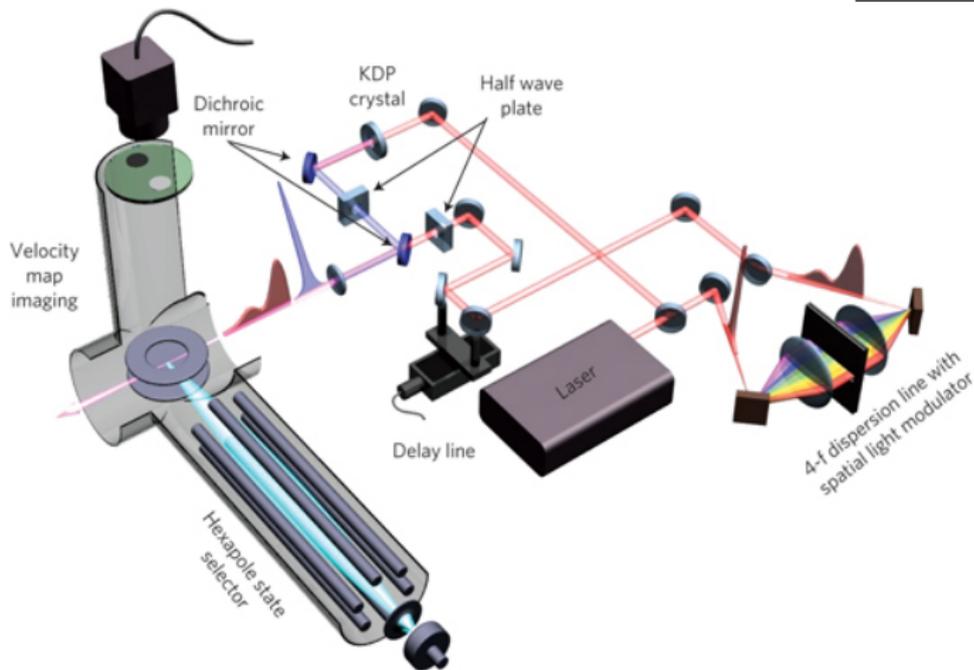
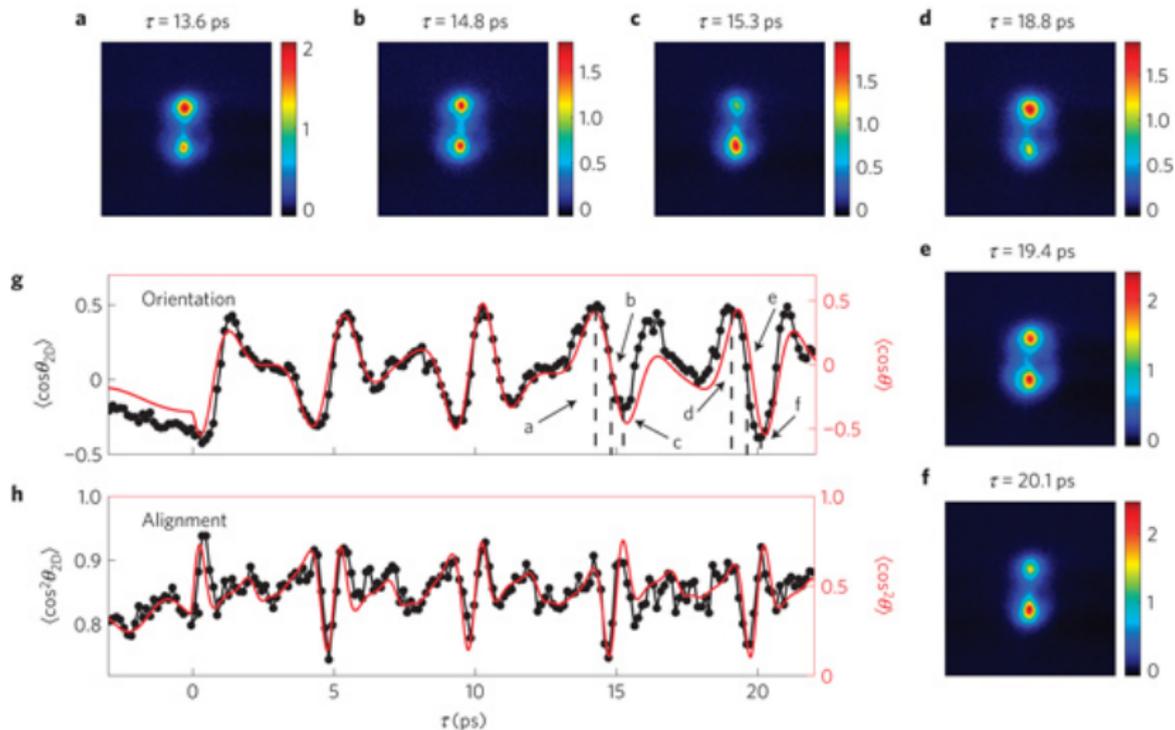


