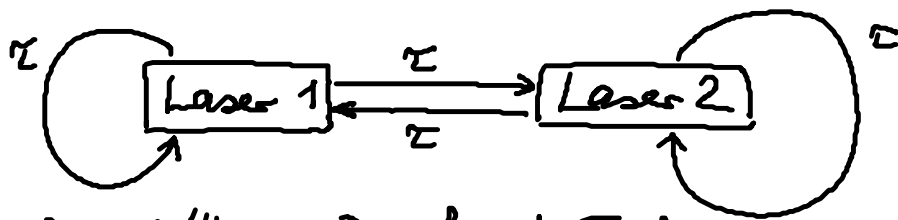


Zeitverzögert gekoppelte Laser (Fortsetzung)



Hinkel, D'Huy, Dandekar, Fischer, Schöll: PRE 79, 065201(R) (2009)

Modellierung mittels Lang-Kobayashi-Gln.:

$$\frac{dE_1}{dt} = \frac{1}{2}(1+i\alpha)n_1 E_1 + \frac{L}{2} E_1(t-\tau) + \frac{K}{2} E_2(t-\tau) + F_{E_1}(t)$$

$$\frac{dE_2}{dt} = \frac{1}{2}(1+i\alpha)n_2 E_2 + \frac{L}{2} E_2(t-\tau) + \frac{K}{2} E_1(t-\tau) + F_{E_2}(t)$$

$$T \frac{dn_{1,2}}{dt} = I - n_{1,2} - (1+n_{1,2}) |E_{1,2}|^2$$

Zur Untersuchung der synchronen Lösung: Verwende neue

Koordinaten: $\underline{S} = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)$ synchrone Variable

$\underline{A} = \frac{1}{2}(x_1 - x_2)$ antisymm. Var.

$$\underline{x}_j = \begin{pmatrix} E_j \\ n_j \end{pmatrix} \quad (\text{s. gekoppelte Hopf-Normalformen in Kap. 4})$$

Einsetzen liefert

$$\dot{\underline{S}} = \frac{1}{2} \left[f(\underline{S} + \underline{A}) + f(\underline{S} - \underline{A}) \right] + \frac{1}{2} (L+K) \underline{S}(t-\tau)$$

$$\dot{\underline{A}} = \frac{1}{2} \left[f(\underline{S} + \underline{A}) - f(\underline{S} - \underline{A}) \right] + \frac{1}{2} (L-K) \underline{A}(t-\tau)$$

für $L=K$ verschwindet Zeitverzögerung
in \underline{A}

Betrachtung Bewegung in synchr. Mannigf. ($\underline{A}=0$)

und linearisiere \underline{A} um $\underline{A}=0$ ($L=K$):

$$\dot{\underline{S}} = f(\underline{S}) + K \underline{S}(t-\tau) \quad (\underline{A}=0)$$

$$\dot{\underline{A}} = \underline{Df(\underline{s})} \underline{A}$$

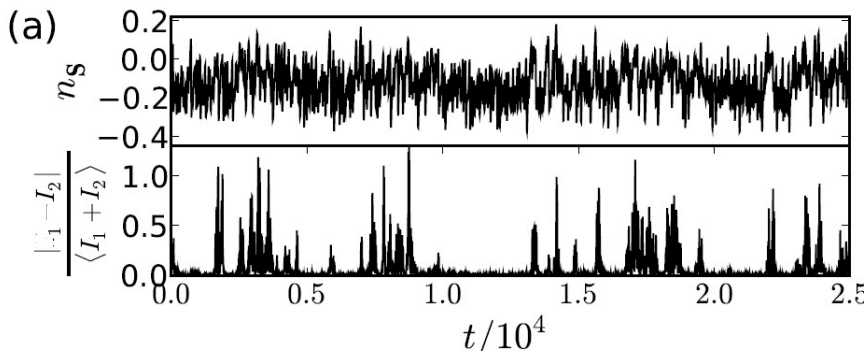
Jacobi-Matrix bei $\underline{A} = 0$

Gleichung für synchrone Koordinate:

$$\frac{dE_s}{dt} = \frac{1}{2} (1 + i\kappa) n_s E_s + K E_s(t - \tau) + F_{E_s}(t)$$

