

## 2.3 Adaptive Kontrolle (Optimalsteuerung)

$$\dot{\underline{x}} = f(\underline{x}, \underline{u}, t) \quad \underline{x} \in \mathbb{C}^n \quad \text{Zustandsvektor}$$

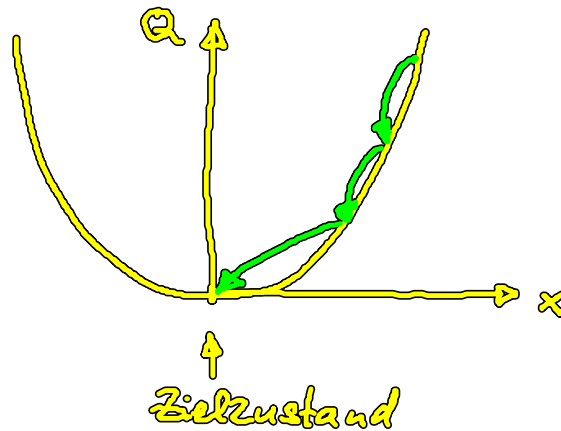
$$\underline{u} \in \mathbb{C}^m \quad \text{Kontrollpar. (input)}$$

Kostenfunktion  $Q(\underline{x}(t), t)$  minimalisieren!  
(cost fct., goal fct.)

$$Q \geq 0$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} Q(\underline{x}(t), t) = 0$$

⇒ finde  $\underline{u}(t)$



### Speed gradient method

A. Fridkov, Miroshnik, Nikiiforov: *Nonlinear and Adaptive Control of Complex Systems* (Kluwer, Dordrecht 1999)  
A. Fridkov: *Cybernetical Physics: From Control of Chaos to Quantum Control* (Springer 2007)

speed of  $Q$ :  $\dot{Q} = \frac{\partial Q}{\partial t} + \nabla_{\underline{x}} Q(\underline{x}, t) \dot{\underline{x}}$

$\uparrow$   $\uparrow$   $\stackrel{=}{=} f(\underline{x}, \underline{u}, t)$   
 hängt nicht von  $u$  ab

$$\dot{\underline{u}} = -\Gamma \nabla_{\underline{u}} \dot{Q}$$

Richtung im  $u$ -Raum, in der  $\dot{Q}$  am stärksten abnimmt

$$\Rightarrow \dot{Q} < 0 \quad \Rightarrow Q \text{ nimmt ab} \quad \Rightarrow Q \rightarrow 0 \quad t \rightarrow \infty$$

Anwendung: selbstadaptive Kontrolle der Rückkopplungsstärke  $K$  bei zeitverzög. Rückkopplung ( $K \hat{=} u$ )

• unbekannte oder driftende Systemparameter

Lehnert, Hövel, Frenkert, Gurevko, Trudlow, Schöll :

Chaos 21, 043111 (Okt. 2011)

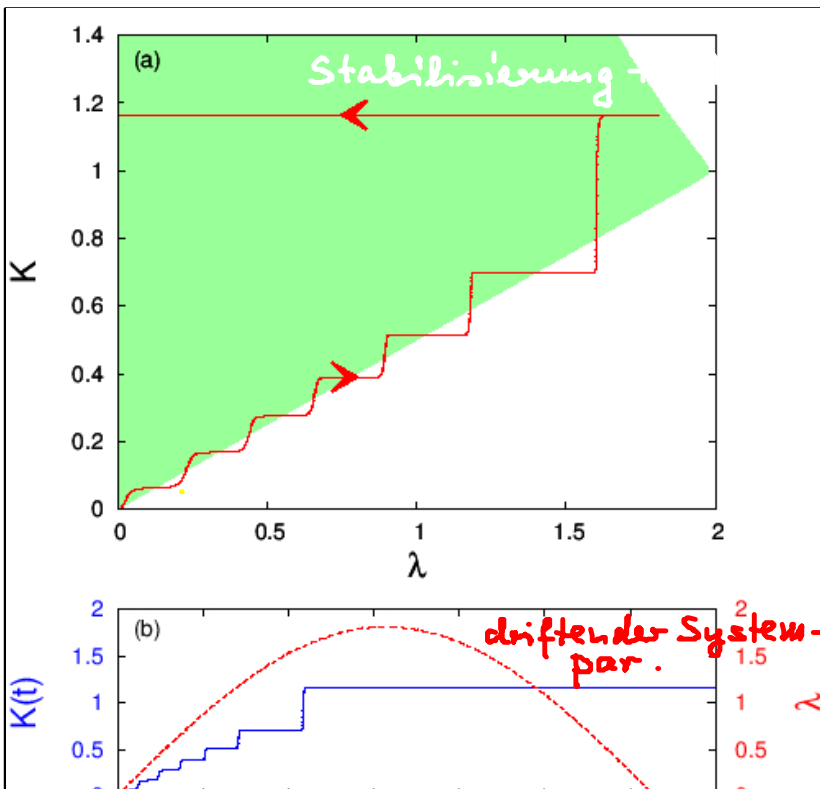
Stabilisierung eines Fixpunktes:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \lambda x + \omega y - K [x(t) - x(t-\tau)] & \lambda > 0 \\ \dot{y} &= -\omega x + \lambda y - K [y(t) - y(t-\tau)] & \text{Bif. par.} \end{aligned}$$