Dynamische Orientierung von NO-Molekülen

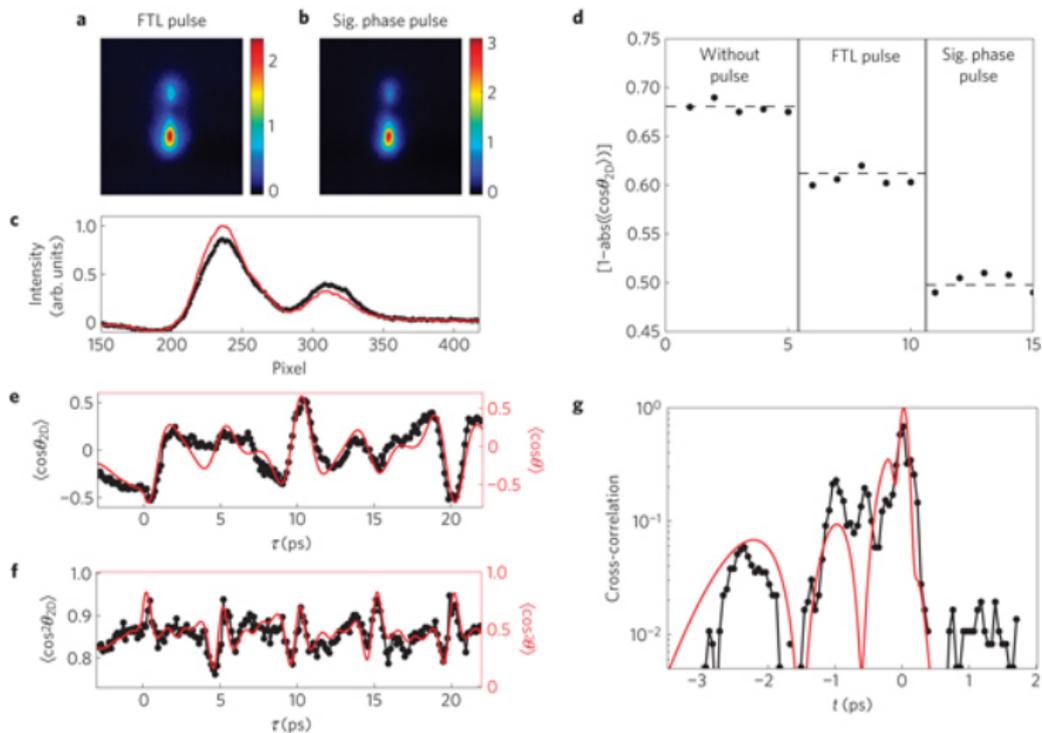
- Kombination Trägergas, $|JM\rangle$ -Selektion, dc-Feld und Pulsformung



Dynamische Orientierung von NO-Molekülen

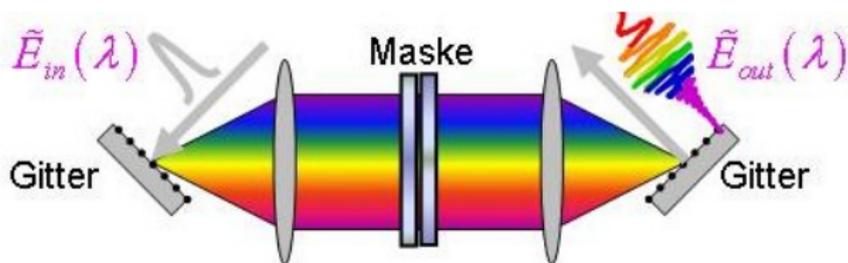


Dynamische Orientierung von NO-Molekülen



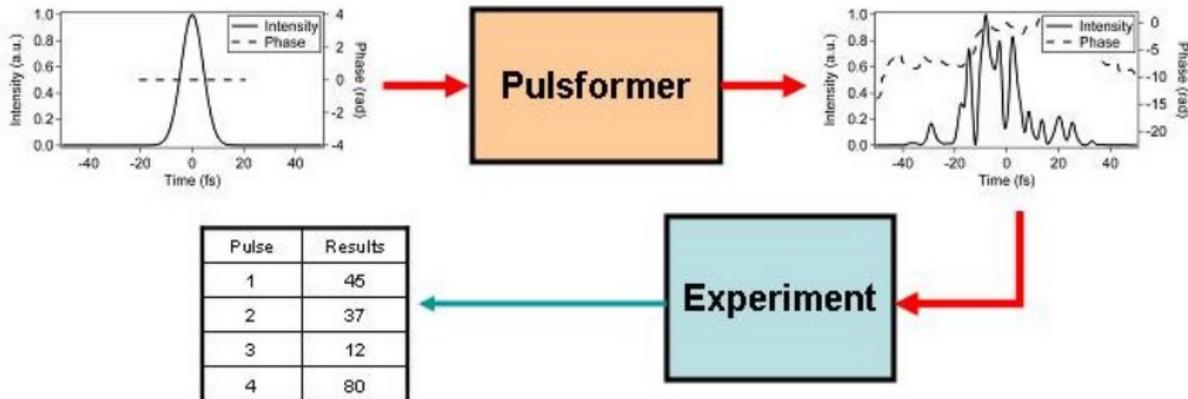
Pulsformung und Kohärente Kontrolle

- Vorlesung basiert auf Material von Prof. Rick Trebino (Georgia Institute of Technology, School of Physics)
<http://www.physics.gatech.edu/gcuo/lectures/index.html>
- Was bedeutet Pulsformung und was kann man damit anfangen?
- Wie funktioniert das?
 - (a) Räumliche Lichtmodulatoren (SLM)
 - (b) Akusto-optische Modulatoren (AOM)
 - (c) Deformierbare Spiegel
- Phasen- und Amplitudenvariation
- Adaptive Pulsformung unter Verwendung genetischer Algorithmen



Pulsformung und Kohärente Kontrolle

- Pulsformung wirkt auf (spektrale) Amplitude, Phase oder Polarisation
 - Erzeugung Fourier-limitierter Pulse (Pulskompression)
 - Kontrolle chemischer Reaktionen oder anderer Phänomene
 - Vorkompensation der Verbreiterung von dispersiven Elementen
- Pulsformung sollte kontrolliert und reproduzierbar sein
- Pulsformung ändert das experimentelle Ergebnis



Pulsformung

- Wie formen (modulieren) wir einen ultrakurzen fs-Puls ?
- Vielleicht direkt in der Zeitdomäne?