$$T \frac{dn_s}{dt} = I - n_s - (1 + n_s) |E_s|^2$$

+ Gleichungen für E_A und n_A , die von E_s, n_s abhängen



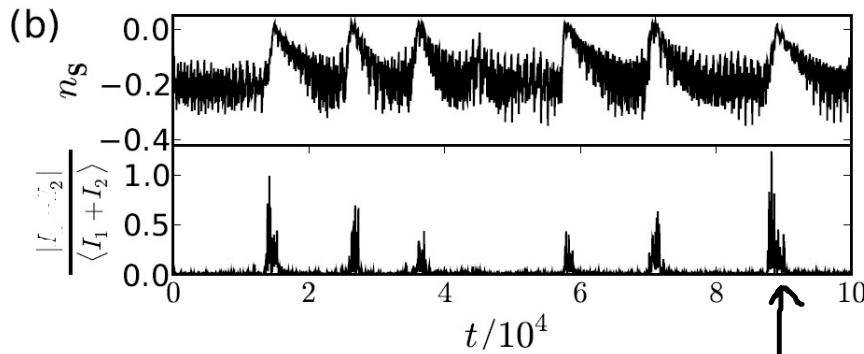
$I = 1.0$ Pumpstrom

Kohärenzkollaps ($j=1,2$) (CC)

opt. Intensität $I_j = |E_j|^2$

Maß für Resynchron. $\sim \frac{|I_1 - I_2|}{I_1 + I_2}$

$T = 200, K = 0.12, \kappa = 4$
 $\tau = 1000$



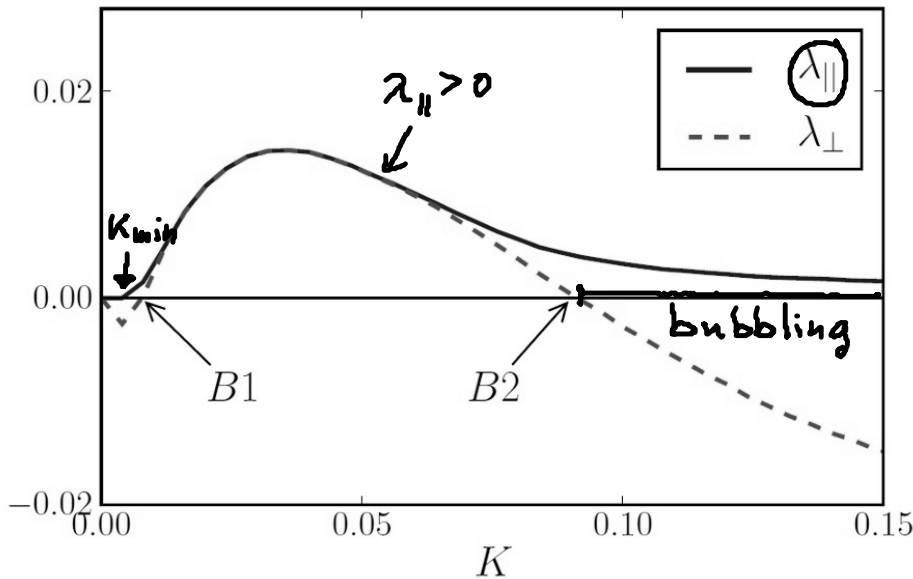
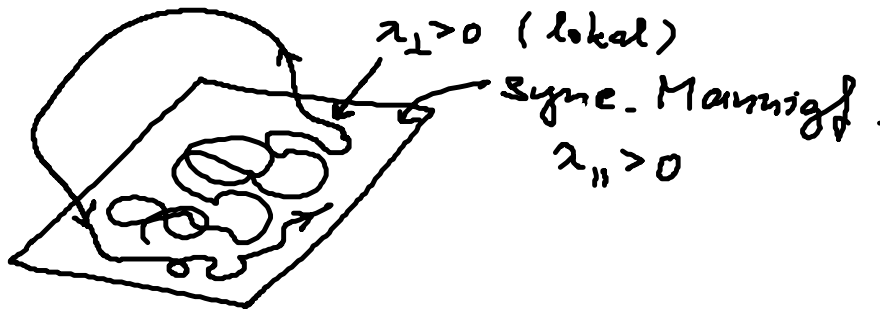
$I = 0.1$ Pumpstrom

low-frequency fluctuations (LFF)

