

# Photomech 2

$$\langle \psi | \rho | \psi \rangle = A + B$$

Anteil A (B)

$$\begin{aligned} \langle A_n = \sum_{n_0}^{\infty} \int dt_3 \int dt_2 \int dt_1 & \frac{1}{\mathcal{E}^3(t-t_1)} e^{-ik_1 \cdot x + i\omega_1(t-t_1)} d_{n_1} \cdot \vec{E}_1(t-t_3-t_2-t_1) \\ & e^{ik_2 \cdot x - i\omega_2(t-t_2)} d_{n_2} \cdot \vec{E}_2(t-t_3-t_2) \\ & e^{-ik_3 \cdot x + i\omega_3(t-t_3-t_2-t_1)} d_{n_3} \cdot \vec{E}_3(t-t_3-t_2-t_1) \\ & e^{i(\omega_1 - n)t_3} e^{-2nt_2} e^{+i\omega_1 t_1 - nt_1} \end{aligned} //$$

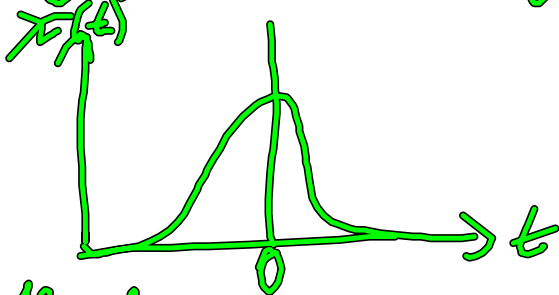
Wir betrachten ein Ensemble

$$\sum_n \langle \psi | \rho | \psi \rangle = \sum_n (A_n + B_n)$$

Vorbetrachten

$$\begin{aligned} \sum_n e^{-i\omega_1^n t_3} e^{-i\omega_1^n t_1} &= \sum_n e^{-i(\omega_1 + \Delta\omega^n)t_3} e^{-i(\omega_1 + \Delta\omega^n)t_1} \\ &= e^{-i\omega_1(t_3+t_1)} \sum_n e^{-i\Delta\omega^n t_3} e^{-i\Delta\omega^n t_1} \\ &= e^{-i\omega_1(t_3+t_1)} \mathcal{N}(-t_3 - t_1) \end{aligned}$$

$\mathcal{N}$  gepunktet, vgl. inhomogen Verbinder



Aber für  $t_1, t_2 \rightarrow \infty$   $\mathcal{N} \rightarrow 0$  verschwindet also bei delay!

Anders als Aufl. B (analog zu A) Richtung  $-k_3 - k_2 + k_1$

B = wie A +

$$\sum_n B_n = \int_{-\infty}^{\infty} dt_3 \int_{-\infty}^{\infty} dt_2 \int_{-\infty}^{\infty} dt_1 \int_{d_1} \hat{E}_3^{\perp}(t-t_3) \cdot d_{e1} \hat{E}_2^{\perp}(t-t_3-t_2) \cdot d_{e2} \hat{E}_1^{\perp}(t-t_3-t_2-t_1) \cdot d_{e3} \hat{E}_0^{\perp}(t-t_3-t_2-t_1) \cdot d_{e4}$$

$$e^{-i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + i\omega_3(t-t_3)} e^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - i\omega_2(t_3+t_2)} e^{-i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} + i\omega_1(t-t_3-t_2-t_1)} e^{(-i\omega_3 - \omega_2 - \omega_1)t_3 - 2\omega_2 t_2 + i\omega_1 t_1 - \omega_3 t_3} \chi(t_3+t_2)$$

Das ist  
das Photon E<sub>1k</sub>!

Peak  $t_1 = t_3$

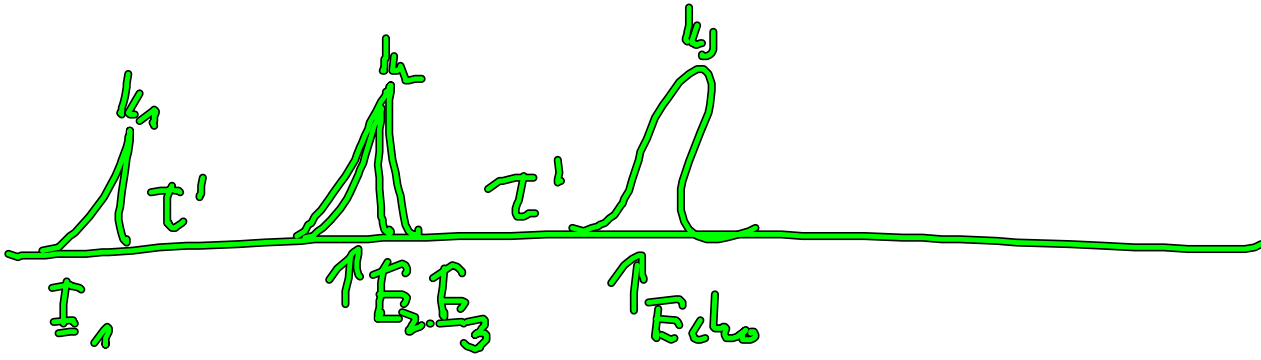
Wie funktioniert das?

$$\chi(-t_3+t_1) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-i\omega t_3} e^{i\omega t_1}$$

Als in der Zeit von  $t_1$  wird die Phase verändert  $t_1 \cdot \Delta\omega^n$  (inhomogen & phasig) das durch  $t_3$  danach in der Zeit  $t_3$  die Phase um  $-t_3 \cdot \Delta\omega$  verändert wird. inhomogen & phasig.

