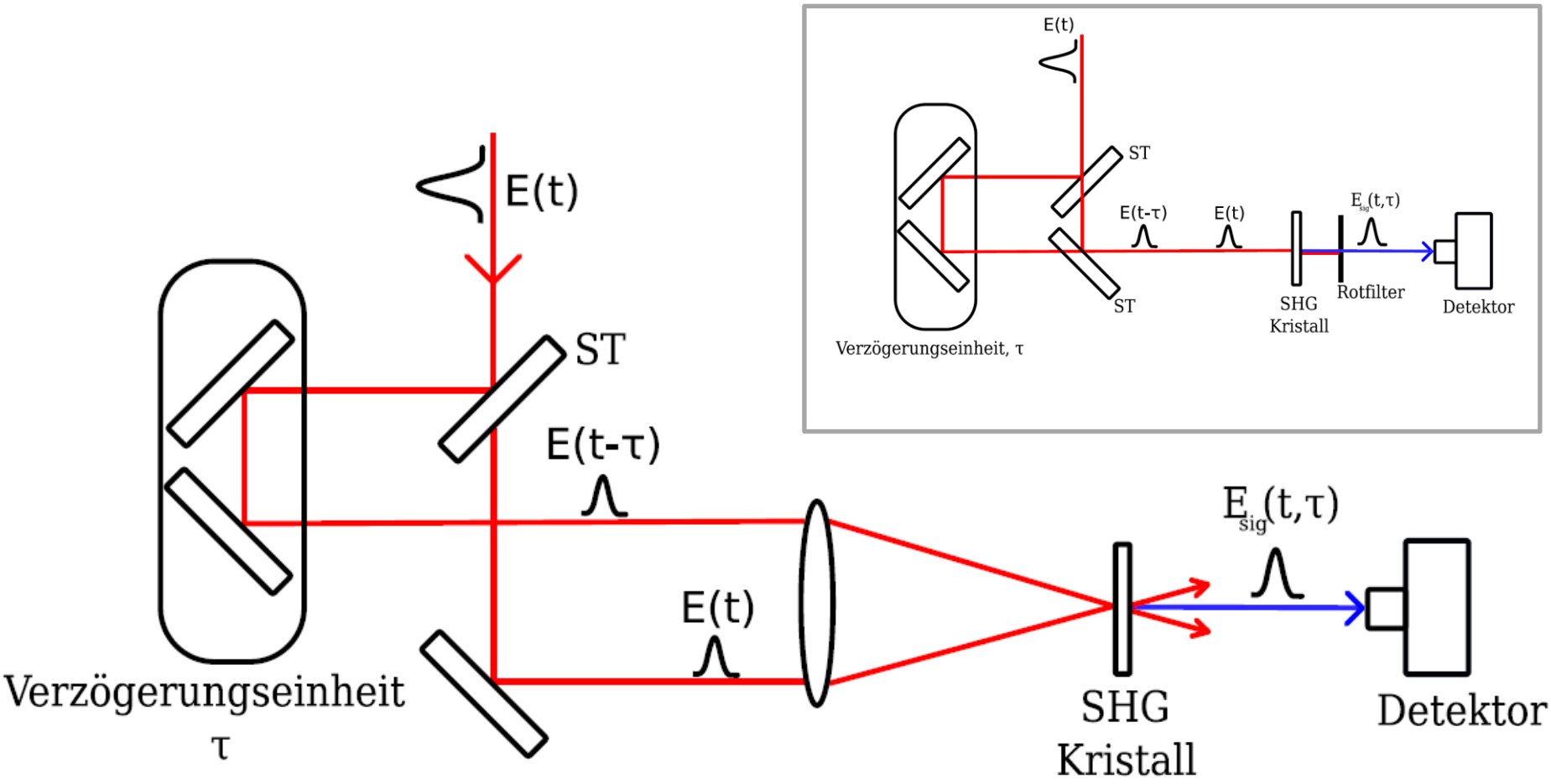
Wiederholung vom 06.07

⇨ Aktive Modenkopplung
- akusto-optischer Modulator
- elektro-optischer Modulator

⇨ Passive Modenkopplung
- sättigbarer Absorber
- Kerr-Linsen Modenkopplung

⇨ Pulscharakterisierung
- Intensitätsautokorrelation

Autokorrelation



nicht-kollinearen Aufbau zur Messung einer Intensitätskorrelation 2. Ordnung; im Kasten: entsprechender kollinearer Aufbau zur Messung einer interferometrischen Autokorrelation 2. Ordnung

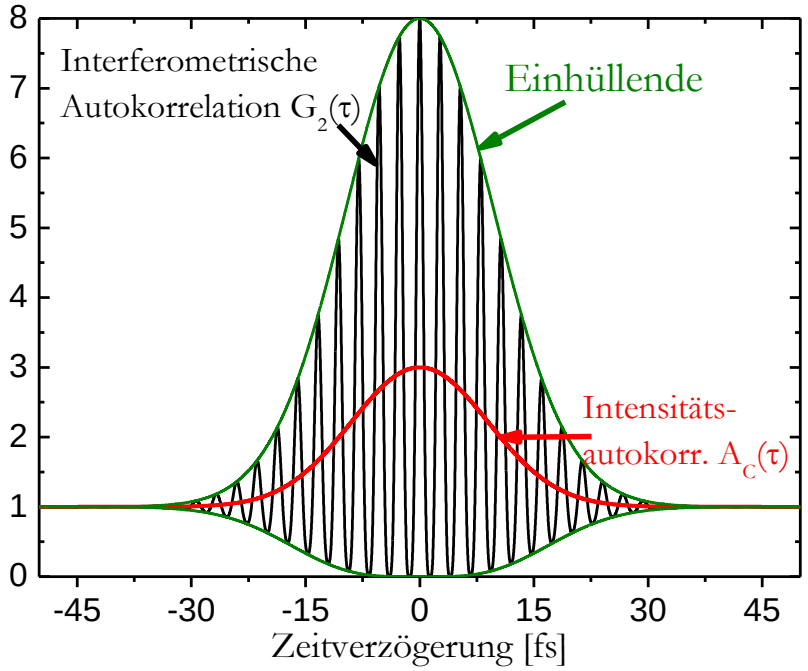
Inteferometrische AC (zweiter Ordnung)

$$E_\omega(t) = A(t) \cdot e^{i\omega t}$$

$$I_{2\omega}(\tau) \sim \int_{-\infty}^{\infty} |\{E_\omega(t) + E_\omega(t-\tau)\}^2|^2 dt \sim$$

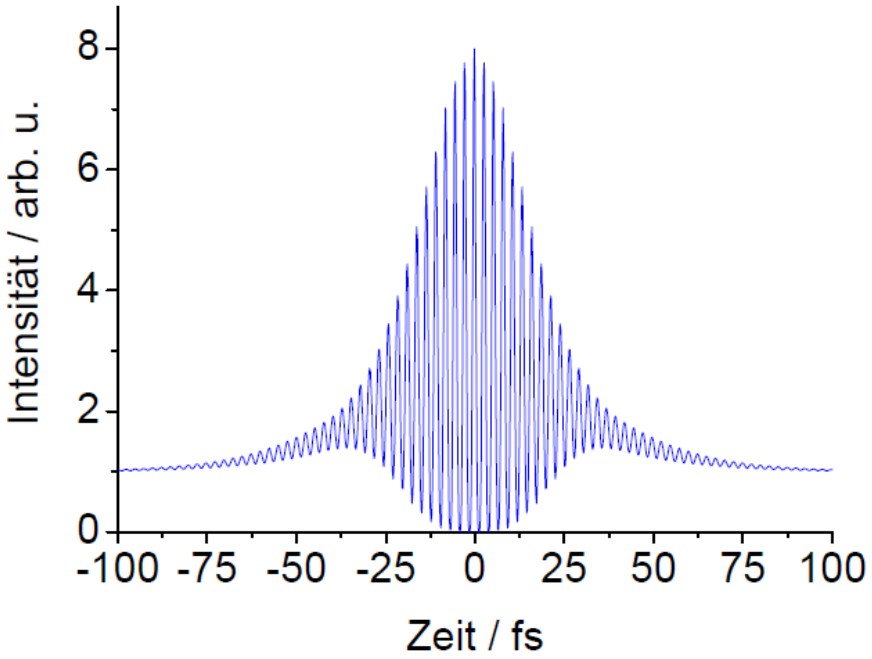
$$2I_0 + 4I_1(\tau) + 4Re\{(I_2(\tau) + I_2(-\tau)^*)e^{i\omega\tau}\} + 2Re\{I_3 e^{i2\omega\tau}\}$$

