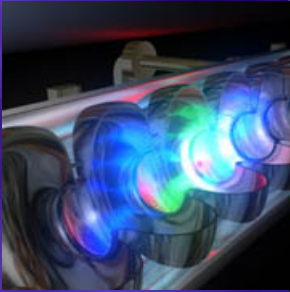


Willkommen



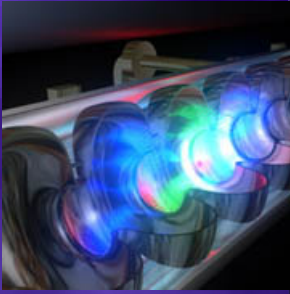
Rasmus Ischebeck



Zukunftsprojekt TESLA

- Röntgenlaser
 - europäisches Projekt
 - Bundesregierung hat sich bereit erklärt, die Hälfte der Investitionen zu tragen
- Linearbeschleuniger für die Hochenergiephysik
 - weltweites Projekt
 - Entscheidung steht noch aus

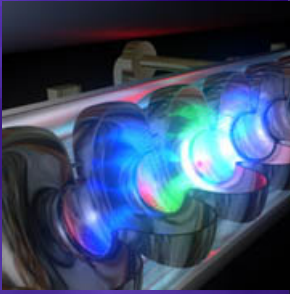




TESLA Zeitplan

- Forschungs- und Entwicklungsarbeiten seit **1992**, Bau und Betrieb der TESLA-Testanlage.
- **23.03.2001**: Veröffentlichung des vollständigen Projektentwurfs, mit Zeit- und Kostenplänen.
- Ab **Mai 2001**: Begutachtung von TESLA durch den deutschen Wissenschaftsrat und internationale Gremien.
- **Februar 2003** Grundsatzentscheidung des Bundesforschungsministeriums zu den beiden TESLA-Projekten

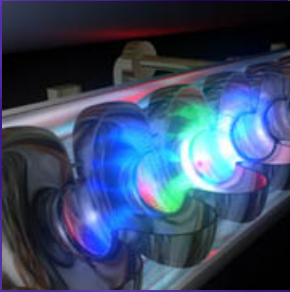




Entscheidung des BMBF zu den TESLA-Projekten

- Das Röntgenlaser-Laboratorium soll als europäisches Projekt bei DESY verwirklicht werden, an dem sich Deutschland wegen des Standortvorteils mit der Hälfte der Investitionskosten beteiligt. Eine Bauentscheidung kann in etwa zwei Jahren erfolgen.

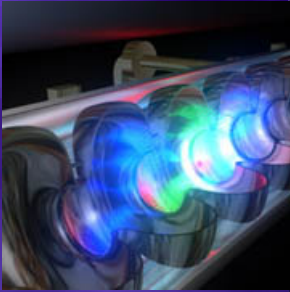




Entscheidung des BMBF zu den TESLA-Projekten

- Ein deutscher Standort für den Linearcollider wird noch nicht vorgeschlagen, da dieses Projekt in einer internationalen Kooperation betrieben werden soll. DESY wird die international eingebetteten Forschungsarbeiten weiterführen können, um eine deutsche Beteiligung an einem späteren globalen Projekt zu ermöglichen.





TESLA-Röntgenlaser

- Der hochenergetische Teilchenstrahl kann für einen Röntgenlaser genutzt werden:
- Dazu schickt man ihn durch eine regelmäßige Anordnung von Magneten, einem Undulator



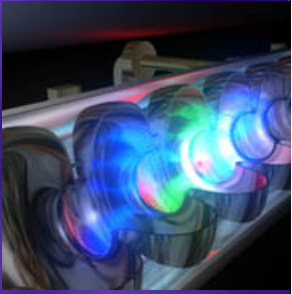


Röntgenlaser Undulator



Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr



Röntgenlaser



Rasmus
Ischebeck

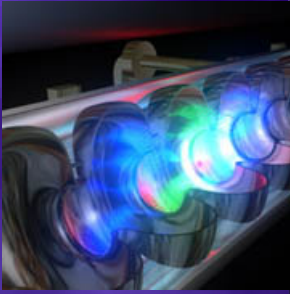
www.desy.de/~rasmus/pr



Anwendungen des TESLA-Röntgenlasers

- Eine 10 Milliarden mal höhere Spitzenleistung als die heute modernsten Röntgenquellen
 - Atomare Prozesse filmen
 - Biomoleküle entschlüsseln
 - Werkstoffe durchleuchten
- Einzigartige Erkenntnisse in der Physik, Chemie, Biologie und Medizin





Teilchenphysik mit TESLA

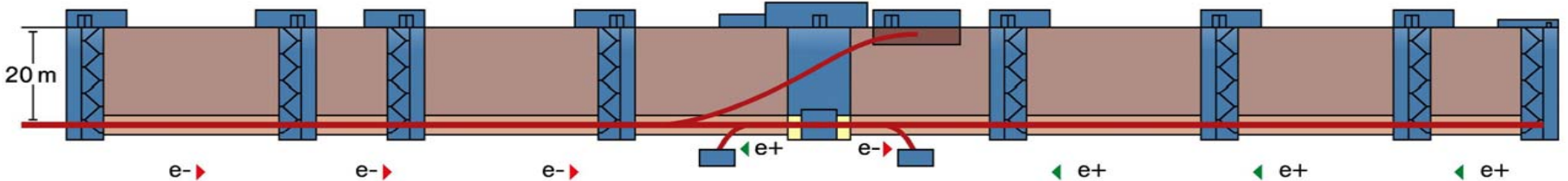
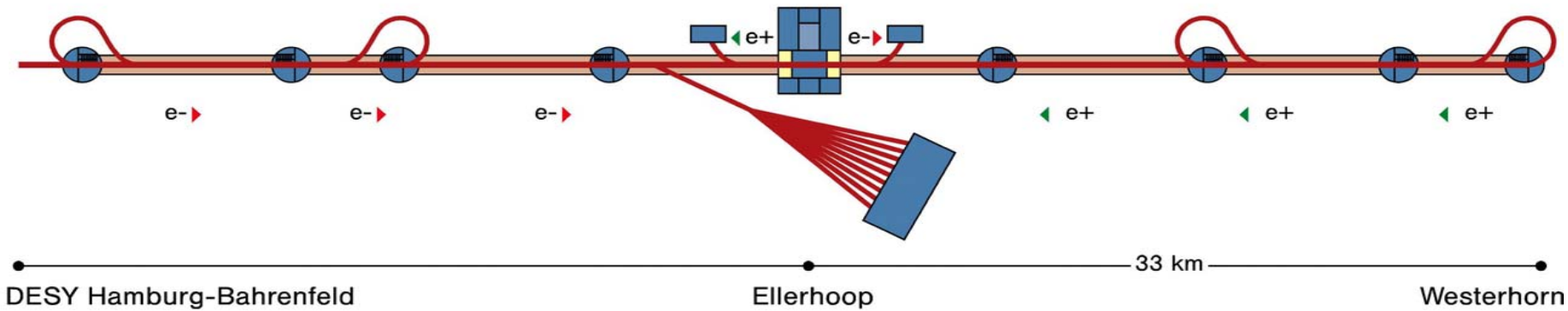
- $e^+ e^-$ Collider
- zwei Linearbeschleuniger
- Schwerpunktsenergie von 500...800 GeV
- Komplementär zum LHC (pp)



TESLA könnte in Hamburg entstehen



Aufsicht



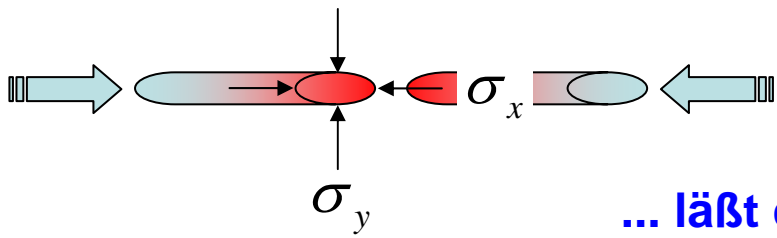
Seitenansicht

Die Sicht der Beschleunigerphysiker

center of mass energy	500	800	GeV
gradient	23.4	35	MV/m
repetition rate	5	4	Hz
no. of bunches per pulse	2820	4886	
pulse length	950	860	μsec
bunch spacing	337	176	nsec
particles per bunch	2.0	1.4	$\times 10^{10}$
pulse current	9.5	12.7	mA
AC power (2 linacs)	97	~ 150	MW
normalised IP emittance (x,y)	10, 0.03	8, 0.015	$\times 10^{-6}$ m
IP beta-function (x,y)	15, 0.4	15, 0.4	mm
IP beam sizes (x,y)	553, 5	391, 2.8	nm
IP bunch length	0.3	0.3	mm
beamstrahlung $\Delta P/P$	3.2	4.3	%
vertical disruption D_y	25	27	
luminosity	3.4×10^{34}	5.8×10^{34}	$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Lumi ist das Maß aller Dinge !!!

$$L \propto \frac{N_e^2}{\sigma_x \sigma_y}$$



$$L \propto n_b \times f_{rep}$$

Das Um-
schreiben auf ...

$$L \propto \frac{P_b}{E_{c.m.}} \times \frac{N_e}{\sigma_x \sigma_y}$$

... läßt die Vorteile der supra-
leitenden gegenüber klassischer
Technologie erkennen:

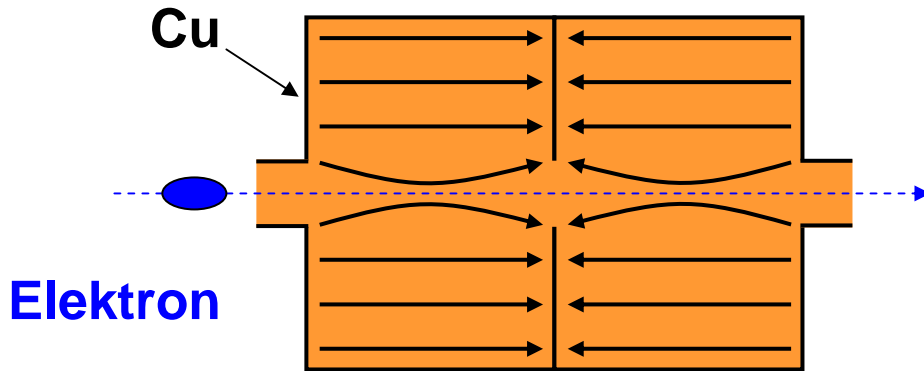
- TESLA kann eine höhere Strahlleistung erzeugen
- und dies mit deutlich höherer Effizienz bei der Umwandlung von Primärenergie in Luminosität

L Luminosität
 N_e Teilchenzahl
 $\sigma_{x,y}$ Strahlgrößen

n_b Anzahl der Elektronenpakete
 f_{rep} Wiederholfreq. der Strahlpulse
 P_b Strahlleistung

Beschleunigung mit Hochfrequenz

elektr. Feld $E(t)$



Nachteil:

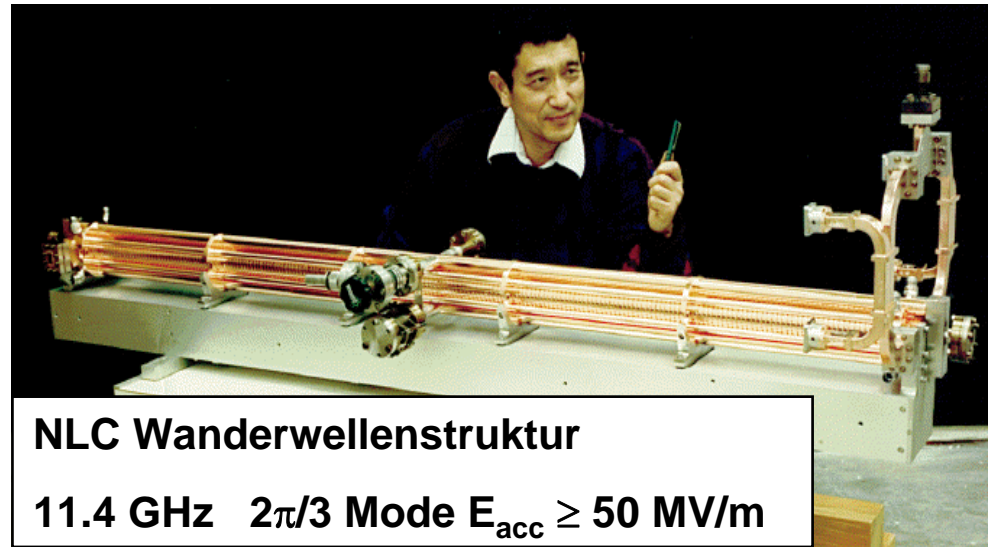
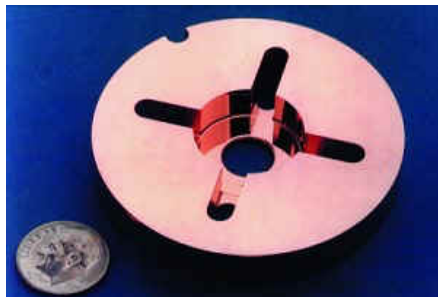
große elektr. Wandverluste bestimmen ...

- Zeitstruktur des Teilchenstrahls
- Effektivität in Nutzung der Primärenergie

... und haben viele technische Konsequenzen ...

