

Fahrzeugmechatronik II

Beobachterentwurf



Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller

M.Sc. Osama Al-Saidi

Fachgebiet Kraftfahrzeuge • Technische Universität Berlin

Beobachterentwurf

Problem und Lösungsansatz

Eine Zustandsrückführung erlaubt eine weitgehend freie Gestaltung der dynamischen Eigenschaften des Regelkreises. Vorausgesetzt wird aber, dass alle Zustände zu jedem Zeitpunkt bekannt sind.

Die Zustände sind meist nicht vollständig messbar, da

- der messtechnischer Aufwand zu hoch oder
- die Messgröße gar nicht kontinuierlich während des Prozesses messbar ist.

Mit einem Schätzwert $\hat{\mathbf{x}}(t)$ für den Zustand $\mathbf{x}(t)$ könnte eine Zustandsrückführung $\mathbf{u}(t) = -\mathbf{K}\hat{\mathbf{x}}(t)$ realisiert werden.

Beobachterentwurf

Problem und Lösungsansatz

Beobachter rekonstruieren den Zustand aus dem Verlauf der Eingangs- und Ausgangsgrößen. Hierdurch lassen sich z.B. **Zustandsrückführungen ohne die Messung aller Zustände realisieren oder Zustände bzw. Störgrößen beobachten.**

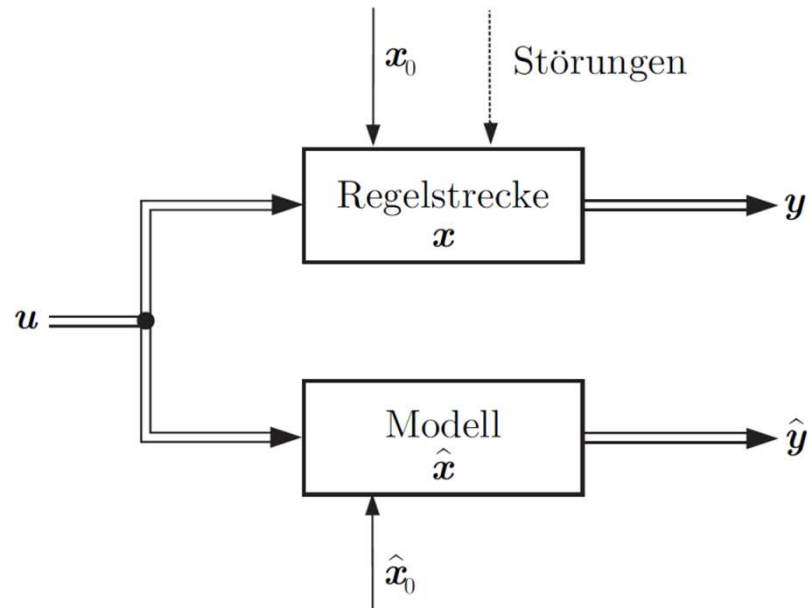
Es werden behandelt:

- **Lösungsweg für den Beobachterentwurf**
- **Realisierung von Zustandsrückführungen mit Beobachter**

