(s)$  ergeben:

- Differenzengrad , also Nennergrad - Zählergrad, mit Wert 2, dadurch ist das System nicht sprungfähig, antwortet aber sofort mit einer Steigung größer 0
- Ein  $IT_1$ -Glied
- Integrierendes Verhalten (I-Verhalten) mit einer Zeitkonstanten  $T_1$
- Keine Nullstellen, deshalb positiver Anfang
- Es gibt zwei reelle Polstellen, die kleiner gleich 0 sind  $\rightarrow$  das System ist stabil

## 2 Darstellungsformen des Systems

## 2.1 Eingangs-Ausgang Differentialgleichung

$$\begin{aligned}G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} &= \frac{4}{7s^2 + s} \\Y(s)(7s^2 + s) &= U(s) * 4 \\7\ddot{y} + \dot{y} &= 4u\end{aligned}$$

Anfangswerte:  $y(0) = y_0, \dot{y}(0) = \dot{y}_0, u(0) = u_0$

## 2.2 Zustandsraumdarstellung

Die allgemeine Form der Zustandsraumdarstellung ist in den folgenden zwei Zeilen zu sehen.

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx + Du\end{aligned}$$

Das behandelte IT1-Glied besitzt mit den Anfangswerten

$$x_1(0) = y(0), x_2(0) = \dot{y}(0)$$

folgende Zustandsraumdarstellung:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ \frac{1}{7} & 0 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{4}{7} \end{pmatrix} u \\ y &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x\end{aligned}$$

UNTERSCHIEDLICH ZU MATLAB LÖSUNG??? Matlab:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \begin{pmatrix} -\frac{1}{7} & 0 \\ \frac{1}{4} & 0 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} u \\ y &= \begin{pmatrix} 0 & \frac{8}{7} \end{pmatrix} x\end{aligned}$$

### 3 Simulation des Systems



### 3.1 Die Übergangsfunktion

Die Übergangsfunktion, auch Sprungantwort, ist die Antwort im Zeitbereich auf die Heaviside-Funktion:

$$\sigma(t) = \begin{cases} 0 & \text{für } t < 0 \\ 1 & \text{für } t > 0 \end{cases}$$

In Abbildung 1 ist der Aufbau zu sehen. Das Oszilloskop in Abbildung 2 zeigt die Sprungantwort im Simulationsintervall 0 - 100 an.

In Abbildung 3 ist die Übergangsfunktion in Matlab vom Intervall 0 bis 3500 zu sehen, während Abbildung 4 die Sprungantwort im Intervall 0 bis 100 zeigt.