(z.B. hohe Gradienten \leftrightarrow hohe Frequenzen bzw. kleine Abmessungen bzw. geringe Aufstelltoleranzen)

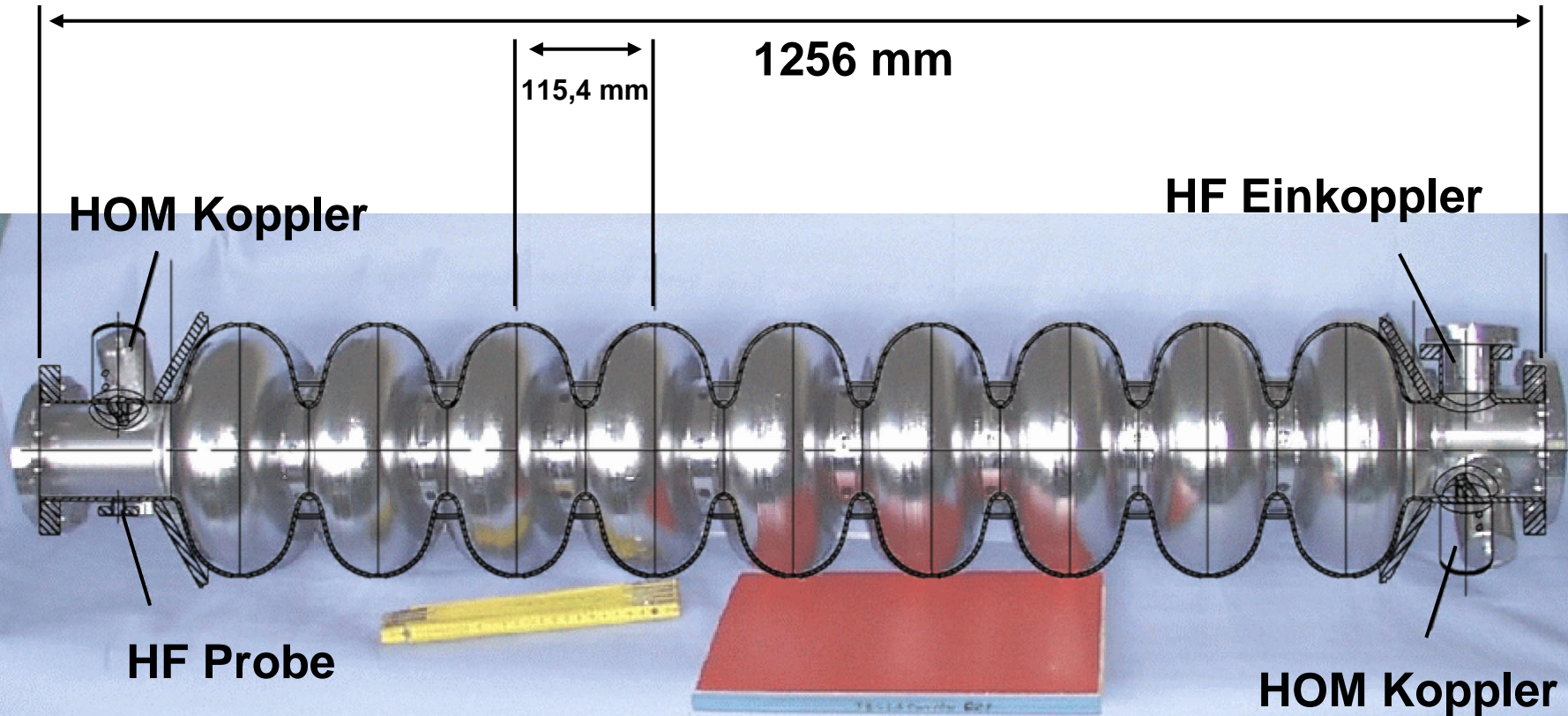
Hochfrequenz - Resonator



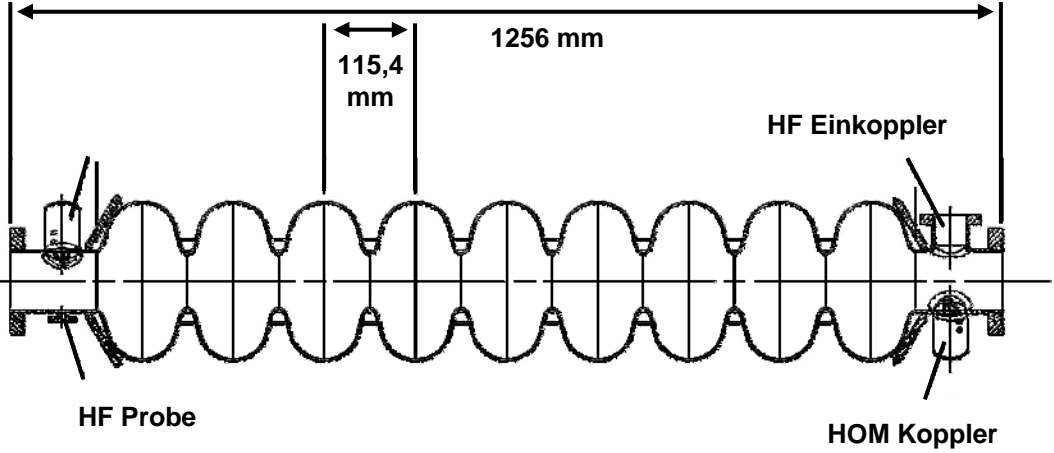
NLC Wanderwellenstruktur

11.4 GHz $2\pi/3$ Mode $E_{\text{acc}} \geq 50$ MV/m

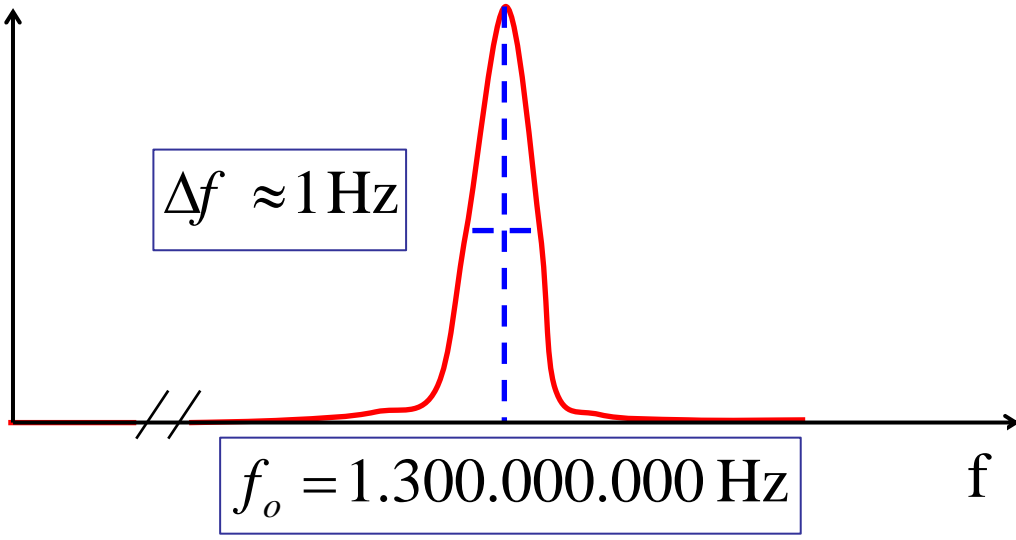
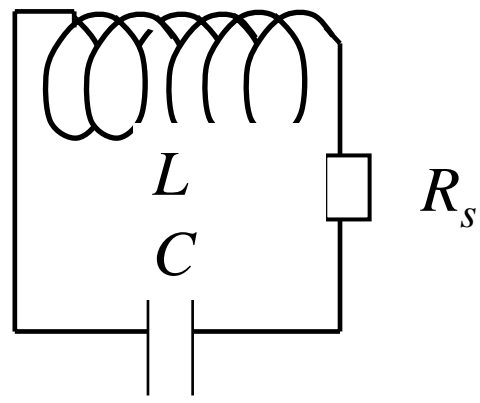
Der Ausweg ist der supraleitende Linear Collider



Beschleunigungsstrukturen für TESLA



Resonanzkreis:



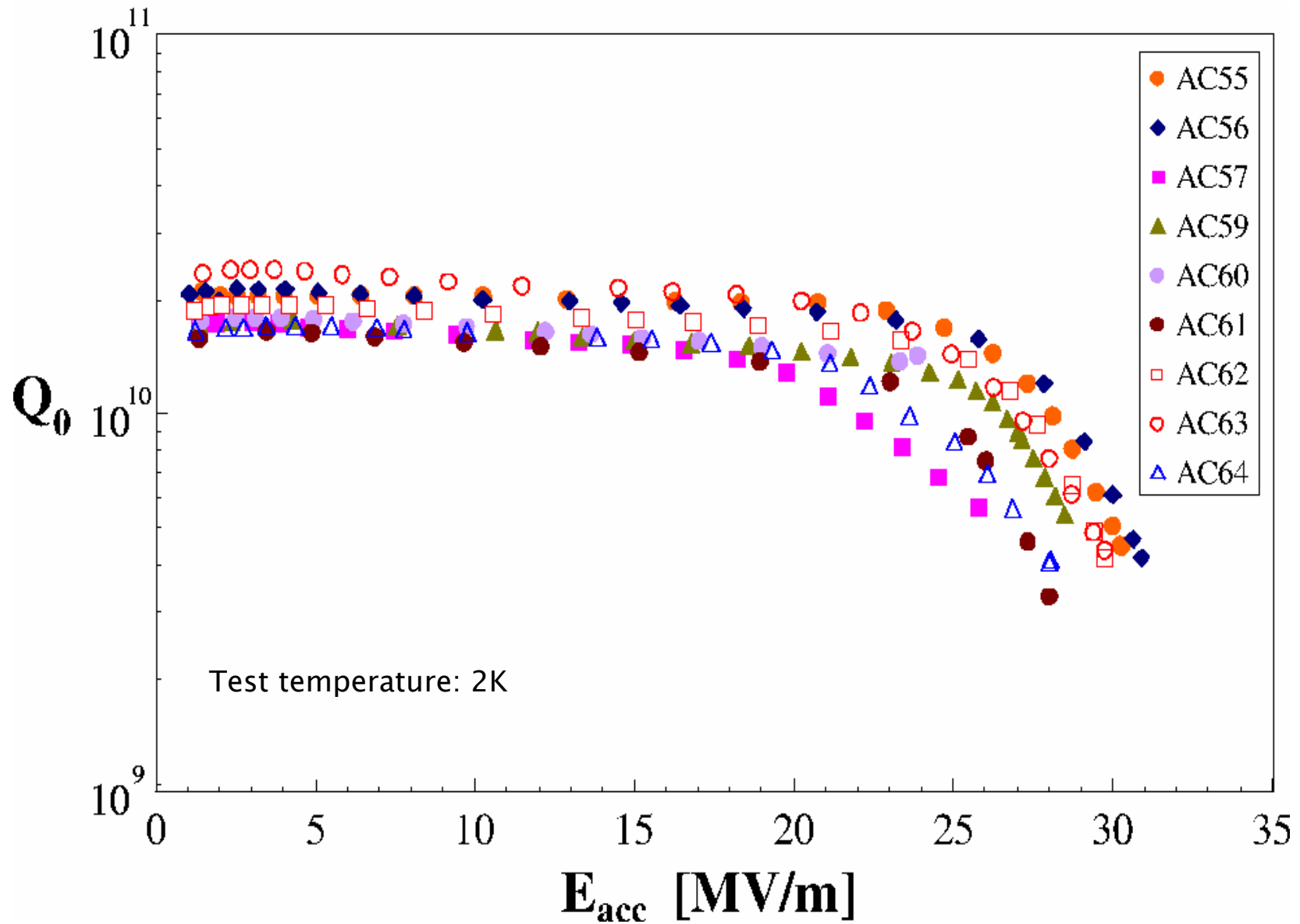
Frequenz:
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Güte:
$$Q_o = \frac{f}{\Delta f} = \frac{G}{R_s}$$

$$\Rightarrow Q_o \approx 10^9 - 10^{10}$$



Latest production of TESLA-type nine-cell cavities



Herausforderungen für TESLA Beschleunigungsstrukturen

- **Beschleunigungs Gradient**

- $E_{\text{acc}} = 25 \text{ MV/m @ } Q_0 = 5 \times 10^9$
- $E_{\text{acc}} = 35 \text{ MV/m @ } Q_0 = 5 \times 10^9$
für Energieerhöhung