① ② ③ ④

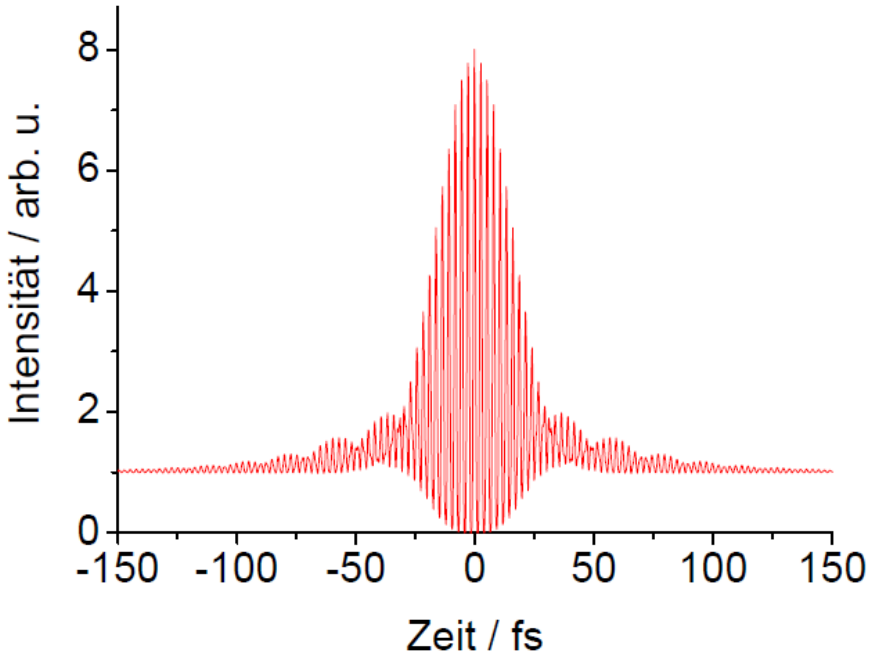


Simulation einer interferometrischen AC 2

Interferometrische AC (zweiter Ordnung)

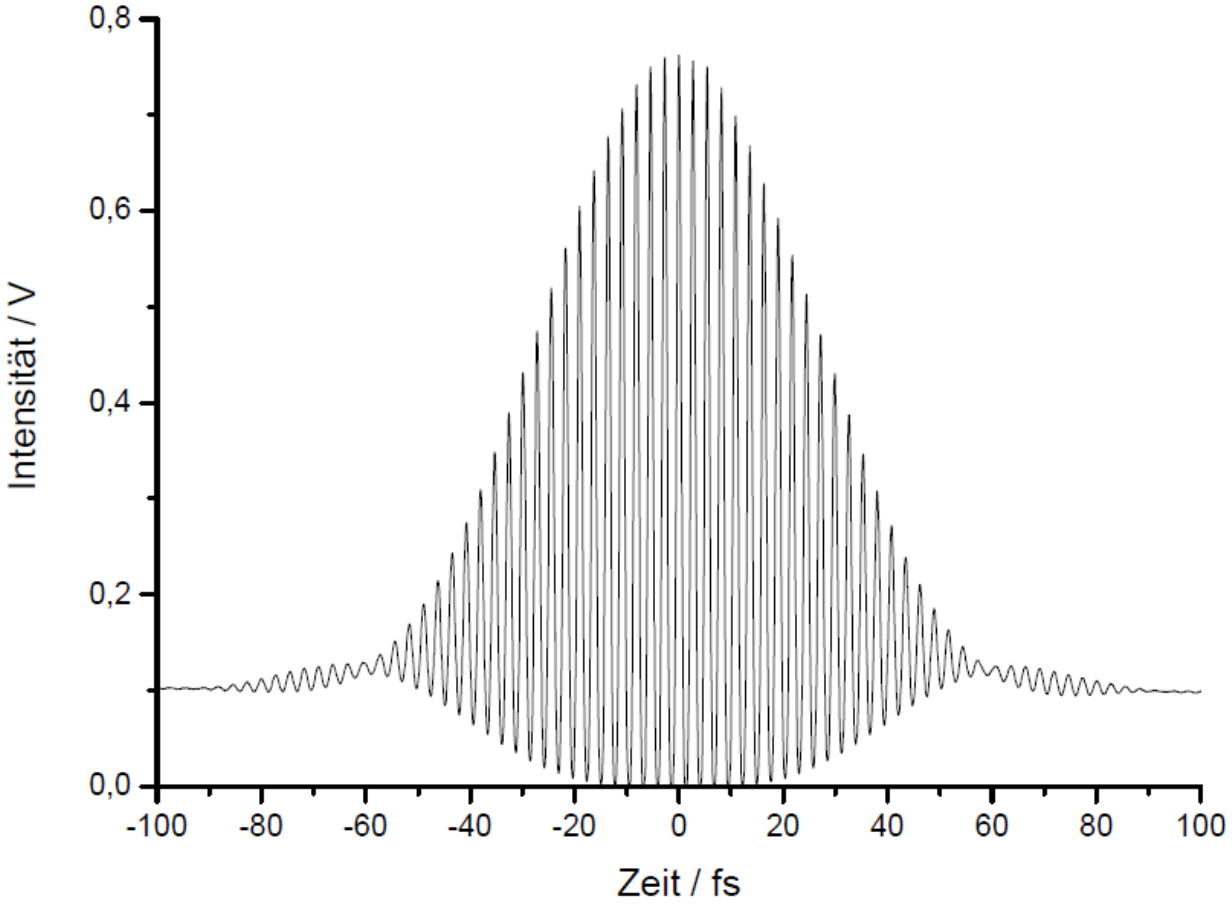


(c) Phasenaufgelöste Autokorrelation zweiter Ordnung für Pulse mit GVD=200 fs^2 und TOD=2000 fs^3



(d) Phasenaufgelöste Autokorrelation zweiter Ordnung für Pulse mit GVD=200 fs^2 und TOD=6000 fs^3

Inteferometrische AC - Experiment



TOD und GVD-gechirpter Puls, Experiment (Diplomarbeit Christoph Lemke)

Übungsaufgaben

Betrachten Sie den Schema-Aufbau zur Messung einer interferometrischen Autokorrelation auf Folie 10 (Abb. im grauen Kasten). Die Interferenz zwischen den beiden kollinear propagierenden Pulsen sollte bei zeitlichem Überlapp auch ohne Nutzung des nichtlinearen Kristalls (und des nachfolgenden Spektralfilters) mit dem Detektor als Funktion des zeitlichen Versatzes zwischen den beiden Pulsen vermessen werden können. Man spricht dann von einer interferometrischen Autokorrelation 1. Ordnung. Überlegen Sie bzw. informieren Sie sich (z.B. Handbook of Optics), warum diese Methode nicht geeignet ist, die tatsächliche Pulsdauer zu bestimmen.

$$I(\tau) = \frac{K}{2}\int \left(E(t) + E(t-\tau)\right)^2 dt$$

$$= \frac{K}{2}\left(\int E^2(t)dt + \int E^2(t-\tau)dt + 2\int E(t)E(t-\tau)dt\right)$$

$$= K\left(\frac{I_0}{K} + \int E(t)E(t-\tau)dt\right)$$

$$= I_0 + K\ E * E$$

$$= I_0 + \frac{K}{\sqrt{2\pi}}\int \left|\tilde{E}(\omega)\right|^2 e^{i\omega t} d\omega.$$

