

PITZ - der Laser
Stand und Perspektiven

Juergen Baehr

25/06/2002

Technisches Seminar
DESY-Zeuthen

1. Was ist ein Laser

2. Status des PITZ-Lasers

3. Funktion des Lasers bei PITZ

4.PITZ

5.Wie arbeitet ein Laser

6.Nicht-lineare Optik

7.Optische Elemente des PITZ-Lasers

8. Gesamtschema des PITZ-Lasers

9. Strahltransport-System und erste Messungen

10. Geplante Weiterentwicklung

1. Was ist ein Laser

Laser → Lichtquelle:

Erzeugt kohärentes zu einem Strahl gebündeltes Licht hoher Energiedichte.

Kohärenz: räumliche ↔ zeitliche

Zwischen Teilen des Wellenfeldes bestehen geordnete Phasenbeziehungen

→ Interferenzfähigkeit

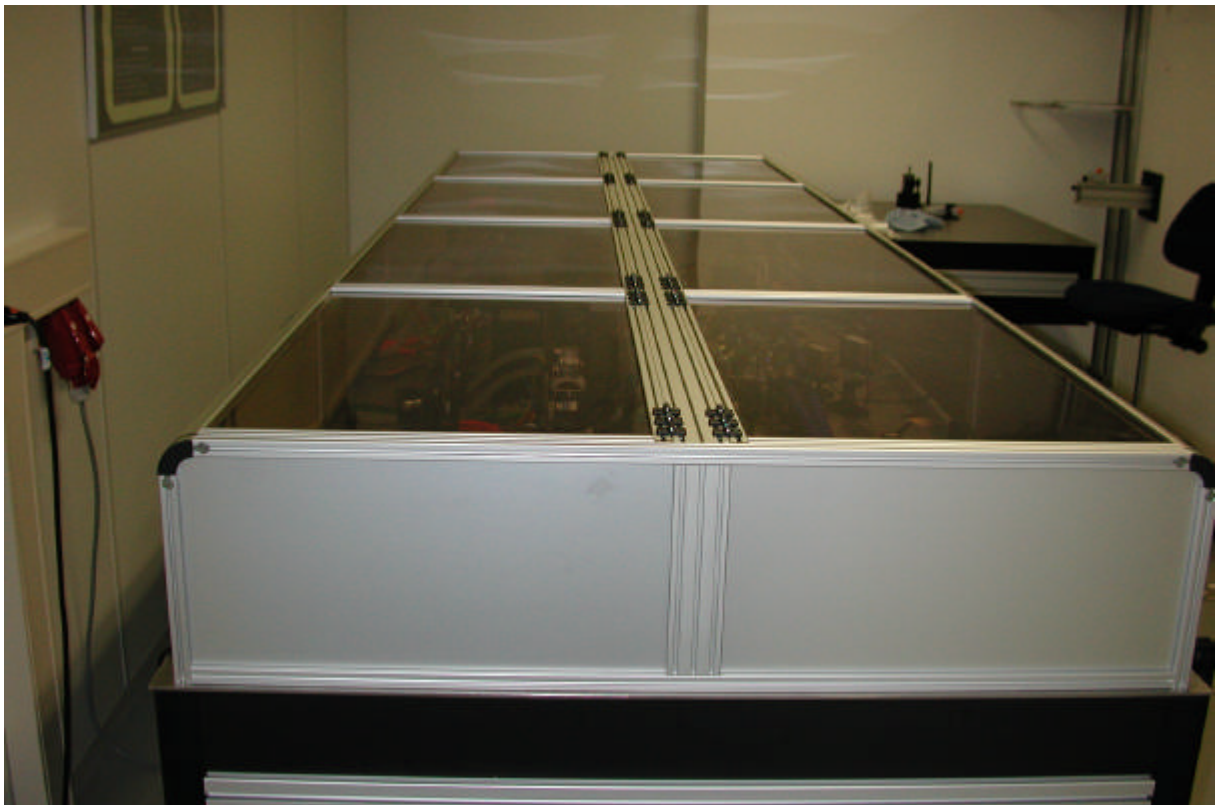
zeitliche Kohärenz ↔ Monochromasie

2. Status des PITZ-Lasers

Entwicklung: Max-Born-Institut im Rahmen der PITZ-Kollaboration : I.Will u.a.

