

Laser: Unde Vedis

SSOM/SLN 50 Jahre Laser
Buchs, Dezember 2, 2010

Christoph Harder harder@swisslaser.net

Inhalt

- Wie wäre die Welt heute ohne Laser?
- 3 Laserpioniere
 - Charles Townes
 - Ted Mainman
 - Gordon Gould
- Wie funktioniert ein Laser?
- Wichtige Laser Materialien: Halbleiter
- Was wurde mit dem Laser in den letzten Jahren erreicht?
- Die Schweiz: Führend in der Laserstrahl-Werkzeug Industrie

Ohne Laser: Unsere Welt stoppt

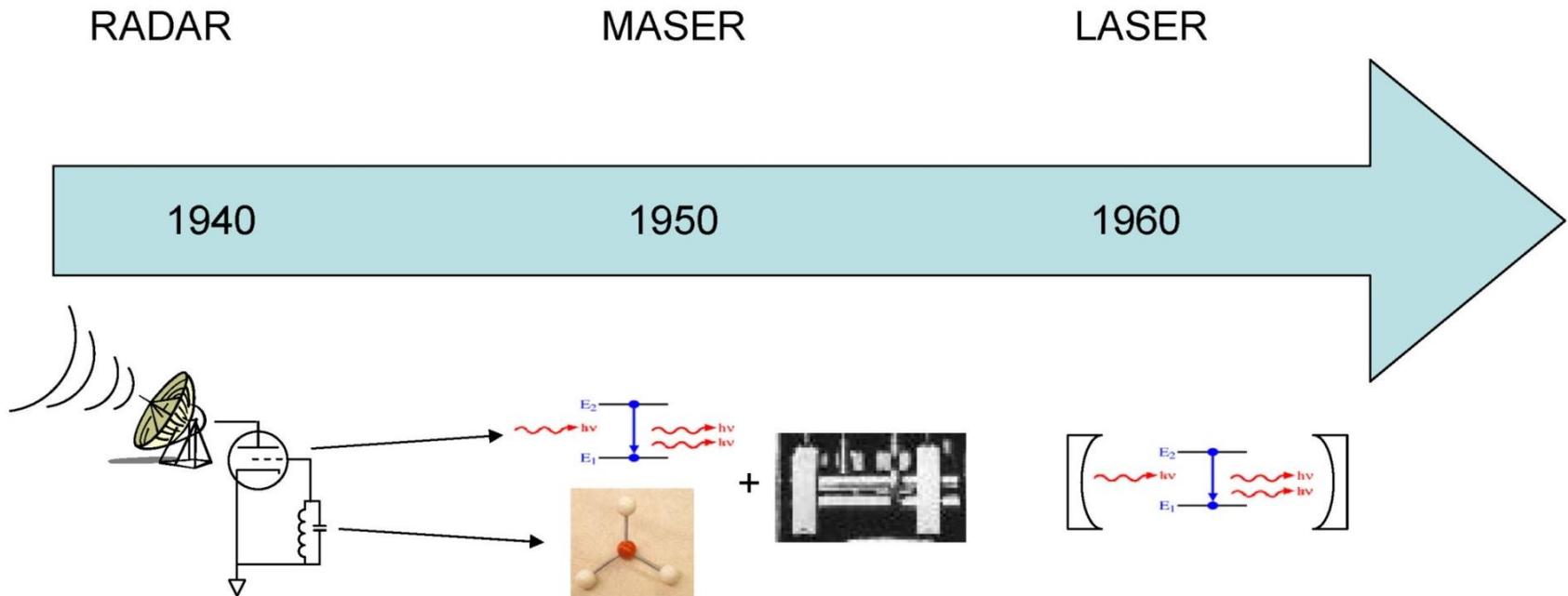
- Laserstrahl schädigt das Auge mit $>1\text{mW}$!
 - Laserstrahlen arbeiten normalerweise von $\text{mW}..kW$
 - Laserstrahlen arbeiten verdeckt

Was passiert wenn alle Laser plötzlich aufhören zu funktionieren?

- Die ganze optischen Nachrichtenübertragung hört auf:
 - Kein Internet, keine e-mail
 - kein Mobiltelefon (d.h. kein Handy, Natel, i-Phone ...)
 - keine Notrufe
- Das ganze Finanzgeschäft hört auf:
 - Keine Kreditkartenzulassung
 - Kein Cash aus Bankomaten (ATM-Netz)
- Autofabriken stehen still
 - Keine Laserstrahlwerkzeuge mehr
- ... und in der Verzweiflung können wir nicht einmal mehr CDs hören oder DVD schauen!

