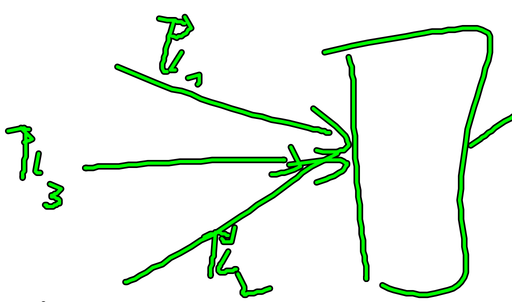
Zusammenfassung Richtungsselektion

Bei n-wave mixing:

- Das erzeugte Signal in Richtung k_s' was unter Umständen ungleich $\underline{k}_s$ der Summe der eingestrahlten Signale ist.
- Die „Phase matching condition" $\Delta k \cdot l << \pi$ gilt aber ab Limit Schichtdicke (Begrenzt Stärke des Signals) (Außer $\Delta k = 0$ bei Pump-Probe)
- Signal

$$I_s(t) = \frac{\varepsilon_0 n_s}{2} |E_s|^2$$

$$= 4 \frac{1}{n_s} \frac{\omega_s^2}{c^2} l^2 |P_s(t)|^2 \operatorname{sinc}\left(\frac{\Delta k l}{2}\right)$$



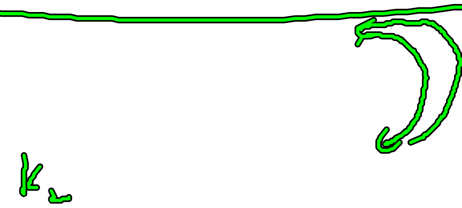
$\vec{k}_s = \vec{k}_1 + \vec{k}_2 + \vec{k}_3$

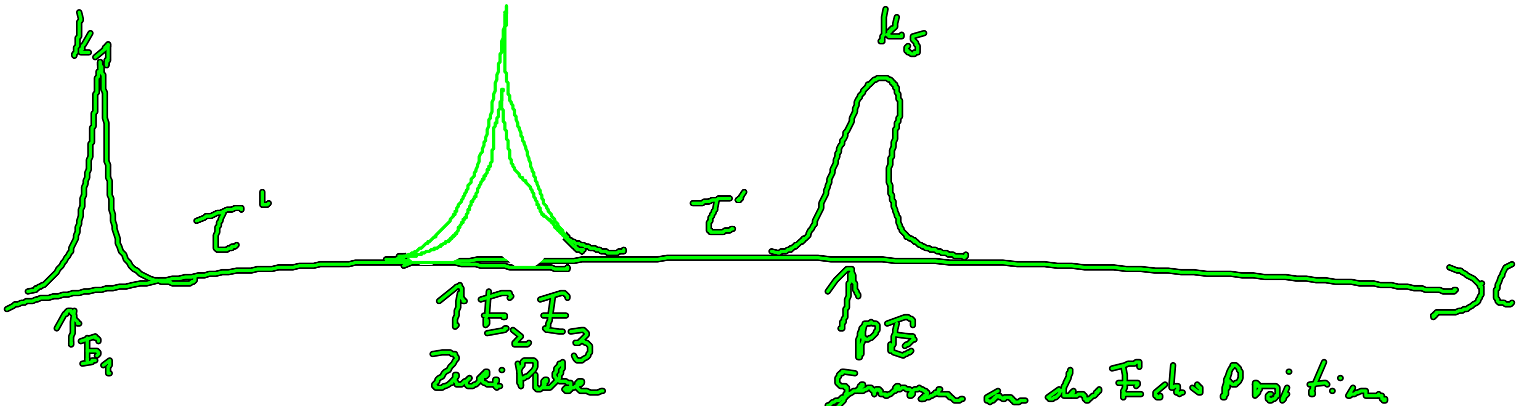
$\omega_s = \omega_1 + \omega_2 + \omega_3$

$\omega_s = c|k_s'|$

IV.2 Photonecho (Gegenmittel gegen inhomogene Verbreiterung)

Idee PE





Dies erklärt Elimination der inhomogenen Verbreiterung!

Aber warum? Die allgemeine Response f. Vierwellenmischen – Am Beispiel an Zwei-Niveausystem..

Erinnerung an Pump-Probe

$$tr(|2\rangle\langle 2|\rho^{(2)}) = 2\,\mathrm{Im}\int_{t_0}^{t} dt'\, i\, e^{-2\tilde{\gamma}(t-t')} \frac{E_2(t')\, d_2}{\hbar}\int_{t_0}^{t'} \frac{d_{21} E_1(t'')}{\hbar} \cdot e^{-\left(\frac{i}{\hbar}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)-\gamma\right)(t'-t'')}\, dt''$$

Diesmal nicht Lsg. im Frequenzraum, wir messen im Zeitraum.

$$\partial_t\, tr(|1\rangle\langle 2|\rho^{(3)}) = \left(\frac{-i}{\hbar}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)-\gamma\right) tr(|1\rangle\langle 2|\rho^{(3)}) - \frac{i}{\hbar} E(t)\cdot d_{21}\left(\cancel{1} - 2\, tr(|2\rangle\langle 2|\rho^{(2)})\right)$$

$\Downarrow$ Lösung

$$tr(|1\rangle\langle 2|\rho^{(3)}) = \int_{t_1}^{t} dt'\, e^{\left(\frac{-i}{\hbar}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)-\gamma\right)(t-t')} \left(-\frac{i}{\hbar}\right) E_3(t')\cdot d_{21}\left(-2\, tr(|2\rangle\langle 2|\rho^{(2)})\right)$$