Übungsaufgaben

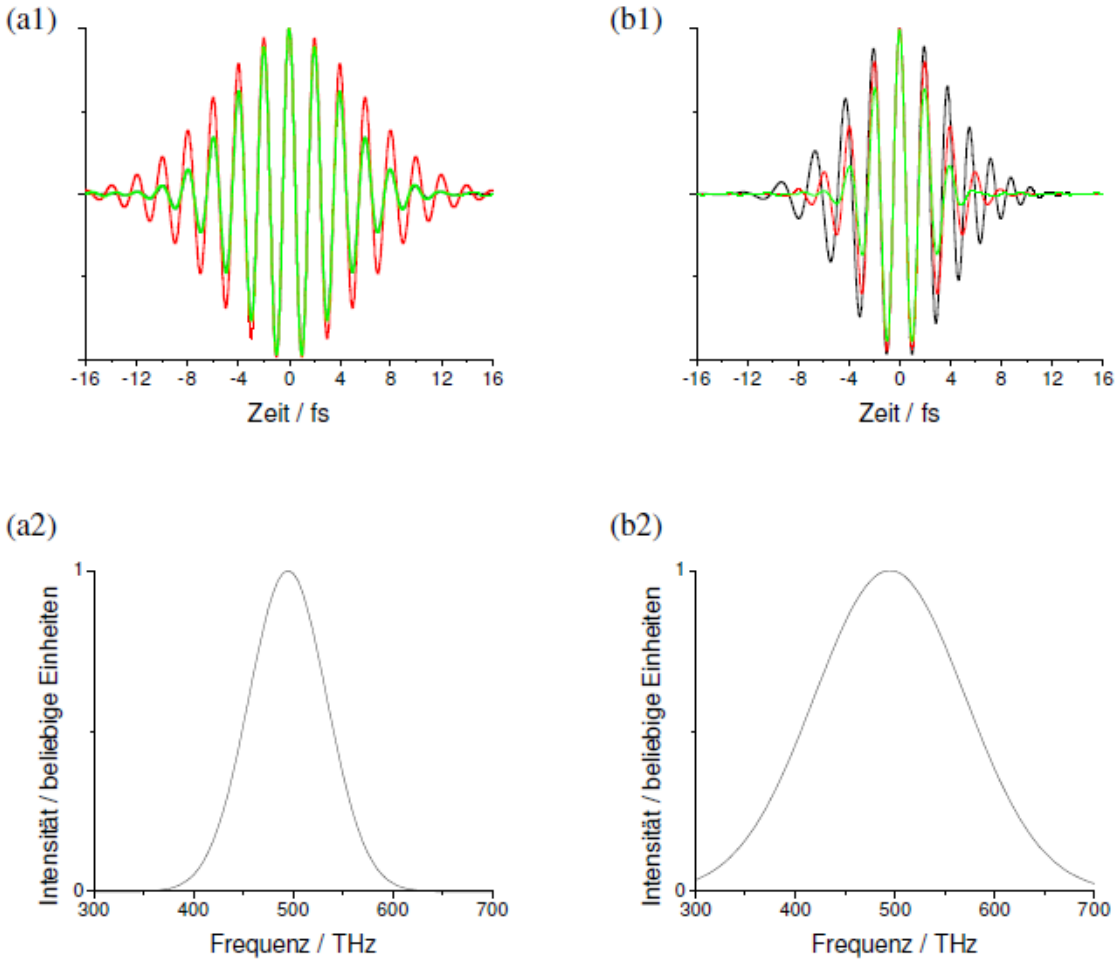
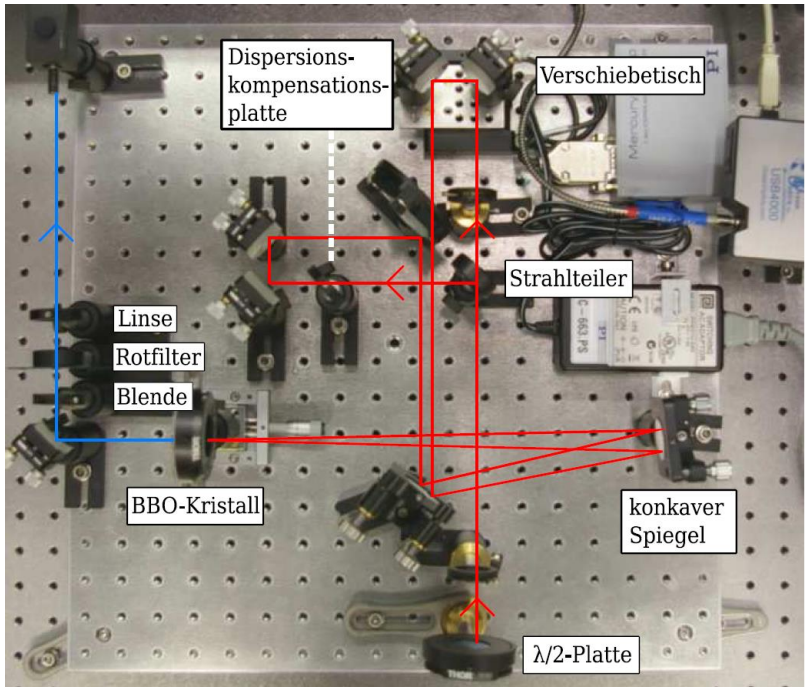


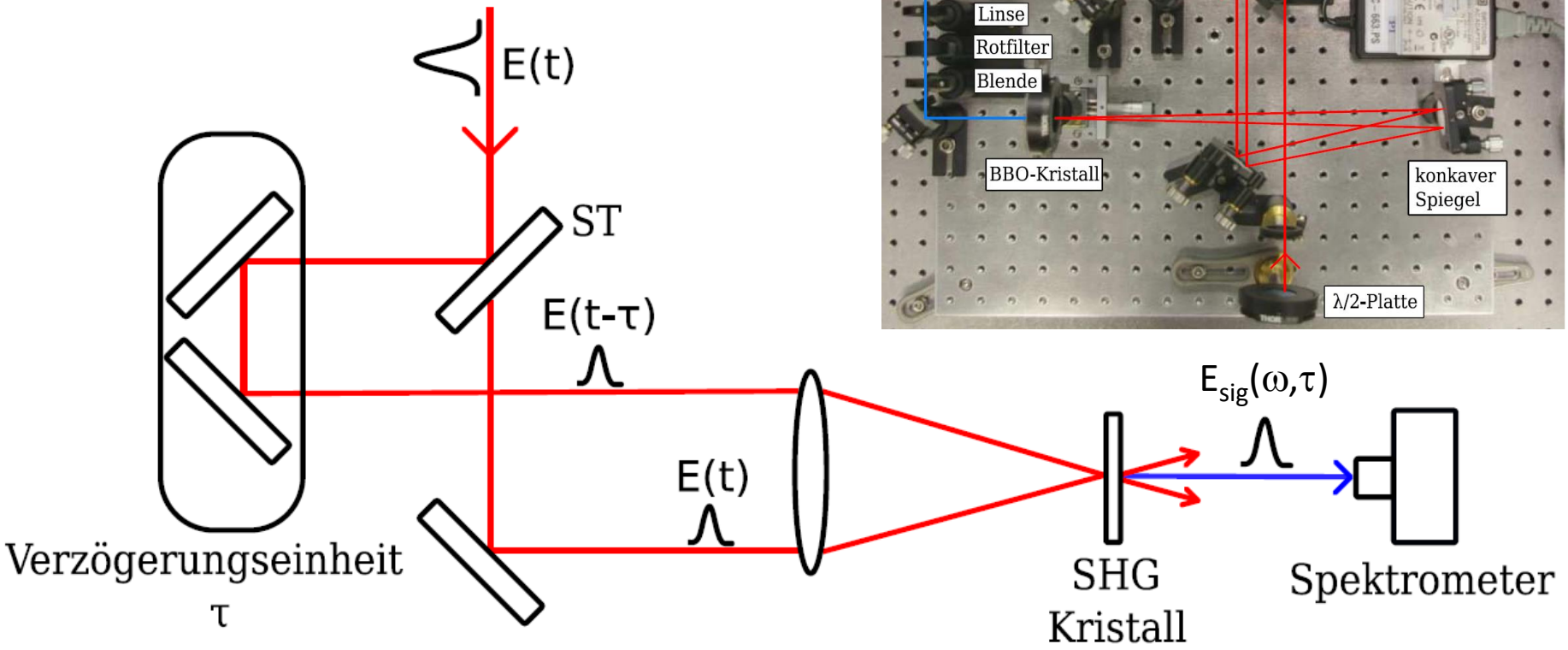
Abb. 1.5 (a1) und (b1) zeigen jeweils einen Puls (schwarz), seine Faltung mit sich selbst (rot) und den aus der Faltung berechneten „ursprünglichen" Puls (grün), der in (a1) den Puls überdeckt. (a2) und (b2) enthalten die dazugehörigen Spektren, wie sie aus den Faltungen bestimmt wurden.

spektral auflösende Pulscharakterisierung

- ⇨ Frequency-Resolved Optical Gating (FROG)
- ⇨ Spectral Phase Interferometry for Direct field Analysis (SPIDER)
- ⇨ Grating-eliminated No-nonsense Observation of Ultrafast Incident Laser Light Electromagnetic Fields (GRENOUILLE)