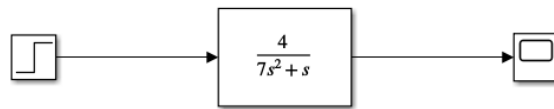


Abbildung 1: Aufbau in Simulink

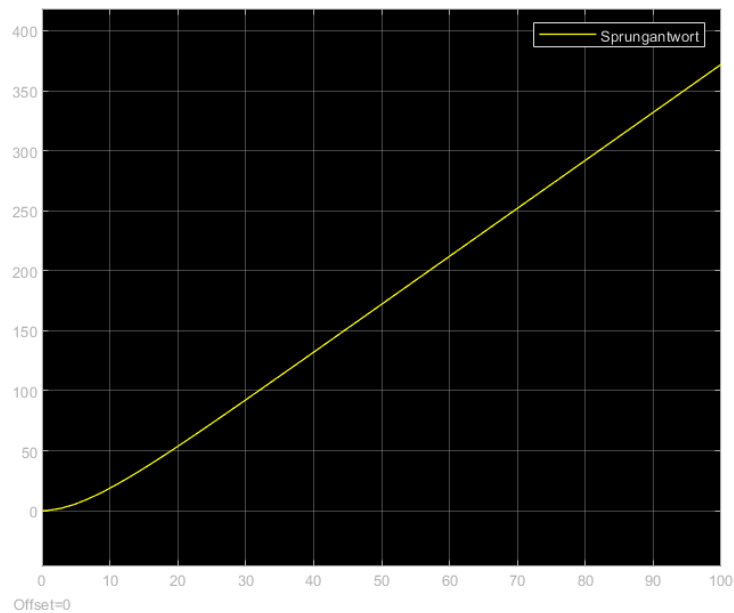


Abbildung 2: Oszilloskop - Sprungantwort im Intervall 0 bis 100

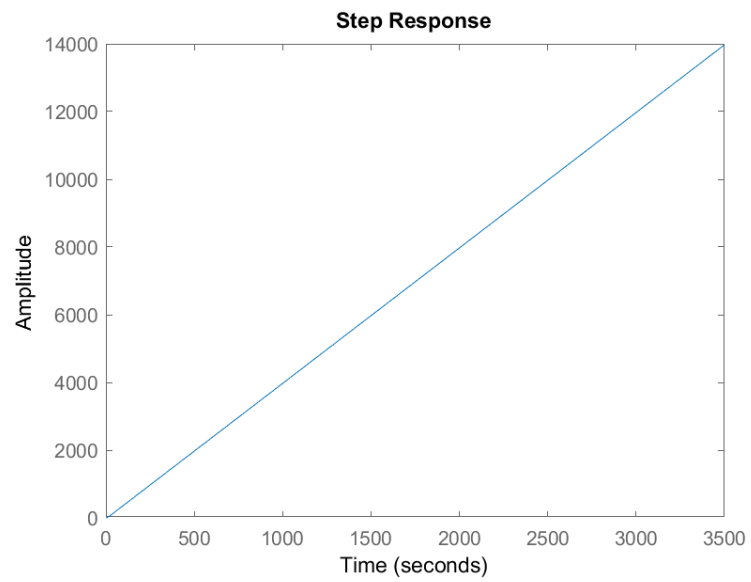


Abbildung 3: Matlab - Sprungantwort

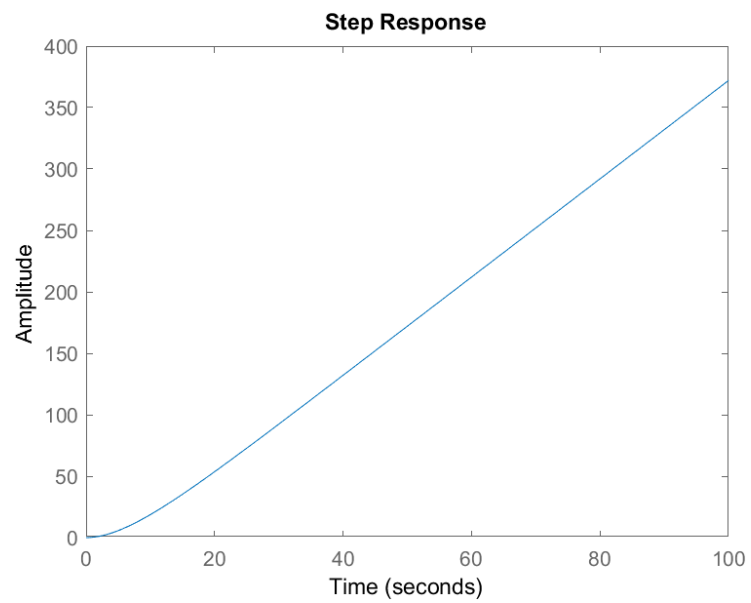


Abbildung 4: Matlab - Sprungantwort im Intervall 0 bis 100

### 3.2 Die Gewichtsfunktion

In Abbildung 5 ist die Gewichtsfunktion  $g(t)$ , auch Impulsantwort genannt, zu sehen. Diese Funktion ist die Ableitung der Übergangsfunktion  $h(t)$ , auch Sprungantwort genannt.