- **Kosten**

- Niobmaterial ungefähr
0,5 kEuro / kg für RRR = 300

- **Gepulster Betrieb**

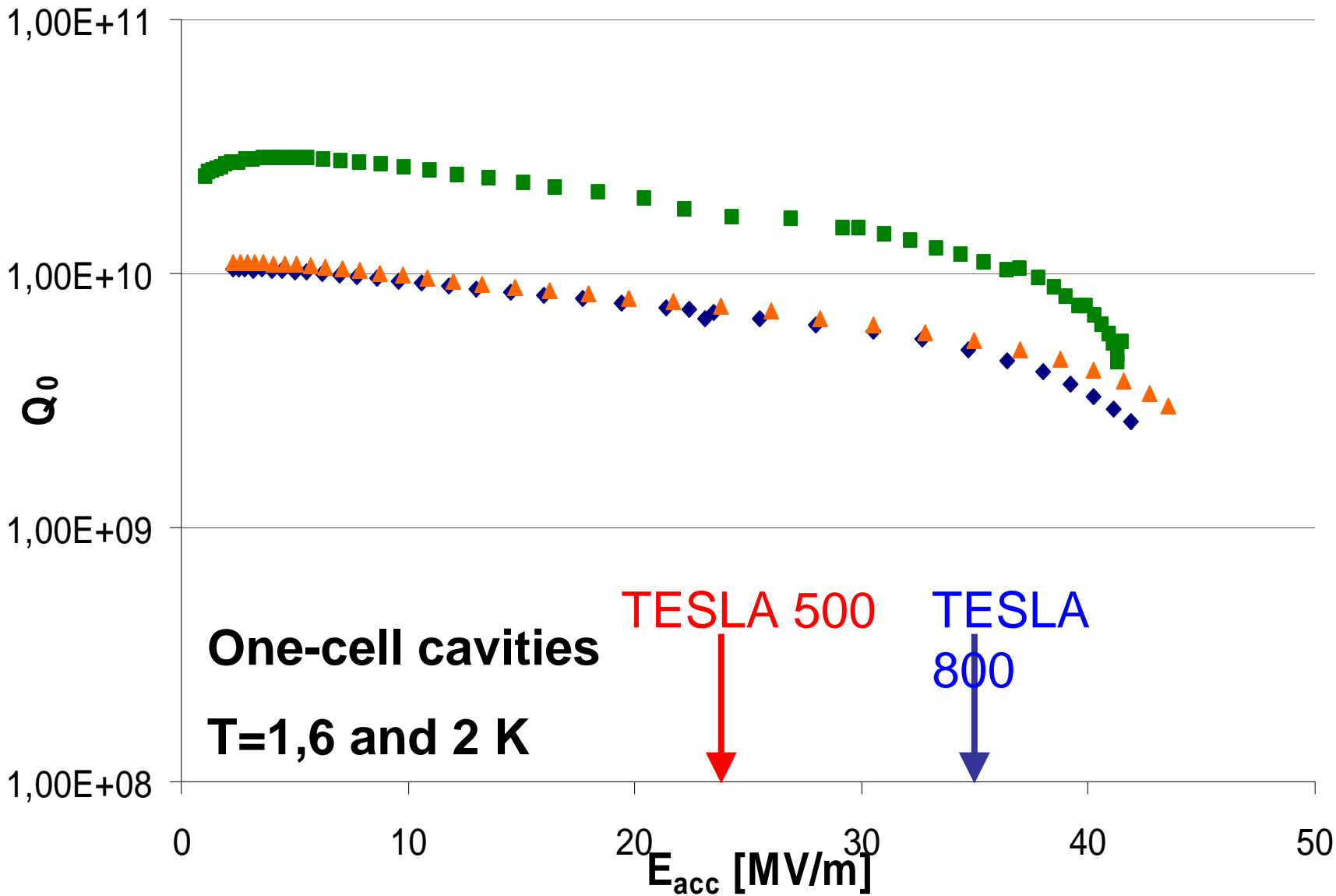
- Frequenzveränderung durch
Lorentzkraft benötigt zusätzliche Hochfrequenzleistung

- Welche **Materialqualität** ist wirklich notwendig?
- Was ist das beste **Herstellungsverfahren** ?
- Wie erhält man die **beste Nioboberfläche**?
- Wie kompensiert man die **Verstimmung durch Lorentzkraft**?

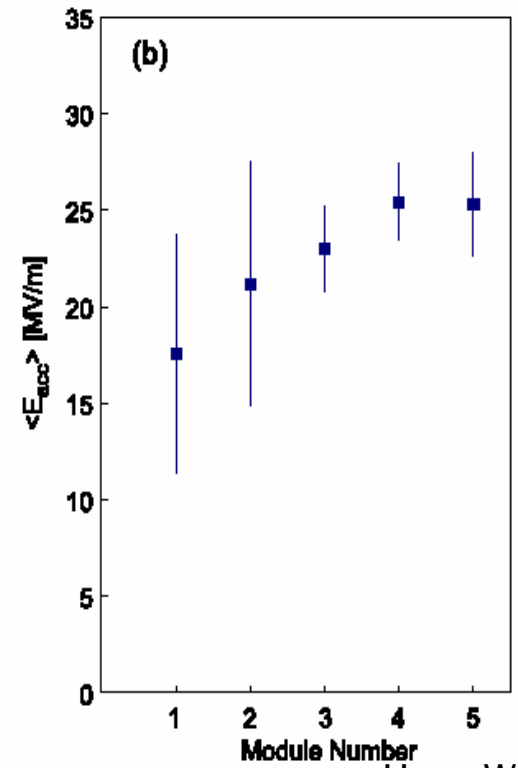
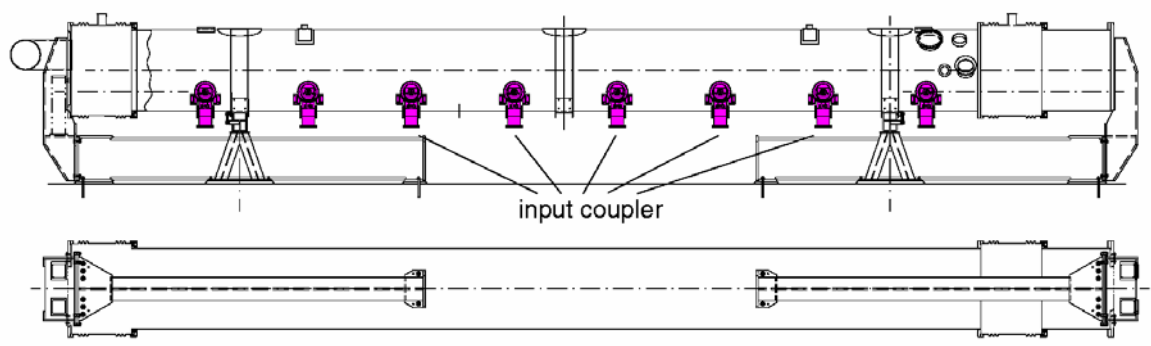
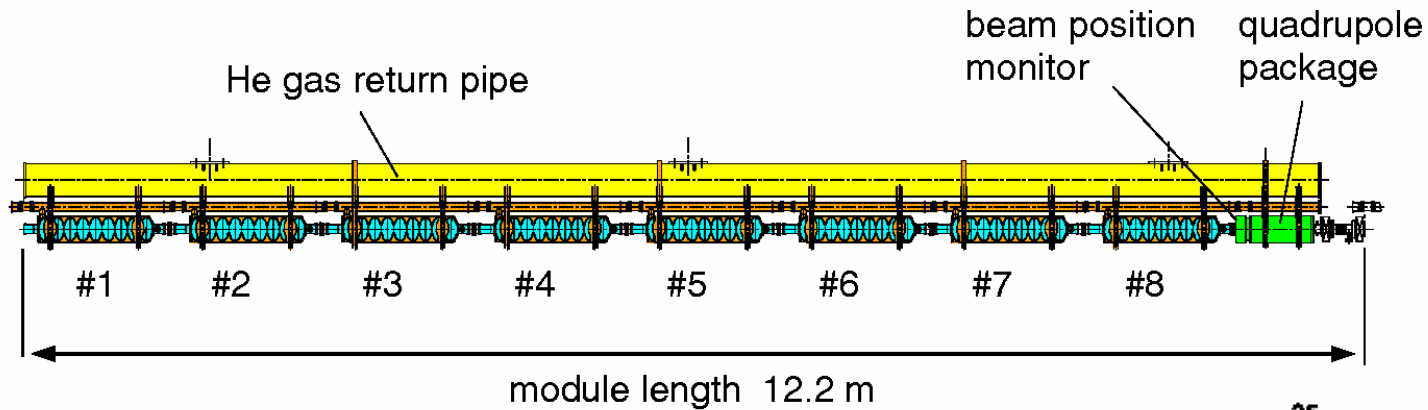


Electropolished cavities (no high temperature heat treatment)

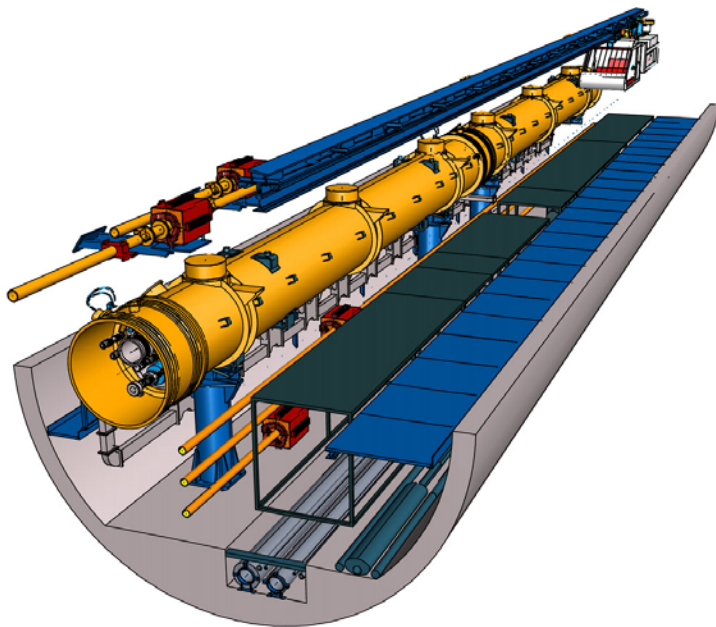
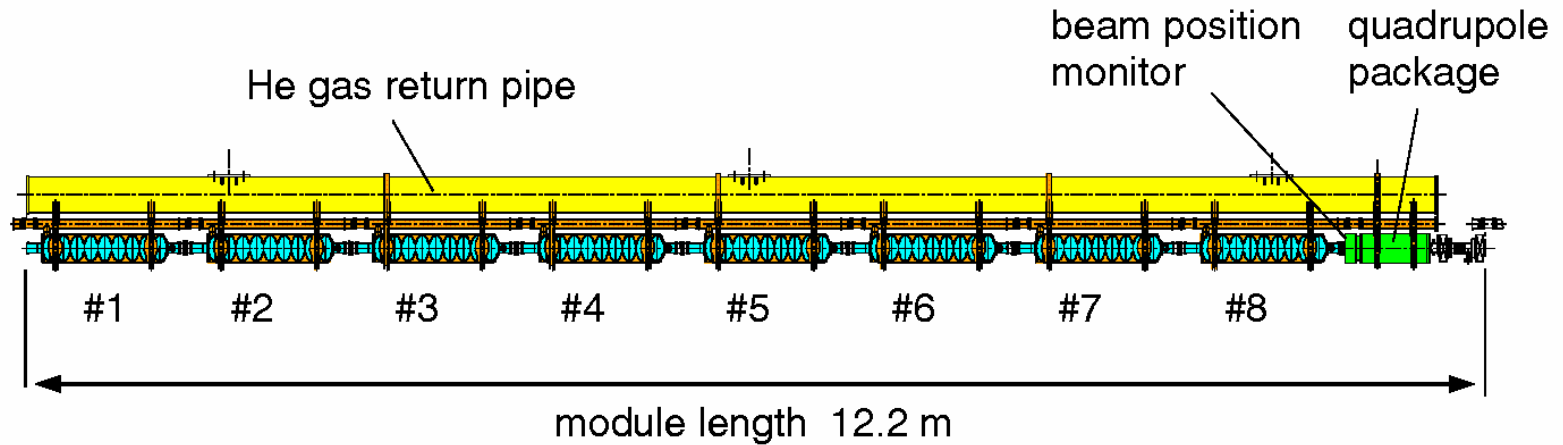
EP at CERN, Measurements at CERN,CEA and DESY 2000/2001



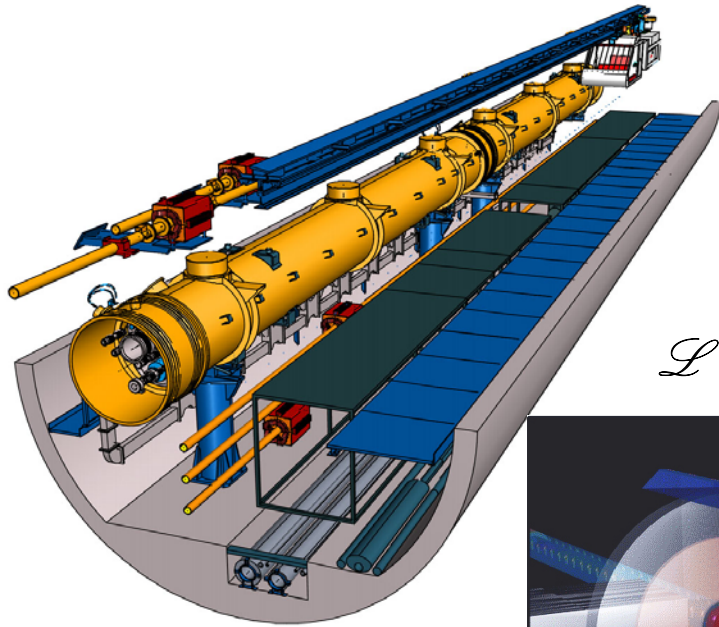
... ergeben ein Beschleunigungsmodul ...