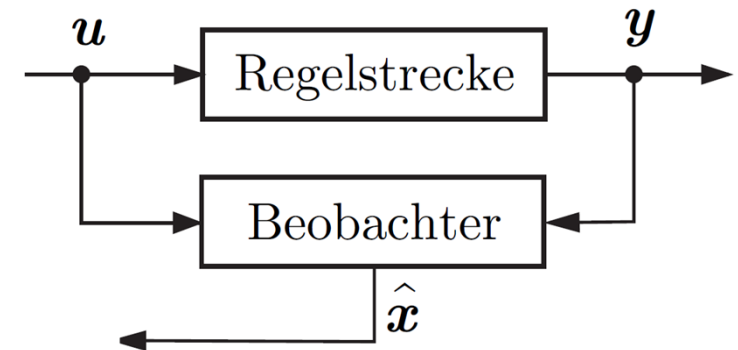
Beobachterentwurf

Lösungsweg

Einfachster Lösungsweg

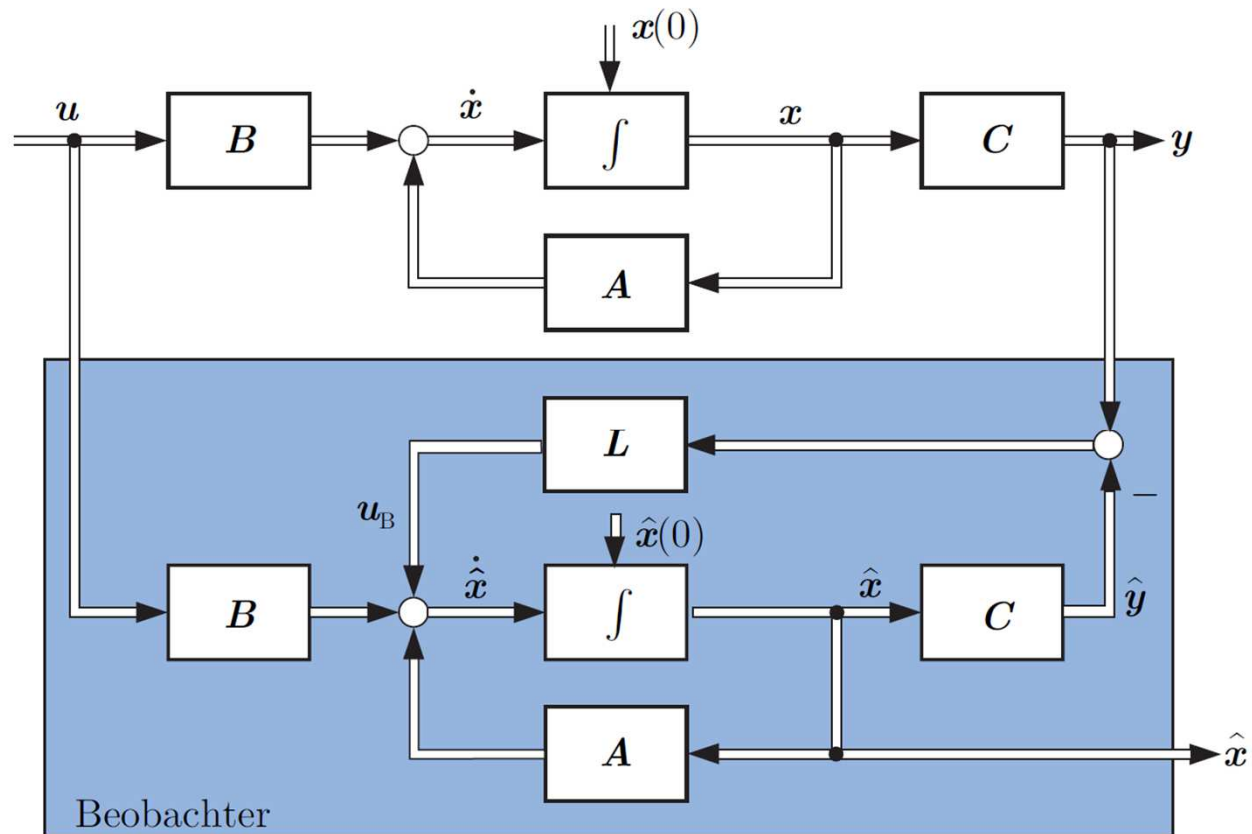


Allgemeine Beobachterstruktur



Luenberger Beobachter

Struktur des Beobachters



Luenberger Beobachter

Konvergenz des Beobachters

Satz 8.1 (Beobachter)

Für den Beobachtungsfehler

$$\mathbf{e}(t) = \mathbf{x}(t) - \hat{\mathbf{x}}(t)$$

eines Luenbergerbeobachters gilt die Beziehung

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \|\mathbf{e}(t)\| = 0$$

für beliebige Anfangszustände des Systems und des Beobachters genau dann, wenn alle Eigenwerte der Matrix $(\mathbf{A} - \mathbf{LC})$ negativen Realteil haben.