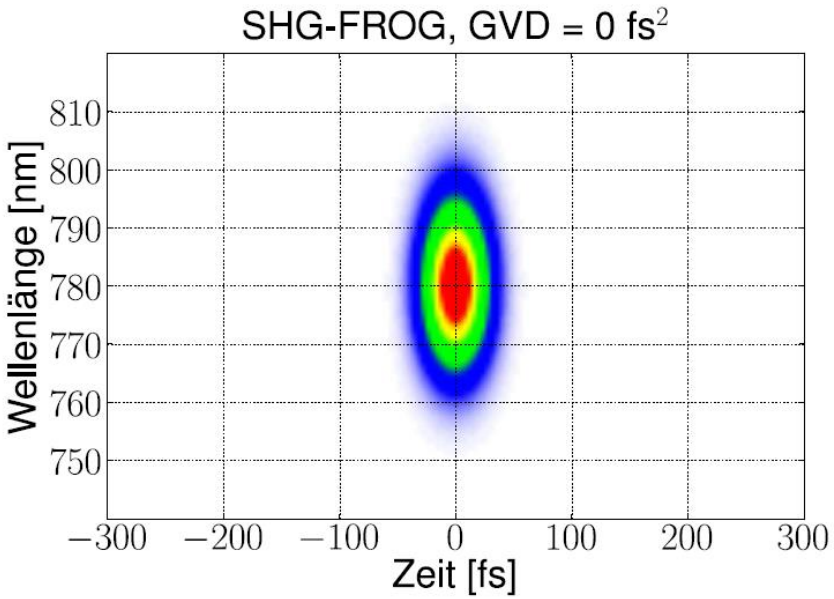
Frequency-Resolved Optical Gating - FROG

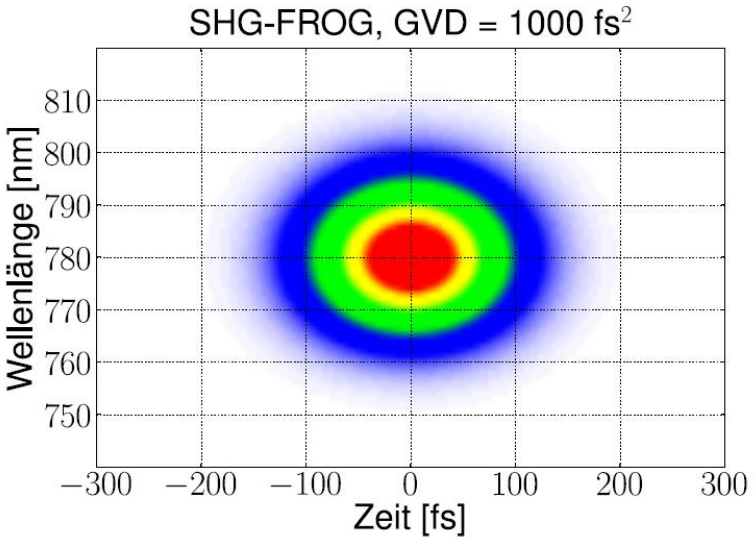


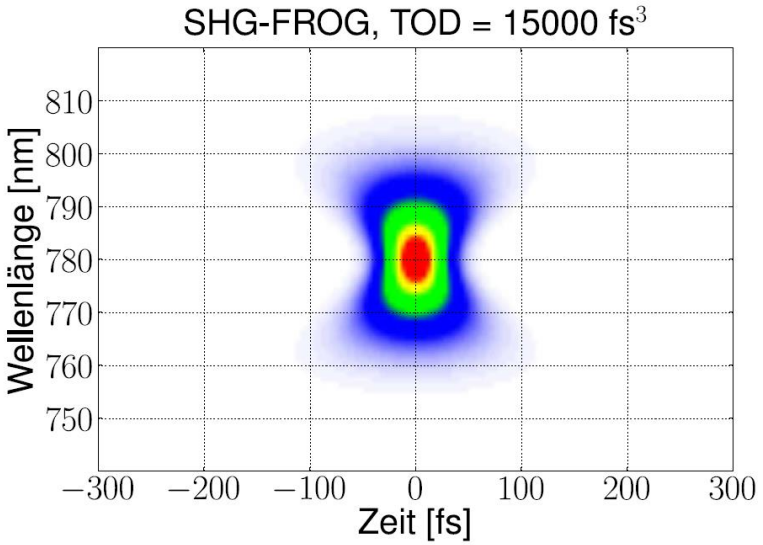


Schema SHG-FROG Aufbau (Diplomarbeit Bartosz Slomski)