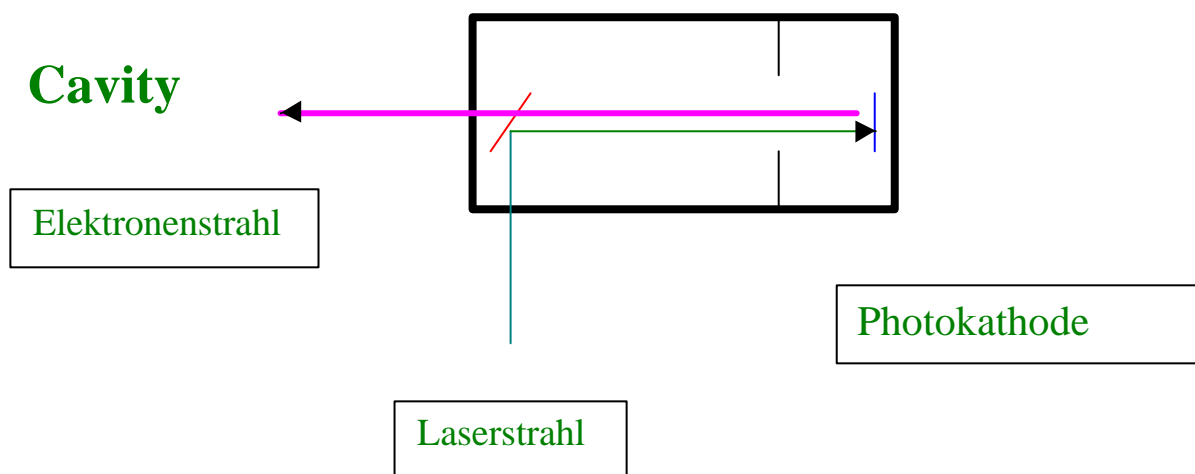
- Inbetriebnahme: Oktober 2001

**- Erste Photoelektronen: 13. Januar 2002
→ erster Elektronen-Strahl an PITZ**



3. Funktion des Lasers bei PITZ

Photoeffekt: Erzeugung von Elektronen durch
Bombardierung der Photokathode mit Licht



Photokathode: Caesiumtellurit

Anforderungen an den Laser bei PITZ:

- **Impuls-Struktur**
 - Phase I: Gauss Verteilung : $\sigma \sim 6$ ps**
 - Phase II: Rechteck-Pulse: Anstiegs- u. Abfallzeit < 1 ps**
- **Flankensteilheit**
- **Konstanz der Amplituden der Einzelimpulse**
- **Räumliche Verteilung der Intensität auf der Kathode:**
 - Phase I: Gauss**
 - Phase II: Flat top (Rechteck-Profil)**
- **Beam –Durchmesser: 1, 3, 10 mm**
- **Wellenlänge 262nm**
- **Energie/Pulse: 20 mJ Mikro-Pulse**
16 mJ Pulszug

Titel:

(time.eps)

Erstellt von:

(ImageMagick)

Vorschau:

Diese EPS-Grafik wurde nicht gespeichert
mit einer enthaltenen Vorschau.

Kommentar:

Diese EPS-Grafik wird an einen
PostScript-Drucker gedruckt, aber nicht
an andere Druckertypen.

4. PIZ

PhotoInjektor Teststand Zeuthen

Ziele:

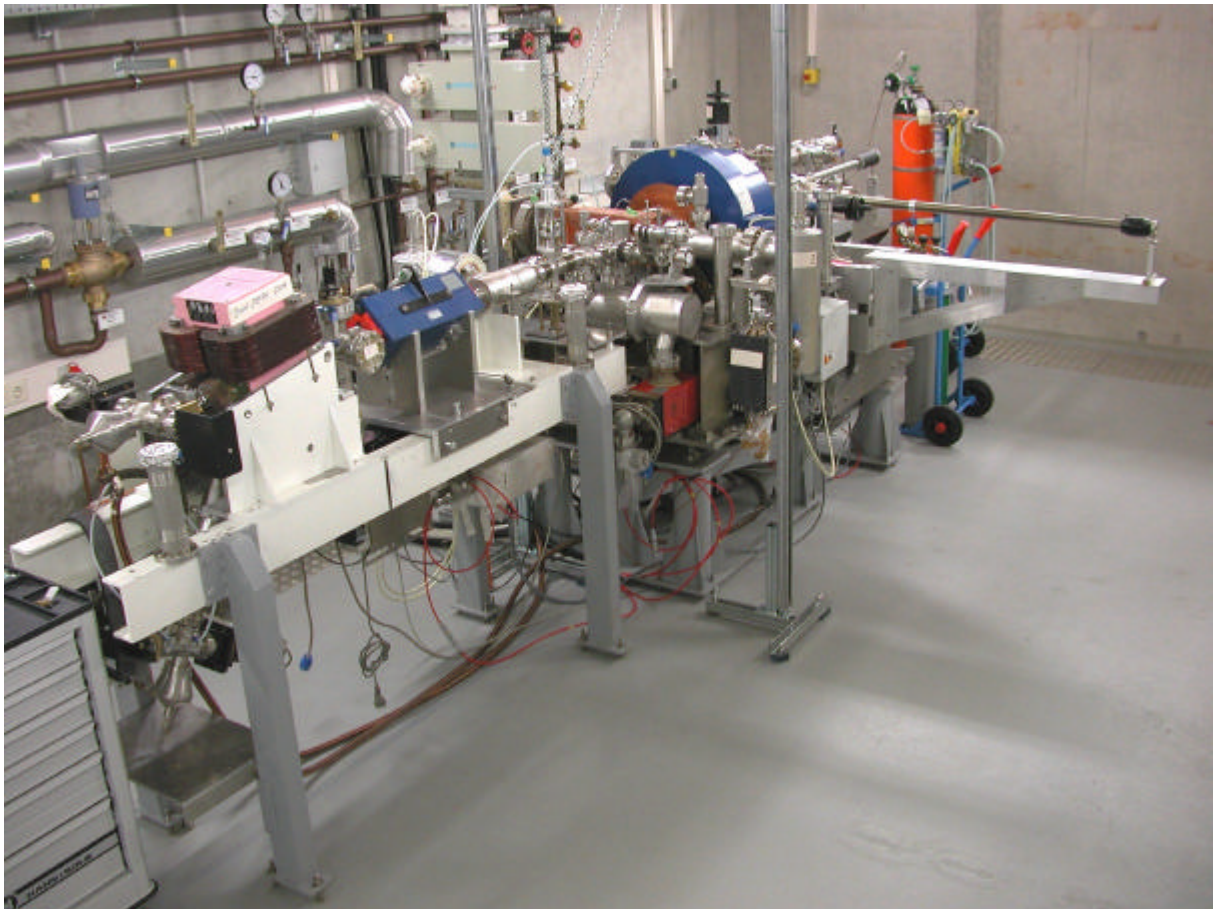
- Optimierung von lasergesteuerten Elektron-Guns
- Erzeugung flacher Strahlen
- Erzeugung polarisierter Elektronenstrahlen
- Test von Baugruppen

