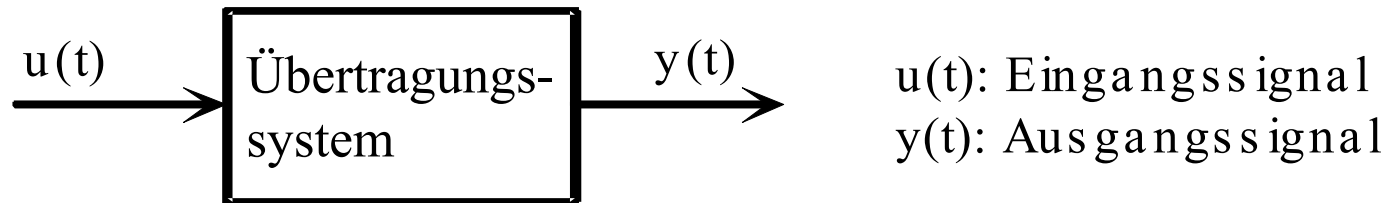


# Grundlagen der Systemtheorie

Ein Übertragungssystem ist eine Funktionseinheit mit mindestens einem Signaleingang und mindestens einem Signalausgang



Beispiele für Systeme: Motoren, Filter, elektronische Schaltungen, Roboter, Verbrennungsanlagen, Mobiltelefone, Autopilot...

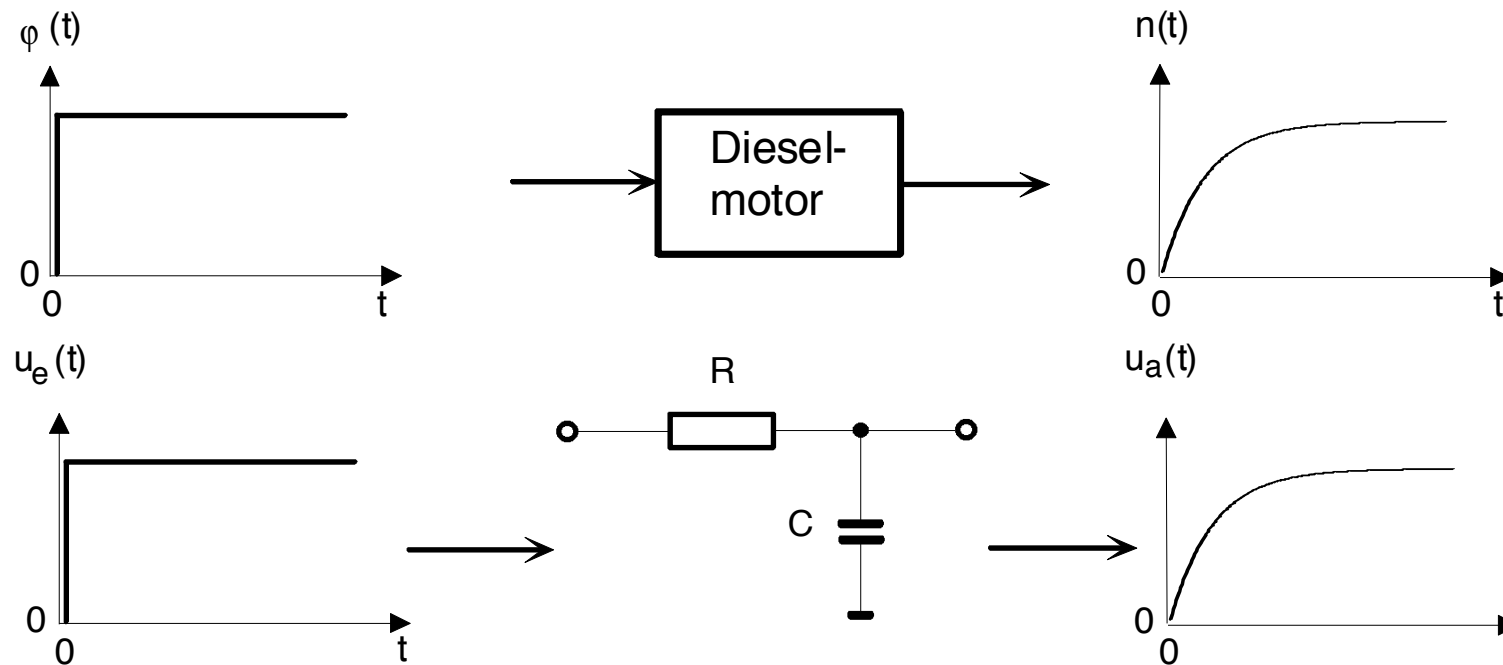
Ziele: Blackbox Beschreibung unbekannter Systeme