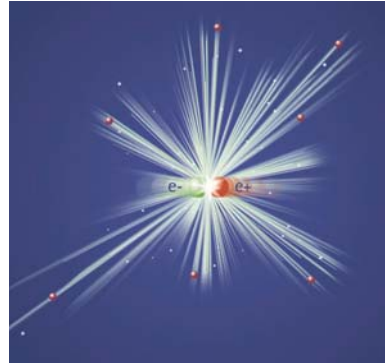
... und viele Module einen Linac ...



... und 2 Linacs erlauben die Kollision ...

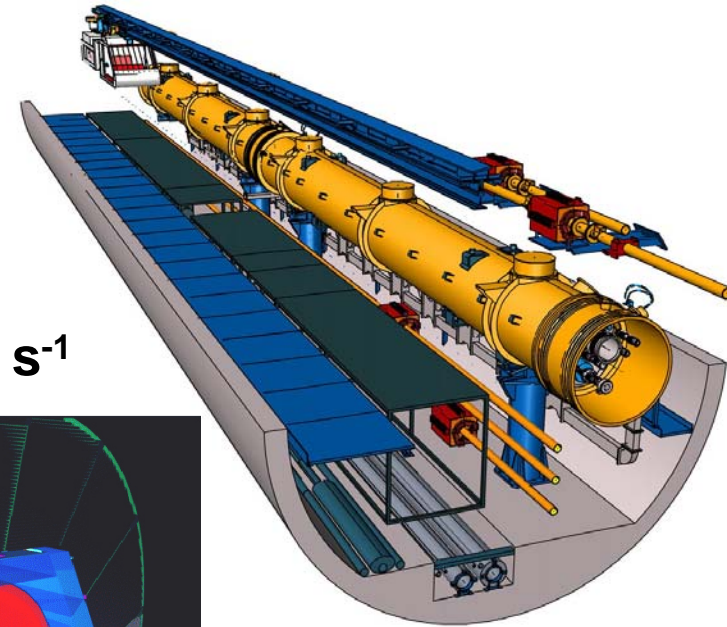


Elektronen

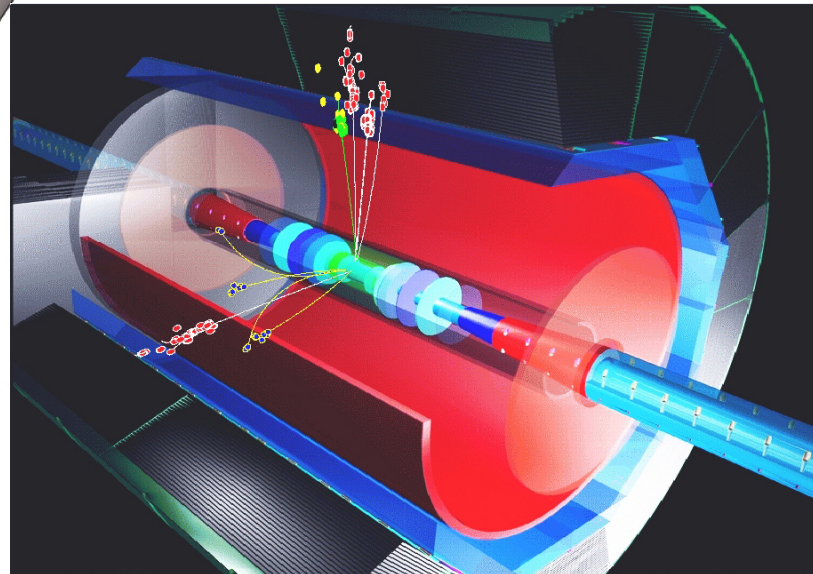


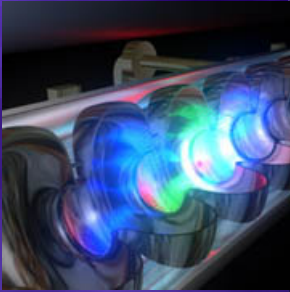
500 GeV c.m.