$$E_{out}(t) = h(t) \cdot E_{in}(t) \quad (1)$$

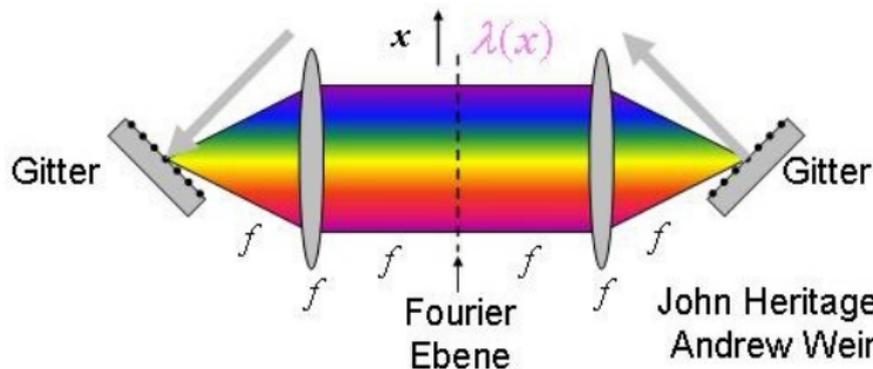
- Geht nicht - Modulatoren sind leider viel zu langsam !
- Alternativ können wir das Spektrum Modulieren (siehe Fourier-Transformation)

$$E_{out}(\omega) = H(\omega) \cdot E_{in}(\omega) \quad (2)$$

- Alles was zu tun ist, ist den Puls zu räumlich spektral zu zerlegen und Spektrum sowie spektrale Phase durch räumlich Variation der Transmission und Phasenverzögerung zu ändern
Informationen: Rev. Sci. Instrum. 71, 1929 (2000)
Interaktiv: <http://www.physik.uni-wuerzburg.de/femto-welt>

Pulsformung

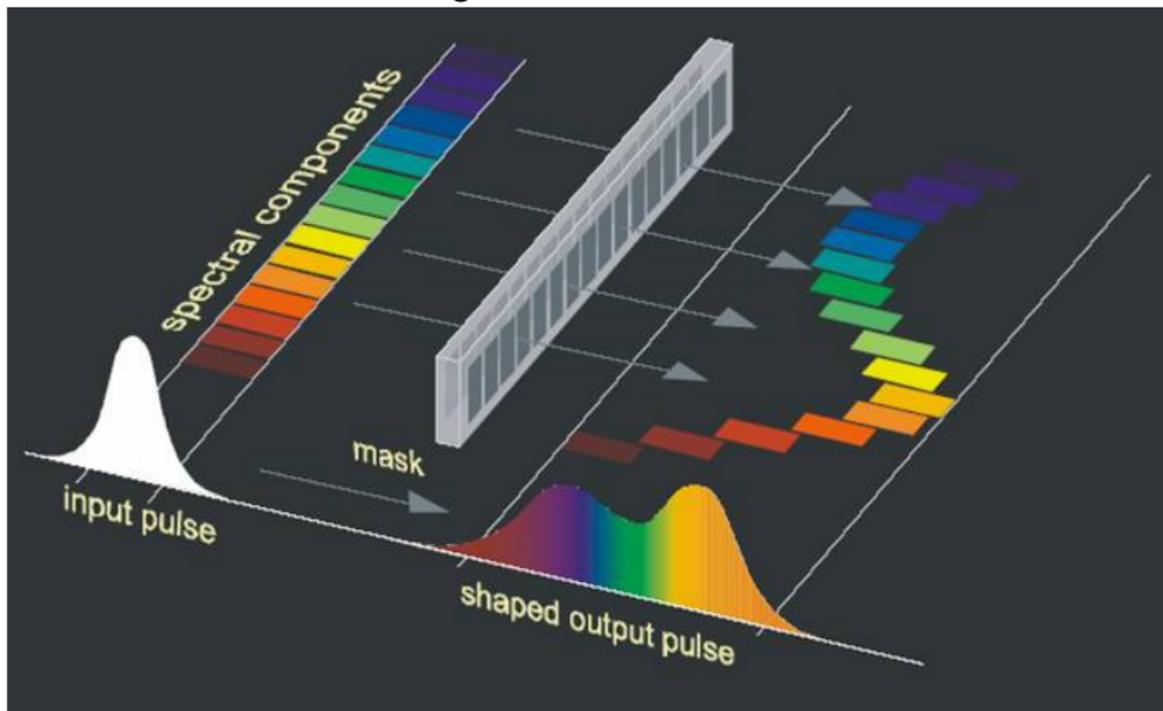
- Null-Dispersions-Kompressor in 4f-Geometrie



- Das erste Gitter zerlegt den Puls spektral (Farbe \rightarrow Winkel)
- Die erste Linse bildet Winkel (Wellenlänge) auf Position ab
- Das zweite Linsen-Gitterpaar macht die räumlich-zeitliche Verzerrung rückgängig
- Der Trick ist, Maske in der Fourier-Ebene zu positionieren

Pulsformung

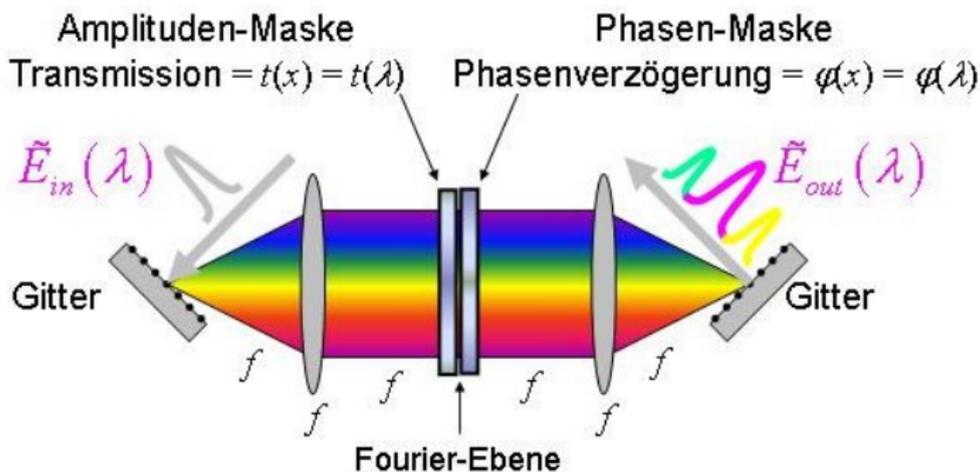
- Eine Phasenmaske verzögert selektiv verschiedene Farben