Charles Townes: MASER Pionier und Nobelpreisträger

- Radar Mikrowellen Quellen wurden für das Militär entwickelt
 - Basierend auf Elektronik, Frequenz limitiert durch Elektronik
 - Townes hatte die Idee Atome als Verstärker zu verwenden ([Video 2min](#))
 - 1950: Maser: Theorie , 1954: Maser demonstriert
 - 1958: Optical Maser: Theorie, 1960: Laser nachgebaut
 - 1964: Nobelpreis an Townes, Prokhov, Basov ([Video 1min](#))

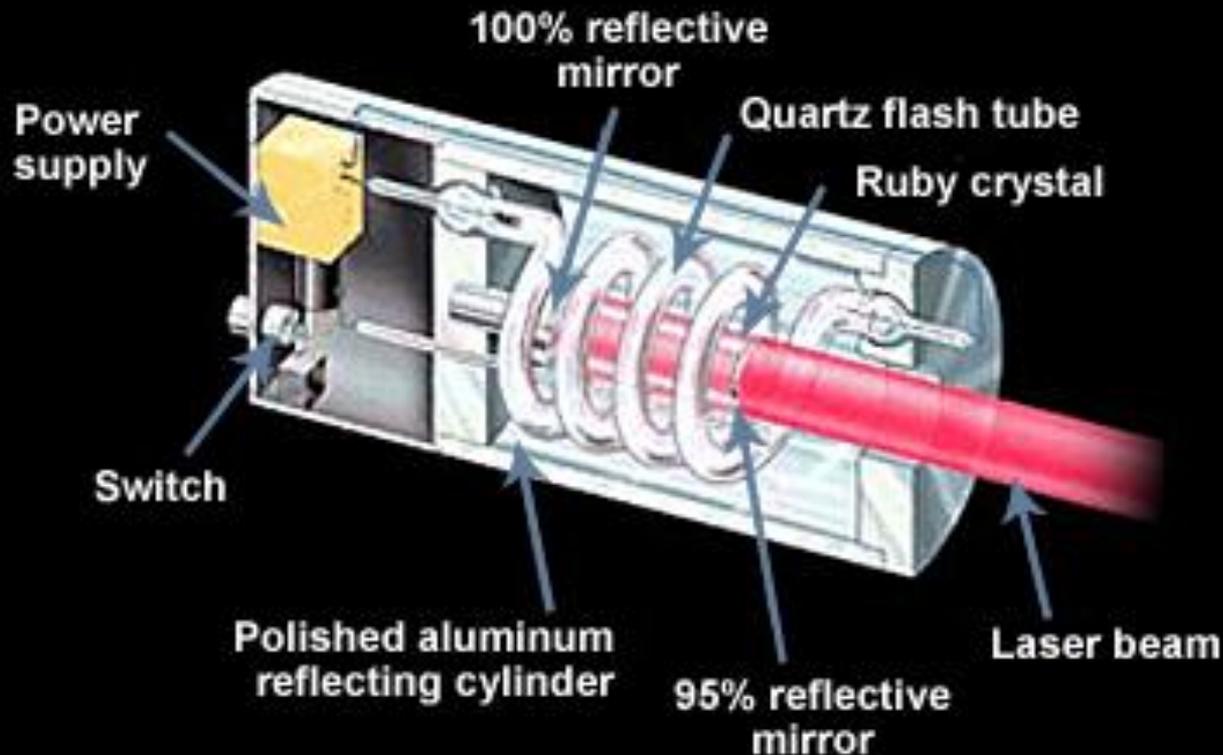


Ted Maiman: Konstrukteur des ersten Lasers im Mai 1960

- Nach 1958 Theorie von Townes: Wettrennen zum ersten Laser
 - AT&T Bell Labs:
 - x*10Mio\$, viele Physiker, darunter einige Nobelpreisträger versuchen einen Laser zu demonstrieren
 - Ted Maiman:
 - Ingenieur (aus “Bastlerfamilie”) bei Hughes Labor in Los Angeles mit einem sehr kleinen Budget (9 Monate, 70’000\$).
 - War ein MASER Entwickler (mit Ruby)
- Mein Doktorvater Amnon Yariv:
 - Arbeitete zu dieser Zeit bei Bell Labs und er war im Juni 1960 in Los Angeles in den Ferien (Bodysurfing).
 - Er liess sich von Maiman den Laser demonstrieren.
 - Meldete an AT&T Bell Labs zurück: Das Rennen ist entschieden.
- Ted Maiman versuchte die Resultate zu publizieren (wurde von den “reviewern” abgelehnt) und lange wurde er ignoriert. Heute ist seine bahnbrechende Leistung anerkannt
- [Ted Maiman](#) (5min)