Zerlegung komplexer Systeme in einfache Teilsysteme

Analyse und ggf. Beeinflussung des Systemverhaltens



# Modellbildung



Unterschiedliche physikalische Systeme oft identisch beschreibbar

Abstraktion ermöglicht Analyse komplizierter Wirkmechanismen

# Klassifizierung von Übertragungssystemen

---

- Technische Übertragungssysteme lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifizieren
- Klassifikation führt zur Vertiefung des Systembegriffs
- Konsequenzen auf anzuwendende Methoden bei der Modellbildung können aufgezeigt werden



# Dynamische und statische Systeme

---

Bei **statischen Systemen** hängt das Ausgangssignals  $y(t)$  zu jedem Zeitpunkt  $t$  nur vom aktuellen Wert des Eingangssignals  $u(t)$  ab, also nicht von vergangenen Werten  $u(t)$

Bei **dynamischen Systemen** hängt das Ausgangssignals  $y(t)$  zum Zeitpunkt  $t_1$  von  $u(t)$  mit  $t \leq t_1$  ab, also auch von Werten aus der Vergangenheit

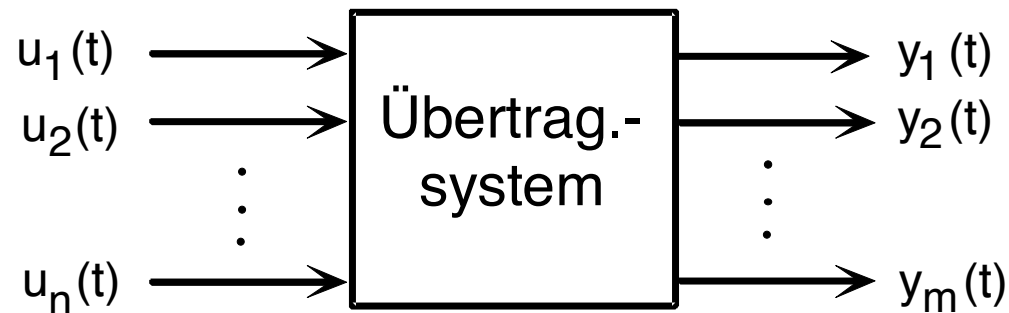
Alle dynamischen Systeme enthalten **Energiespeicher!**



# Eingrößen- und Mehrgrößensysteme

Bisher wurden nur Systeme mit einem Ein- und einem Ausgang betrachtet (**SISO** = **S**ingle **I**nterface **S**ingle **O**utput)

Im allgemeinen können Systeme auch mehrere Ein- und Ausgänge aufweisen (**MIMO** = **M**ultiple **I**nterface **M**ultiple **O**utput)