(s. Vortraege v. F.Stephan)

Stichworte:

- **TESLA**: TeV Superconducting Linear Accelerator
- **TTF**: Tesla Test Facility
- **FEL**: Free Electron Laser
- **TDR**: Technical Design Report

Titel:
gun11.eps
Erstellt von:
fig2dev Version 3.2 Patchlevel 3c
Vorschau:
Diese EPS-Grafik wurde nicht gespeichert
mit einer enthaltenen Vorschau.
Kommentar:
Diese EPS-Grafik wird an einen
PostScript-Drucker gedruckt, aber nicht
an andere Druckertypen.



Hauptkomponenten von PIZ

- **Kathodensektion**
- **Cavity-Sektion**
- **Diagnosesektion**
- **Vakuumsystem**
- **HF-System**
- **Laser**
- **Kontrollsystem**

(s. Vorträge v. I.Bohnet u. R.Wenndorf)

5. Wie arbeitet ein Laser

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

Lichtverstaerkung durch stimulierte Emission von Strahlung

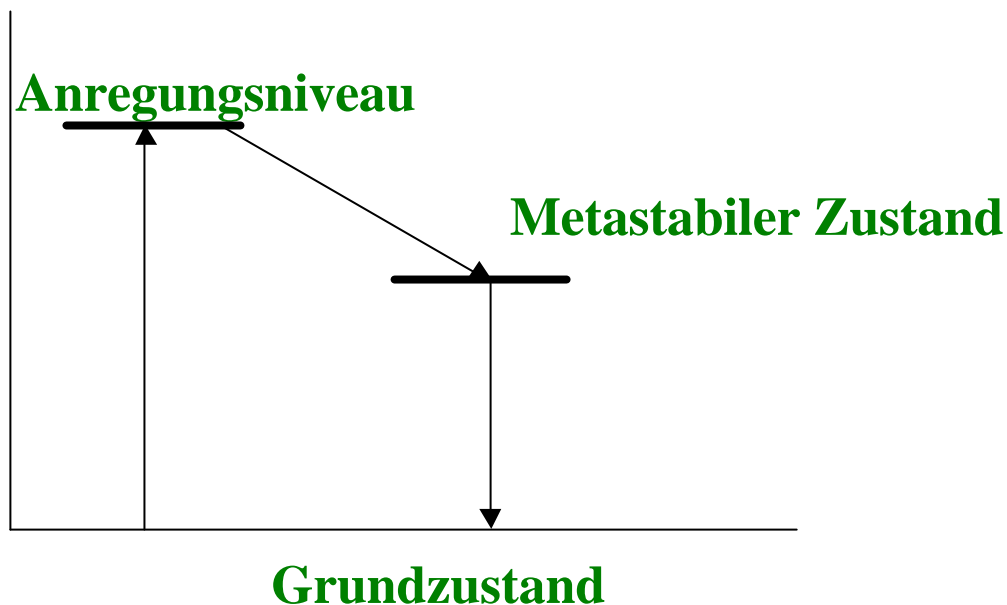
Gegensatz:
spontane Emission (Gluehlampe, Leuchtstofflampe)

Voraussetzung: Lasermedium

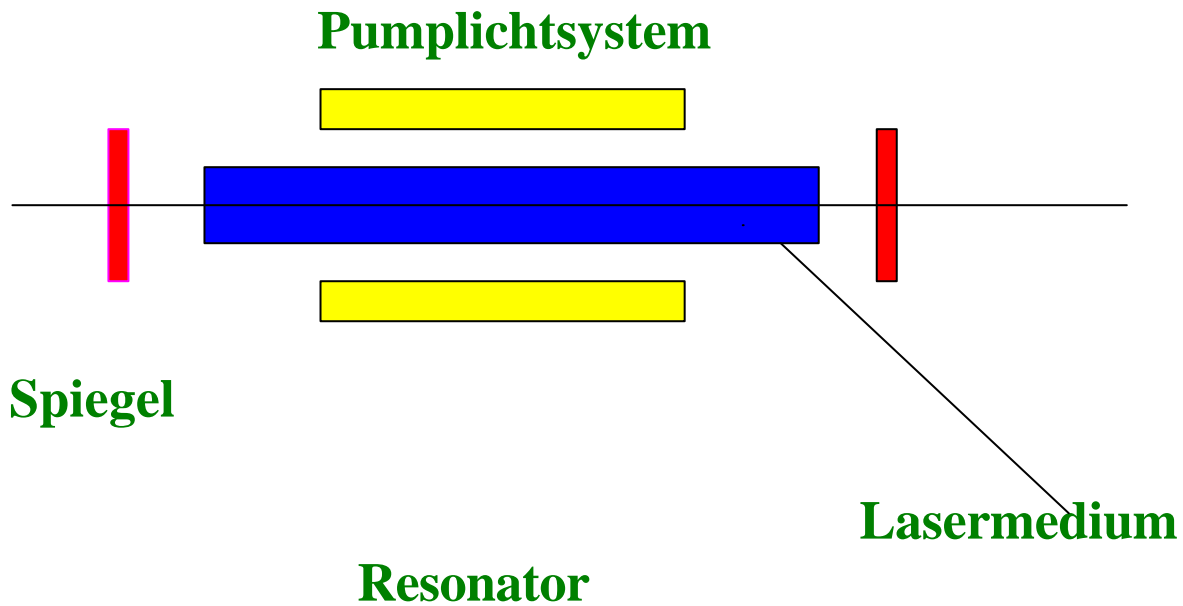
→ **Besetzungsinversion – Termschema - Pumpen**