Ruby Laser: Ted Maiman, 1960

Components of the first ruby laser

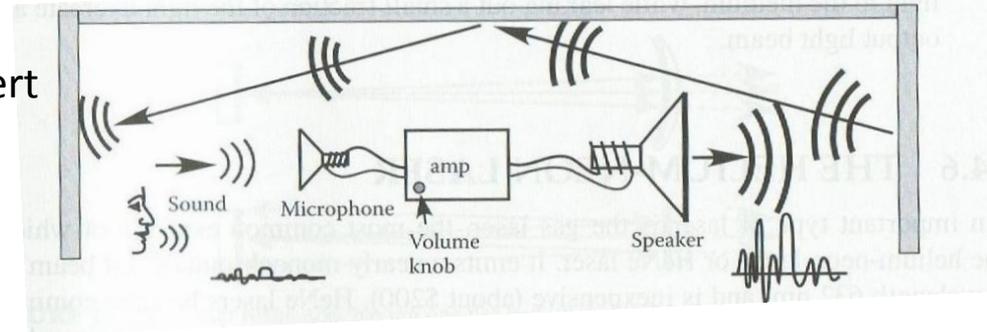


Gordon Gould: Laser Patent

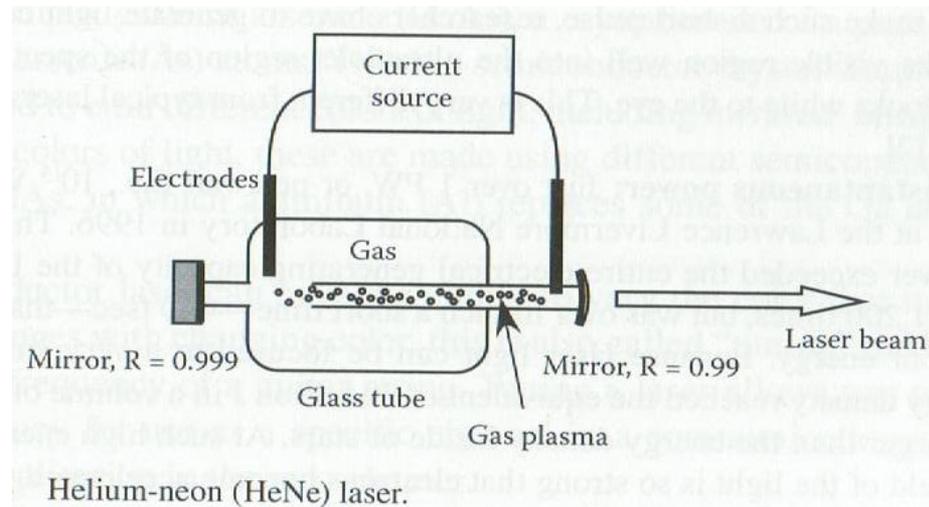
- Gordon Gould war ein Student an der Columbia University (hatte Kontakt zu Townes).
 - Ging weg vor Abschluss an Columbia
- Gould kreierte den Namen “Laser”: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" in 1957
- Gould patentierte den Laser in 1959
 - Notizen aus 1957 beglaubigt durch Notar (Besitzer eines Süßigkeitsladens)
 - In den USA zählt die beglaubigte Notiz im Laborbuch als Ursprungsdatum, in Europa die Veröffentlichung)
 - Kontakt zu “Marxisten”: Konnte bei den eigenen Projekten nicht mitmachen.
- Nach 30 Jahre wurde Patent anerkannt.
 - 80% seiner Patenteinkünfte mussten er Anwälten abtreten
 - Wurde Mulltmillionär

Wie funktioniert ein Laser?

- Oszillator:
 - Verstärker mit Rückkopplung oszilliert von selbst (Verstärkung >1)
 - Verstärker braucht Power Supply



