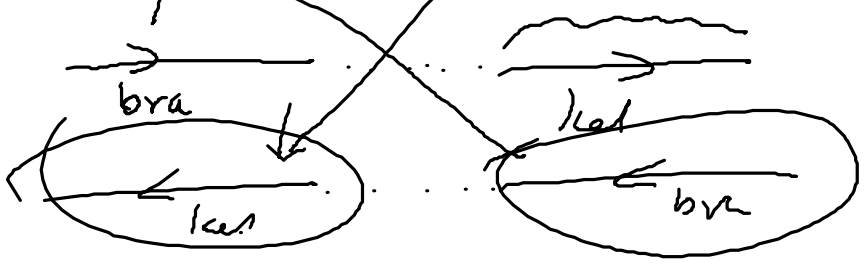
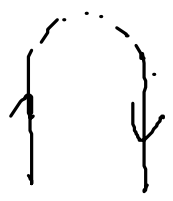


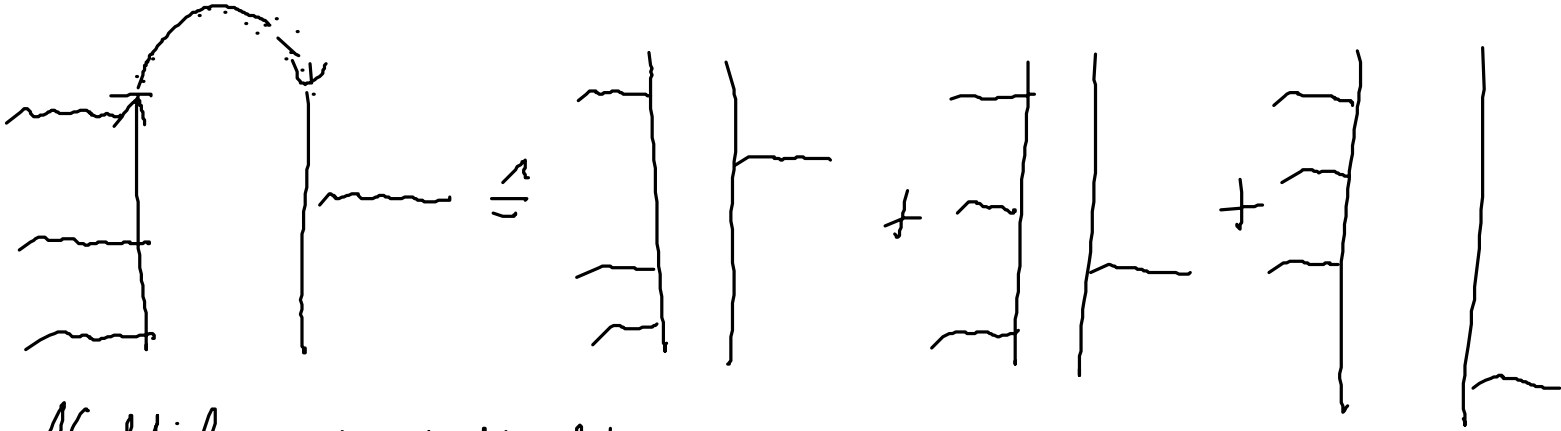
$$-\frac{i}{\hbar} \text{tr} \left(\int_{t_0}^t dt_2 \int_{t_0}^{t_2} dt_1 \int_{t_0}^t dt_3 H_1(t_3) U(t_3, t_2) U(t_2, t_1) H_2(t_1) U(t_1, t_0) \phi_0 \right)$$

$U^*(t_0, t_3)$
 $U(t_0, t_3)$



Vorteil

Weniger Diagramme!



- Nachteil:
- 1) Nicht bekannte Zeitordnung von links und rechter Seite erlaubt keine Identifikation von Dichtern.
Daher ist es nicht so leicht möglich Relaxation zu beschreiben
 - 2) Relaxation sollte bei Problemen die mit Loop-Ängsten untersucht werden berücksichtigbar sein.
 - 3) Pure Dephasierung ist ein Problem

Bemerkungen: Die Propagation auf der linken Seite erfolgt mit der retardierten Greenfunktion in Hilbräumen

$$G_0^-(t-t_1) = \Theta(t-t_1) U_0(t_1, t)$$

auf der rechten Seite „formel“ mit der avancierten Greenfunktion

$$G_0^+(t_1, t_2) = \Theta(t-t_1) U_0(t_1, t)$$

Daher ergibt sich die folgende Darstellung der Greenfunktion in Form - Raum:

$$f_a(\omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\omega - \epsilon_a + i\eta}$$