→ **metastabile Zustaende:**

Termschema:



Grundbausteine eines Lasers:



Laser: Oszillator oder Verstaerker

Lasermode: Dauerstrich oder Pulslaser

Lasermaterialien:

- **Gas: HeNe, Kohlendioxid**
- **Festkoerper: Rubin**
- **Halbleiter: Laserdioden**
- **Farbstofflaser**
- **Glas**

Eigenschaften des Laserlichtes:

- **Monochromasie**
- **hohe Energiedichte**
- **gebündelter Strahl geringer Divergenz**
- **Kohärenz (geordnete Phasenbeziehungen in einer Welle)**

Laseranwendungen:

- **Materialbearbeitung**
- **Wissenschaft:**
 - **kohärente Lichtquelle**
 - **monochromatische Lichtquelle**
 - **Impulslichtquelle (ps, fs)**
- **Medizin**
- **Peilung**
- **Laserpointer**
- **Kunst**
- **Holographie**
- **CD**
- **Nichtlineare Optik**
- **Optische Speicher (Computer, Massenspeicher)**
- **Kohärenzoptik**

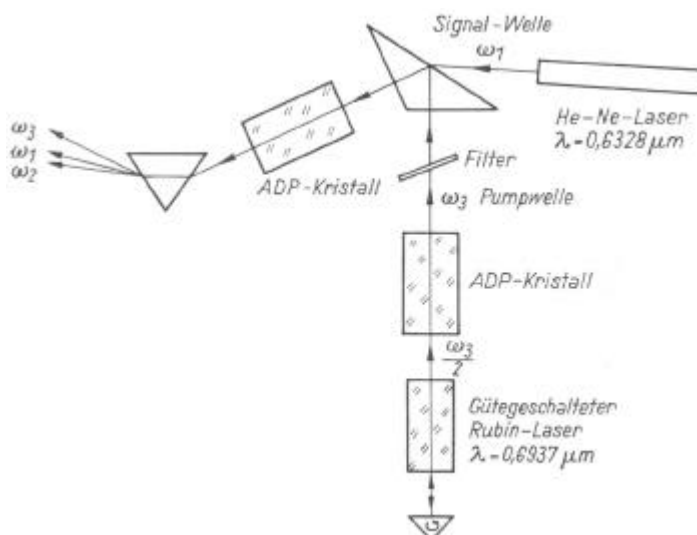
6. Nichtlineare Optik

Voraussetzung: sehr hohe Lichtintensitaet
→ hohe elektrische Feldstaerken im Kristall

Einige Effekte:

- **OPA: Optisch-parametrische Verstaerkung**
→ abstimmbare Laser (Variation von Kristalllage und/oder Temperatur)

$$\omega(3) = \omega(1) + \omega(2)$$



- **Absorption und Brechung als Funktion der Lichtintensität oberhalb bestimmter Schwellen**
- **Phasenkongruenz in der Glasfaserkommunikation**
- **Mehrphotonenprozesse, z.B. Zweiphotonen-Absorption**
- **POCKELS-Effekt: elektro-optischer Effekt in Festkörpern**
- **KERR-Effekt: elektro-optischer Effekt in Flüssigkeiten**
- **Bildung von Summen und Differenzen-Frequenzen**
- **Selbstfokussierung**
- **Frequenzverdoppelung, höhere Harmonische**