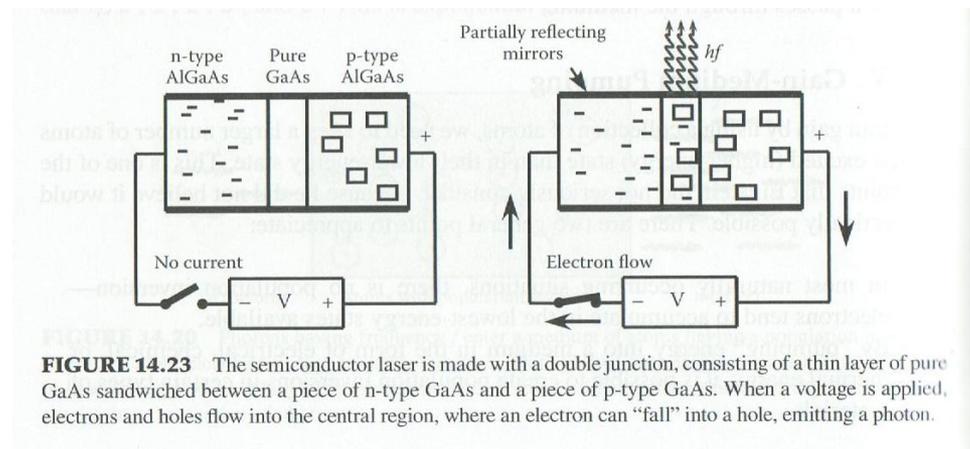
- Lichtverstärker
 - Beinah alle Materialien verstärken Licht, wenn man genügend Leistung zufügt
 - X-Ray Verstärkung in Wolfram mit Atombombe als Anregung (Star-Wars)
 - Gute Lasermaterialien verstärken Licht schon bei kleineren Anregungs-Leistungen
 - Rückkopplung durch Spiegel



Halbleiter als Lichtverstärker

- Lichtgeneration im Halbleiter:
 - Im Halbleiter gibt es
 - Elektronen (Teilchen, n-dotiert) und Löcher (Antiteilchen, p-dotiert)
 - Spontanes Licht: Teilchen und Antiteilchen lösen sich gegenseitig auf und die Energie wird als Photon (Licht) abgegeben.
 - Lichtverstärkung: Vorhandenes Licht (Photon) stimuliert diesen Prozess der gegenseitigen Auflösung von Elektron und Loch.

- Halbleiter p-n Junction:
 - Ohne Spiegel: LED,
 - mit Spiegel: Laser



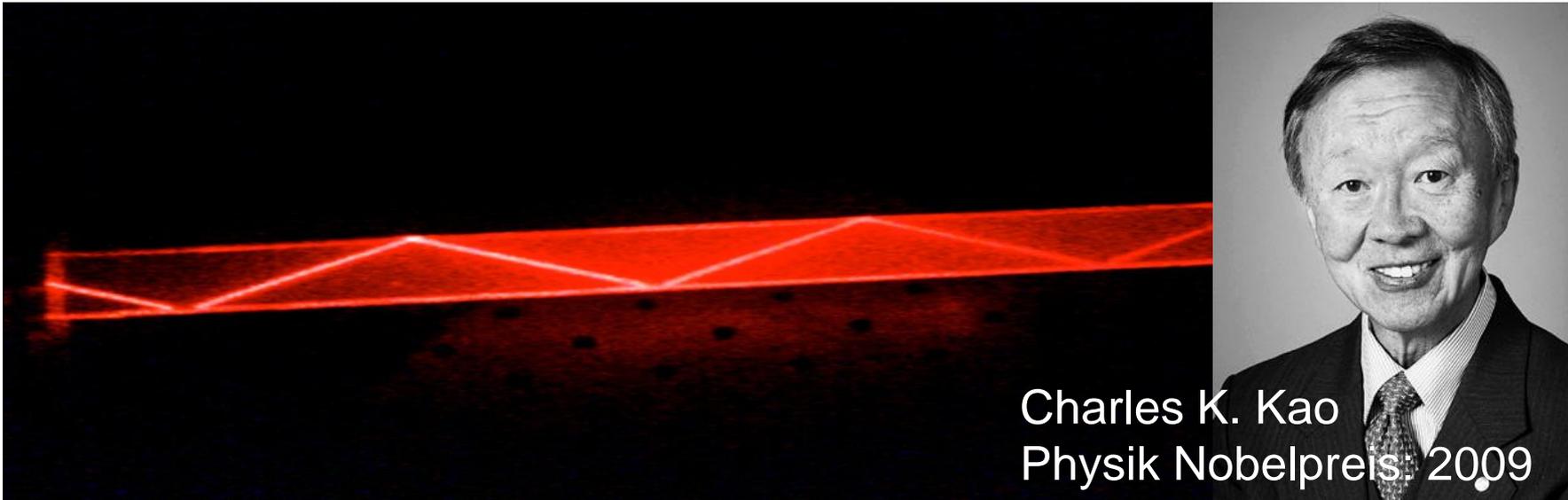
- Umgekehrt betrieben: Solarzelle (Photon wandelt sich in Teilchen und Antiteilchen)