- Eine Amplitudenmaske formt das Spektrum

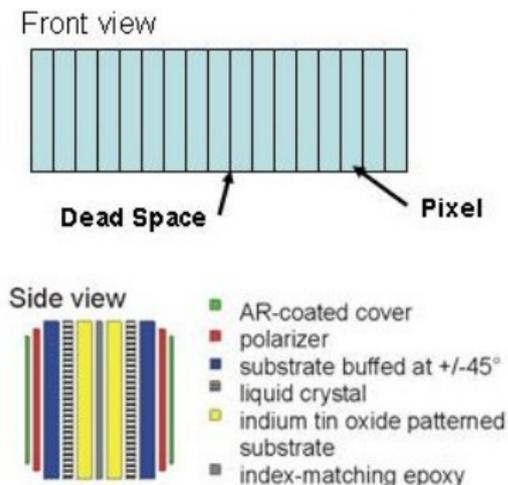
Pulsformung

- Wir können simultan spektrale Amplitude und Phase kontrollieren
- Jede beliebige Pulsform kann mit den beiden Masken eines räumlichen Lichtmodulators erzeugt werden



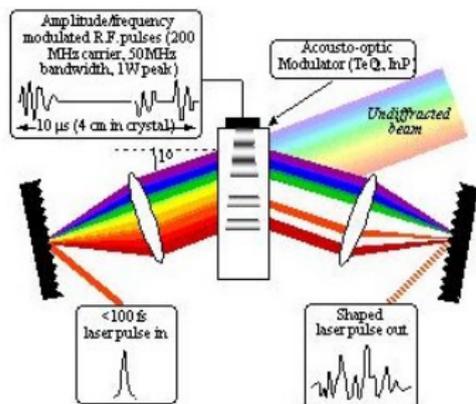
$$H(\lambda) = t(\lambda) \cdot \exp[i\varphi(\lambda)] \quad (3)$$

Pulsformung mit Flüssigkristall-Modulatoren (LCM)



- Orientierung der Flüssigkristalle entlang eines dc-Feldes
- Phasenverzögerung hängt von $V(x)$ bzw. $V(\lambda)$ ab
- LCM besteht aus 2 Flüssigkristall-Reihen für entgegengesetzte Drehung der Polarisation
- Drehung um den gleichen Betrag
→ Phasenmodulation
- Drehung um unterschiedliche Beträge
→ Amplituden+Phasenmodulation

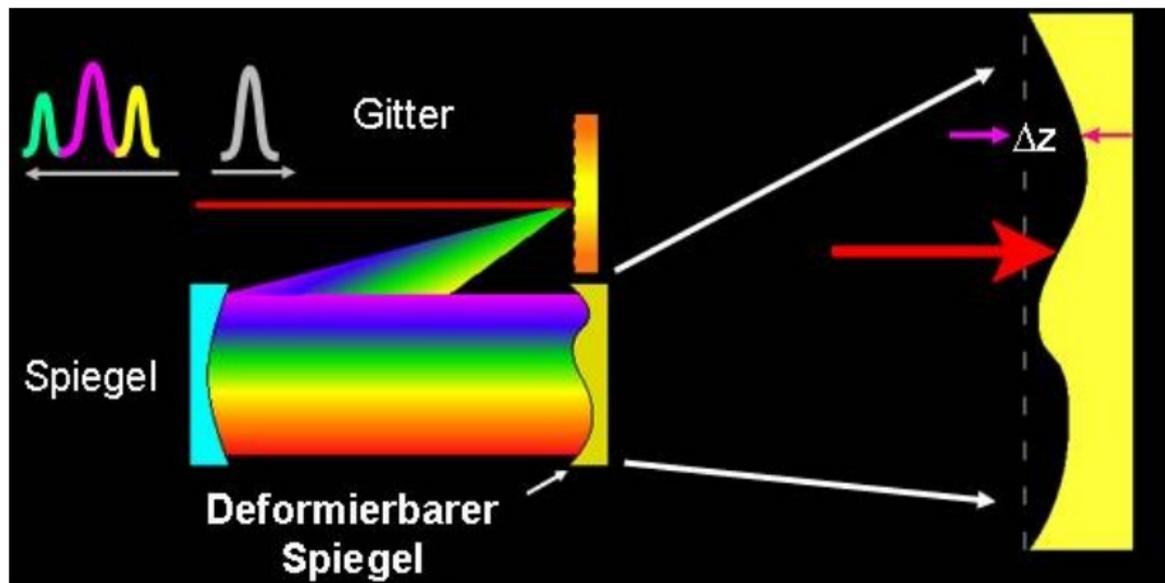
Pulsformung mit Akusto-optischen Modulatoren (AOM)



Quelle: W. S. Warren et al., Princeton Universität

- Ablenkung durch Beugung an einem optischen Gitter (Dichtemodulation einer den Kristall durchlaufenden Schallwelle)
- Ortsabhängige Dichtemodulation → Ortsabhängige Modulation des Brechungsindex
- Phasenverzögerung und Amplitude hängen von Phase und Amplitude der Schallwelle ab
- Geringe Effizienz da beugungsbasiert