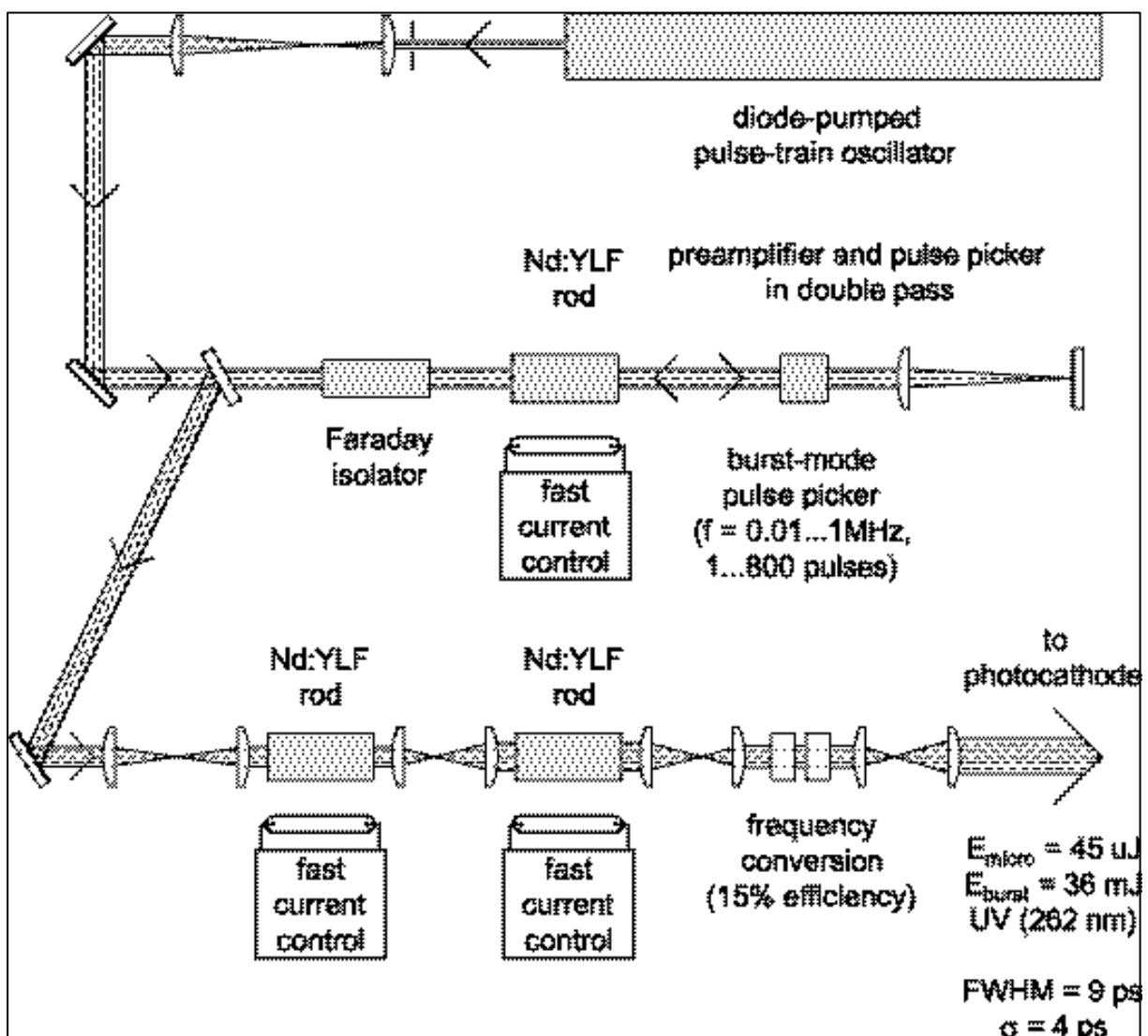
7. Optische Elemente des PITZ -Lasers

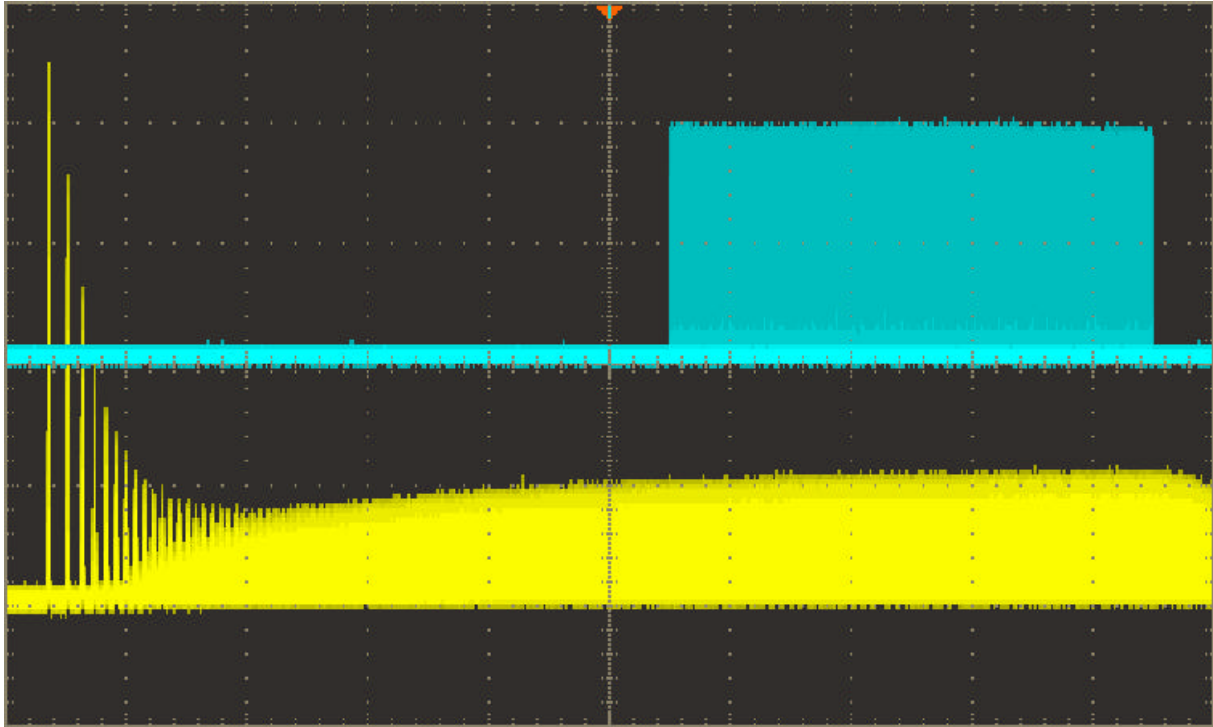
- **Oszillator**
- **Verstaerker**
- **shutter: Pockels-Zelle (Verschluss)**
- **Linsen, Teleskope**
- **Spiegel**
- **Blenden**
- **Frequenz-Verdoppler**
- **Impulsformer, Modulatoren (elektro-optisch, akusto-optisch)**
- **Spaeter eventuell: OPA, OPO**