Frequency-Resolved Optical Gating - FROG



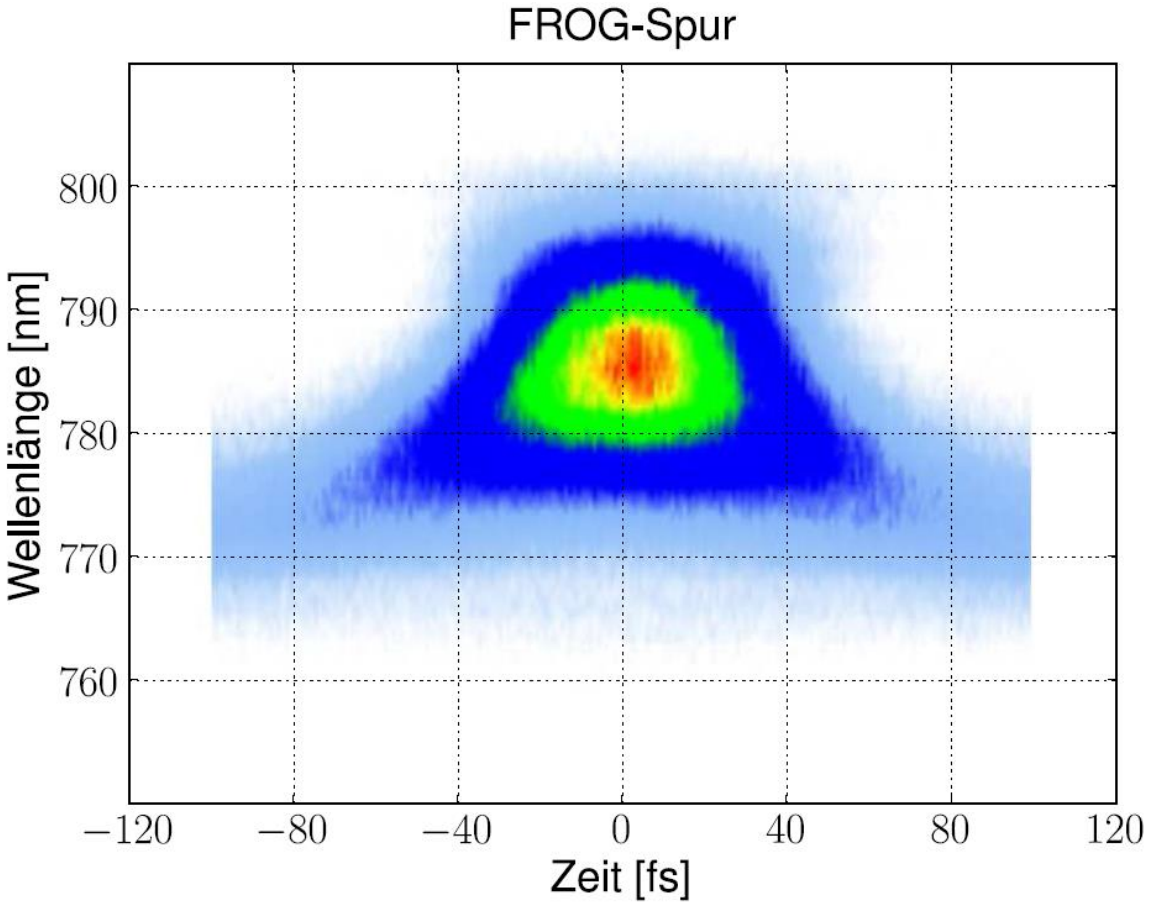




Simulation von SHG-FROG Spuren für ungechirpten, GVD und TOD-Puls

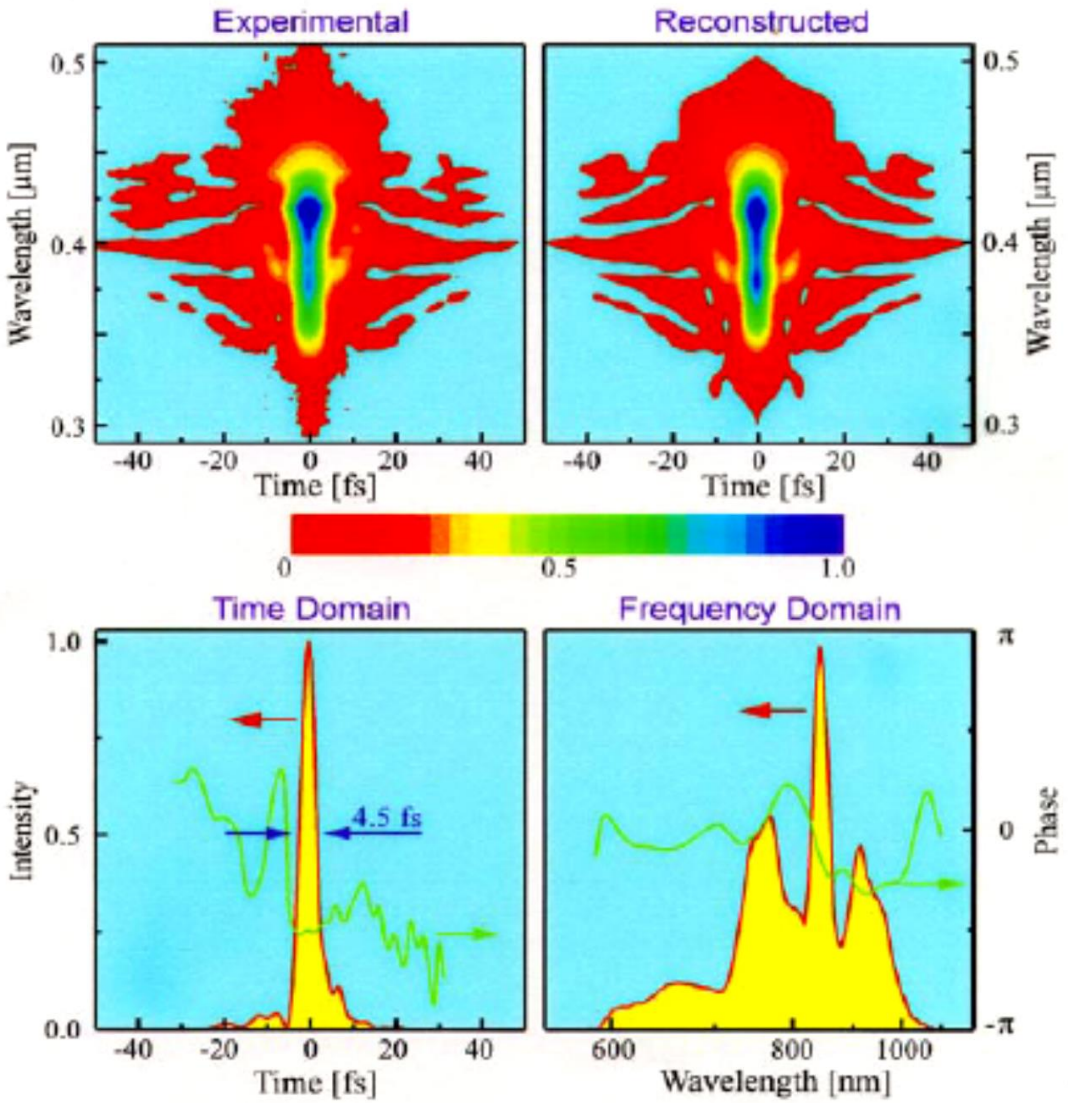
(Diplomarbeit Bartosz Slomski)

Frequency-Resolved Optical Gating - FROG



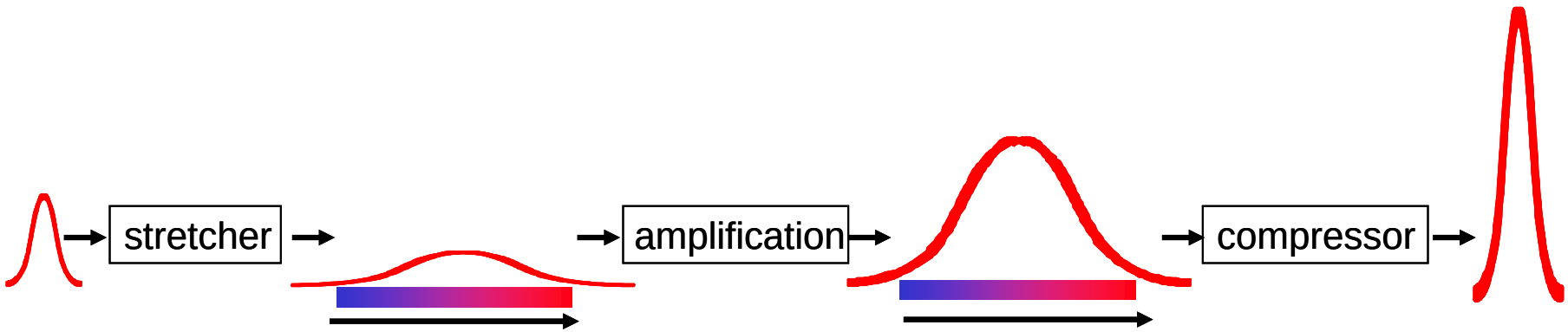
Gemessene FROG-Spur eines Pulses mit GVD und TOD
(Diplomarbeit Bartosz Slomski)

FROG - Pulsrekonstruktion



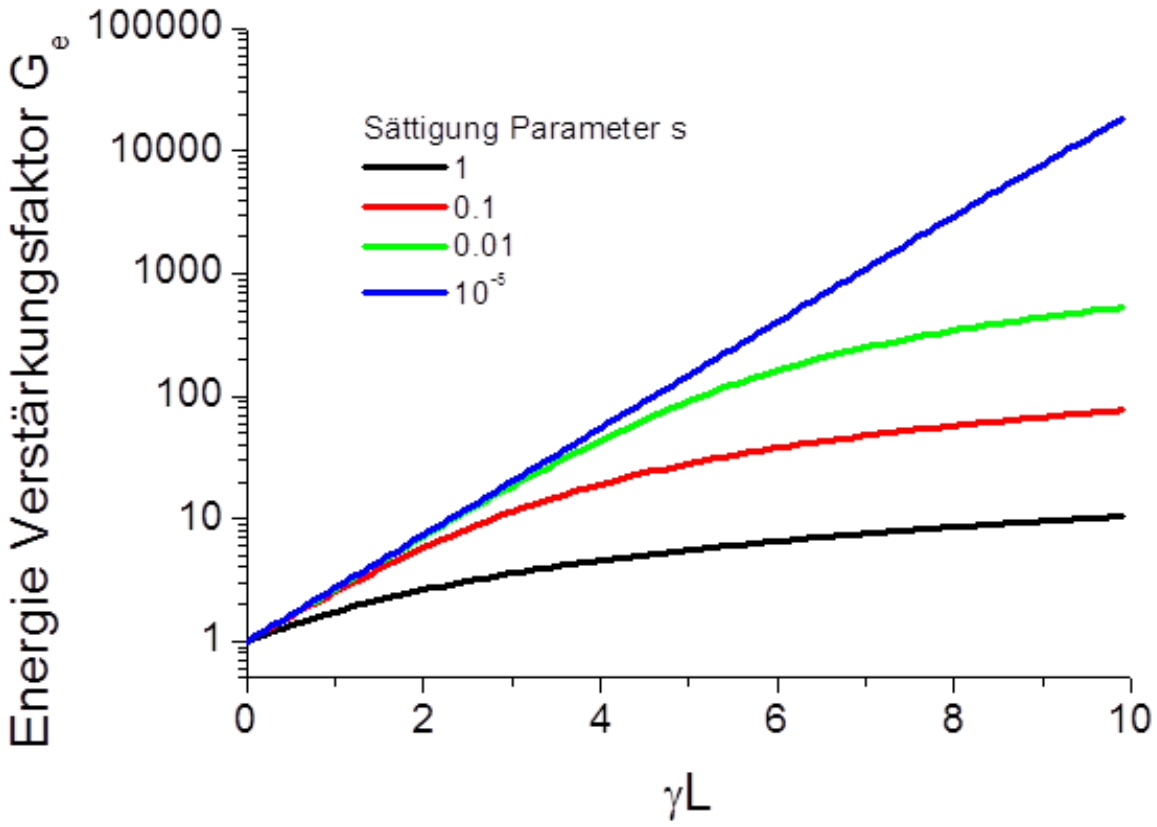
SHG-FROG und daraus ermittelte Pulsform eines 4.5 fs Pulses