$$\mathcal{L} = 3.4 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$



Positronen



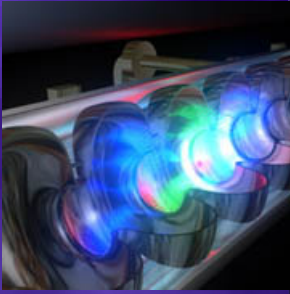


Supraleitende Resonatoren Präparation im Reinraum



Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr

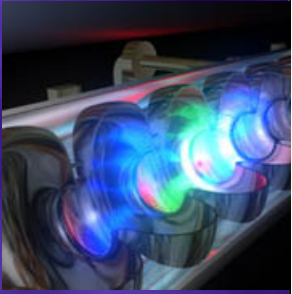


Supraleitende Resonatoren Test im Kryostaten

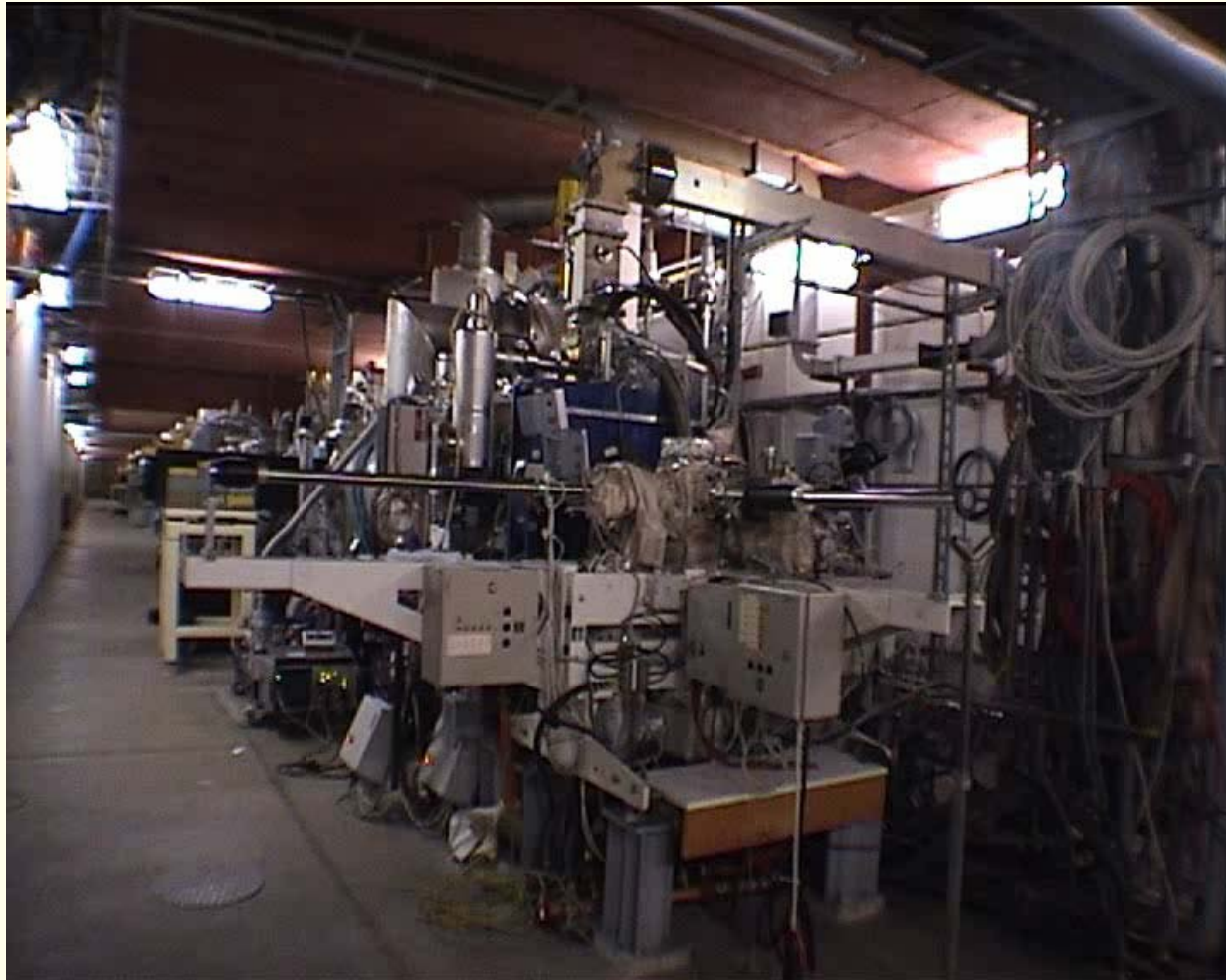


Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr

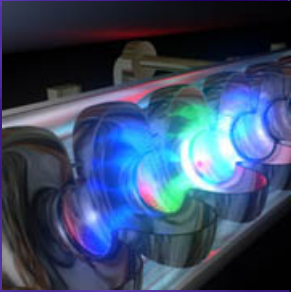


TESLA Test Facility

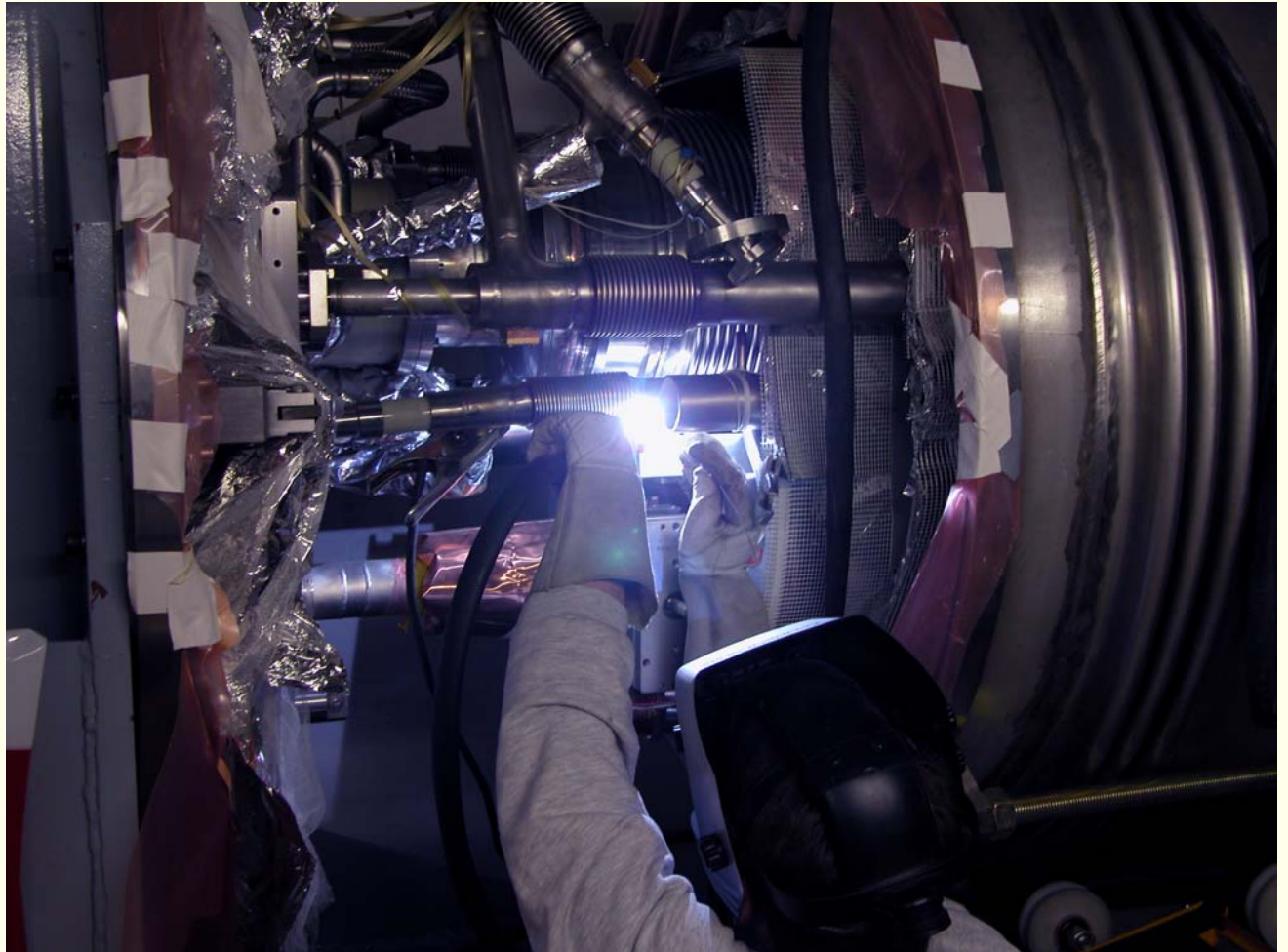


Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr

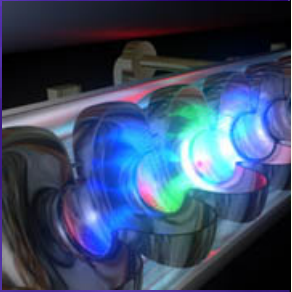


TESLA Test Facility



Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr

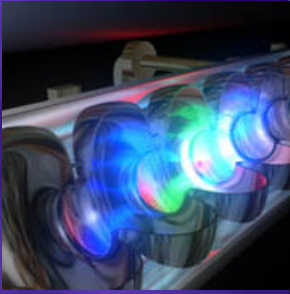


TESLA Test Facility

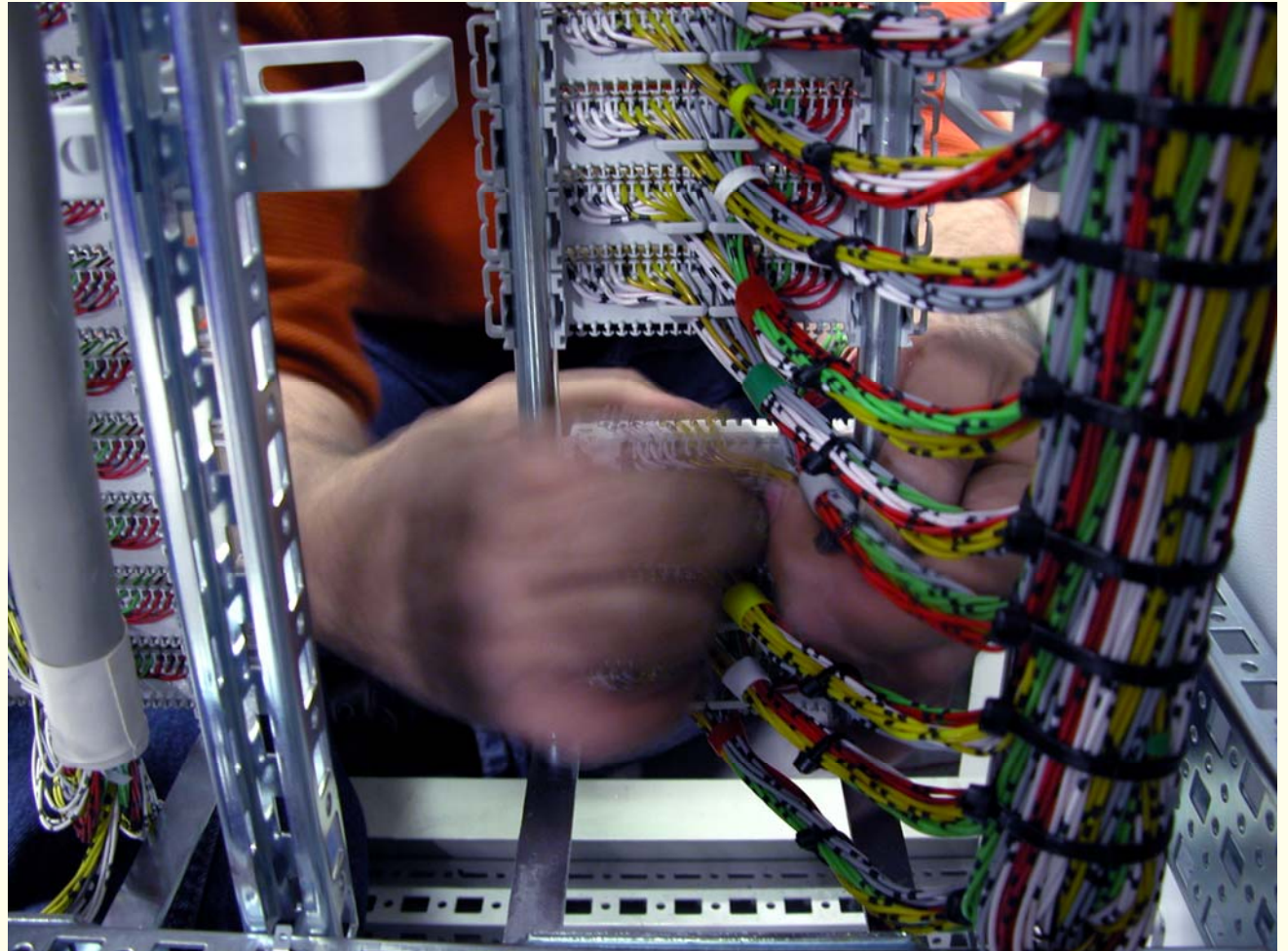


Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr

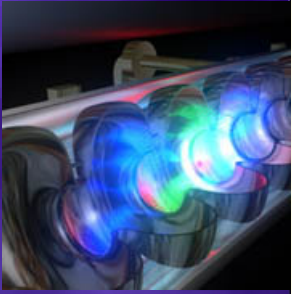


TESLA Test Facility



Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr



TESLA Test Facility



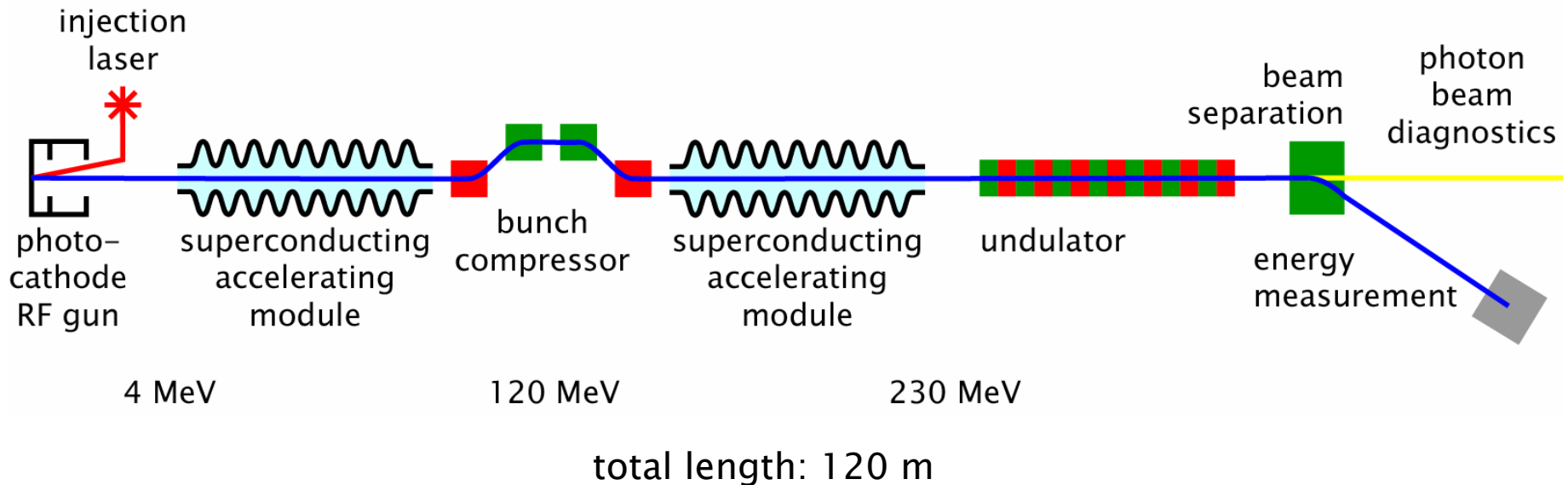
Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr

TTF FEL

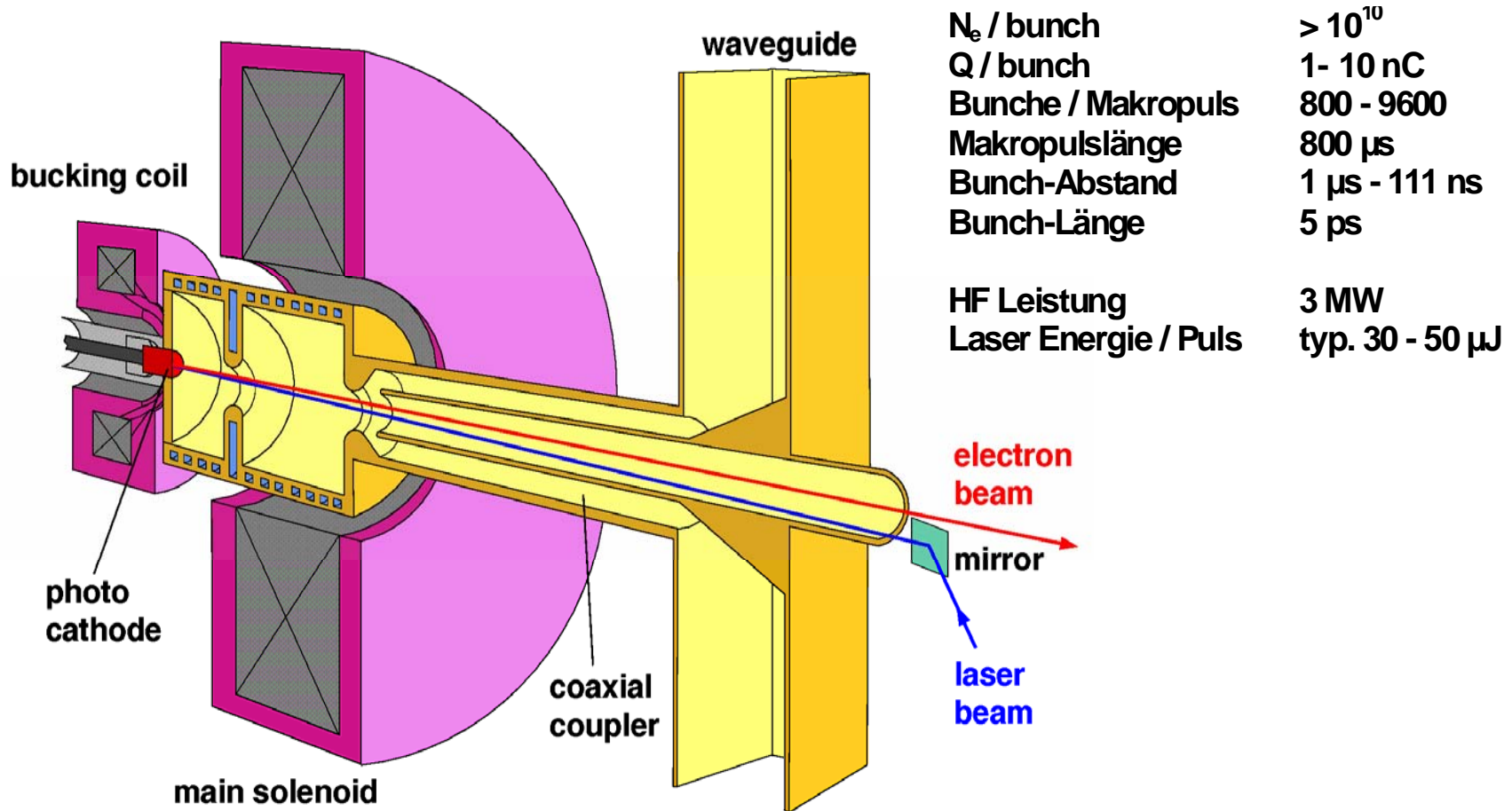
Linear Accelerator

- Gun
- Superconducting RF Cavities
- Bunch Compressor
- Undulator
- SASE

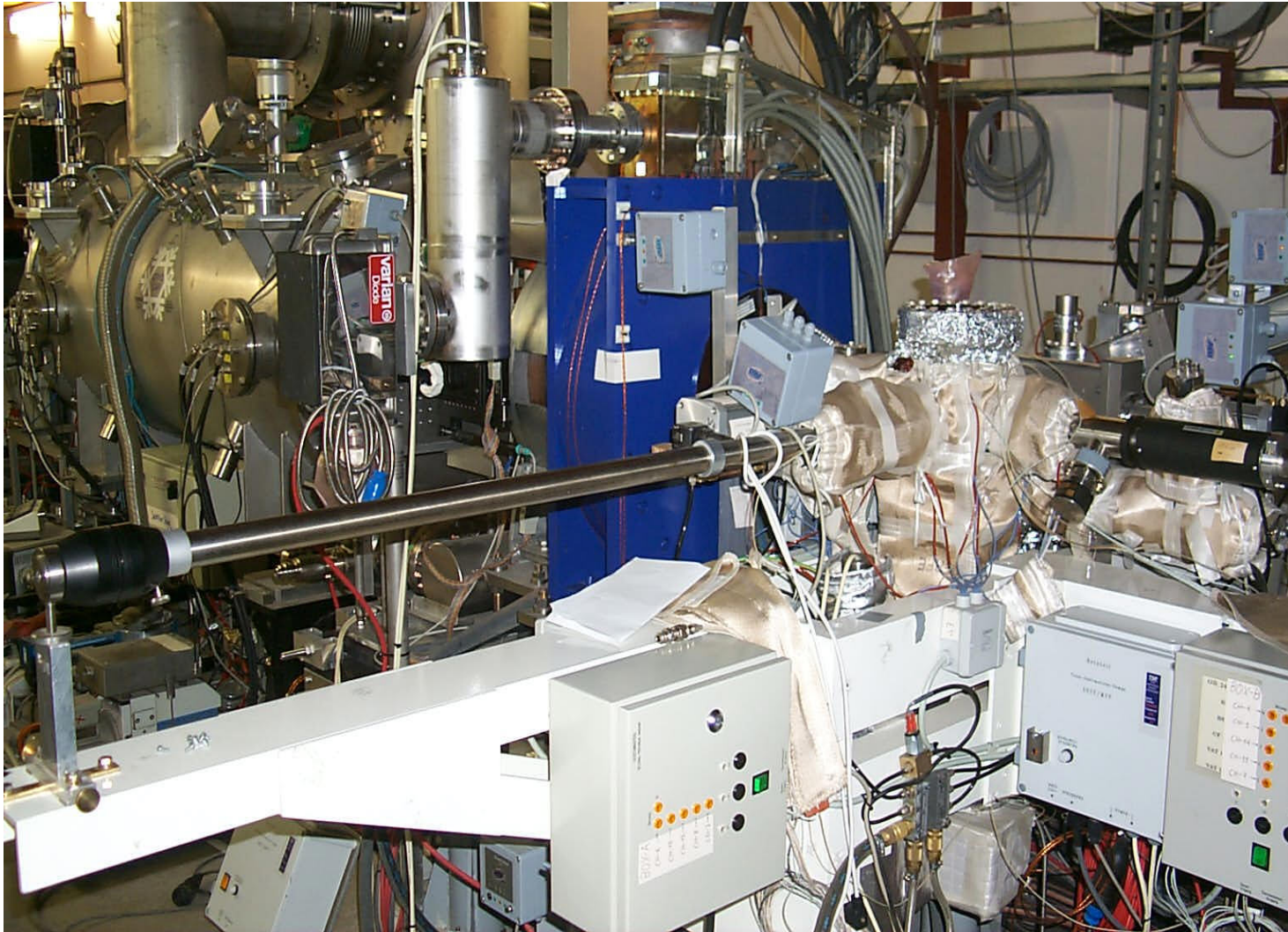


Die HF Elektronenquelle der TESLA

Test Anlage basiert auf ...