Pulsformung mit deformierbarem Spiegel



- Modulation der Phase, nicht der Amplitude

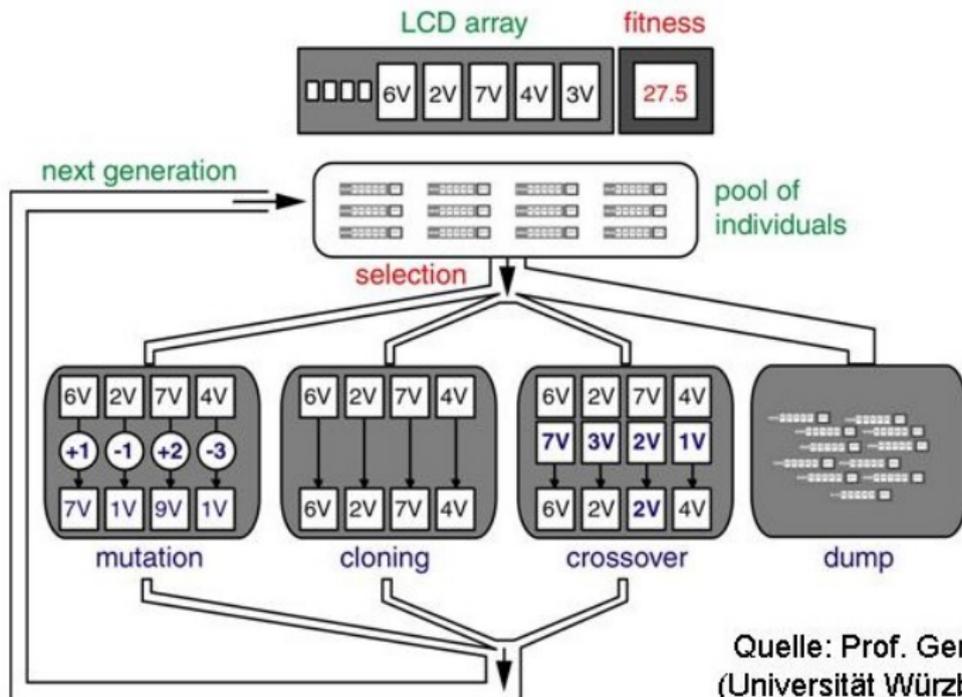
$$\Delta\varphi(x) = 2\frac{2\pi}{\lambda}\Delta z(x) \quad (4)$$

Techniken zur Pulsformung: Vorteile und Nachteile

- Flüssigkristall-Modulatoren (LCM)
 - Amplituden-und Phasenmodulation
 - Pixel mit "toten" Bereichen
 - Effizient
- Akusto-optische Modulatoren (AOM)
 - Amplituden-und Phasenmodulation
 - kleine Pixel ohne "tote" Bereiche
 - Ineffizient
- Deformierbare Spiegel
 - Nur Phasenmodulation
 - große Pixel
 - ohne "tote" Bereiche (Membrane)
 - mit "toten" Bereichen (Mikro-Electro-Mechanische Systeme, MEMS)
 - Effizient

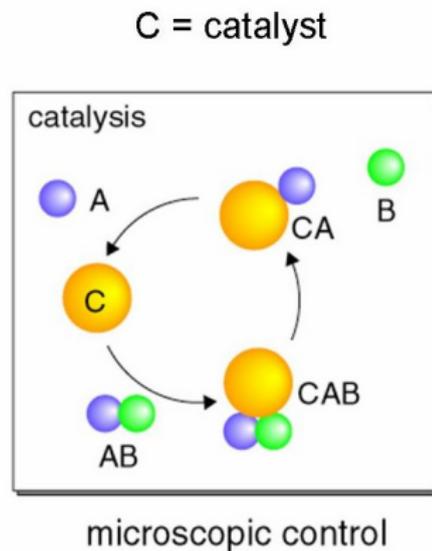
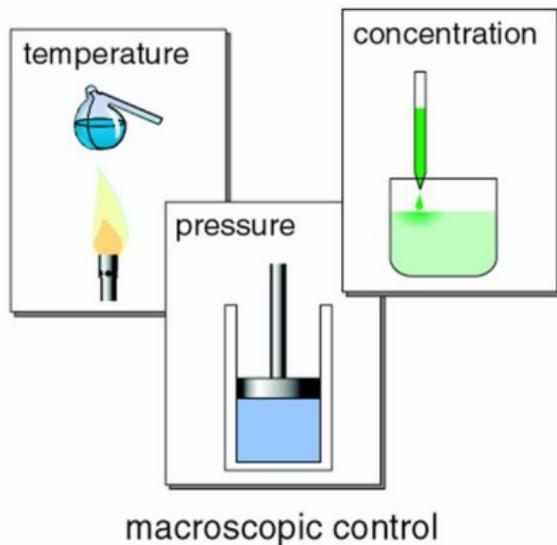
Adaptive Pulsformung mittels genetischer Algorithmen

- Kreuzung, Mutation und Selektion im Evolutionsprozess



Quelle: Prof. Gerber
(Universität Würzburg)

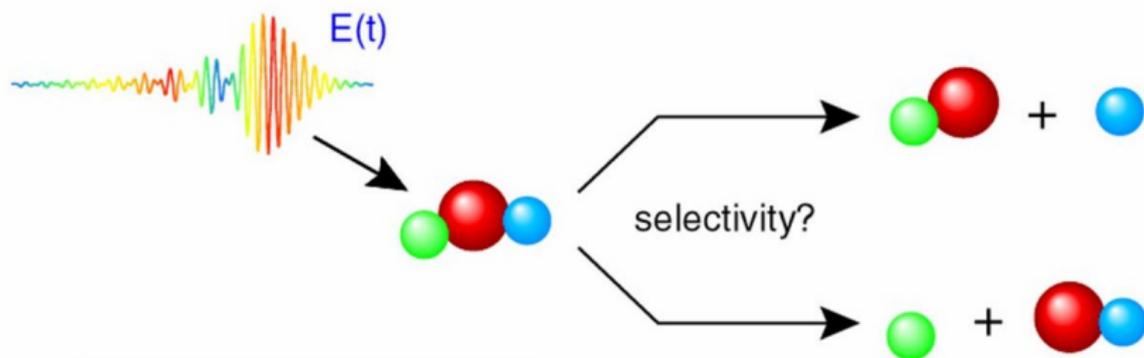
Konventionelle Methoden chemischer Kontrolle



- Viele Prozesse lassen sich so steuern, aber nicht alle !