$$h(t) \xrightarrow{\frac{d}{dt}} g(t)$$

Die Impulsantwort konvergiert gegen den statischen Verstärkungsfaktor  $K = 4$ :

$$\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = K$$

$$H(s) = \frac{1}{s} * G(s) \xrightarrow{*s} G(s)$$

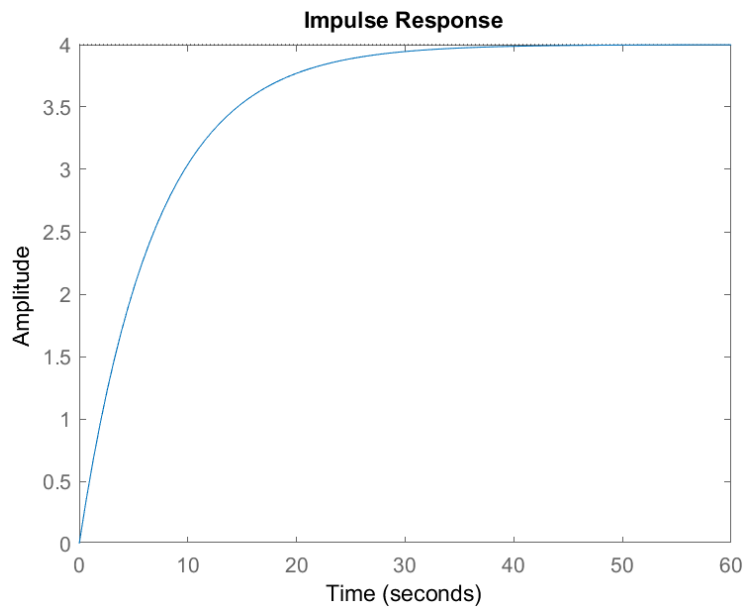


Abbildung 5: Impulsantwort

### 3.3 Die explizite Lösung

Durch die inverse Laplacetransformation lässt sich die explizite Lösung des Systems für die Impulsfunktion als Eingangssignal ermitteln:

$$\begin{aligned}g(t) &= L^{-1}\left\{\frac{4}{7s^2 + s}\right\} \\&= 4 - 4 * e^{-\frac{t}{7}}\end{aligned}$$

Durch die Integration der expliziten Lösung kommen wir auf  $h(t)$ :

$$\begin{aligned}h(t) &= \int_0^t g(\tau) d\tau \\&= 4 * t + 28 * e^{-\frac{t}{7}}\end{aligned}$$

### 3.4 Statischer Verstärkungsfaktor

Der statische Verstärkungsfaktor des behandelten IT1-Gliedes beträgt:

$$K = 4$$

Ein Graph des Verstärkungsfaktor, wobei auf der  $x$ -Achse die konstanten Eingänge und auf der  $y$ -Achse die Ausgänge des Systems für  $t \rightarrow \infty$  aufgetragen sind, ist in Abbildung 6 zu sehen.

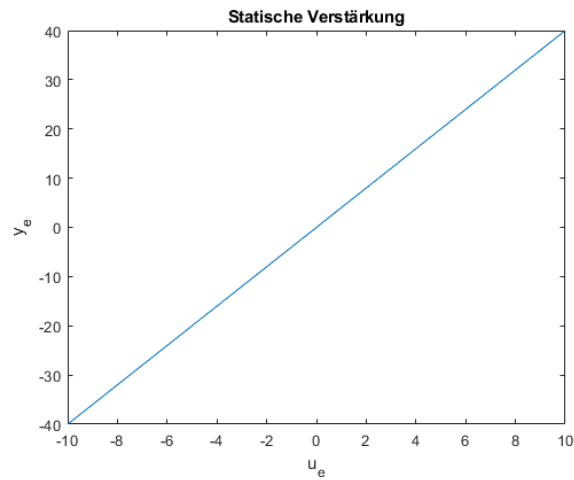


Abbildung 6: Statische Verstärkung

## 4 Verhalten bei Schwingungseingängen

## 4.1 Das Pol-Nullstellenplot

In Abbildung 7 ist das Pol-Nullstellenplot zu dem System zu sehen. Die x markierten Stellen zeigen die Polstellen an. Dieses System hat keine Nullstellen. Die Polstellen des Systems befinden sich im negativen (0 inkludiert) Teil der reell-wertigen Achse und zeigt somit, dass das System stabil ist.