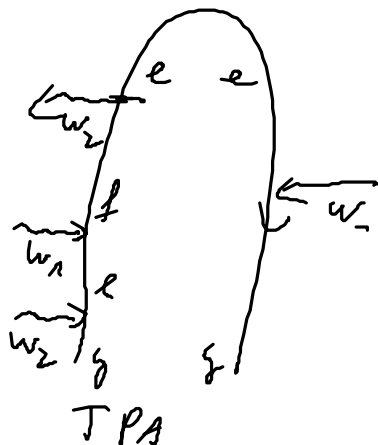
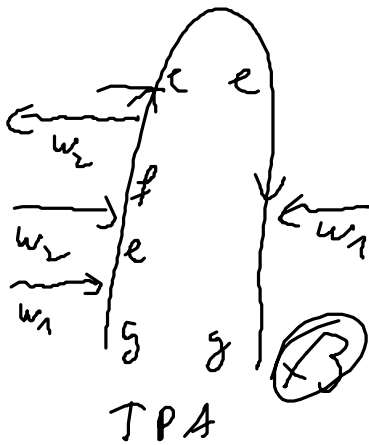
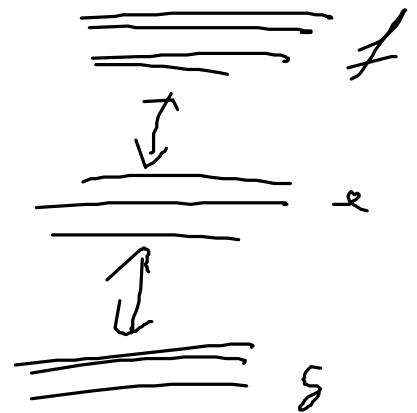
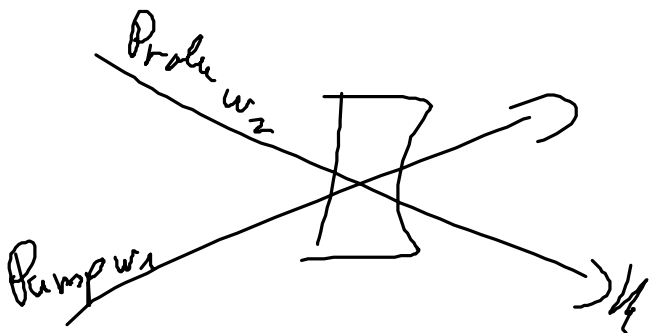
$$f_b^+(\omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\omega - \epsilon_b - i\eta}$$

Resche im Formieren

- 1.) Linke Seite verteilte Grenzfall ($\omega > \epsilon_a$)
- 2.) Rechte Seite unverteilter Grenzfall ($\omega < \epsilon_b$)
- 3.) Die Frequenzergänze sind kumulativ, das heißt sie werden entlang der Schleife addiert.
Zusätzlich wird die Frequenz des Grundzustand hinzugefügt.