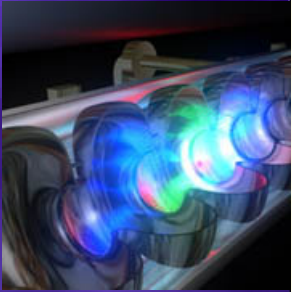
... einer Entwicklung des Fermilab / USA



... einem Teststand in DESY Zeuthen



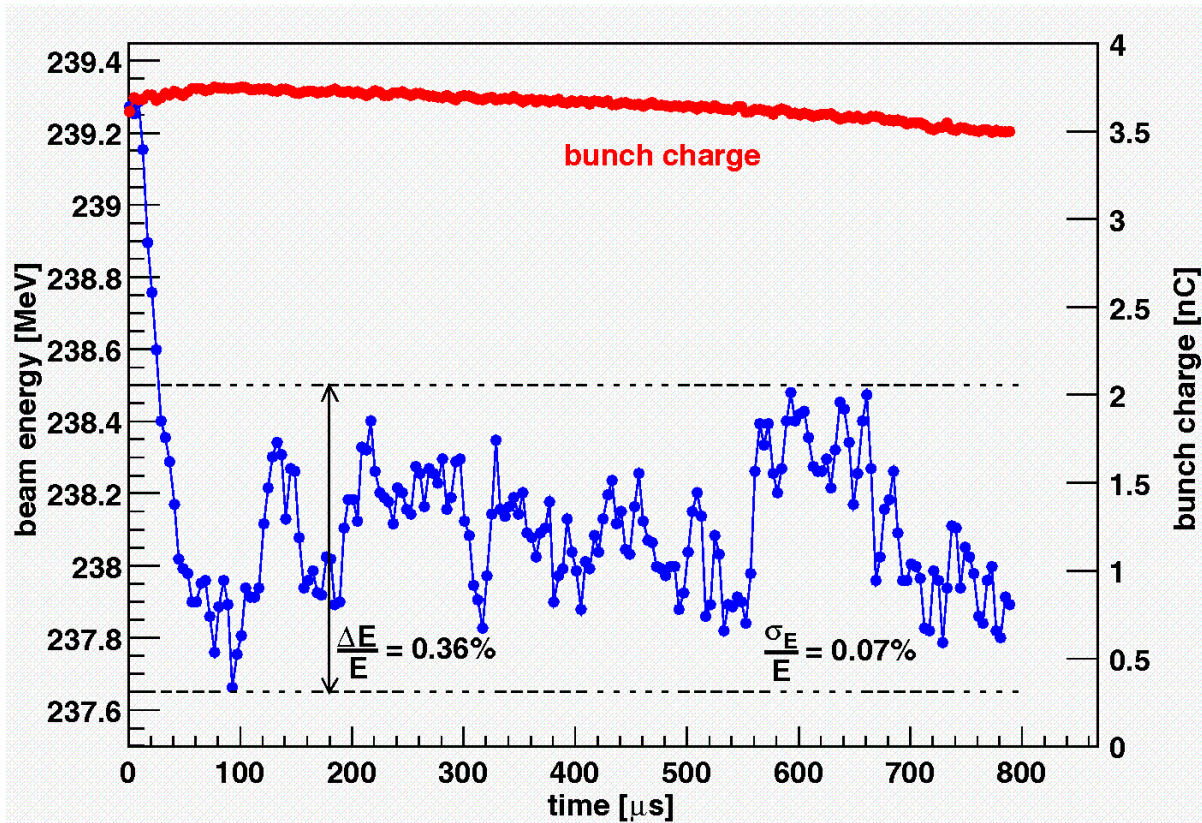
... und einem Laser
vom Max-Born Institut



Rasmus
Ischebeck

www.desy.de/~rasmus/pr

Ein in der TESLA Test Anlage beschleunigter Pulszug ...

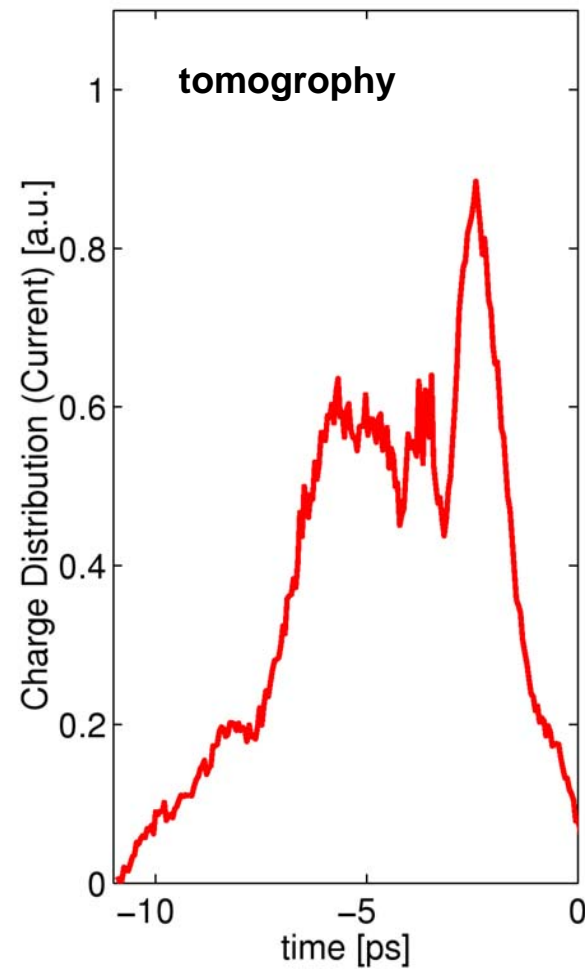
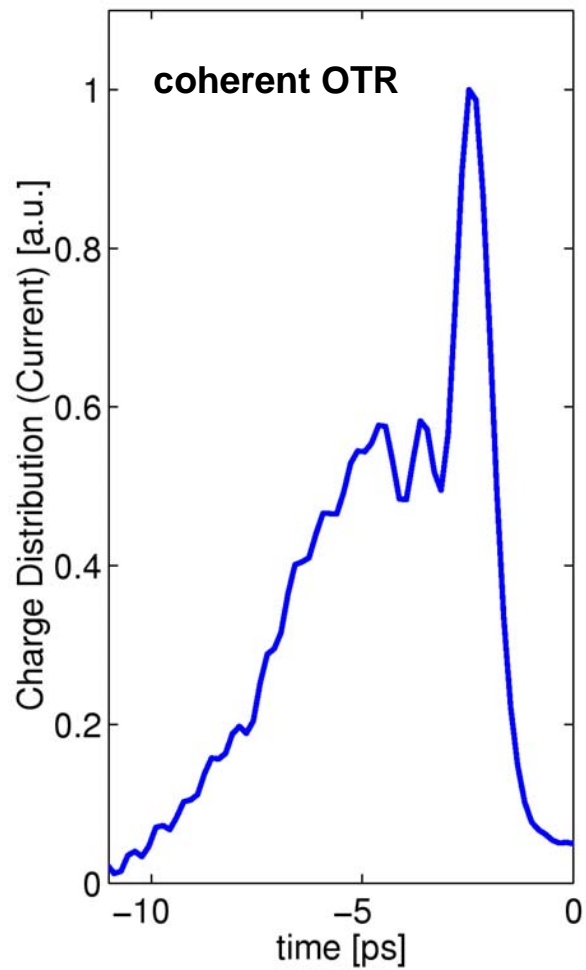


... hat TESLA ähnliche Parameter

- 8 mA Strahlstrom
- 800 μs Länge
- geringe Energiebreite
- hohe Strahlqualität



... wobei die einzelnen Elektronenpakete sehr kurz sind.

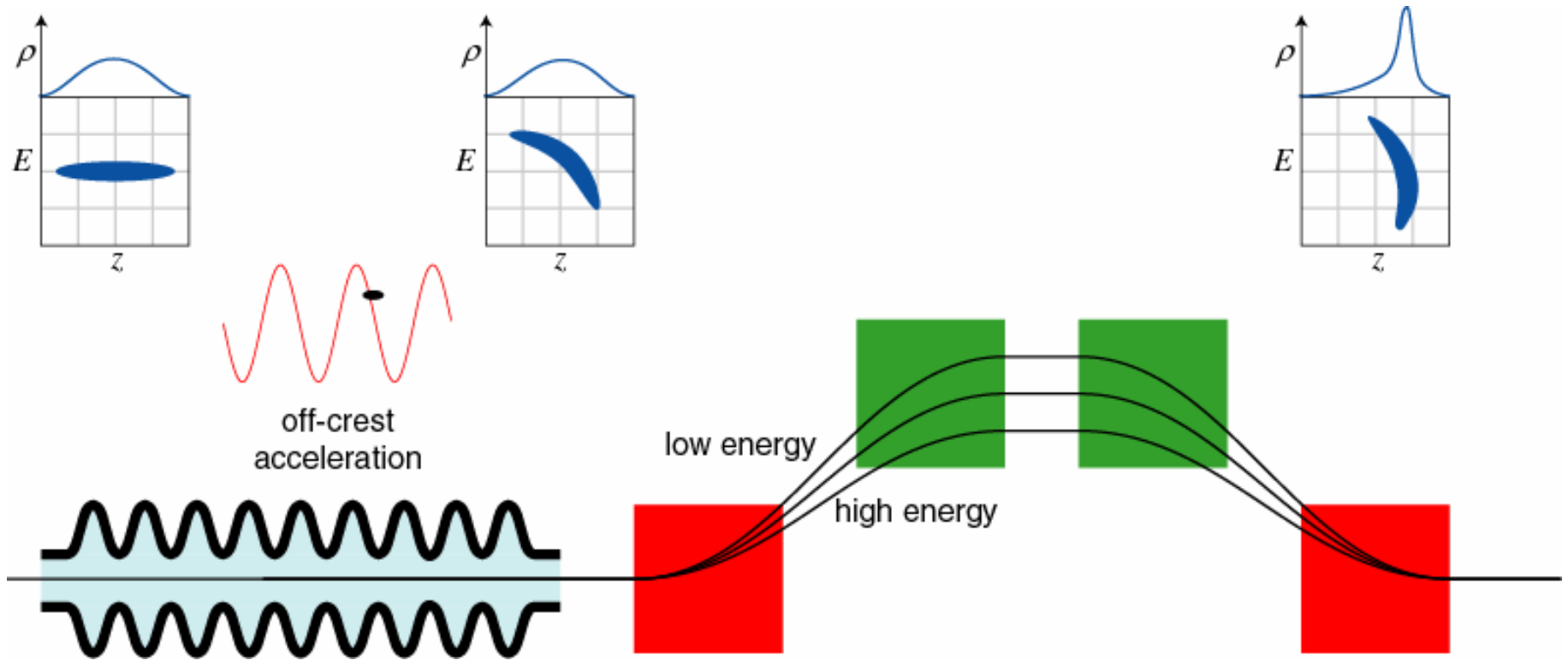


Dies ermöglicht den
Aufbau und Betrieb
eines Freie-Elektronen
Lasers.