$\Rightarrow$  Der Prozess der inhomogen Verbreiterung wird rückgängig gemacht. ( $t_1 = t_3$ )

162. a) Prinzip



Also Ansatz

$$\hat{E}_1(t) = \hat{E}_1 \delta(t + \tau')$$

$$\hat{E}_2(t) = \hat{E}_2(t) = \hat{E}_{23}(t)$$

Also

$$\begin{aligned} \hat{B}_n(t) = & d_{n1} \hat{E}_1 \hat{E}_{23} \cdot d_{n2} \hat{E}_{23} \cdot d_{n1} \\ & e^{-i\mathbf{k}_1 \cdot \mathbf{r}} e^{i\mathbf{k}_2 \cdot \mathbf{r}} e^{-i\mathbf{k}_3 \cdot \mathbf{r}} e^{-i\omega_1 \tau'} \\ & e^{(i\omega_2 - \gamma)t} e^{i\omega_3 \tau' - \gamma \tau'} \\ & e \quad e \end{aligned}$$

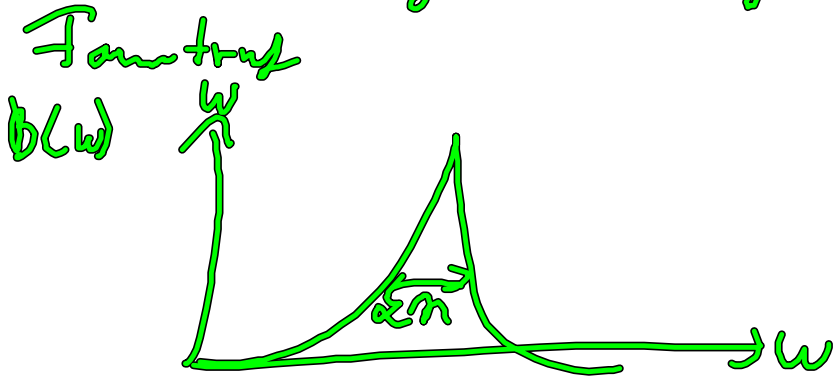
Ansatz für  $t = \tau'$  (Euler-Prinzip)

$$\begin{aligned} \hat{B}_n(\tau') = & d_{n1} \cdot \hat{E}_1 \cdot \hat{E}_{23} \cdot d_{n2} \hat{E}_{23} \cdot d_{n1} \\ & e^{-i\mathbf{k}_1 \cdot \mathbf{r}} e^{i\mathbf{k}_2 \cdot \mathbf{r}} e^{-i\mathbf{k}_3 \cdot \mathbf{r}} e^{-i\omega_1 \tau'} \\ & e \quad e \quad e \quad e \end{aligned}$$

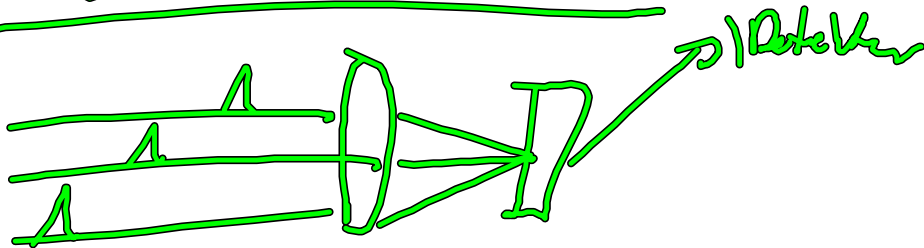
$$\underline{\underline{e^{-2n\tau'}}} \quad \hookrightarrow \text{Dephasierung}$$

Fouriertransf. für  $\tau'$  ergibt Absorbtivspektrum  
mit nur homogener Verbreiterung.

Inhomogene Verbreiterung eliminiert!



## (V26) Detektionsarten



1. Detektionsart: homodyne Detektion

Das ganze Echo wird integriert

$$\int_{SP\Xi}(\tau', \tau) = \int_0^{\infty} dt |\rho^{(2)}(k_a, t)|^2$$

z.B. mit Kalibrierung

Vorteil: Einfach!

Nachteil

- Phase geht verloren
- kein lockt. einziges Echo
- Inhomogene Verbreiterung muss groß sein.

Phase sollte detektierbar sein

## ⇒ Heterodyne Detektion

Wie bekommt man die Phase raus?

Phase wird durch Interferenzen gemessen

Signal wird mit lokalem Oszillator gemischt.

$$E_{L0}(r, t) = \underbrace{E_{L0}(t - \tau')}_{\substack{\text{am Phasen-Eck} \\ \text{Punkt}}} \exp(i k_{L0} \cdot r - i \omega_{L0} t - i \varphi) + c.c.$$

Plan differenzieren zu den Punkten

Wichtig Phasen gemischt.

$$S_{HSPF}(\tau', \tau, \varphi) = -2 \operatorname{Im} \left( \int_{-\infty}^{\infty} dt \tilde{E}_{L0}^*(t - \tau') P^{(S)}(k, t) \cdot \exp(i \varphi + i(\omega_{L0} - \omega_s) t) \right)$$

$$S_{HSPF} \propto 2 \operatorname{Re}(E_s E_{L0}) \quad \text{vs.} \quad S_{SPF} \propto |E_s|^2$$

↑  
Stärker lokaler Oszillator verstärkt das Signal

Weiterhin

Reiz von Real und Imaginärteil ist möglich.  $\varphi = 0$  Real Teil,  $\varphi = \frac{\pi}{2}$  Imaginär Teil.