4.) Es werden die Grenzfall zwischen den ω aufgeschrieben

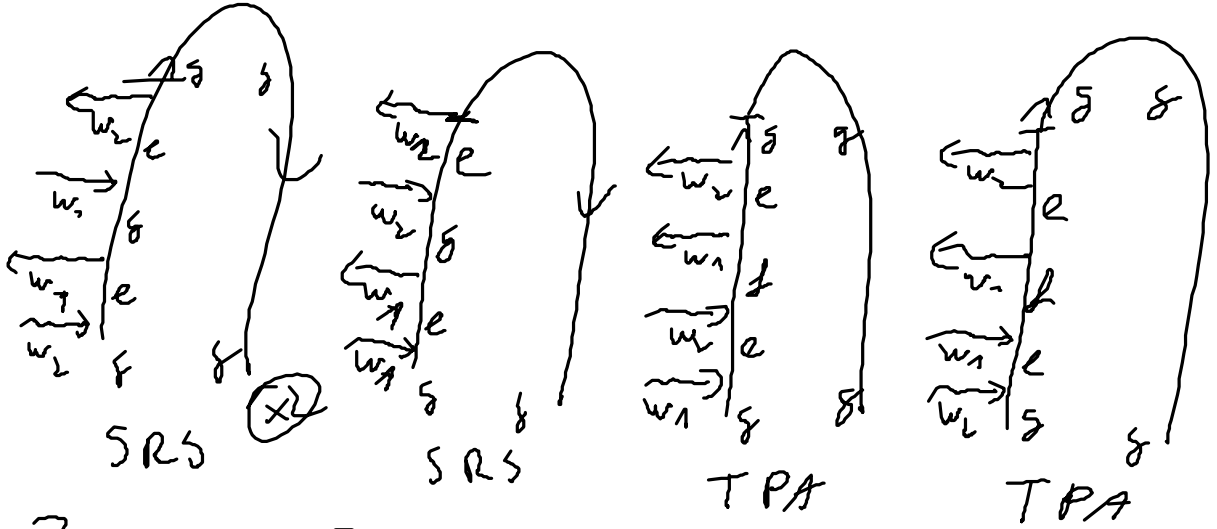
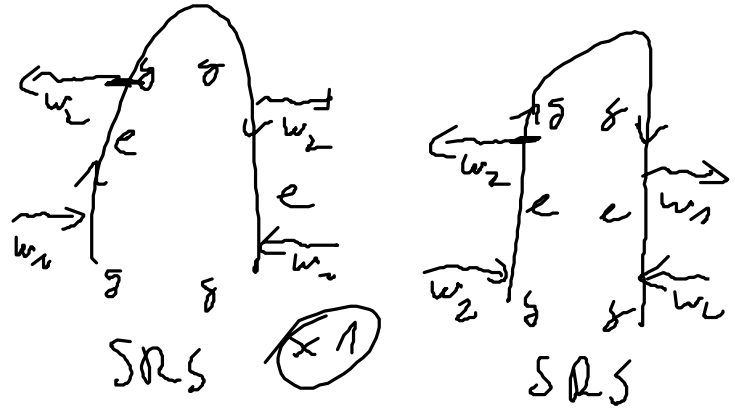
Beispiel Pump Probe (Vgl. Rukav, Makromol, Adv. Materials)



Two photon Absorption
 $\omega_1, \omega_1, \omega_2$
 entlang der Schleife

Stimulated Raman
 Scattering

↔ ↔ ↔ ↔
 out by der Schliefe



Zwei Typen Typen TPA und SRS!

Es tragen 8 Schließendigungen bei! Zum Vergleich mit 16 doppelseiten
 Feynman diagramme,

3 Beispiele für Beträge:

$$\textcircled{1} + N_{eg} N_{sc} N_{eg} N_{se} \frac{1}{(2\pi)^3} \frac{|E_1|^2 |E_2|^2}{\omega_1 - \omega_2 + \omega_2 - \omega_2 - \omega_2 - i\eta} \frac{1}{\omega_1 - \omega_2 + \omega_2 - \omega_2 + i\eta} \frac{1}{\omega_1 + \omega_2 - \omega_2 + i\eta} \frac{1}{\omega_1 + \omega_2 - \omega_2 + i\eta}$$

Raman Resonanz

Summe Imag über alle b.d.r. Frequenz

Zurück

retardiert

$$\textcircled{2} + N_{eg} N_{s-} N_{eg} N_{sc} \frac{|E_1|^2 |E_2|^2}{\omega_2 - \omega_1 + \omega_1 + \omega_2 - \omega_2 + i\eta} \frac{1}{(\omega_2 - \omega_1) + \omega_2 - \omega_2 + i\eta} \frac{1}{\omega_2 + \omega_2 - \omega_2 + i\eta}$$