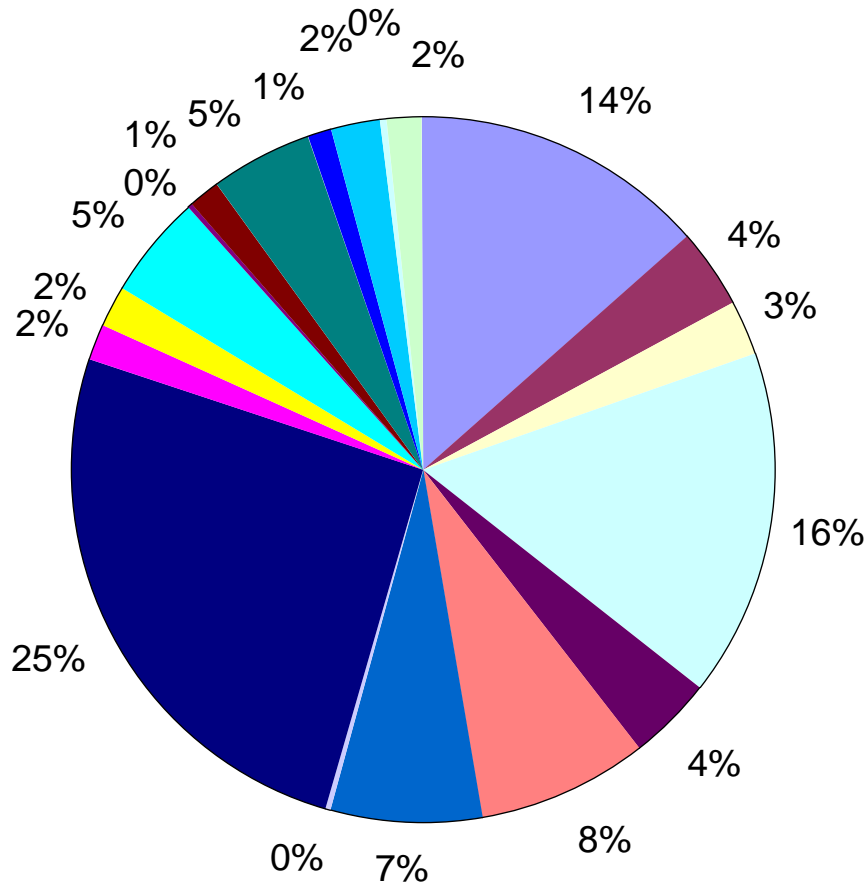
 J. Roßbach



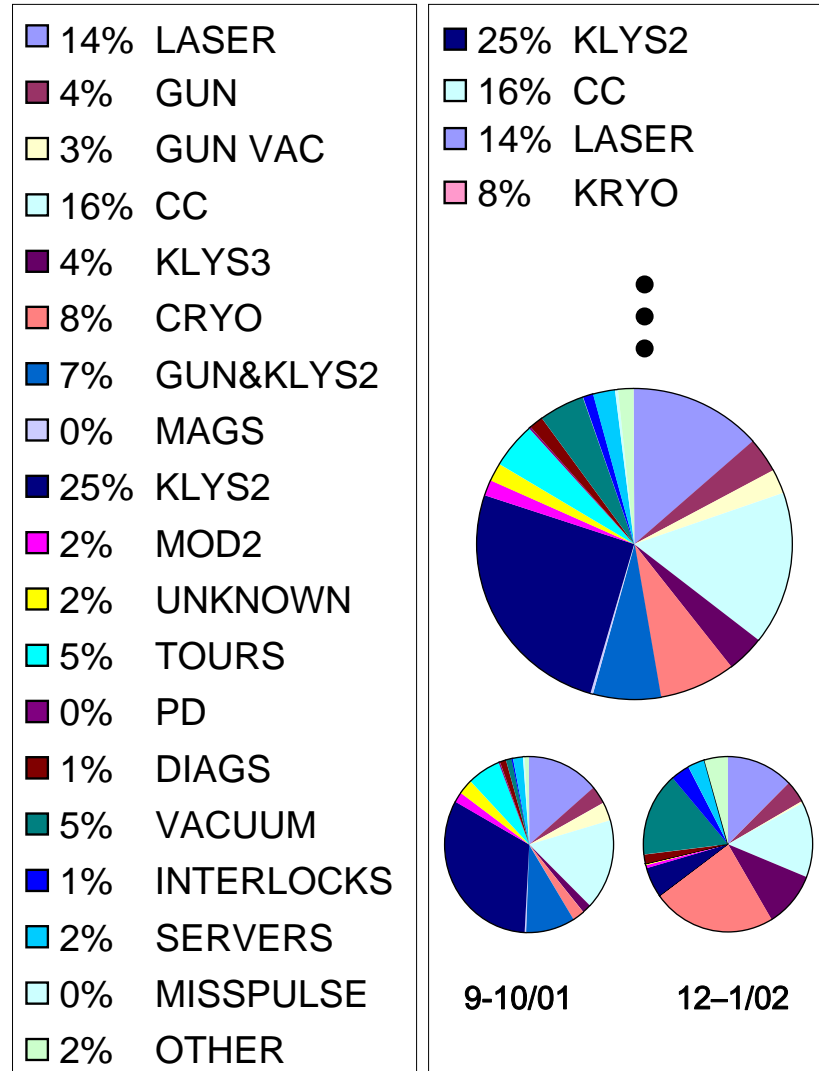
Bunch Compressor



TTF Betrieb - 27/08 bis heute



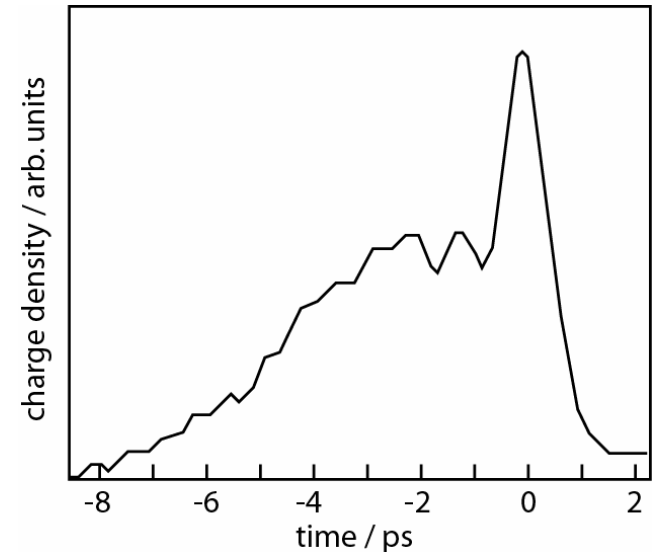
Uptime 2737 h
 Downtime 468 h failure
 $2737 \text{ h} / (468 \text{ h} + 2737 \text{ h}) = 85\%$



TTF FEL

Properties of the Electron Bunch

- Energy: 230 MeV per particle
- Bunch charge: 3 nC
(Radiating bunch charge: 0.2 nC)
- Beam current > 1 kA
- Up to 70 bunches per second

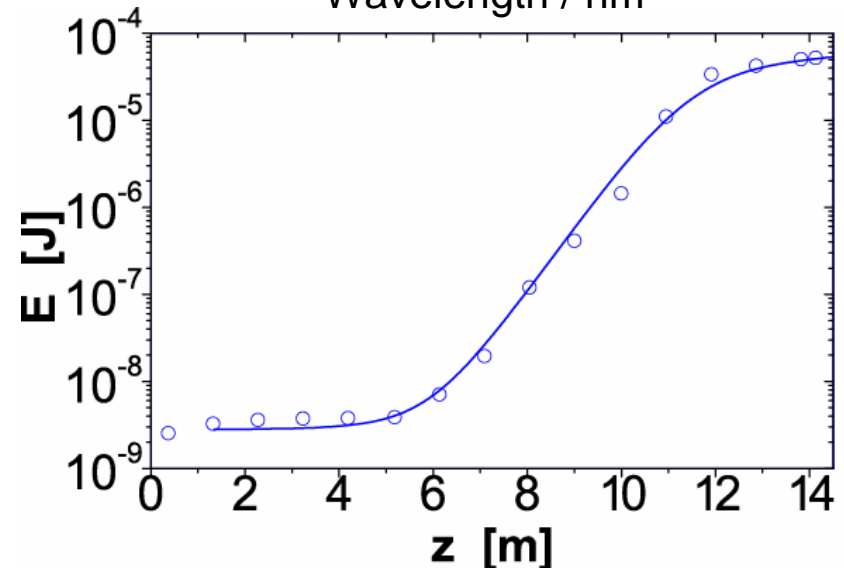
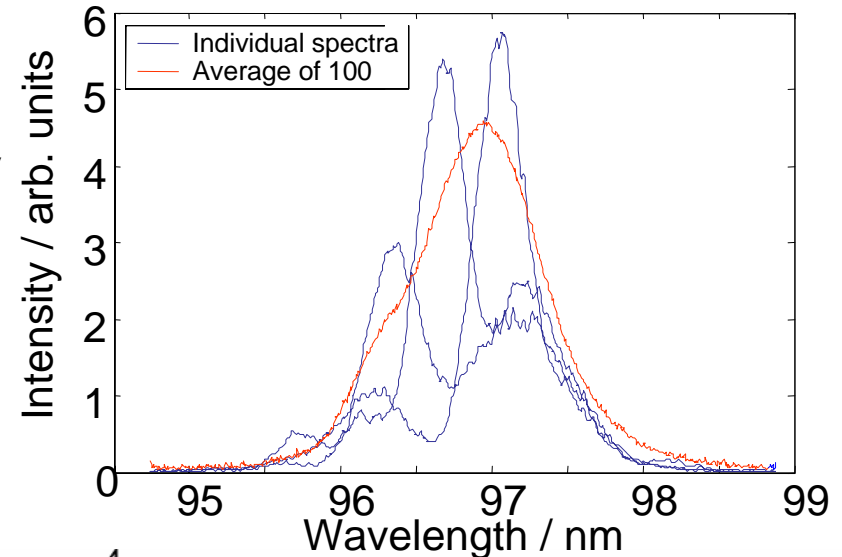


Measurement by
interferometry of coherent
transition radiation

Experimental Set-Up

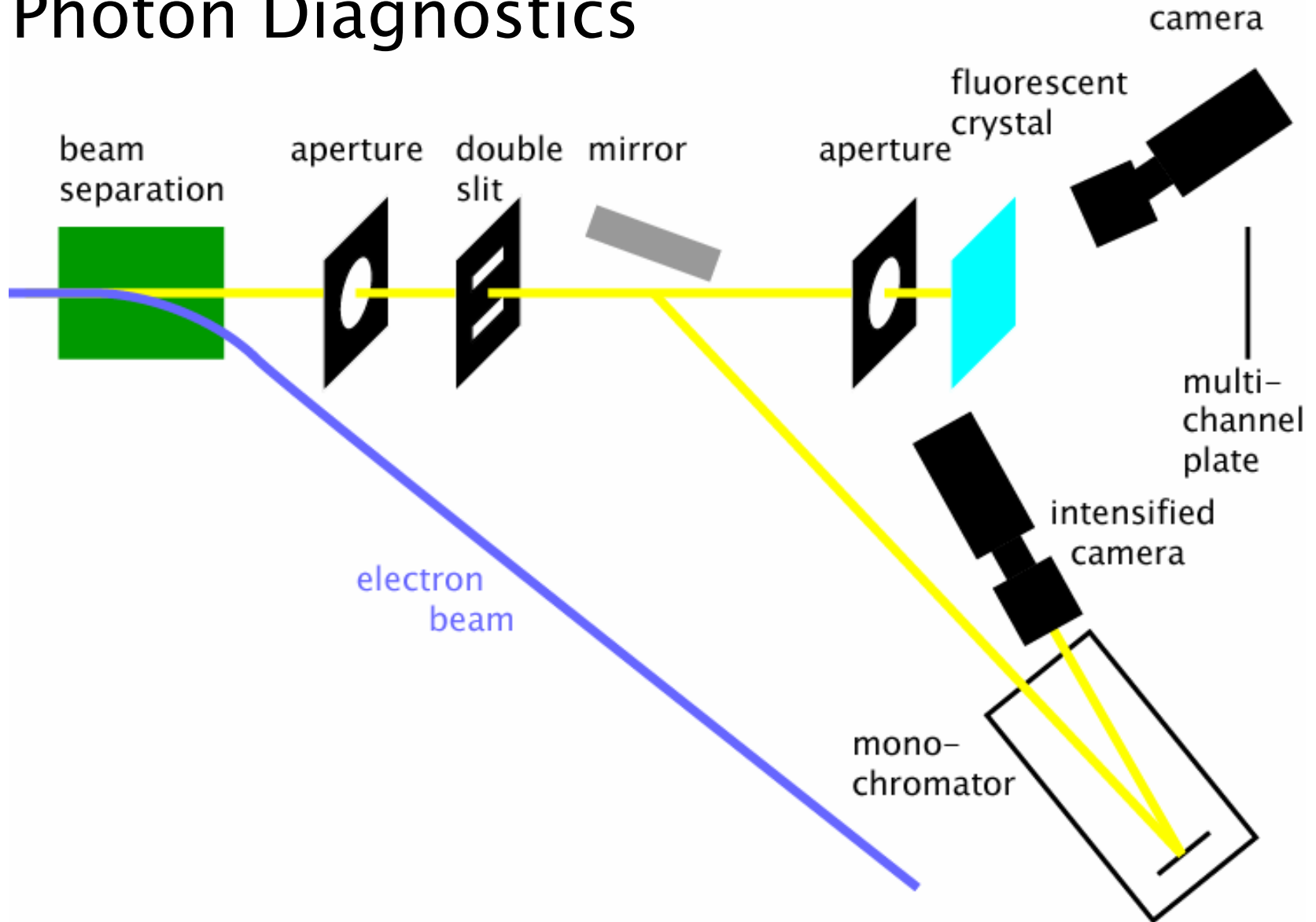
Properties of the FEL Light

- Wavelength: 80 ... 120 nm, depending on the electron energy
- Pulse energy: typically up to 10 μ J per pulse
- Peak power: 1 GW
- FEL starts from noise
- ⇒ No input needed
- Single pass saturation
- ⇒ No mirrors needed
- Longitudinal and Transverse Coherence