Desynchronisation: „bubbling“
(induz. durch spontane Emission)
- Rauschen

Untersuchung der Stabilität des synchronen Zustands:

- longitudinaler Lyapunov-Exponent $\lambda_{||}$ (in synchroener Mannigfaltigkeit.)
z.B. $\lambda_{||} > 0$ chaos
- transversalen Lyapunov-Exp. λ_{\perp} (senkrecht zur synchr. Mannigf.)



synchroener Zustand
für $K > K_{\min}$ chaot.
($\lambda_{||} > 0$)

B1, B2: blowout bif.
($\lambda_{\perp} > 0$: Desynchron.
(determinist.))

$K > B_2$: bubbling
($\lambda_{\perp} < 0$, aber Desync
durch Rauschen)

Zur Untersuchung der transversalen Stabilität u. Intensitätsfluktuationen (bubbling) verwerende Lösungsansatz (rotating wave ansatz)

$$E_S(t) = R_S(t) e^{i\phi_S(t)} = R_S e^{i\omega t} \quad (\text{Phase } \phi_S \text{ linear in } t)$$

Einsetzen liefert: $\dot{R}_S = \dots$

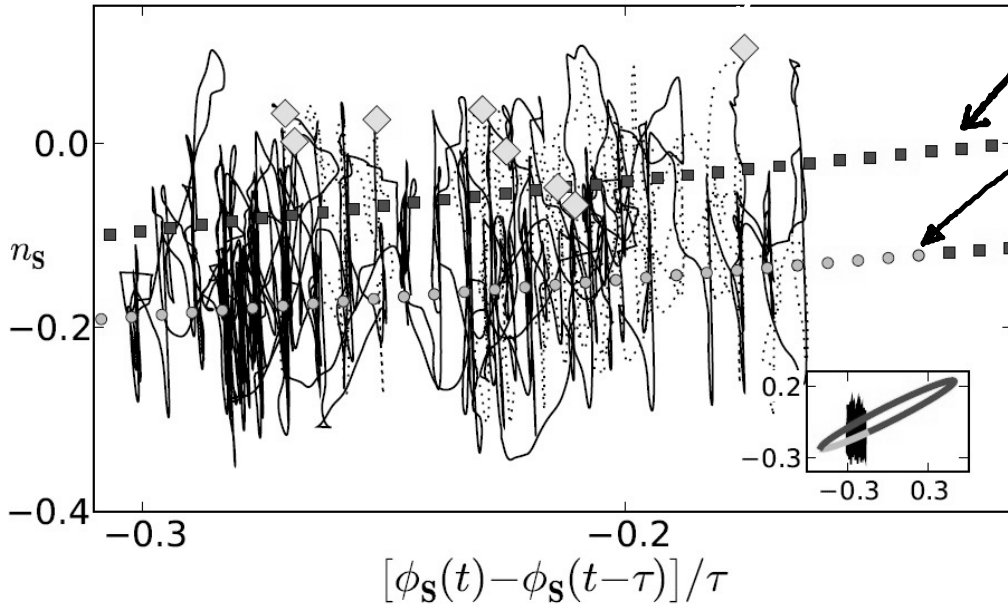
$$\omega = \dot{\phi}_S = \dots$$

Bestimmen der invarianten periodischen Lösungen liefert sog. „external cavity modes (ECM)“

(bzw. „compound laser modes (CLM)“)

(Analyse/Herleitung: Projekt „Laser mit Feedback“)