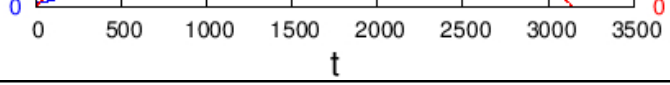
Fixpt.  $x^* = y^* = 0$  , Eigenwert ( $K=0$ )  $\lambda \pm i\omega$   
 $\Rightarrow$  inst. Fokus ( $\lambda > 0$ )

Kostenfkt.  $Q = \frac{1}{2} [(x(t) - x(t-\tau))^2 + (y(t) - y(t-\tau))^2]$

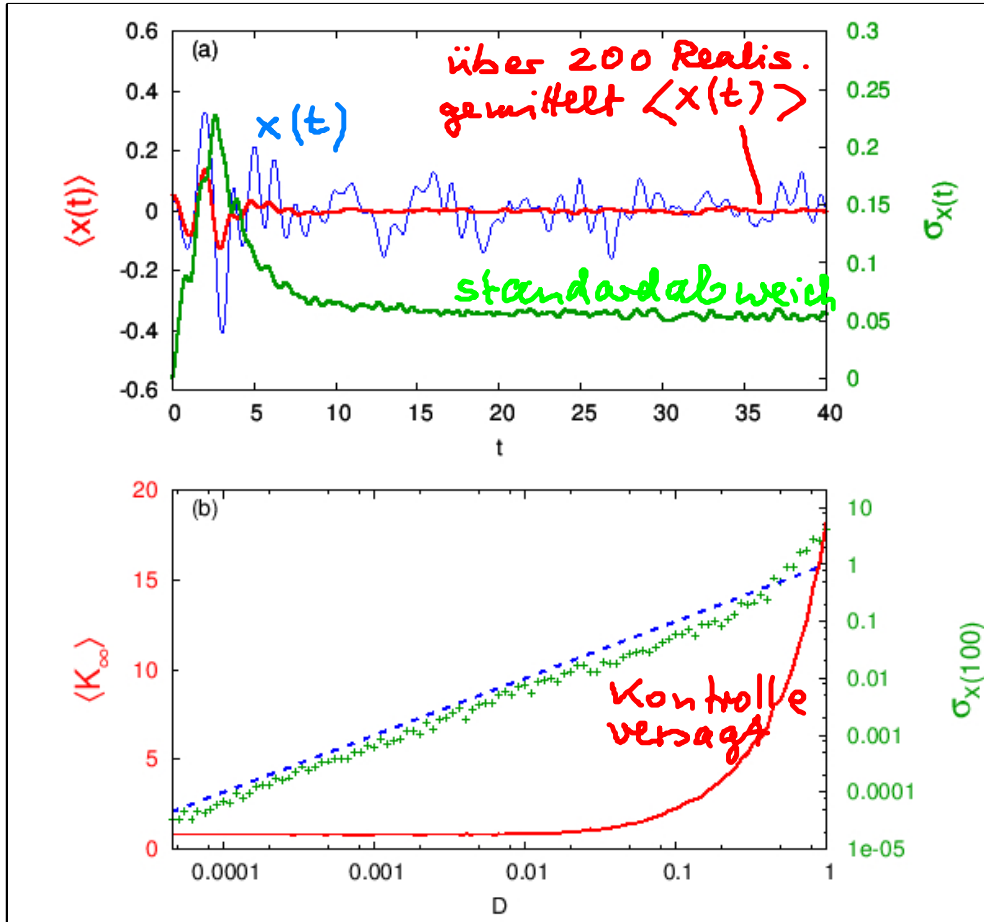
$$\begin{aligned} \dot{K} &= -\Gamma \frac{\partial Q}{\partial K} = -\Gamma \left\{ [x(t) - x(t-\tau)] \frac{\partial}{\partial K} [x(t) - x(t-\tau)] \right. \\ &\quad \left. + [y(t) - y(t-\tau)] \frac{\partial}{\partial K} [y(t) - y(t-\tau)] \right\} \\ &= \Gamma \left\{ [x(t) - x(t-\tau)] [(x(t) - x(t-\tau)) - (x(t-\tau) - x(t-2\tau))] \right. \\ &\quad \left. + [y(t) - y(t-\tau)] [(y(t) - y(t-\tau)) - (y(t-\tau) - y(t-2\tau))] \right\} \\ &= \Gamma \left\{ [x(t) - x(t-\tau)] [x(t) - 2x(t-\tau) + x(t-2\tau)] \right. \\ &\quad \left. + [y(t) - y(t-\tau)] [y(t) - 2y(t-\tau) + y(t-2\tau)] \right\} \end{aligned}$$



adaptive zeitverzögerte  
 Rückkopplungskontrolle  
 eines Fixpunktes  
 bei driftenden System-  
 parameter  $\lambda$