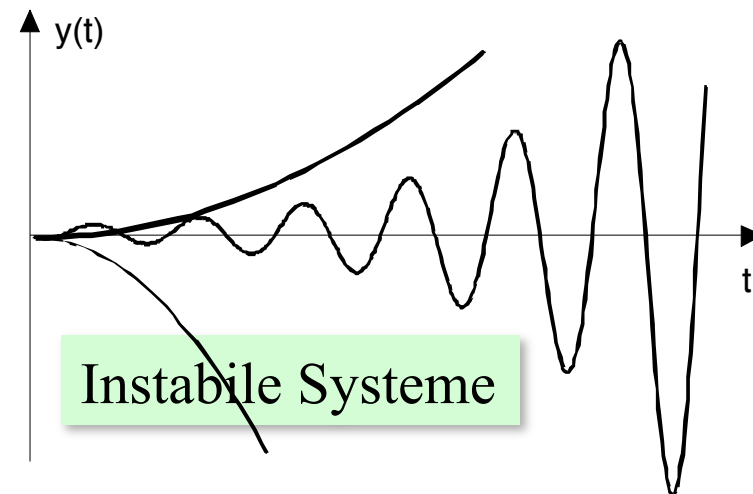
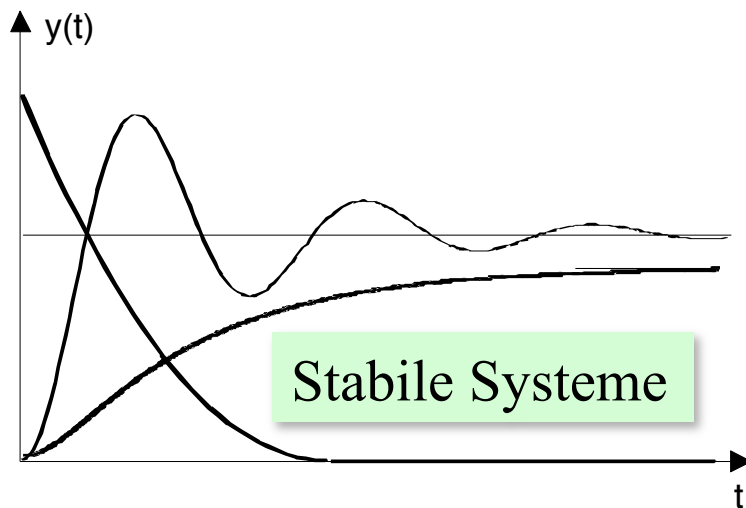


Bei MIMO-Systemen kann jede Eingangsgröße jede Ausgangsgröße beeinflussen



# Stabile und instabile Systeme

Typische **Systemantworten**  $y(t)$  bei einem Sprung der Eingangsgröße  $u(t)$ :



Systeme, die auf eine amplitudenbeschränkte Eingangsgröße mit einer amplitudenbeschränkten Ausgangsgröße reagieren, nennt man stabil

# Systeme mit konzentrierten und verteilten Parametern

---

Systeme ohne Ortsabhängigkeit der internen Signale, nennt man **Systeme mit konzentrierten Parametern** (z. B. Ersatzschaltbilder)

Wirkungsanordnungen mit ortsabhängigen Signalen nennt man **Systeme mit verteilten Parametern** (z. B. Wellenausbreitung)

Dynamische Systeme mit verteilten Parametern sind durch **partielle Differentialgleichungen**, Systeme mit konzentrierten Parametern durch **gewöhnliche Differentialgleichungen** beschreibbar

Systeme mit verteilten Parametern können häufig durch Systeme aus konzentrierten Parametern näherungsweise beschrieben werden



# Lineare und nichtlineare Systeme

---

Ein Übertragungssystem mit  $y(t) = \Phi\{u(t)\}$  heißt **linear**, wenn das **Überlagerungsprinzip** zweier Signale  $u_1(t)$  und  $u_2(t)$

$$\Phi\{u_1(t)\} + \Phi\{u_2(t)\} = \Phi\{u_1(t) + u_2(t)\} = y(t)$$

und das **Verstärkungsprinzip** mit einem konstanten Faktor  $k$

$$\Phi\{k \cdot u(t)\} = k \cdot \Phi\{u(t)\} = y(t) \quad \text{erfüllt sind}$$

Nur für lineare Systeme existiert eine geschlossene Systemtheorie

Nichtlineare Systeme lassen sich oft in einem Arbeitspunkt linearisieren





# Zeitvariable und zeitinvariante Systeme

---

Systeme, deren Systemparameter keine Funktion der Zeit sind, nennt man zeitinvariant.

Zeitinvariante Systeme reagieren auf eine um  $t_0$  verschobene Eingangsgröße  $u(t)$  ebenfalls mit einer um  $t_0$  verschobenen Ausgangsgröße  $y(t)$ :