8. Optisches Schema des PITZ-Lasers

Lasertisch: 4,5 m x 2 m

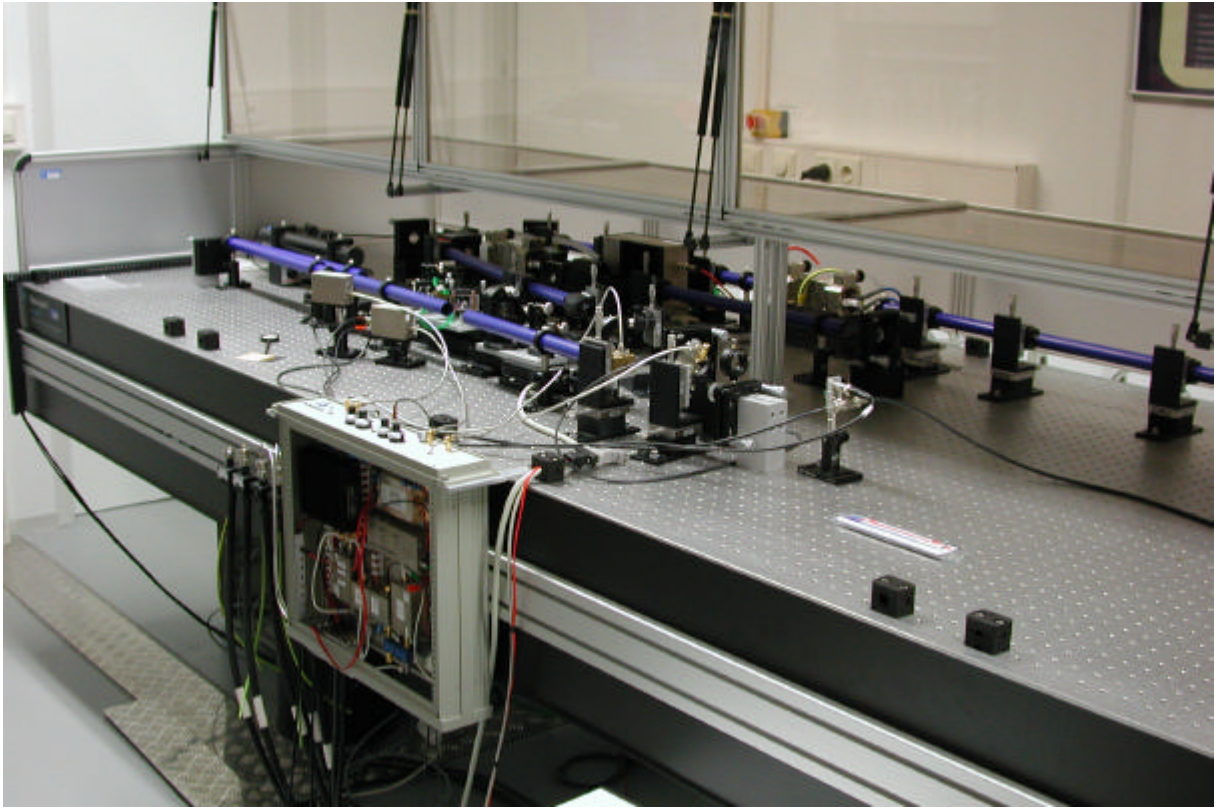
8.1. Der PITZ-Laser (Stufe 1)





Impulszug aus dem Oszillographen:

- Ausgang des Oszillators (gelb)
- Ausgang des Lasers nach Verstärkern (blau)
- 1 Kästchen: 200ps