Eigenschaften einiger Halbleiter Materialien

- Silizium:
 - Eignet sich für Elektronik und Photovoltaik da halbleitend und in oxidiertem Zustand ein beinahe perfekter Isolator ist.
- III-V (GaAs, GaN, GaAlAs, InGaAlAs,.. und InP, InGaAsP, ..)
 - Eignet sich um aus Strom Licht zu generieren, da Elektronen und Löcher sehr effizient in Licht umgewandelt werden können.
- Siliziumdioxide:
 - Eignet sich als perfekter Isolator (und Passivator) für Silizium Elektronik
 - Eignet sich als Lichtleiter

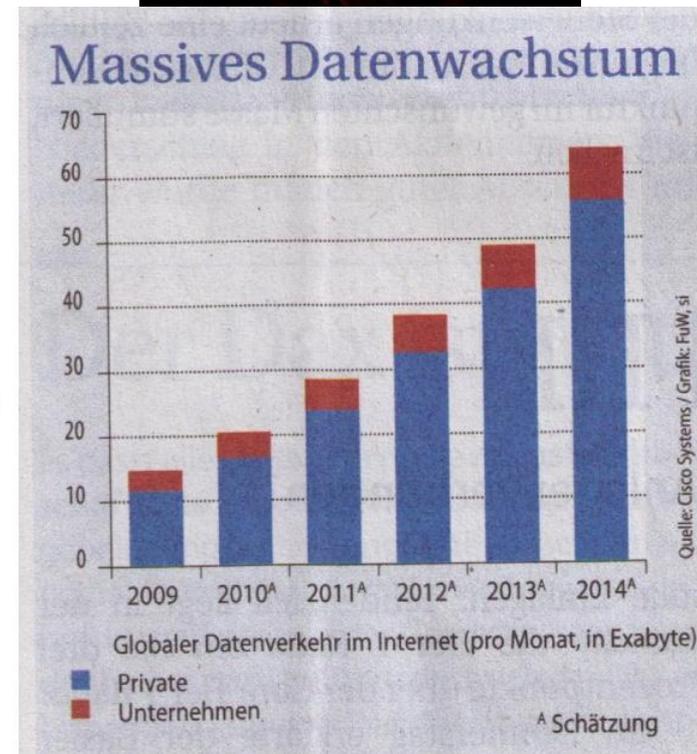
Lichtleiter

- Lichtleitung in Material mit höherem Brechungsindex (kleinerer Geschwindigkeit)
 - Licht ausserhalb des Stabes läuft schneller und biegt den Strahl zurück in den Stab
 - oft etwas verwirrend: „Totale interne Reflektion“ genannt
- Kleine Verluste
 - Sehr kleine Absorption: Gereinigter Quarz (Charles Kao)

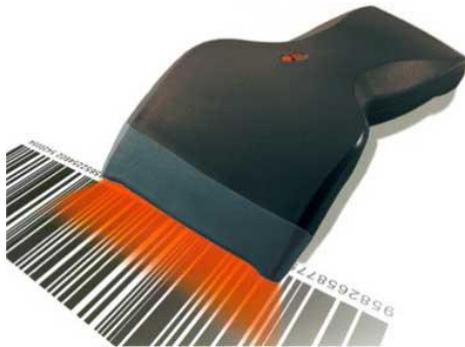


Anwendungen: Kommunikation

- Internet
 - Nicht möglich ohne Laser und optische Fasern
- Fiber to the home == Laser to the home
- Transatlantische Faser Kabel
 - 10'000km mit 1'000Gb/s ohne elektronische Verstärker
 - 50% der Faserverstärker haben „pump chips“ von Zürich
- 2010: 20 Exabyte/Monat (alle 2 Jahre verdoppelt)
 - 10^{18} byte/Monat im 2010