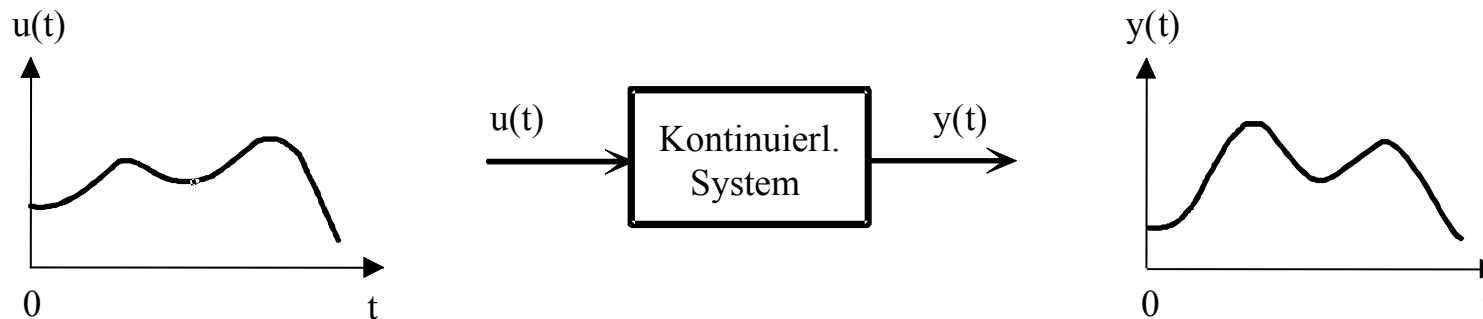
$$\Phi\{u(t-t_0)\} = y(t-t_0)$$

Viele Systeme sind zumindest näherungsweise zeitinvariant

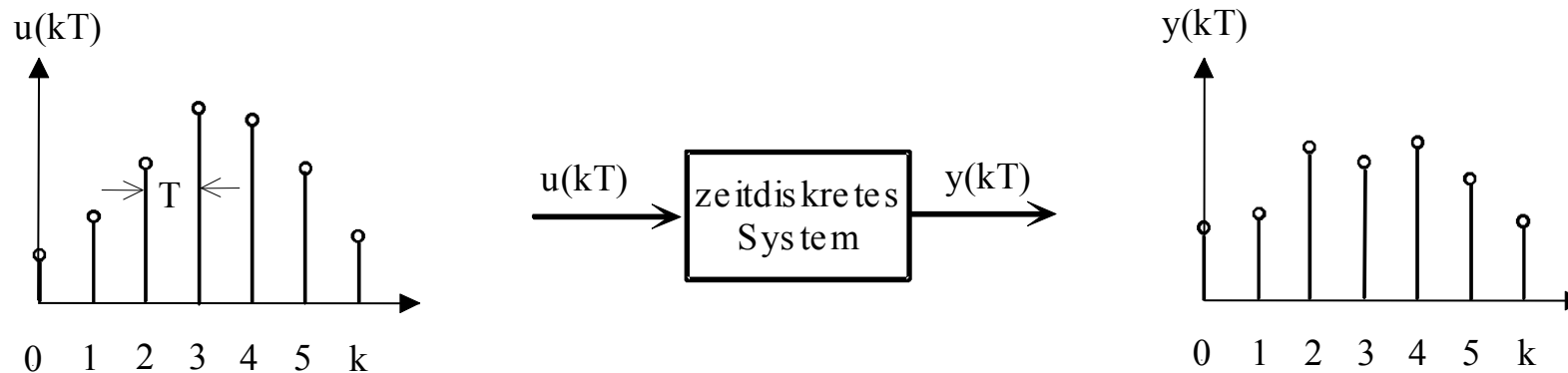
Zeitvariable Systeme sind durch adaptive Algorithmen beschreibbar



# Kontinuierliche und zeitdiskrete Systeme



Ein- und Ausgangssignal existieren zu jedem beliebigen Zeitpunkt



Ein- und Ausgangssignal existieren nur zu diskreten Zeitpunkten

# Eigenschaften kontinuierlicher LTI-Systeme

---

Beschränkung auf folgende Systeme:

Nur eine Eingangs- und Ausgangsgröße

Nur Systeme mit konzentrierten Parametern

Linear und Zeitinvariant (**LTI** = **L**inear **T**ime **I**nvariant)

Ziel:

Beschreibung der wesentlichen Systemeigenschaften



# Statisches und dynamisches Systemverhalten

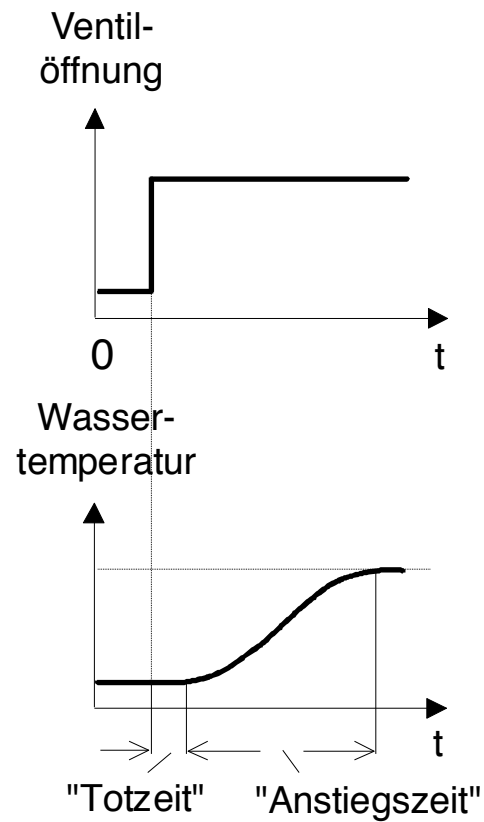
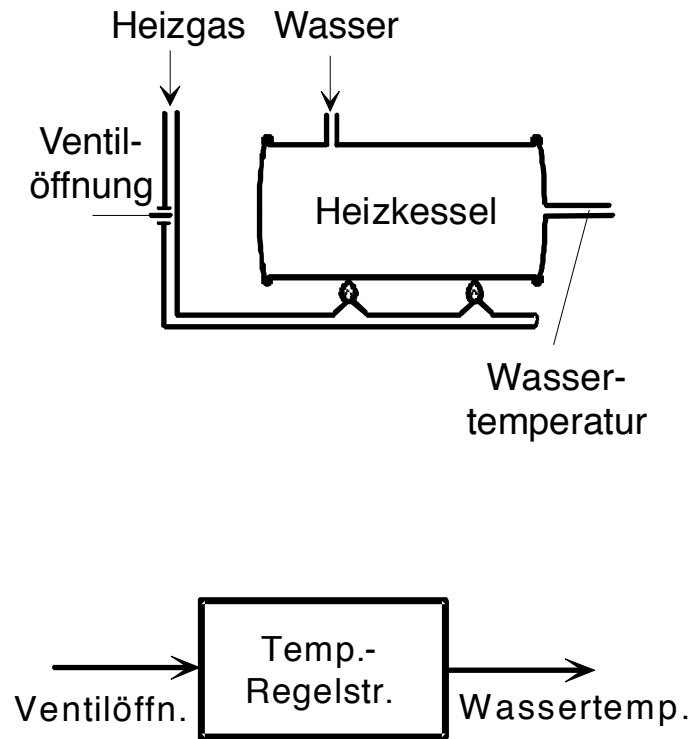
---

Als **statisches / stationäres Verhalten** bezeichnet man die Abhängigkeit der Ausgangsamplitude des Systems von der Amplitude des Eingangssignals (Kennlinie)

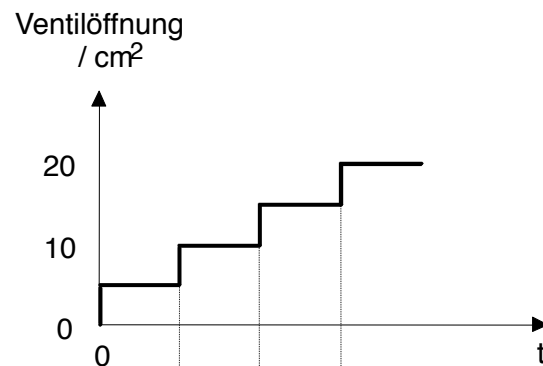
Als **dynamisches Verhalten** wird die Zeitabhängigkeit der Ausgangsgröße des Systems bei Anregung mit einer bestimmten Eingangsgröße bezeichnet (z.B. Sprungantwort)