Chirped Pulse Amplification (CPA): Prinzip



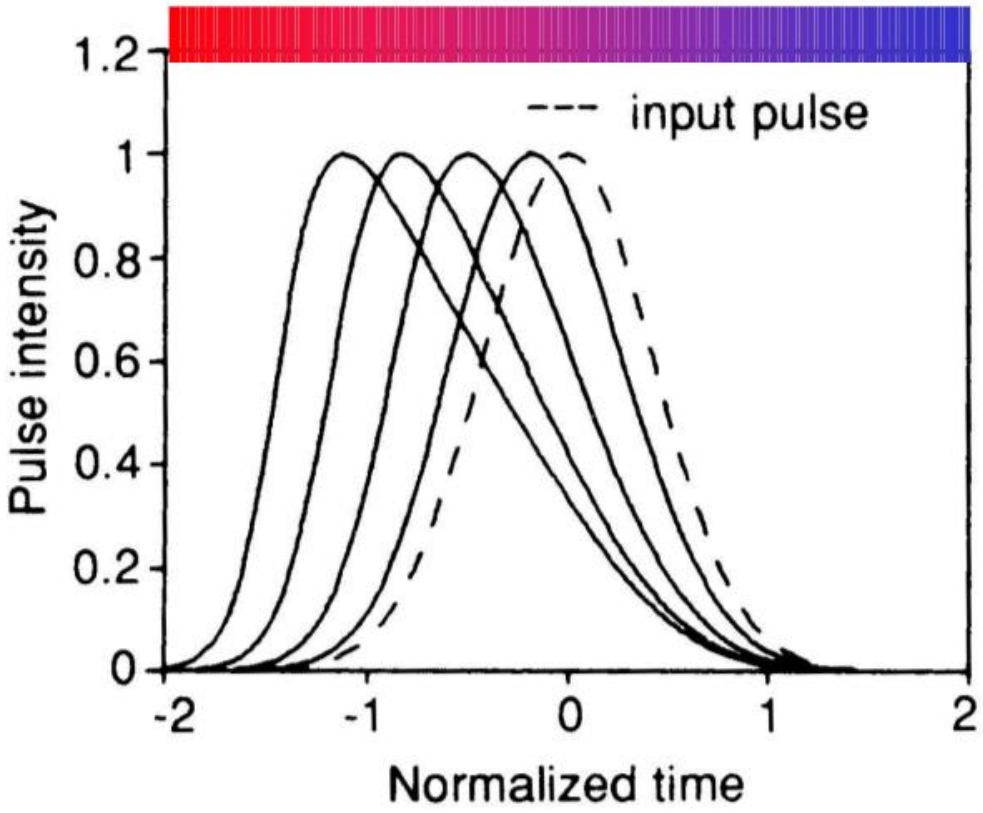
Prinzip der chirped-pulse amplification: CPA

Verstärkung und Sättigung



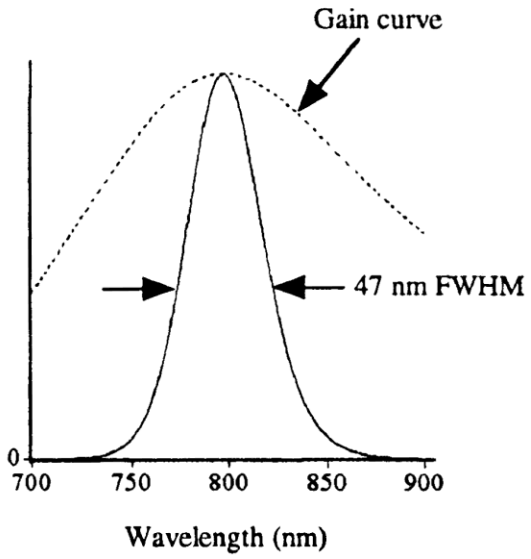
Energie-Verstärkungsfaktor als Funktion der Propagationslänge durch das Verstärkermedium