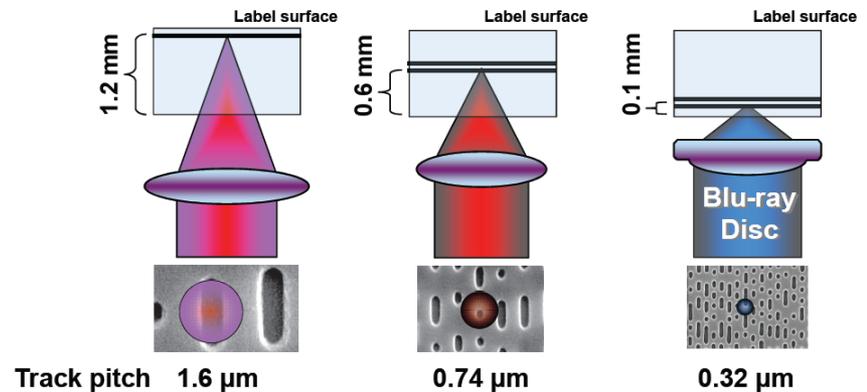


Consumer Laser



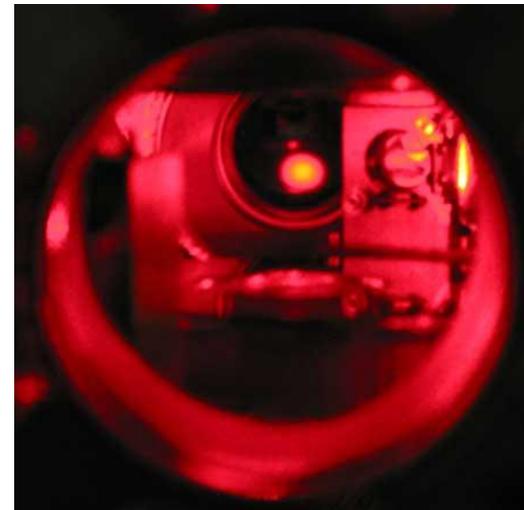
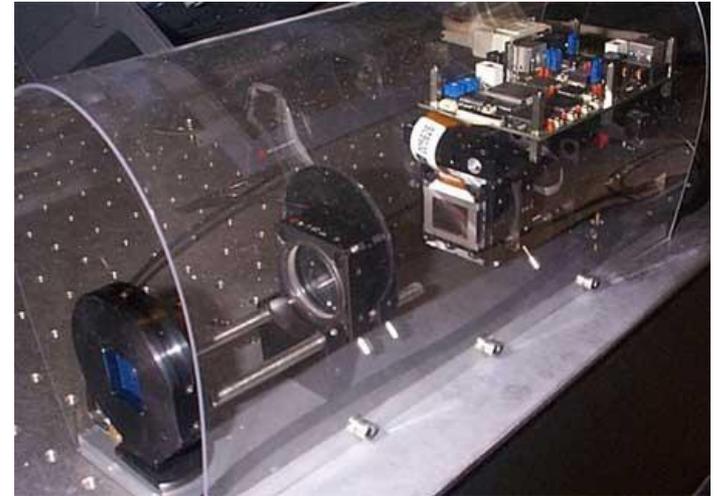
Progress of Optical Storage

	CD	DVD	BD
Wavelength	780 nm	650 nm	405 nm
NA	0.45	0.60	0.85
Capacity	700 MB	4.7 GB (1 layer) 8.5 GB (2 layers)	25 GB (1 layer) 50 GB (2 layers)



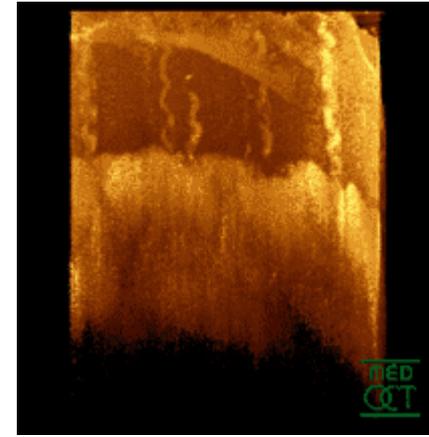
Optische Pinzetten und Kühlschränke

- Optische Pinzetten:
 - Kleine Objekte werden in den Strahl gezogen.
 - Bakterien, Moleküle und Atome können in dieser “Laserfalle” gehalten werden
- Optischer Kühlschrank:
 - Atome können mit Photonen gekühlt werden (wie man mit pinp-pong Bällen einen Fussball verlangsamen kann)
 - In 1997 gewannen Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji, und William D. Phillips won den Nobelpreis für Lasercooling
 - Genaues Zeitnormal mit Schwingungen von gekühlten Atomen (im Wettlauf auch mit Uhr von gepulsten Lasern, Hänsch, Nobelpreis 2005)

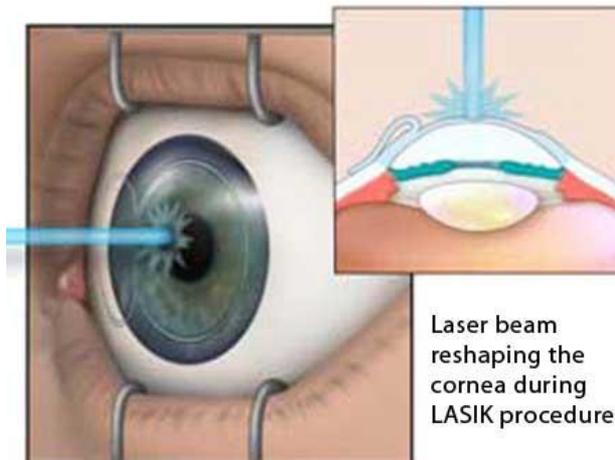


Medizin

- OCT (Echolot um Oberfläche genau auszumessen)
 - Fingerbeere (Schweisskanäle)