Luenberger Beobachter

Wahl der Rückführmatrix L

Luenberger Beobachter

Nebenbetrachtung: Duales System

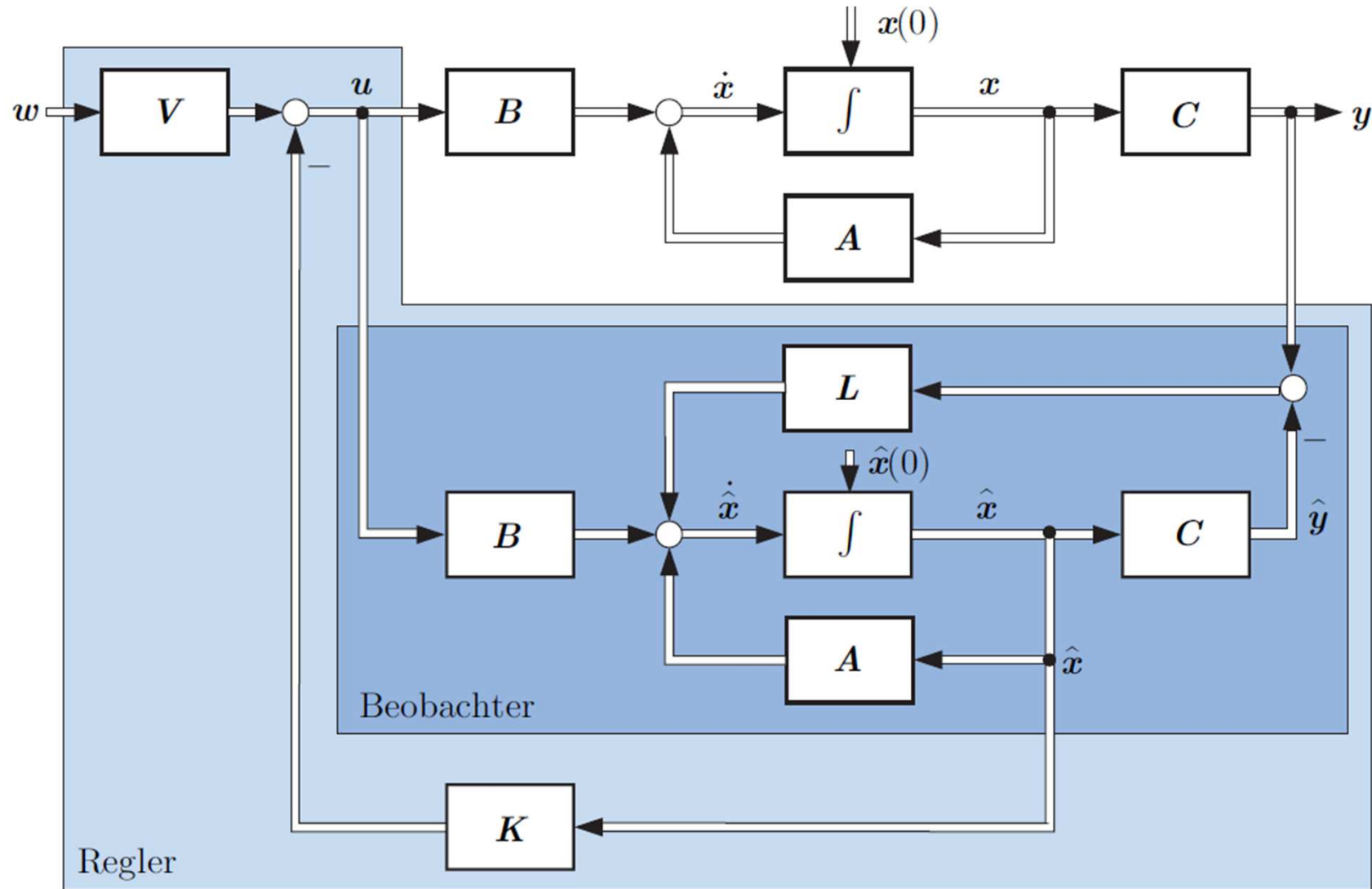
Luenberger Beobachter

Duales Entwurfsproblem

- Die Eigenwerte von $(\mathbf{A}-\mathbf{LC})$ können durch eine geeignete Wahl von \mathbf{L} genau dann beliebig verschoben werden, wenn das System (\mathbf{A},\mathbf{C}) vollständig beobachtbar ist.
- Damit der Beobachtungsfehler schneller abklingt als das Übergangsverhalten des zu beobachtenden Systems, müssen die Eigenwerte möglichst weit links in der komplexen Ebene platziert werden.
- Soll eine Zustandsrückführung \mathbf{K} realisiert werden, wählt man die Beobachtereigenwerte im Vergleich zu den Eigenwerten der Matrix $(\mathbf{A}-\mathbf{BK})$

Luenberger Beobachter mit Zust.-rückführung

Realisierung einer Zustandsrückführung



Luenberger Beobachter mit Zust.-rückführung

Beschreibung des Regelkreises

Luenberger Beobachter mit Zust.-rückführung

Ermittlung der K-Matrix - Separationstheorem

Satz 8.2 (Separationstheorem)

Die Eigenwerte des Regelkreises, in dem eine Zustandsrückführung mit einem Beobachter realisiert ist, setzen sich aus den Eigenwerten der Matrix $\mathbf{A} - \mathbf{BK}$, die einen Regelkreis mit Zustandsrückführung und ohne Beobachter beschreibt, und den Eigenwerten der Systemmatrix $\mathbf{A} - \mathbf{LC}$ des Beobachters zusammen.

Luenberger Beobachter mit Zust.-rückführung

E/A-Verhalten für Regelkreis mit Beobachter

Luenberger Beobachter mit Zust.-rückführung

Entwurfsv erfahren für RK mit Beobachter

Entwurfsv erfahren 8.1 *Entwurf einer Zustandsrückführung und eines Beobachters*