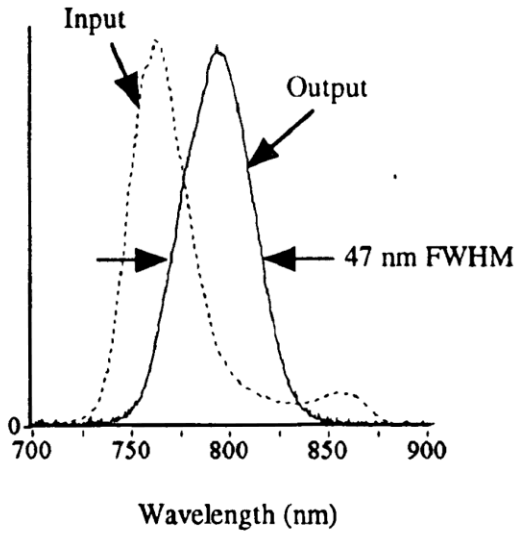
Gain Depletion

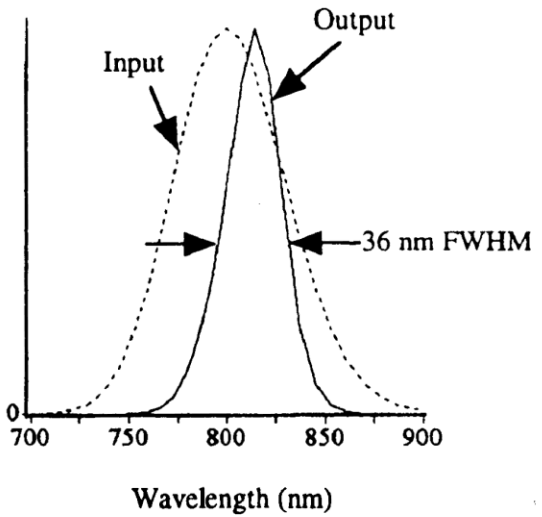


Gain depletion: Pulsverbereiterung durch Verstärkungsentleerung

Gain Narrowing

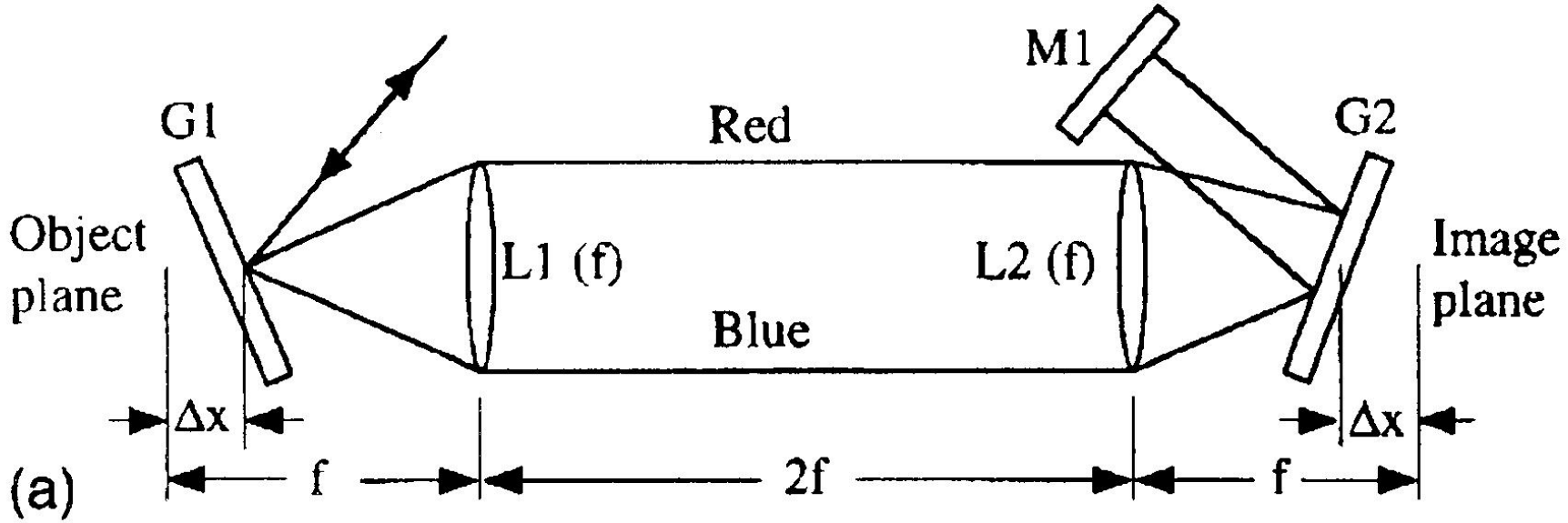






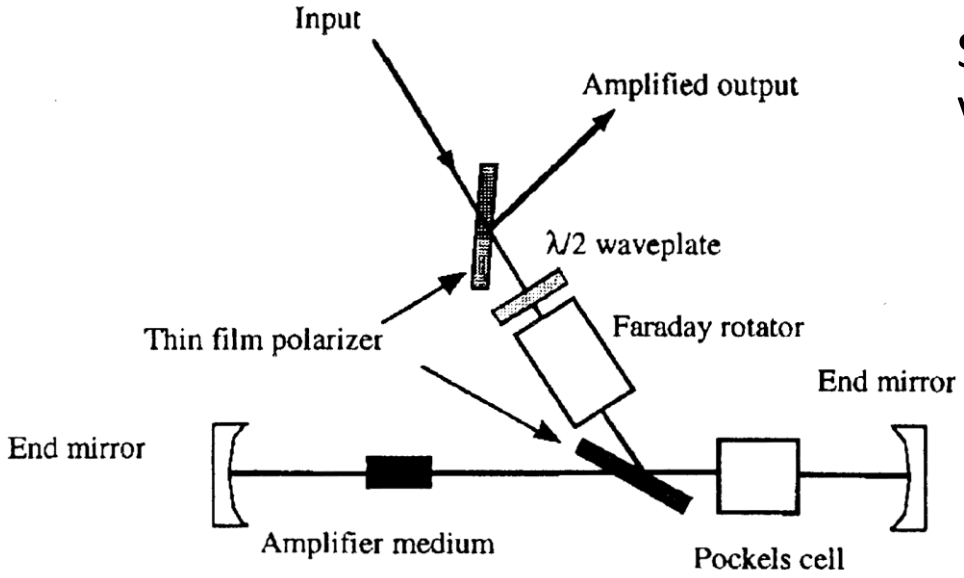
Gain narrowing: Pulsverbereiterung durch Bandbreitebegrenzung des Verstärkungsmediums

Nulldispersionskompressor

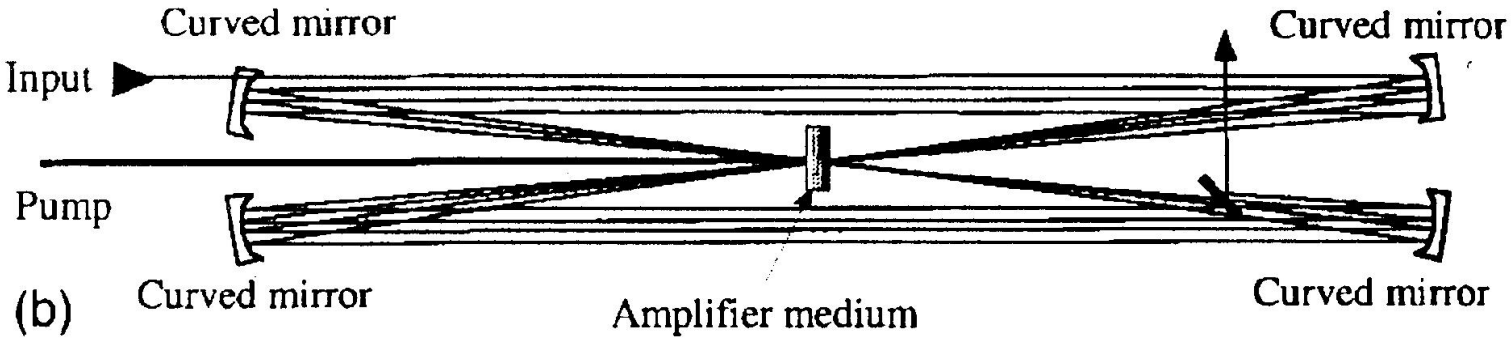


Schemaaufbau eines Nulldispersionskompressors

Regenerativer Verstärker und Multipass-Verstärker



Schemaaufbau eines regenerativen Verstärkers



Schemaaufbau eines Multipassverstärkers

Verstärkerkette

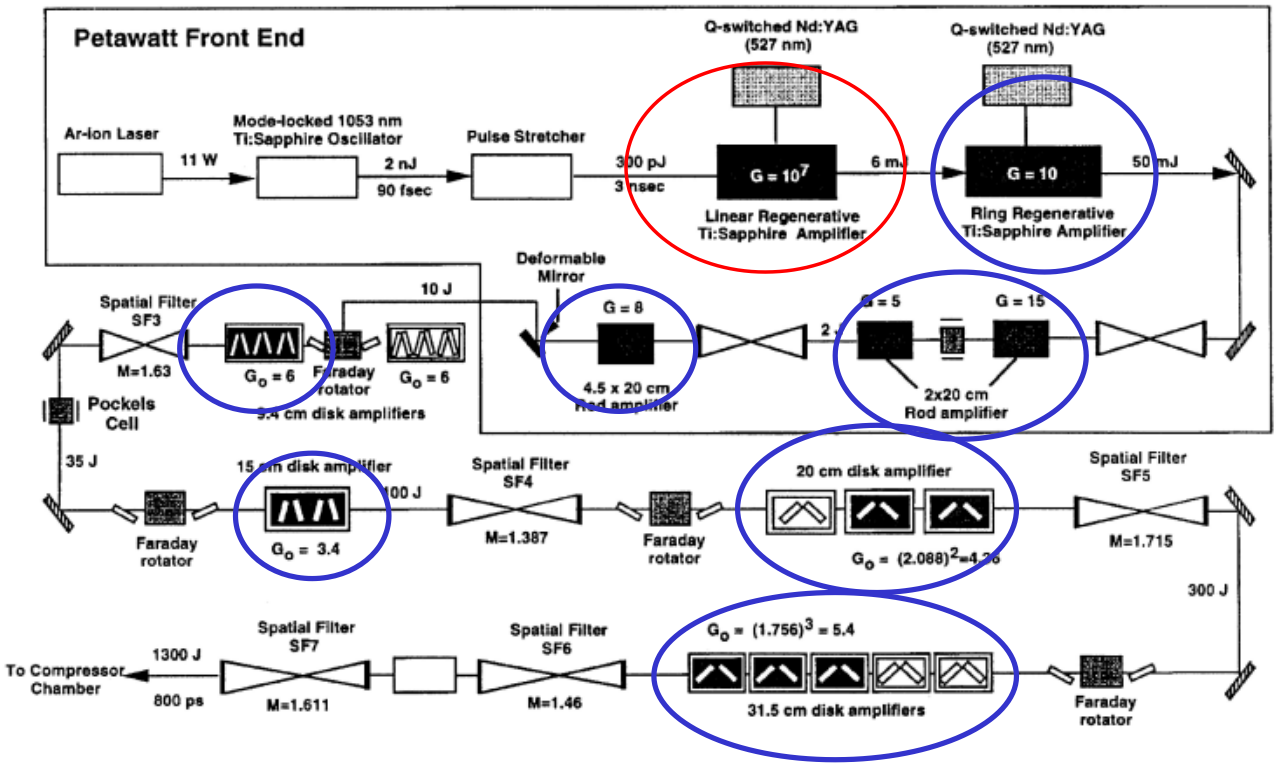


FIG. 8. Schematic diagram of a high-energy petawatt laser system in operation at Lawrence Livermore National Laboratory. This laser generates >600 J pulse energy in <500 fs using one beamline from the NOVA fusion laser facility. (Diagram courtesy of B. C. Stuart and M. D. Perry, LLNL.)