Kohärente Kontrolle chemischer Reaktionen

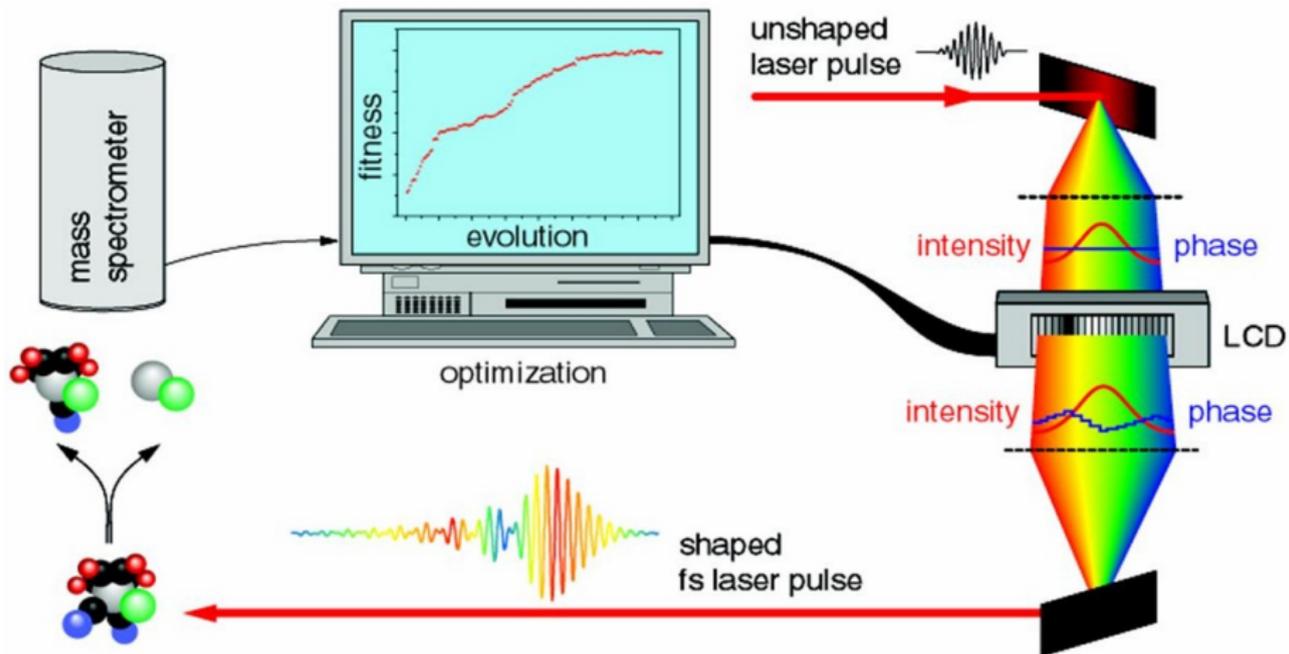
- Können geformte fs-Pulse gezielt Bindungen brechen indem spezielle Wellenpakete auf der komplexen Potentiallandschaft geformt werden?



electric control field $E(t)$:

which one to use?
how to generate it?

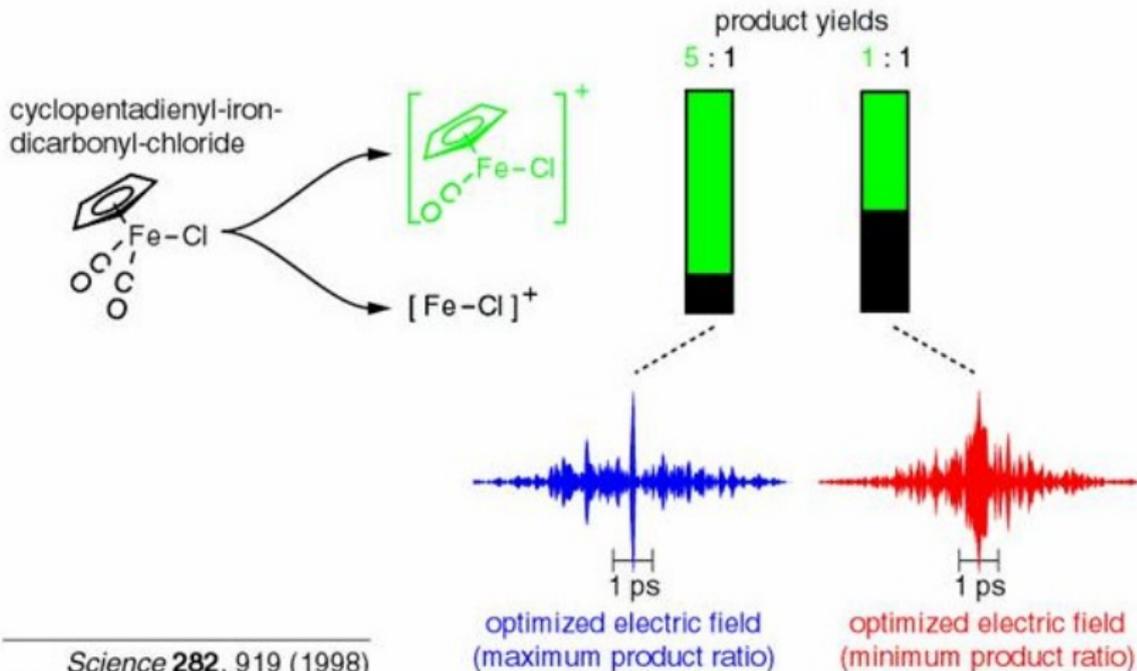
Kohärente Kontrolle chemischer Reaktionen



Science **282**, 919 (1998)
Adv. At. Mol. Opt. Phys. **46**, 1 (2001)