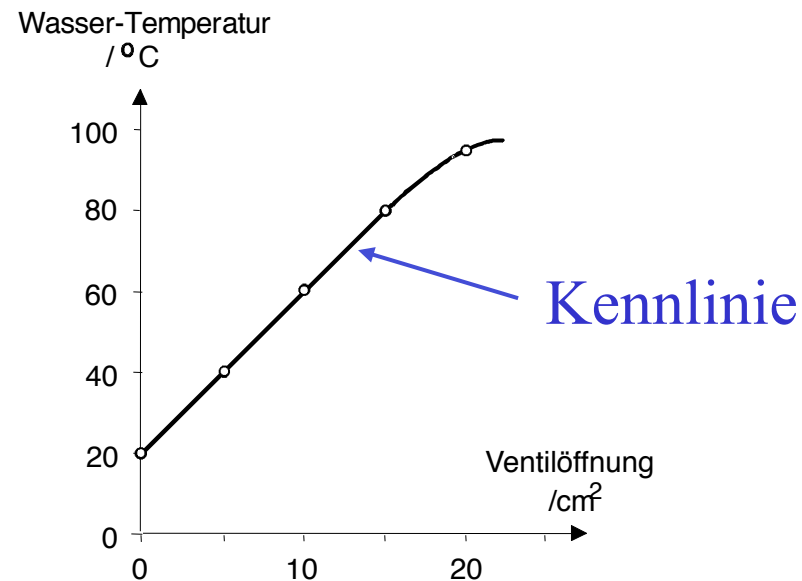
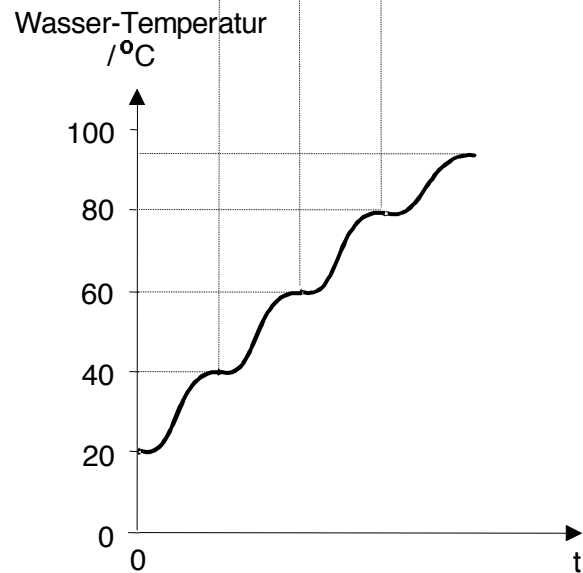
# Beispiel für ein dynamische Systemverhalten



# Stationäres Verhalten eines dynamischen Systems

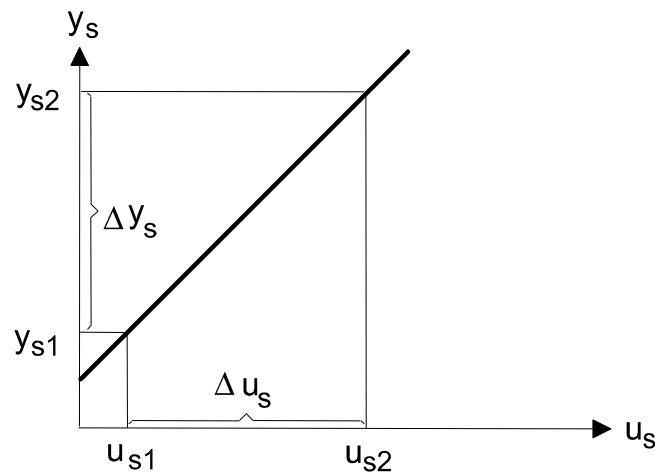


Ansatz: Nach jeder Änderung des Eingangssignals solange warten, bis der Systemausgang einen festen Wert annimmt



# Verstärkungsfaktor

Eine einfache Eigenschaft von linearen Systemen ist der **Verstärkungsfaktor**, der angibt, wie sich eine Änderung der Eingangsgröße auf die Änderung der Ausgangsgröße auswirkt