Schemaaufbau eines Verstärkerkette

Übungsaufgaben

Betrachten Sie den Schema-Aufbau zur Messung einer interferometrischen Autokorrelation auf Folie 10 (Abb. im grauen Kasten). Die Interferenz zwischen den beiden kollinear propagierenden Pulsen sollte bei zeitlichem Überlapp auch ohne Nutzung des nichtlinearen Kristalls (und des nachfolgenden Spektralfilters) mit dem Detektor als Funktion des zeitlichen Versatzes zwischen den beiden Pulsen vermessen werden können. Man spricht dann von einer interferometrischen Autokorrelation 1. Ordnung. Überlegen Sie bzw. informieren Sie sich (z.B. Handbook of Optics), warum diese Methode nicht geeignet ist, die tatsächliche Pulsdauer zu bestimmen.

$$I(\tau) = \frac{K}{2}\int \left(E(t) + E(t-\tau)\right)^2 dt$$

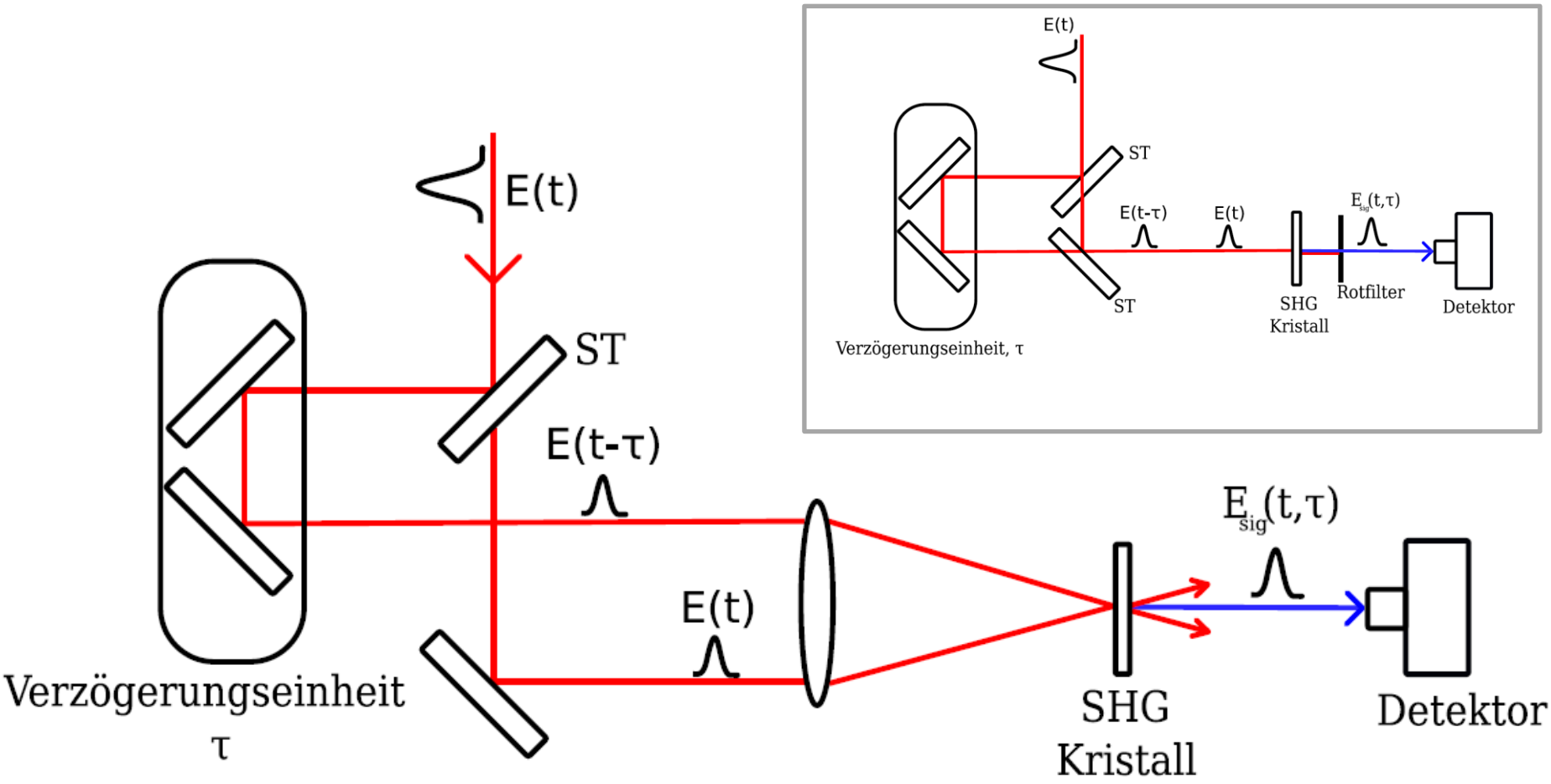
$$= \frac{K}{2}\left(\int E^2(t)dt + \int E^2(t-\tau)dt + 2\int E(t)E(t-\tau)dt\right)$$

$$= K\left(\frac{I_0}{K} + \int E(t)E(t-\tau)dt\right)$$

$$= I_0 + K\ E * E$$

$$= I_0 + \frac{K}{\sqrt{2\pi}}\int \left|\tilde{E}(\omega)\right|^2 e^{i\omega t} d\omega.$$

Autokorrelation



nicht-kollinearen Aufbau zur Messung einer Intensitätskorrelation 2. Ordnung; im Kasten: entsprechender kollinearer Aufbau zur Messung einer interferometrischen Autokorrelation 2. Ordnung

Übungsaufgaben

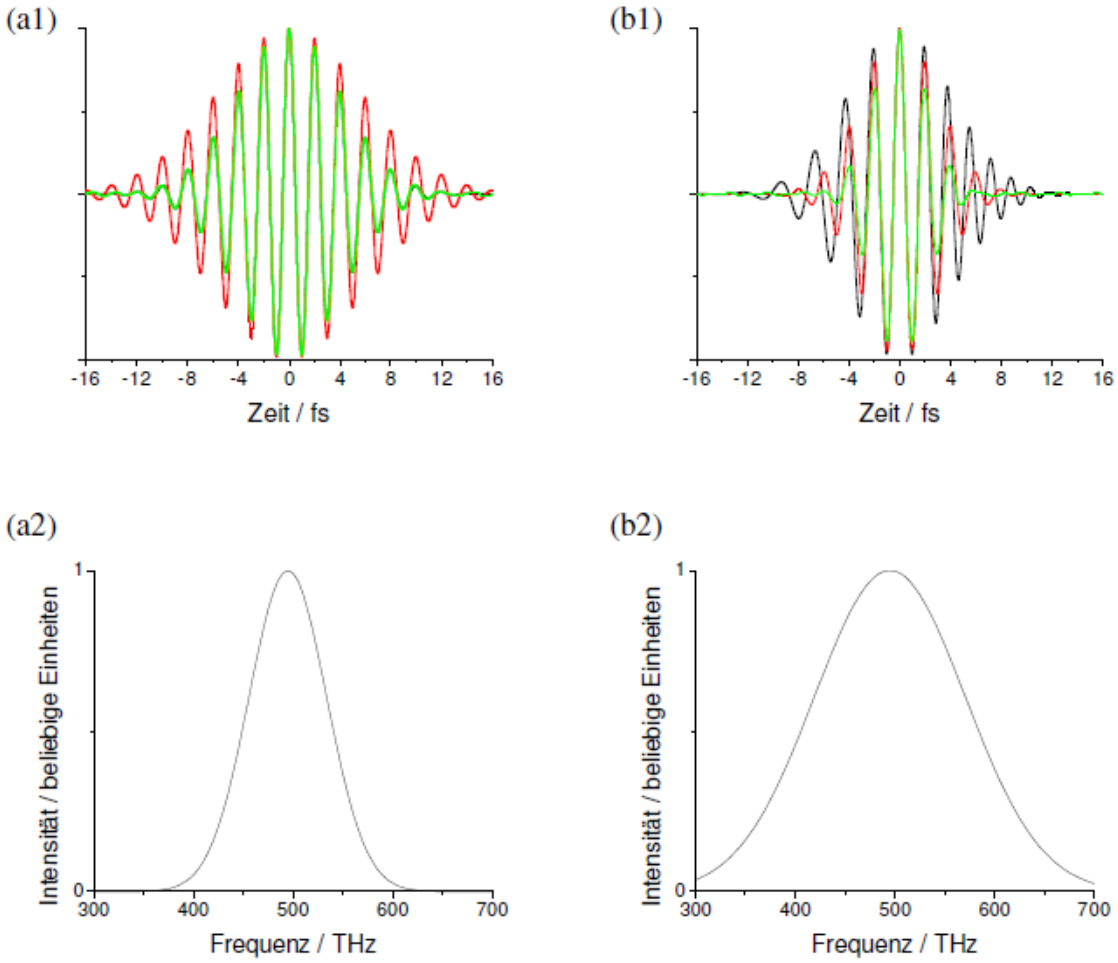


Abb. 1.5 (a1) und (b1) zeigen jeweils einen Puls (schwarz), seine Faltung mit sich selbst (rot) und den aus der Faltung berechneten „ursprünglichen" Puls (grün), der in (a1) den Puls überdeckt. (a2) und (b2) enthalten die dazugehörigen Spektren, wie sie aus den Faltungen bestimmt wurden.