Kohärente Kontrolle chemischer Reaktionen

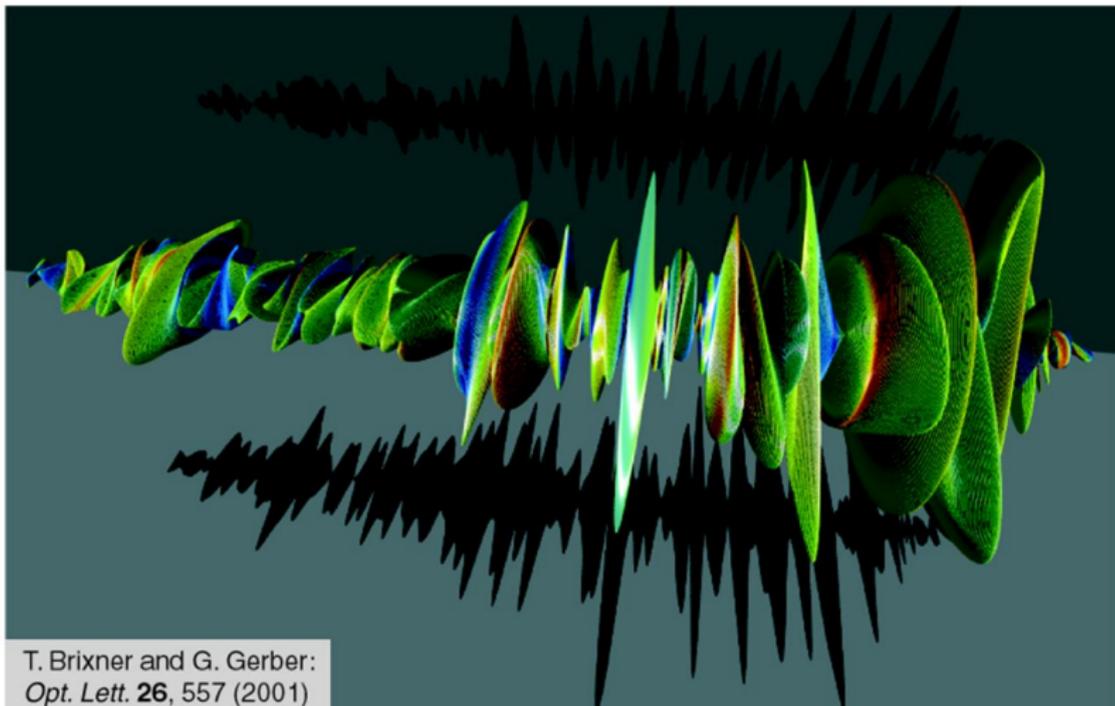
- ...aber die optimalen Pulsformen sind in der Regel sehr komplex...!



Science **282**, 919 (1998)
Chem. Phys. **267**, 241 (2001)

Kohärente Kontrolle chemischer Reaktionen

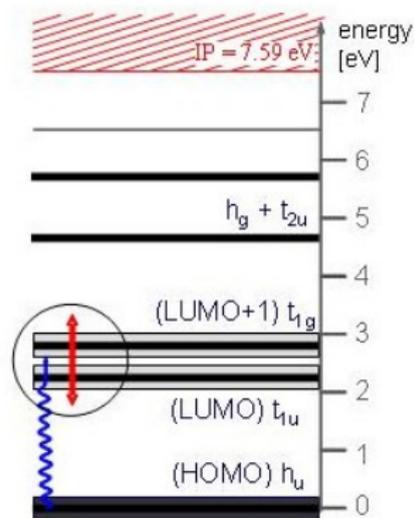
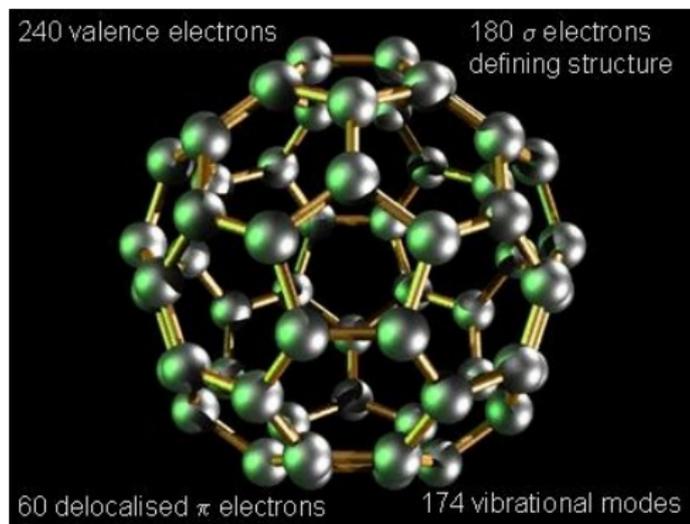
- ...insbesondere wenn nicht nur Amplitude und Phase sondern auch noch die Polarisation des Laserpulses manipuliert wird!



T. Brixner and G. Gerber:
Opt. Lett. **26**, 557 (2001)

Kontrolle der Photophysik in kleinen Quantensystemen

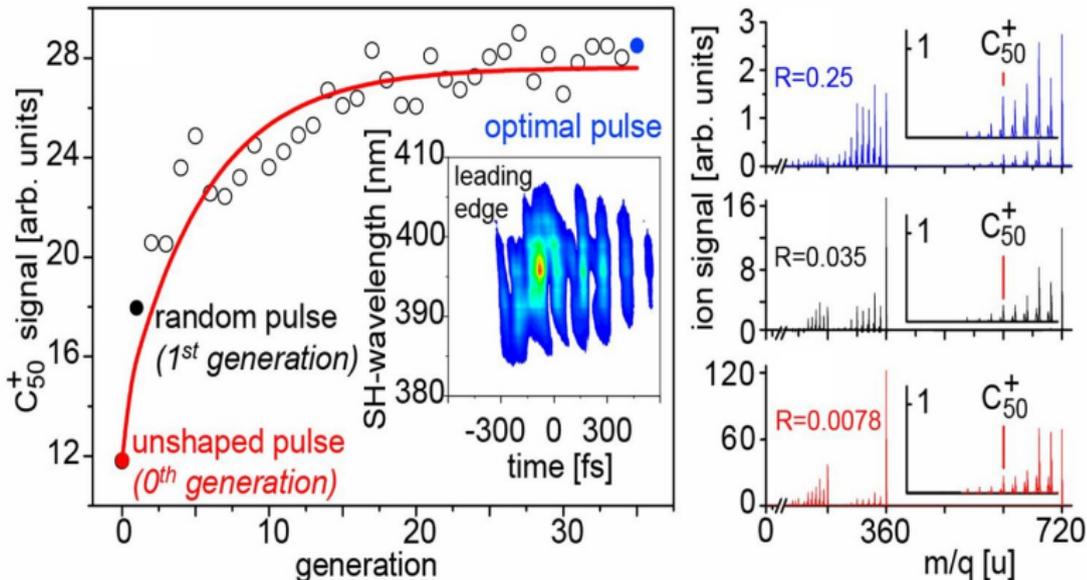
- Energieabsorption und Fragmentation in C_{60} -Fullerenen