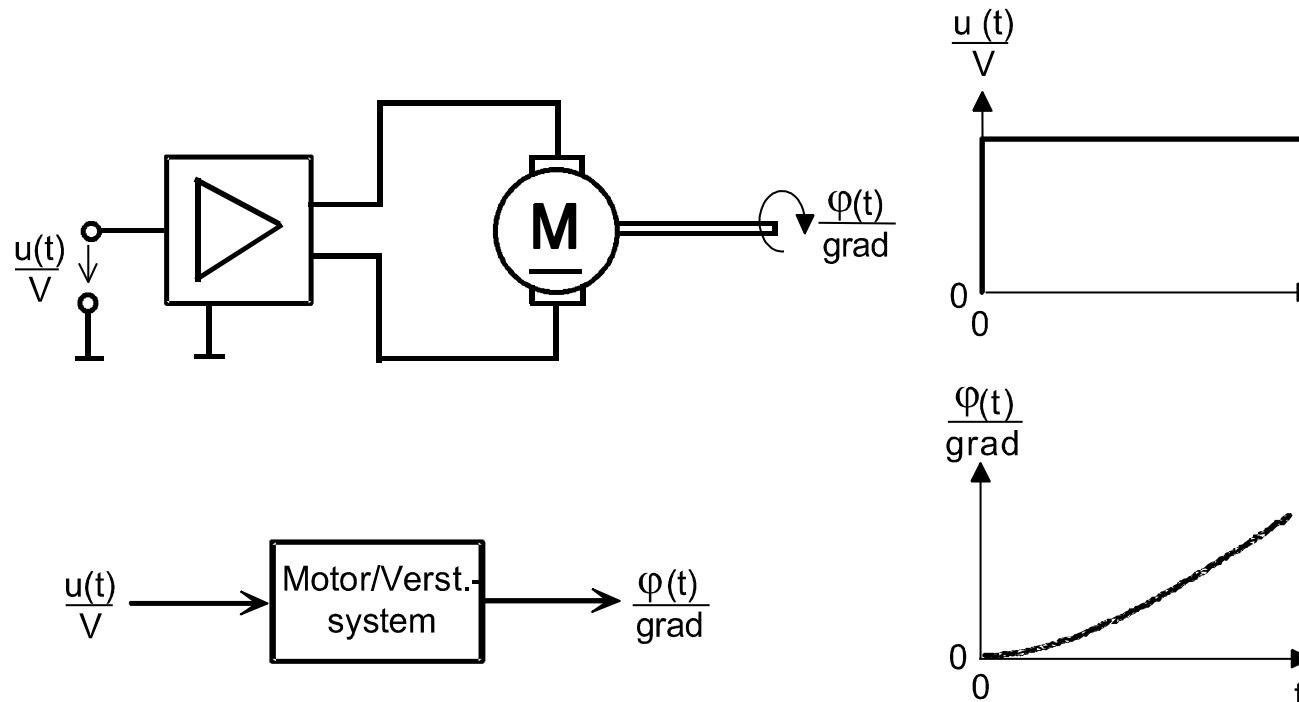
$$\frac{\Delta y_s}{\Delta u_s} = \frac{y_{s2} - y_{s1}}{u_{s2} - u_{s1}} = V$$

Der Verstärkungsfaktor besitzt i. A. ein Vorzeichen und eine Einheit

# Globalverhalten von Übertragungssystemen

Nicht für jedes System kann ein Verstärkungsfaktor definiert werden

Beispiel: Abhängigkeit des Drehwinkels von der Eingangsspannung





# Proportional und integral wirkende Systeme

---

Bei **global proportional** wirkenden Systemen läuft das Ausgangssignal für ein sprungförmiges Eingangssignal immer gegen einen stationären Endwert (Systeme mit Ausgleich)

Bei **global integral** wirkenden Systemen steigt das Ausgangssignal für ein sprungförmiges Eingangssignal kontinuierlich an ohne stationären Endwert (Systeme ohne Ausgleich)



# Modellierung von Übertragungssystemen

---

## Nicht parametrische Modelle (Graph, Tabelle)

→ nur für grobe Systemanalyse und –synthese geeignet

## Parametrische Modelle (formelmäßige Beschreibung)

→ Ermöglichen exakte Simulation des Systemverhaltens



# Verschiedene Sichtweisen der Systemtheorie

---

## **Zeitbereich**

→ sehr anschaulich aber mathematisch häufig aufwändig (DGL)

## **Frequenzbereich** (Fourier-Transformation)

→ anschaulich, leicht handhabbar aber nicht allgemein anwendbar

## **s- bzw. z-Bereich** (Laplace- bzw. z-Transformation)

→ unanschaulich, aber sehr nützlich und leicht handhabbar