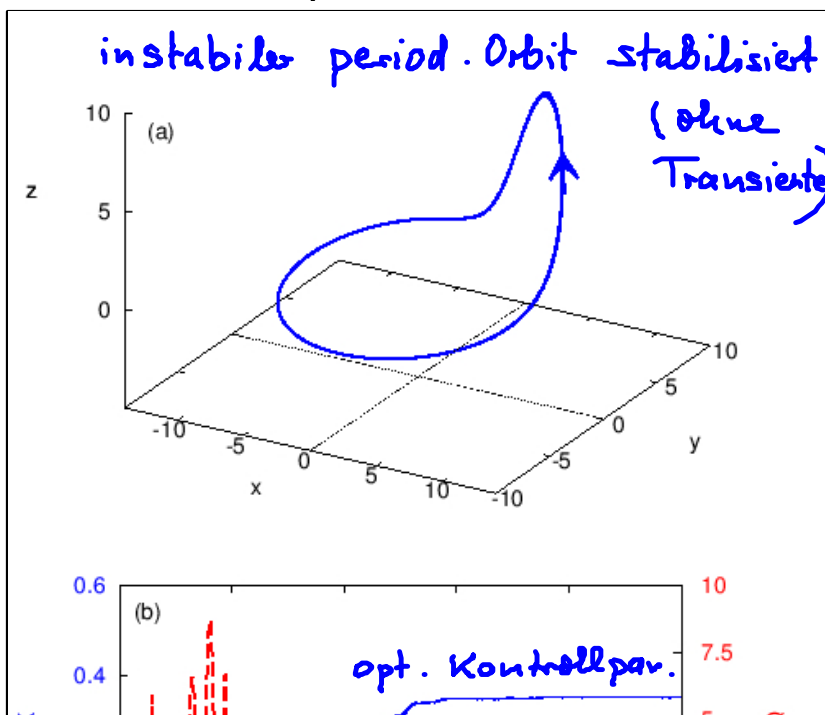


• robust gegen Rauschen  $D\mathcal{I}_{1,2}(t)$  :

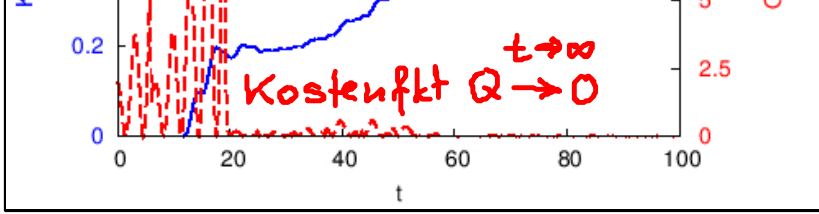


## Stabilisierung eines instab. period. Orbits

Rössler - System (chaotisch)



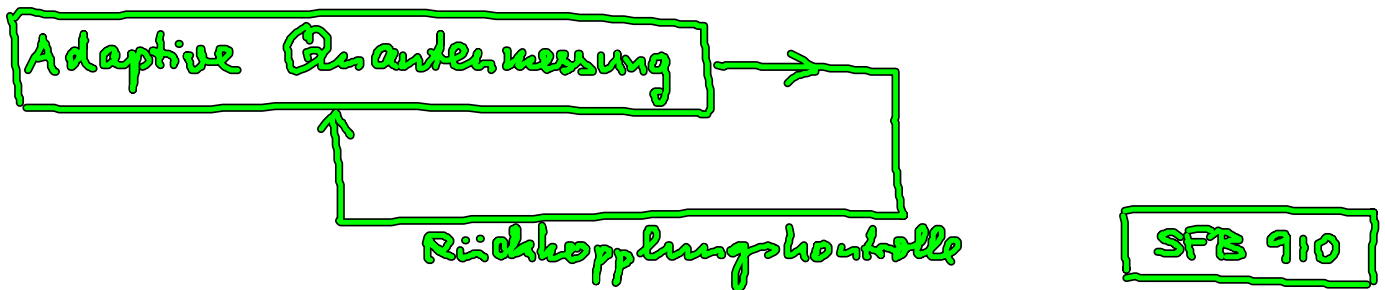
$$\tau = 5.9.. = T_{uro}$$



## 2.4 Quantenkontrolle

Howard Wiseman & G. Milburn: Quantum Measurement and Control (Cambridge U Press 2010)

5th Int. Conf. on Physics and Control (PhysCon 2011, Leon):  
 "Bringing quantum jumps under control"



Vortrag H. Wiseman: TU Berlin, Mi 7.12.2011 16:00

"How many bits does it take <sup>to track</sup> an open quantum system?"

R. Kosloff & H.M. Wiseman: PRL 106, 020406 (2011)