- Resonante Anregung (HOMO \rightarrow LUMO+1) mit 400nm fs-Puls
- Beobachtung der Schwingungsdynamik im angeregten Zustand mittels adaptiver Pulsformung und Pump-Probe Spektroskopie

Kontrolle der Photophysik in kleinen Quantensystemen

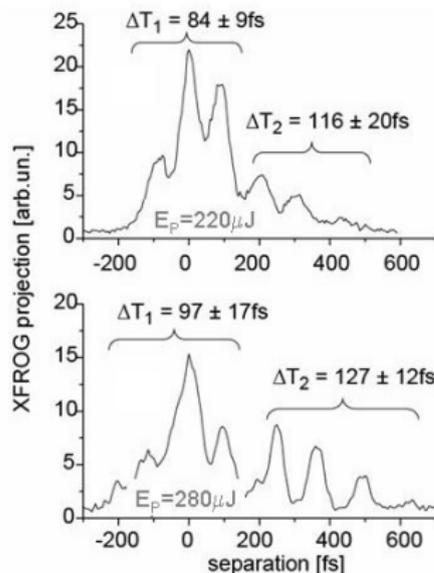
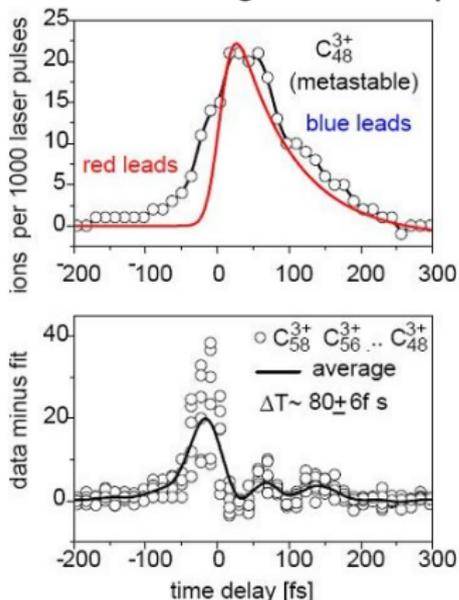
- Optimierung von C_{50}^+ zielt auf maximalen Energieeintrag (vibronisch), da C_2 -Abdampfung ein dominanter "Kühlprozess" ist



- Optimale Pulsform ist "Fingerabdruck" der induzierten Dynamik

Kontrolle der Photophysik in kleinen Quantensystemen

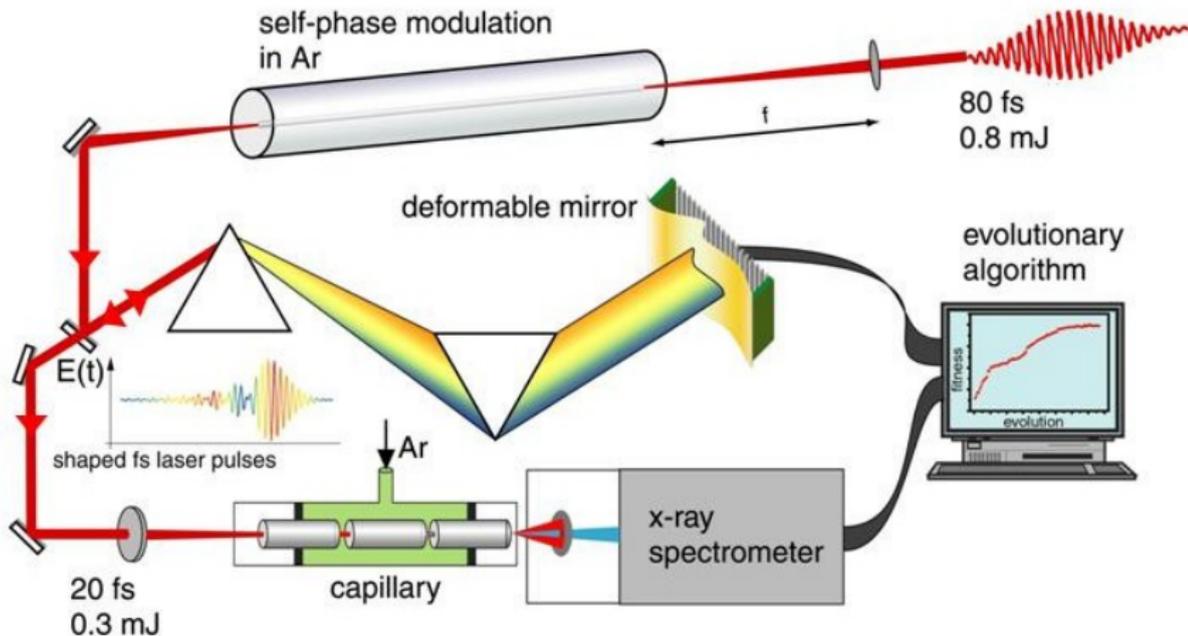
• Vergleich Pulsformung und Pump-Probe Spektroskopie



- Pulsformung gibt zusätzliche Informationen:
 - (a) Schwingungsperiode im neutralen System und im Kation
 - (b) Mehrelektronenanregung

Kontrolle nichtlinearer Prozesse

- Pulsformung optimiert selektiv Erzeugung hoher Harmonischer



Quelle: T. Pfeifer, MPI-Kernphysik, Heidelberg

Kontrolle nichtlinearer Prozesse

- Pulsformung optimiert selektiv Erzeugung hoher Harmonischer