Kohärenzhollaps (Simul.) Beginn der Dynam. \blacklozenge



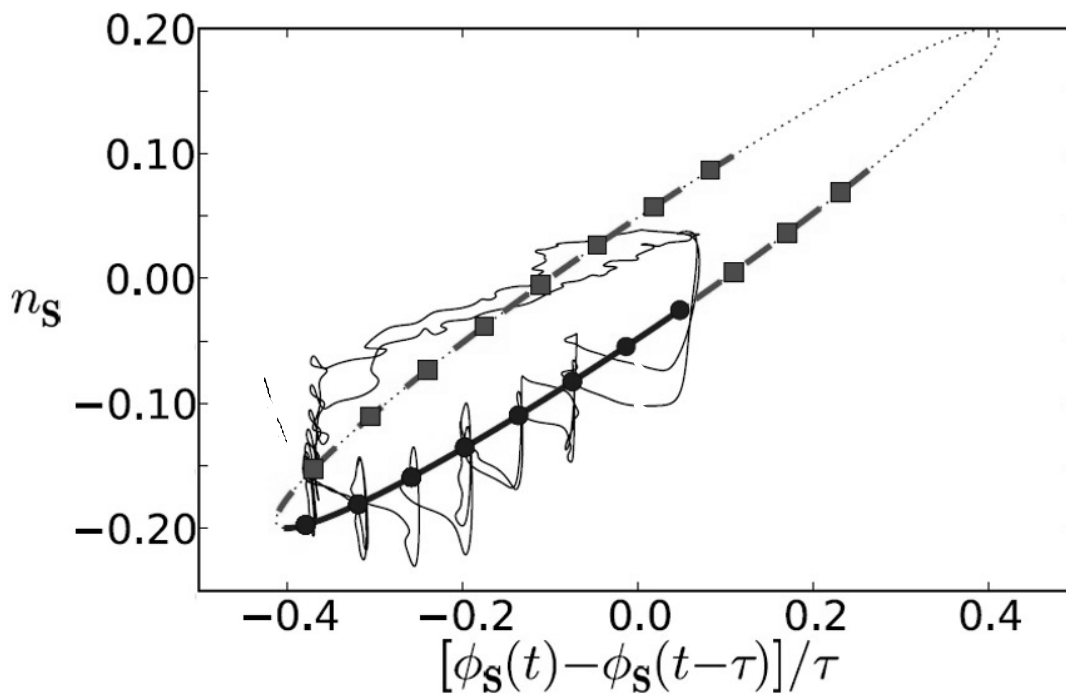
transversal
instabile ECM \blacksquare
stabile ECM \bullet

$$\frac{\phi_s(t) - \phi_s(t-\tau)}{\tau} = \frac{\omega t - \omega(t-\tau)}{\tau} = \omega$$

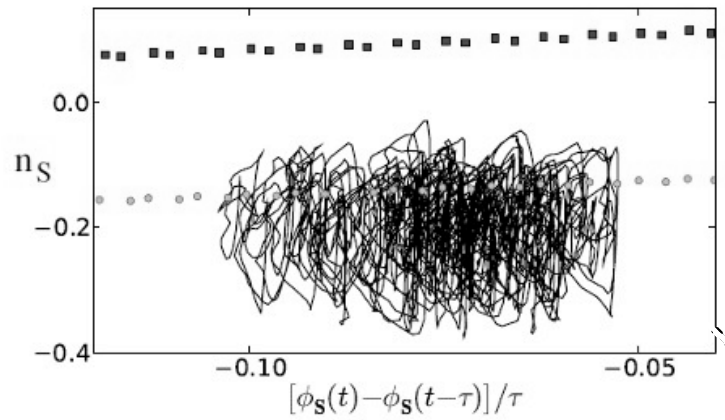
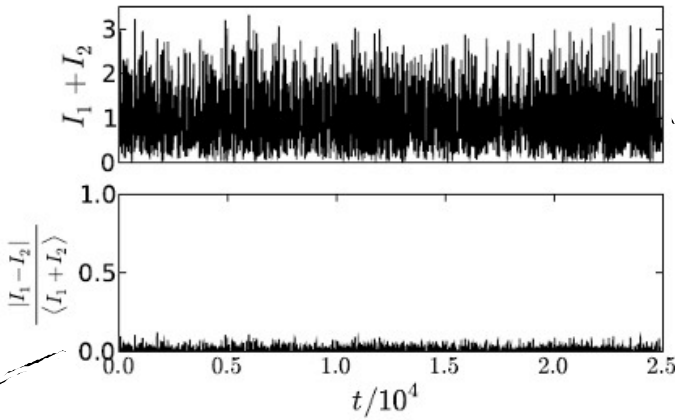
Kohärenzhollaps (CC): Dynamik/Trajektorie häufig im Bereich instabiler ECM-Moden \blacksquare