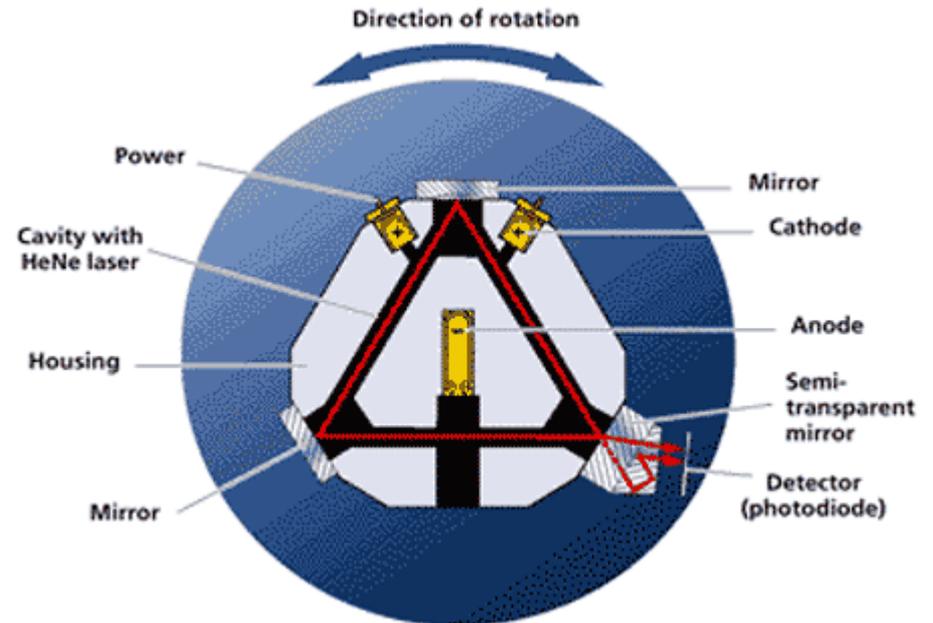


- Augenkorrektur (mit Femtosekunden Laserpulsen die Linse zurechtschneiden)
 - Operationen (Laserstrahl als Skalpell)



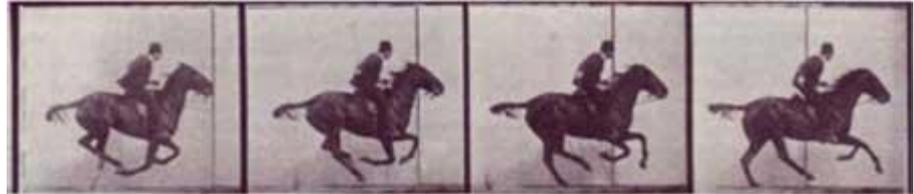
Gyroscope

- Ring laser der in beiden Richtungen läuft
- Eine Rotation ergibt eine Wegdifferenz (Differenzfrequenz)

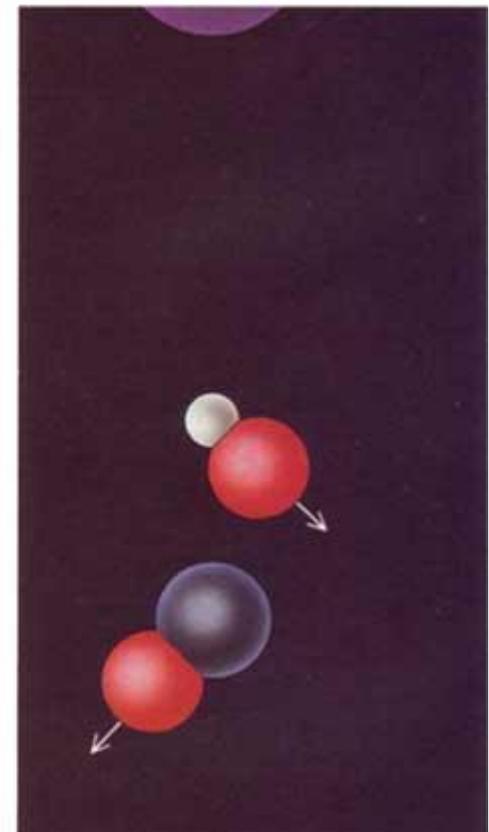


Femto Sekunden Stroboskop

- Eadweard Muybridge in 1872:
 - 1/1000sek
- In 1999, Ahmed Zewail:
 - Nobelpreis für femto Chemie
- Heute:
 - Attosekunden Auflösung bringt Chemiker und Physiker zusammen um die Grenzen der Atom, Molecular und Chemie weiterzustossen.