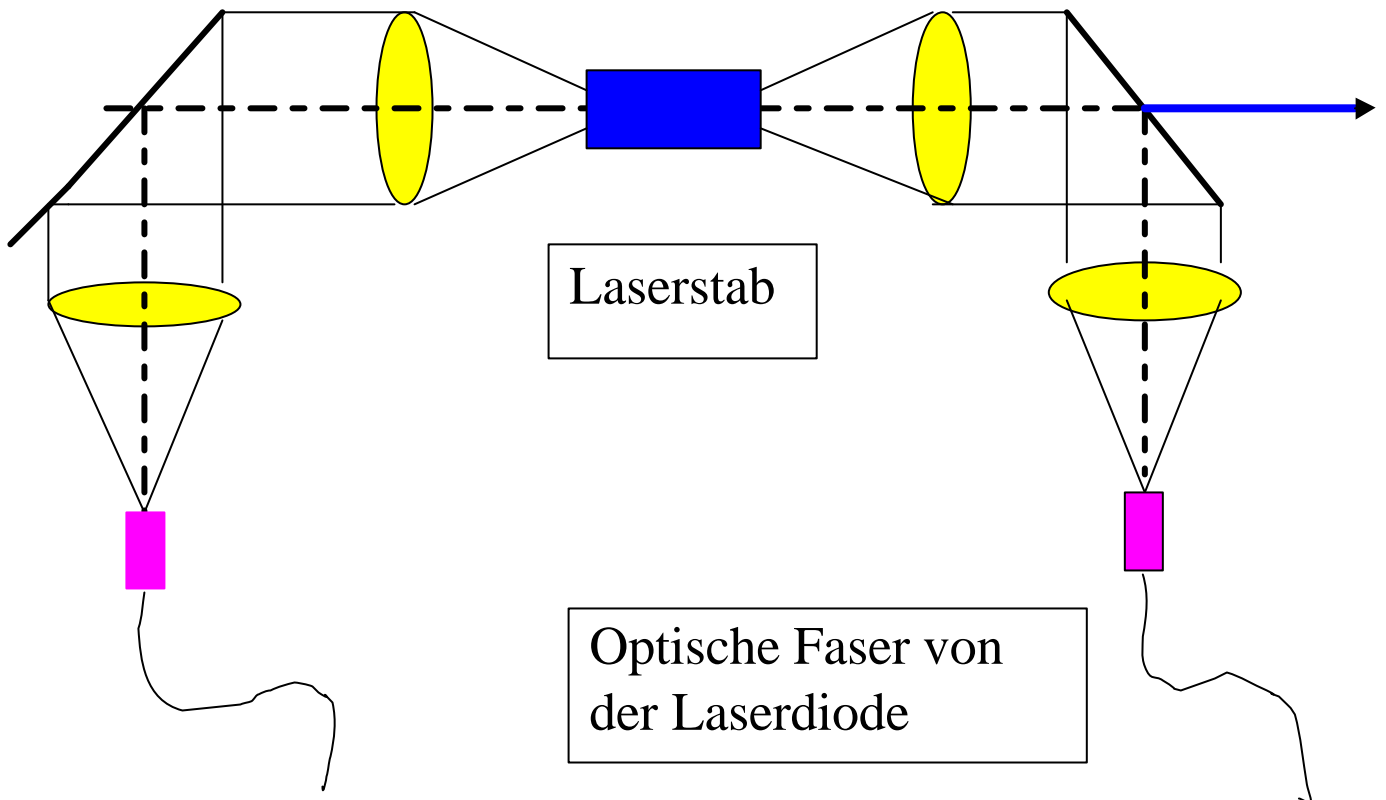
8.2. Technische Details

- Oszillator

3m langer Resonator,

Laserstaebe: etwa D5 x 20mm

Diodenpumpen: Laserdioden 850nm ,
300W



- Verstaerker

Verstaerkung: 15 x je Stufe

Blitzlampen : 1ms, 2 Stueck pro Laserstab

Wasserkuehlung, Blitzlampe und

Laserstab befinden sich im Wasser

- Shutter u. Timing

54 MHz clock,

Shutter: Formung d. Zeitstruktur des

Laser outputs

**Und: Verhinderung von Rueckwaerts-
oscillation**

Technische Loesung:

**- Pockelszelle > 1MHz roehrengesteuert, 5
kV, Scheibentriode**

- Akusto-optische Modulatoren

- Filterung

In den Brennpunkten von Teleskoplinsen

bzw. an Zwischenbildern der

Austrittspupille: transversale Strahlprofil-

Formung

- Verrohrung

Juni 2002 Strahlengang des Lasers

Steuerung

- SPARC**
- framegrabber: 4 cameras**
- Schrittmotorsteuerung, zB. Phasenschieber**
- ADC: - Laserintensitaet**
 - Phasenspannungen**
- Delays**
- Blitzlampenspannungen zur Erreichung des flat tops**

9. Laserstrahl-Transportsystem und erste Messungen

ca. 25 m langer Lichtweg vom Lasertisch zur Kathode

enthaelt:

- 1 Teleskop: $f = 3 \text{ m}$ und 7 m
- 1 pin- hole : raumliches Filter: transversales Strahlprofil
- 7 Spiegel
- 2 Spiegel und das pinhole sind in je 2 Freiheitsgraden remote steuerbar (R.Leiste)

Titel:
bild3.ps
Erstellt von:
Ghostscript ps2epsi from bild3.ps
Vorschau:
Diese EPS-Grafik wurde nicht gespeichert
mit einer enthaltenen Vorschau.
Kommentar:
Diese EPS-Grafik wird an einen
PostScript-Drucker gedruckt, aber nicht
an andere Druckertypen.

Virtuelle Kathode

ausgespiegelter schwacher Strahl wird auf TV
Kamera gerichtet.

Simulation von Strahlposition und transversaler
Energieverteilung auf der Kathode

Notwendig : Konversion : UV → sichtbares Licht

→ YAG bedampfte Glasplatte

Suche: UV sensitive Kamera

Titel:
(Grafik1)
Erstellt von:
(CorelDRAW Version 10.0)
Vorschau:
Diese EPS-Grafik wurde nicht gespeichert
mit einer enthaltenen Vorschau.
Kommentar:
Diese EPS-Grafik wird an einen
PostScript-Drucker gedruckt, aber nicht
an andere Druckertypen.

Prinzip

Lichtverteilung des Laserflecks am Ort der virtuellen Kathode

Titel:
(\376\377)
Erstellt von:
(\376\377)
Vorschau:
Diese EPS-Grafik wurde nicht ge
mit einer enthaltenen Vorschau.
Kommentar:
Diese EPS-Grafik wird an einen
PostScript-Drucker gedruckt, abe

Erste Messungen des Laserstrahls mit der Streak-Kamera:

Streak-Kamera: Gerät zur Vermessung ultra-kurzer Lichtpulse

Zeitaufloesung: 2 ps und 100 fs

(0,000 000 000 002 s , 0,000 000 000 000 1 s)

Ziel: Messung der Laenge der Elektronen-Pakete in PITZ

Prinzip: Durch interne elektrische Ablenkung (wie beim Oszillographen) wird Zeit in den 2-dimensionalen Ortsraum transformiert

Titel:
(principle_of_streak_camera.cdr)
Erstellt von:
(CorelDRAW Version 10.0)
Vorschau:
Diese EPS-Grafik wurde nicht gespeichert
mit einer enthaltenen Vorschau.
Kommentar:
Diese EPS-Grafik wird an einen
PostScript-Drucker gedruckt, aber nicht
an andere Druckertypen.