13

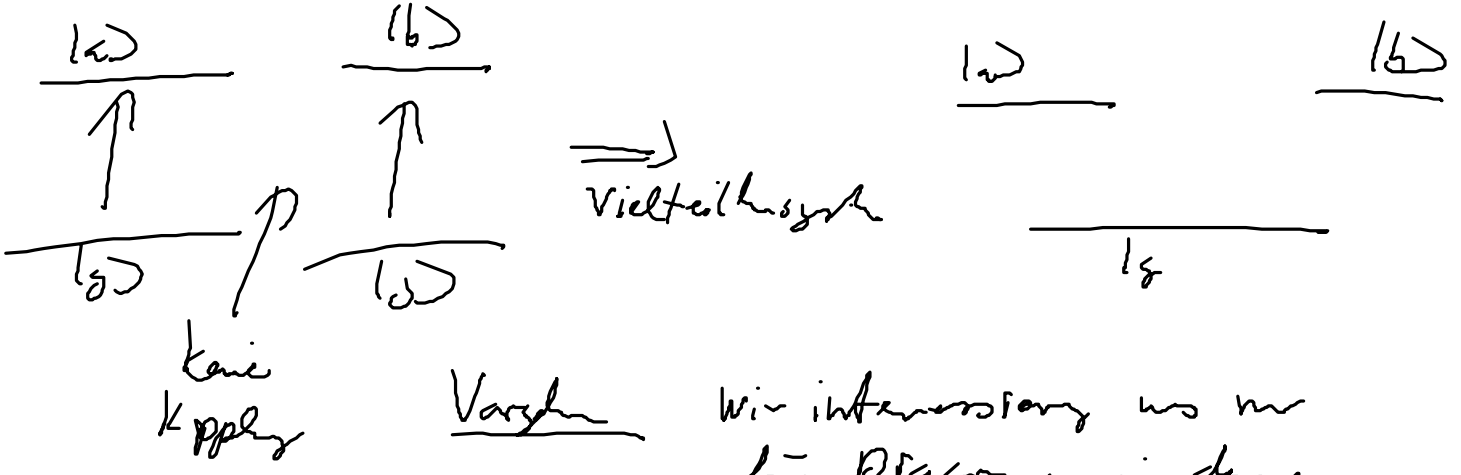
$$N_{cr}/N_{eff}/N_{eff}/N_{eff} \frac{|E_1|^2 |E_2|^2}{\omega_1 + \omega_2 - \omega_3 + \omega_4 - \omega_5 + i\gamma} \frac{1}{\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 - \omega_4 + i\gamma} \frac{1}{\omega_1 + \omega_3 - \omega_2 + i\gamma}$$

↑
Raman Resonance

↑
Two photon
Resonance TPA

Reprise

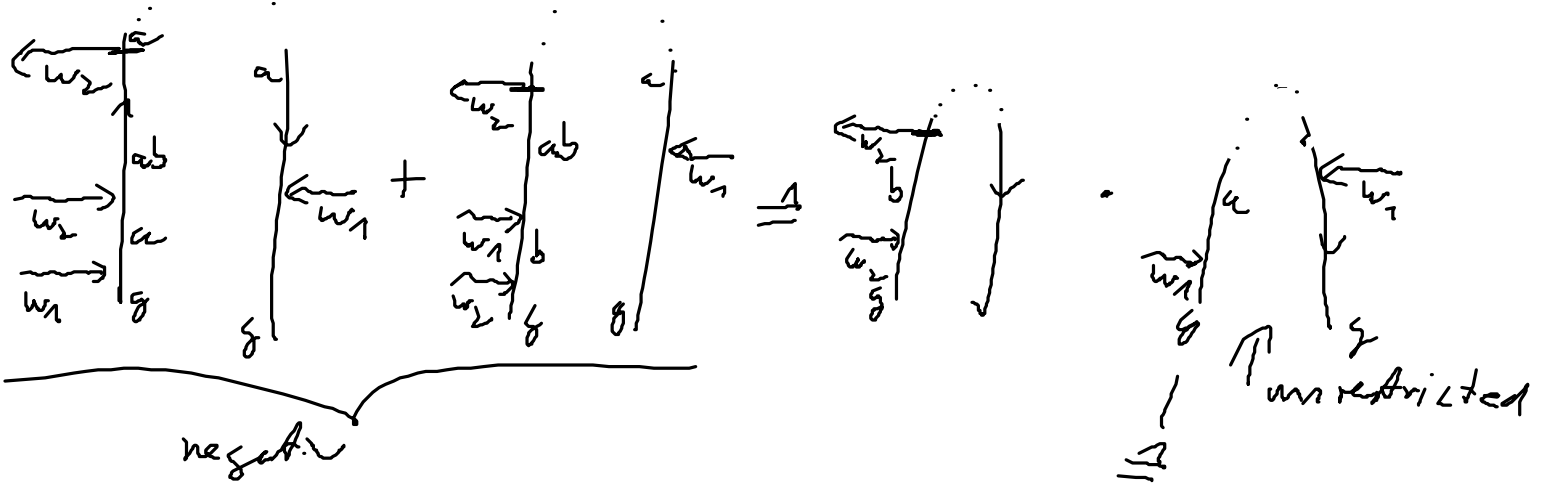
Warum sieht es bei zwei-Photon Resonanz
bei ungekoppelten System (a,b)