HPP



Künstlicher Stern

- Teleskop Bild wird auf der Erde durch die Schwankungen der Atmosphäre verschwommen.
 - >Hubble Space Teleskop
- Heutige Teleskope bestehen aus vielen Spiegeln, die mechanisch mit “Autofocus” justiert werden.
 - Es braucht einen hellen Focuspunkt (Referenzstern)
 - Mit einem Laser werden von Natriumatomen (an einem beliebigen Punkt in 100km Höhe) angeregt, die als künstlicher Referenzstern dienen (gelb wie Natriumdampf Stassenlame)



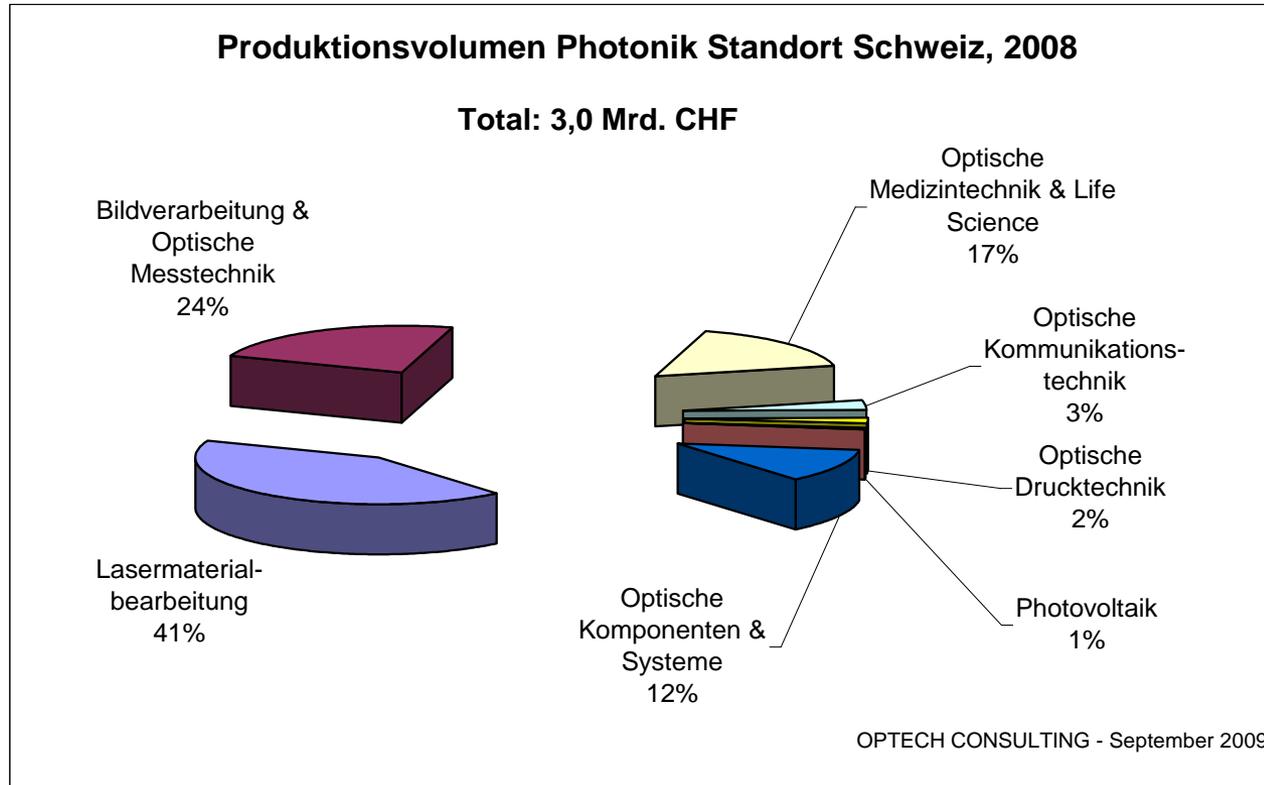
Laser Strahl Werkzeug



- Versatiles Werkzeug

Velo: 0.5mm
Plate: 50mm

Photonik in der Schweiz



- Dominiert durch Laserstrahlwerkzeuge
 - Schweiz: Gleich gross wie USA oder Japan
- Photonik in der Schweiz:
 - 2-ter in Umsatz/capita in Europa