Prinzip der Streak-Kamera

Titel:
(\376\377)
Erstellt von:
(\376\377)
Vorschau:
Diese EPS-Grafik wurde nicht gespeichert
mit einer enthaltenen Vorschau.
Kommentar:
Diese EPS-Grafik wird an einen
PostScript-Drucker gedruckt, aber nicht
an andere Druckertypen.

Messung der Laenge des Laser-Impulses:

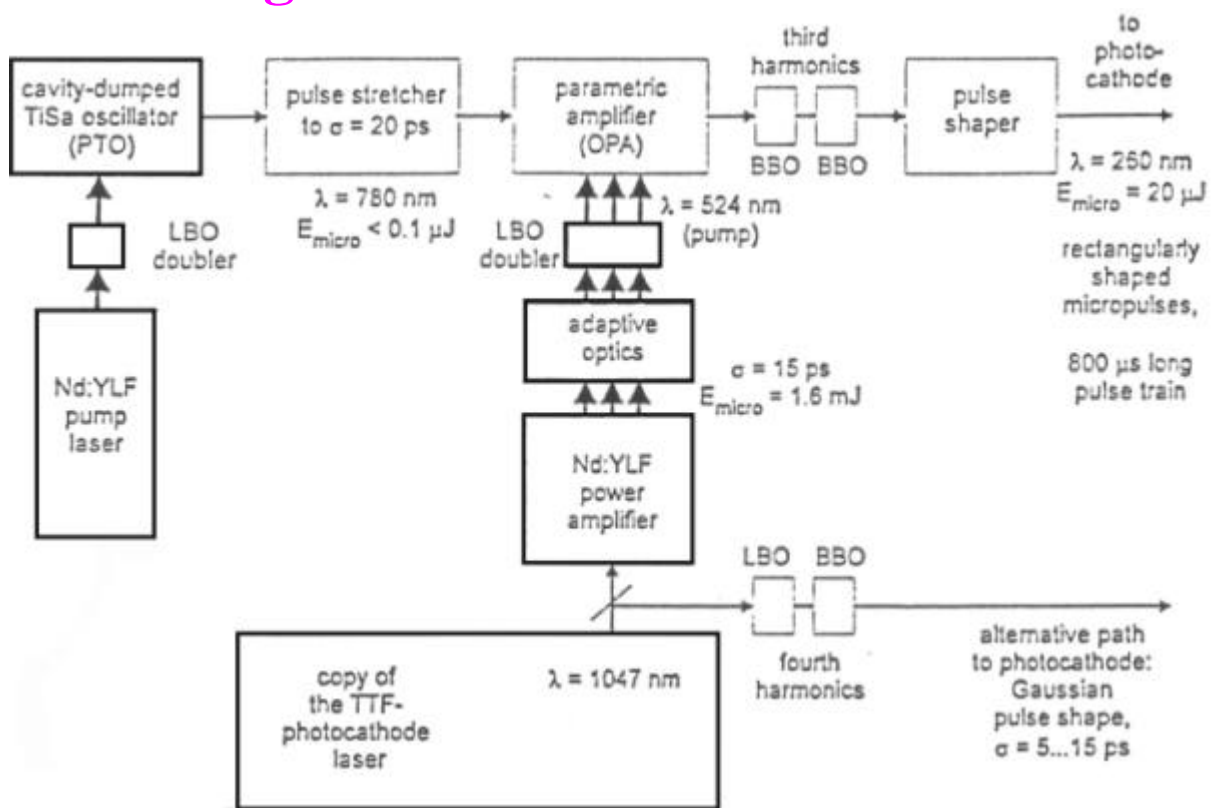
10 ps FWHM

10. Geplante Weiterentwicklung

Ziel: GAUSS → Rechteckform

in Zeit und Raum

Eine moegliche Variante:



Weiterentwicklung: Phase II

Optimierung der Einzelpulsform:

Pulslänge: 5 – 20 ps

Anstiegs/Abfallzeit: < 1ps

Anwendung adaptiver Optik zur Optimierung der transversalen Energieverteilung (Rechteckform)

Pumpen mit Laserdioden:

- Vorteil:** - höhere Pumpenergiedichte,
zeitlich und räumlich
- bessere Regelbarkeit mit kurzen
Zeitkonstanten

Zeitplan:

Bis etwa Ende 2002 Erarbeitung von zwei Varianten zur Realisierung eines Rechteckprofils der zeitlichen Impulsform im MBI

Sonstige Weiterentwicklung:

- Verbesserung des Strahlengangs vom Laser zur Streak-Kamera (Teleskop, Spiegelauszug 6/2002, 7/2002)
- Verrohrung des Strahltransportsystems (6/2002)
- Virtuelle Kathode: UV-Kamera
- Intensitätsmonitoring (z.Teil zeitaufgelöst) im Tunnel (Ende 2002)

Nachbemerkung

Besichtigungen sind moeglich bei ausgeschaltetem Laser, aber in kleinen Gruppen. → Termin?