Vorgehen

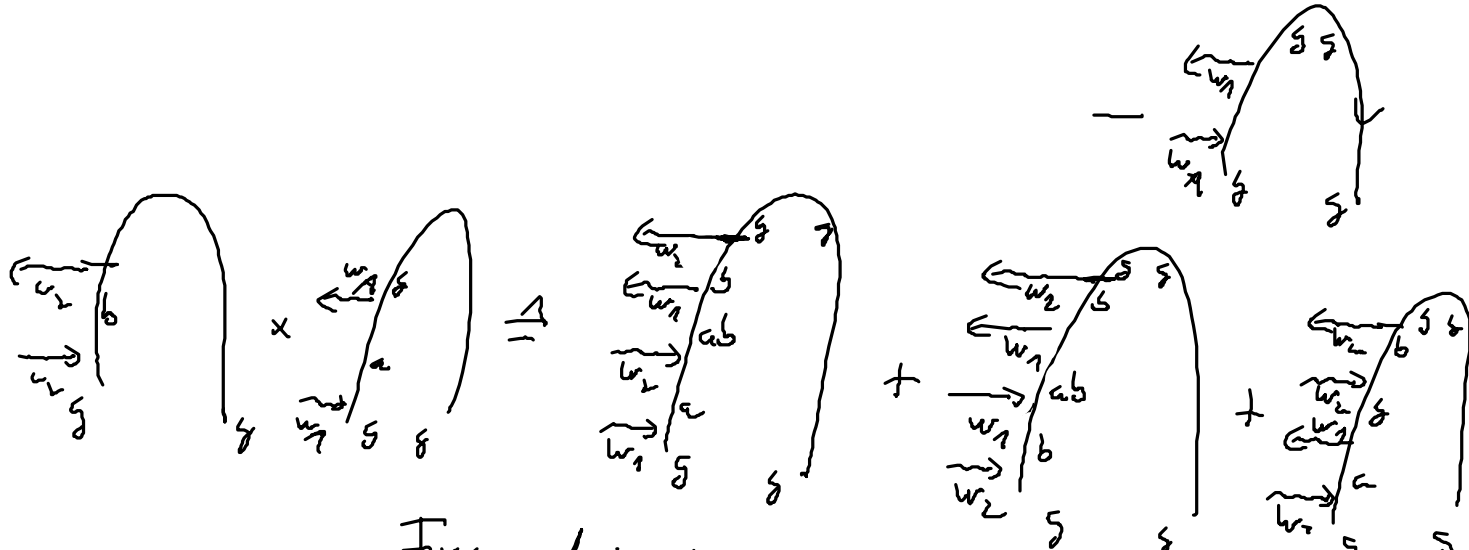
Wir interessieren uns nur
für Diagramme in denen
|a> und |b> vorkommen.

(Diagramme nur mit |a> oder
nur mit |b> sind die
Antworten der Einzelsysteme)



negativ

↑
unrestricted



Ergebnis dieser beiden Beiträge lösbar sich aus,
 Part selbst analog!

Bemerkung: Abhängig die Anordnung der
 Felder führt zu QO-WLW zur radiation coupling
 (Stichwort Superradiance)

Streng genommen sieht es keine ungekoppelte Systeme!

IV.3 Quantenoptik

Modifikation Hamilton operatoren:

$$H_1 = V^\dagger E + E^\dagger V$$

$$V^\dagger = \sum_{i < j} \mu_{ij} |i\rangle \langle j|$$

\uparrow Frequi
 \uparrow Dipolmoment

$$E = \sum_{s, \sigma} \epsilon_{0s} a_{s\sigma}$$

$$[E^\dagger, E]_- \neq 0$$

$$[a_{s\sigma}, a_{s\sigma}^\dagger]_- = \delta_{s\sigma} \delta_{ss}$$

$$[a_{s\sigma}, a_{s\sigma}]_- = 0 \Rightarrow [E, E]_- = 0$$

Zusätzlich zur Erwartungswert des elektromagnetischen Systems
 kommt noch der Erwartungswert des photonischen Systems!

Besonders wichtig, Reihenfolge der Operatoren!
Zur Erinnerung! Die Operatoren werden entlang
der Schleife ~~in~~ ~~rechter~~