Gegeben: Regelstrecke (A, B, C) , Güteforderungen

1. Es wird überprüft, dass die Regelstrecke vollständig steuerbar und beobachtbar ist.
2. Mit bekannten Verfahren wird eine Zustandsrückführung

$$u(t) = -Kx(t) + Vw(t)$$

entworfen, mit der die an den Regelkreis gestellten Güteforderungen erfüllt sind (vgl. z. B. die Algorithmen 6.1 auf S. 239 und 7.1 auf S. 301).

3. Anhand der Eigenwerte der Matrix $A - BK$ werden die Beobachtereigenwerte festgelegt.
4. Mit einem Verfahren zur Polverschiebung wird für die vorgegebenen Beobachtereigenwerte die Rückführmatrix L entworfen. Dabei wird z. B. das Entwurfsv erfahren 6.1 auf S. 239 auf das duale System mit den Matrizen A' und B' angewendet, um L' zu berechnen.
5. Das Verhalten des geschlossenen Kreises wird anhand von Simulationsuntersuchungen bewertet.

Ergebnis: Zustandsrückführung, Beobachter.

Luenberger Beobachter mit Zust.-rückführung

Wahl der Beobachtereigenwerte

Man wählt die Beobachtereigenwerte λ_{Bi} so aus, dass sie in der linken komplexen Halbebene deutlich links von den Eigenwerten der Regelstrecke bzw. des geschlossenen Kreises liegen. Der Betrag der Realteile soll 2 bis 6 mal so groß sein wie der Betrag der Realteile der dominierenden Eigenwerte, wobei der kleinere Faktor für großes Messrauschen gilt.

Bei dieser Wahl klingen die Eigenvorgänge des Beobachters zwei- bis sechsmal so schnell ab wie die Eigenvorgänge der Strecke bzw. des Regelkreises. Die durch die Zustandsrückführung erzeugten Eigenwerte der Matrix $A - BK$ sind deshalb für das Regelkreisverhalten mit Beobachter maßgebend.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!