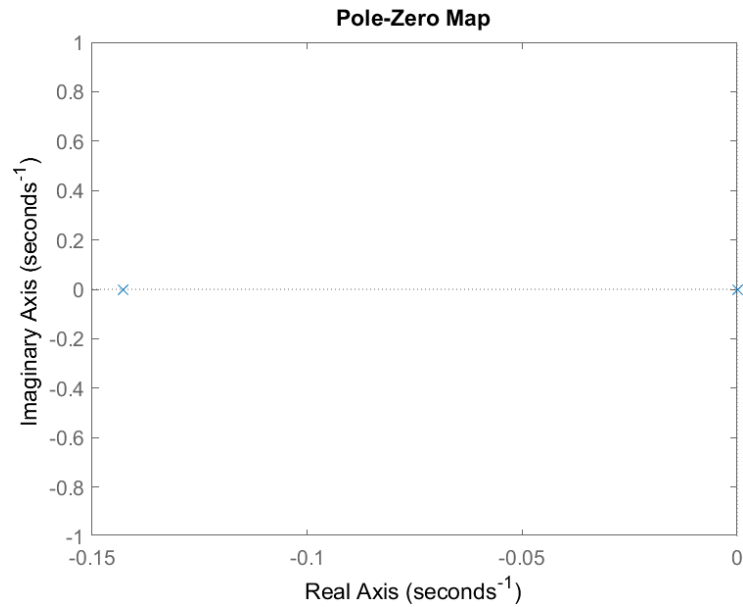


Abbildung 7: Pol-Nullstellenplot

## 4.2 Bode-Diagramm

In Abbildung 8 ist die Amplitude und die Phase des Systemausgangs in Abhängigkeit zur Frequenz (logarithmisch skaliert) dargestellt.

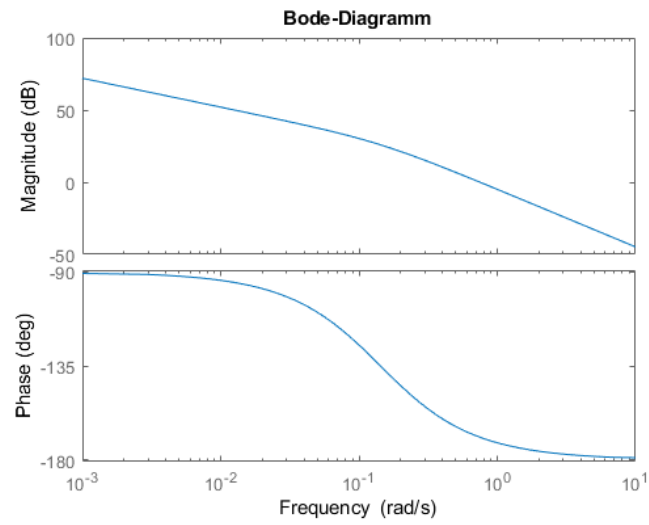


Abbildung 8: Bode-Diagramm



### 4.3 Nyquist-Plot

Die Ortskurve oder auch Nyquist-Plot in 9 ist ein Graph, der die Amplitude und Phase des Systems für Schwingungen mit allen Frequenzen darstellt.

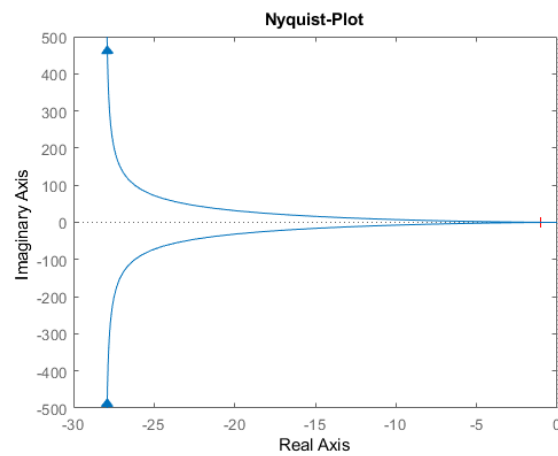


Abbildung 9: Nyquist-Plot