Alles ineinander einsetzen:

$$\mathrm{tr}(|v\rangle\langle u|\rho^{(3)}) = \Big(-i\int_{t_0}^{t} dt'\, e^{\frac{i}{\hbar}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)-\eta)(t-t')} \left(-\frac{i}{\hbar}\right) E_3(t')\cdot d_{21}$$

$$\int_{t_0}^{t'} dt''\, i\, e^{-2\tilde{\eta}(t'-t'')} \frac{E_2(t'')\cdot d_{12}}{\hbar}$$

$$\int_{t_0}^{t''} \frac{d_{21}\cdot E_1^{\times}(t''')}{\hbar} e^{\frac{i}{\hbar}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)-\eta)(t''-t''')} dt'''$$

A

$$\Big(+ i\int_{t_0}^{t} dt'\, e^{\frac{i}{\hbar}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)-\eta)(t-t')} \left(-\frac{i}{\hbar}\right) E_3(t')\cdot d_{21}$$

$$\int_{t_0}^{t'} dt''\, i\, e^{-2\tilde{\eta}(t'-t'')} \frac{E_2^{\times}(t'')\cdot d_{21}}{\hbar}$$

$$\int_{t_0}^{t''} \frac{d_{12}\cdot E_1(t''')}{\hbar} e^{\left(-\frac{i}{\hbar}(\varepsilon_1-\varepsilon_2)-\eta\right)(t''-t''')} dt'''$$

B

Nehmen jetzt an, dass die Pulse δ-Pulse sind.

$$E_3(t) = \hat{E}_3(t)\, e^{i k_3\cdot r - i\omega_3 t} + c.c.$$

$$E_2(t) = \hat{E}_2(t)\, e^{i k_2\cdot r - i\omega_2 t} + c.c.$$

$$E_1(t) = \hat{E}_1(t)\, e^{i k_1\cdot r - i\omega_1 t} + c.c.$$

Anteil A

Variablentransformation ($t_0 \to -\infty$)

$$\int_0^\infty dt_3 \int_0^\infty dt_2 \int_0^\infty dt_1\, E_3(t-t_3)\cdot d_{2n}\, E_2(t-t_3-t_2)\cdot d_{n2}\, d_{21} E_1(t-t_3-t_2-t_1)$$

$$e^{\left(\frac{i}{\hbar}\underbrace{(\varepsilon_1-\varepsilon_2)}_{-\omega_g}-\gamma\right)t_3}\; e^{-2\gamma t_2}\; e^{-i\omega_g t_1-\gamma_2 t_1}$$

Wir betrachten die verschieden Anteile

	(A)	t_3	t_2 (RWA)	t_1 (B)
$k_s=k_3+k_2+k_1$	$-\omega_3,-\omega_2,-\omega_1$	$-\omega_3-\omega_2-\omega_1-\omega_g$	$\cancel{-\omega_2-\omega_1}$	$\cancel{-\omega_1 \pm \omega_g}$
$k_s=k_3+k_2-k_1$	$-\omega_3,-\omega_2,+\omega_1$	$\cancel{-\omega_3-\omega_2+\omega_1-\omega_g}$	$-\omega_2+\omega_1$ ✓	$\omega_1 \pm \omega_g$ ✓
$k_s=k_3-k_2+k_1$	$-\omega_3+\omega_2-\omega_1$	$\cancel{-\omega_3+\omega_2-\omega_1-\omega_g}$	$\omega_2-\omega_1$ ✓	$\cancel{-\omega_1 \pm \omega_g}$
$k_s=-k_3+k_2-k_1$	$+\omega_3,-\omega_2,+\omega_1$	$\omega_3-\omega_2+\omega_1-\omega_g$	$-\omega_2+\omega_1$	$\omega_1 \pm \omega_g$ ✓ ‖
$k_s=-k_3-k_2+k_1$	$\omega_3,\omega_2,-\omega_1$	$\omega_3+\omega_2-\omega_1-\omega_g$ ✓	$\omega_2-\omega_1$ ✓	$\cancel{-\omega_1 \pm \omega_g}$ ⟵ (B)
$k_s=k_3-k_2-k_1$	$-\omega_3,\omega_2,\omega_1$	$-\omega_3+\omega_2+\omega_1-\omega_g$ ✓	$\cancel{\omega_2+\omega_1}$	$\omega_1 \pm \omega_g$ ✓
$\vdots$				

RWA zum Vergleich

$$= \int_0^\infty dt_3 \int_0^\infty dt_2 \int_0^\infty dt_1\, d_{21}\,\hat{E}_3(t-t_3)\, e^{-ik_3\cdot r+i\omega_3(t-t_3)}$$

$$d_{12}\cdot \hat{E}_2(t-t_3-t_2)\, e^{ik_2\cdot r-i\omega_2(t-t_2)}$$

$$d_{2n}\, \hat{E}_1^{*}(t-t_3-t_2-t_1)\, e^{-ik_1\cdot r+i\omega_1(t-t_3-t_2-t_1)}$$

$$\underline{e^{(-i\omega_g-\gamma)t_3}}\; e^{-2\gamma t_2}\; \underline{e^{-i\omega_g t_1-\gamma t_1}}$$

$=$ Bis zum Nächsten Mal