ECM: Lösungen in der (ω, n_s) -Ebene liegen auf Ellipsen (Moden + Antimoden)

Low-frequency fluctuations (LFF):



Aktives Relay : 3. Laser statt Spiegel



synchrone Zustand oszilliert weiterhin chaotisch ($\lambda_{11} > 0$)

synchrone Zustand ist stabilisiert (für hohen Pumpstrom)
 \Rightarrow keine Fluktuationen in $|E_1|^2 - |E_2|^2$ des Relay-Lasers
 $I_{\text{relay}} = 4, I_{1,2} = 1$

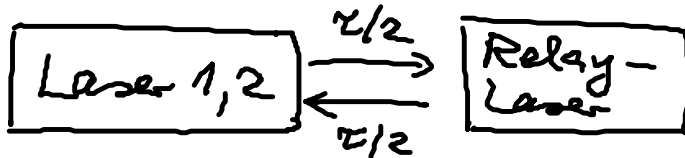
d.h. $\underline{S} \neq 0, \underline{A} = 0$

- Grund für Stabilisierung der Synchron.:
 Trajektorie bleibt in (ω, n_S) -Ebene im Bereich der stabilen externen Kavitätsmoden (ECM)

Hier $I_{\text{relay}} = 4 I_{1,2}$ (Pumpstrom)

- Relay-Laser selbst ist nicht mit Laser 1/2 synchronisiert

effektive Kouf.
 (s. §6.3 Anfang)



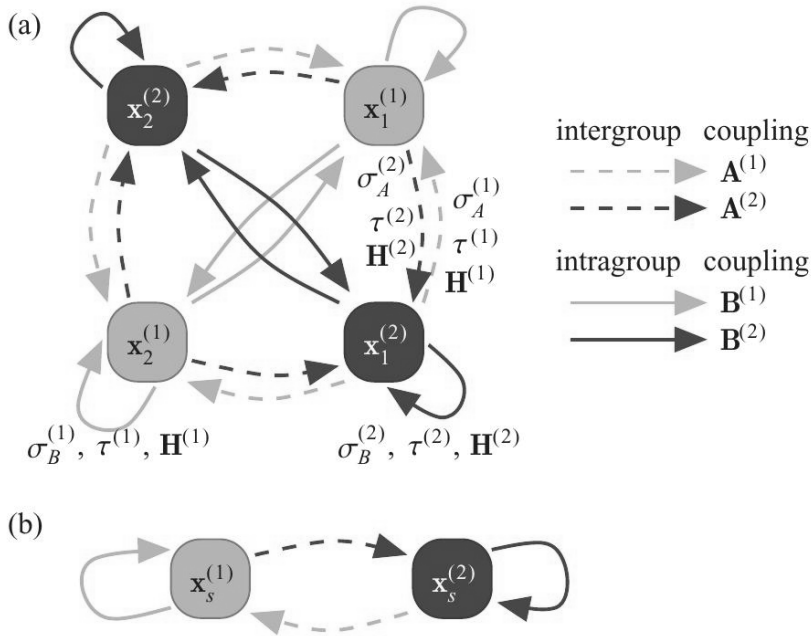


FIG. 1. (Color online) (a) Schematic diagram of two groups visualizing parameters and dynamical variables as in Eq. (1) for multipartite topologies (dashed arrows only, $\sigma_A^{(k)} \equiv \sigma^{(k)}$) and as in Eq. (18) for multiple coupling matrices (dashed and solid arrows). (b) The corresponding synchronization manifold according to Eqs. (2) and (19).

Netzwerke von Lasern:

Gruppen-synchron.

(1) blau

(2) rot

Dahms, Lehner, Schöll:
PRE (2012)

Exp. (Optoelektron. Dsz)

PRL (2013), in print
Williams, Murphy, Roy,
Dahms, Sornette, Schöll