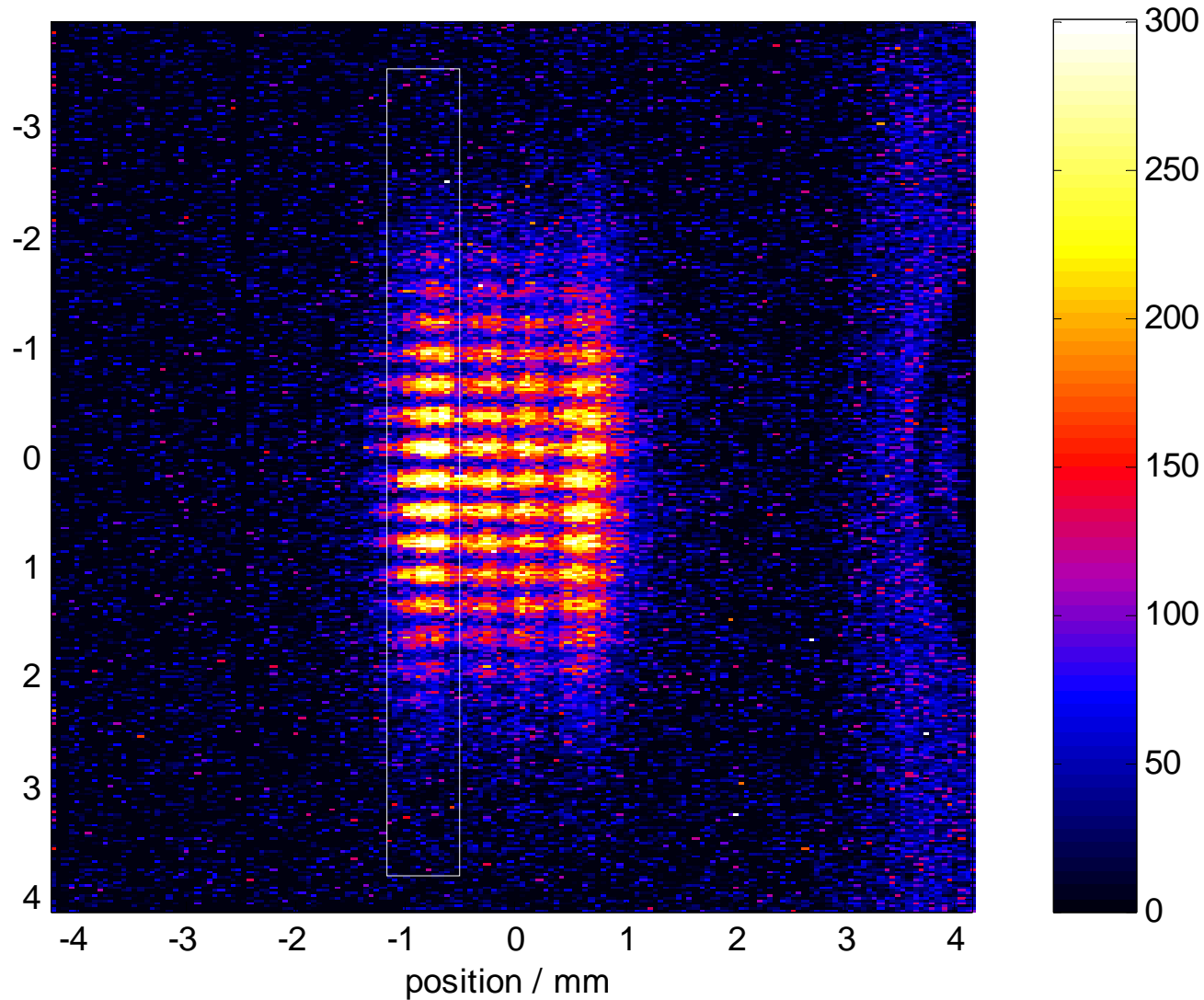
Experimental Set-Up

Photon Diagnostics



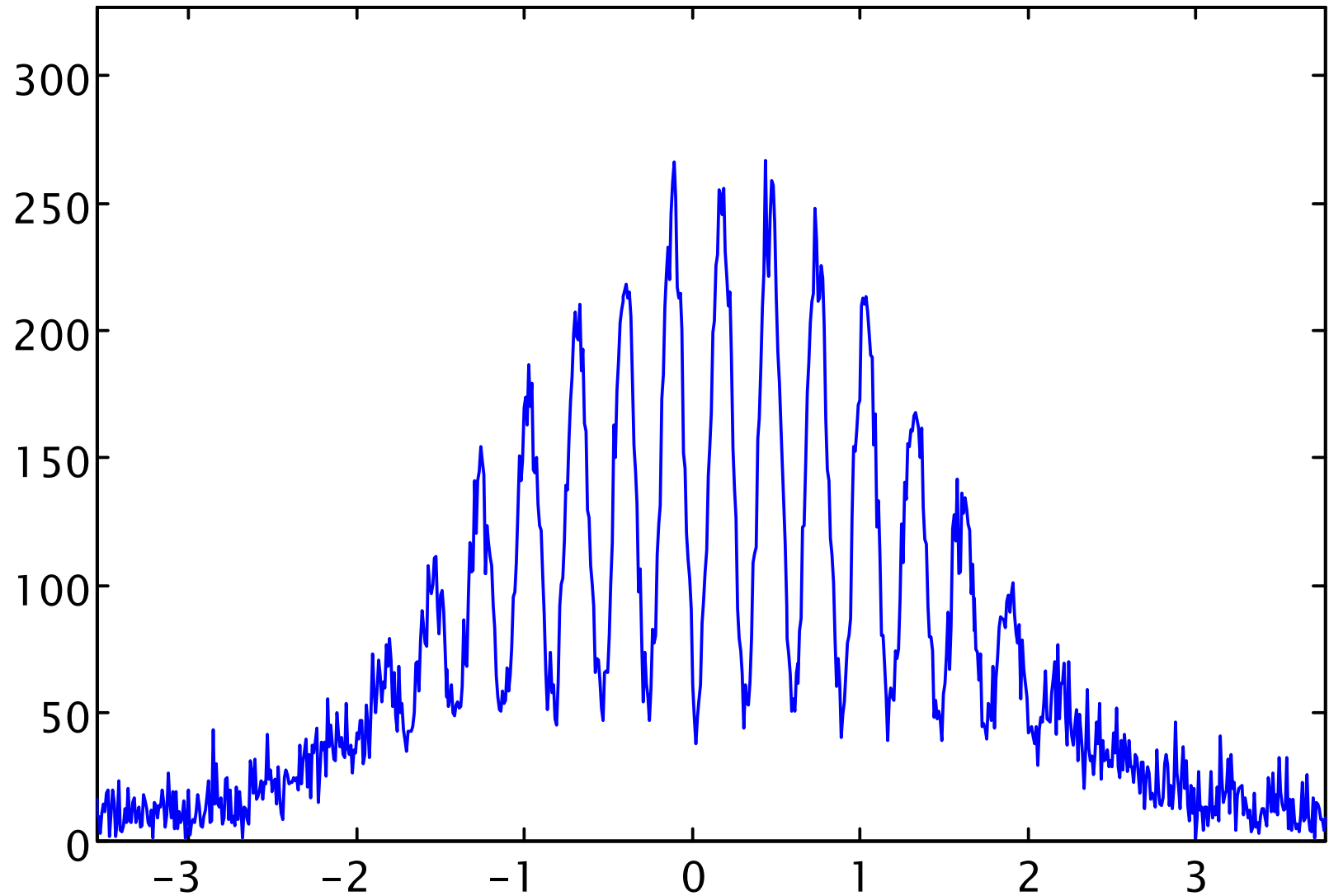
Analysis

Measurement, 1 mm double slit



Analysis of Experimental Data

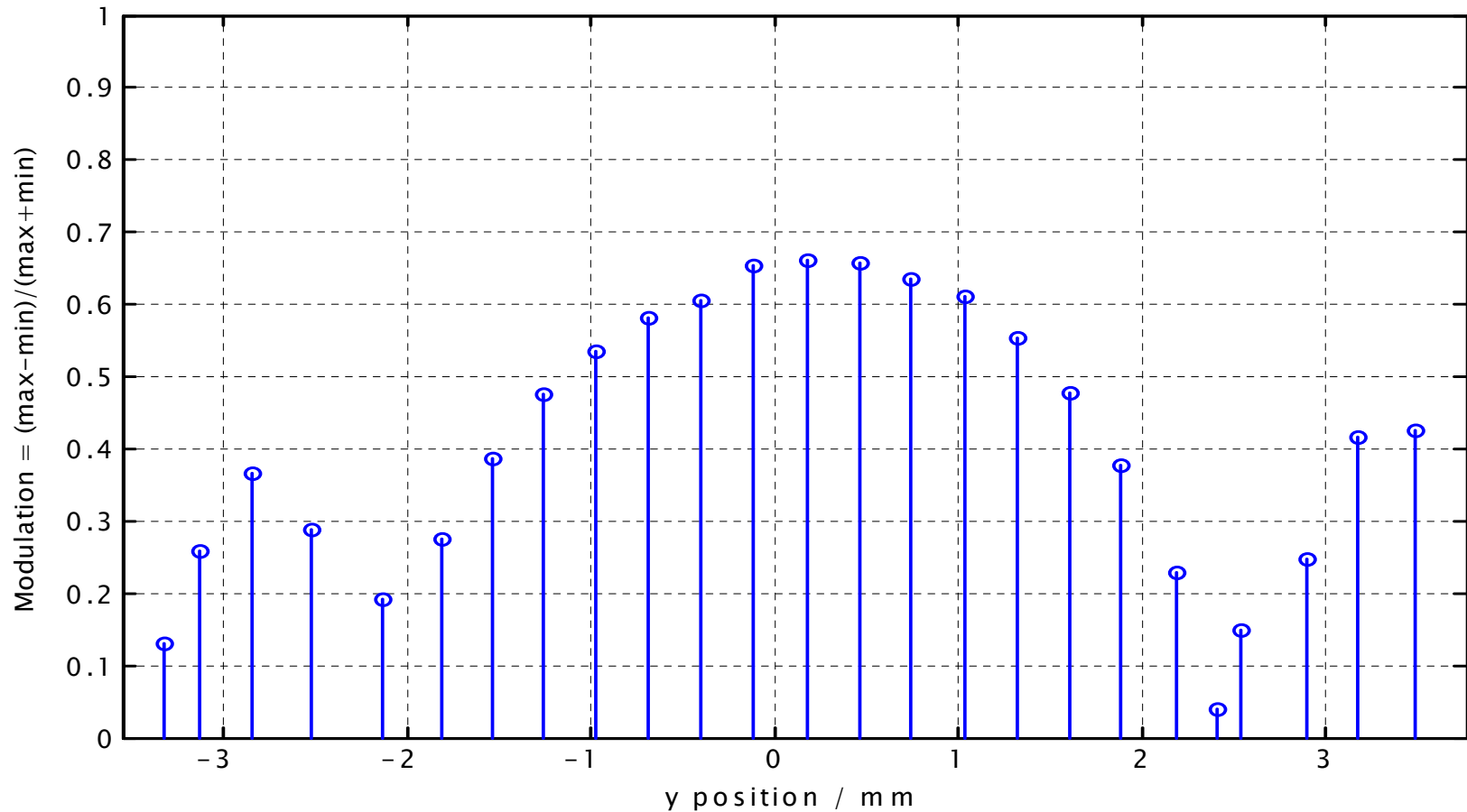
Projection of the Selected Area



Analysis of Experimental Data

Modulation Depth

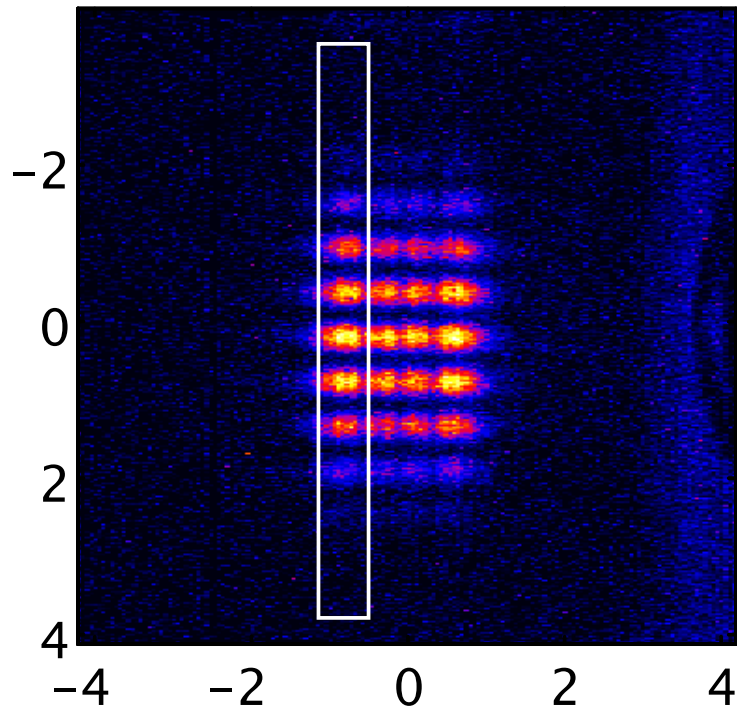
$$\text{modulation} = \frac{\text{max} - \text{min}}{\text{max} + \text{min}}$$



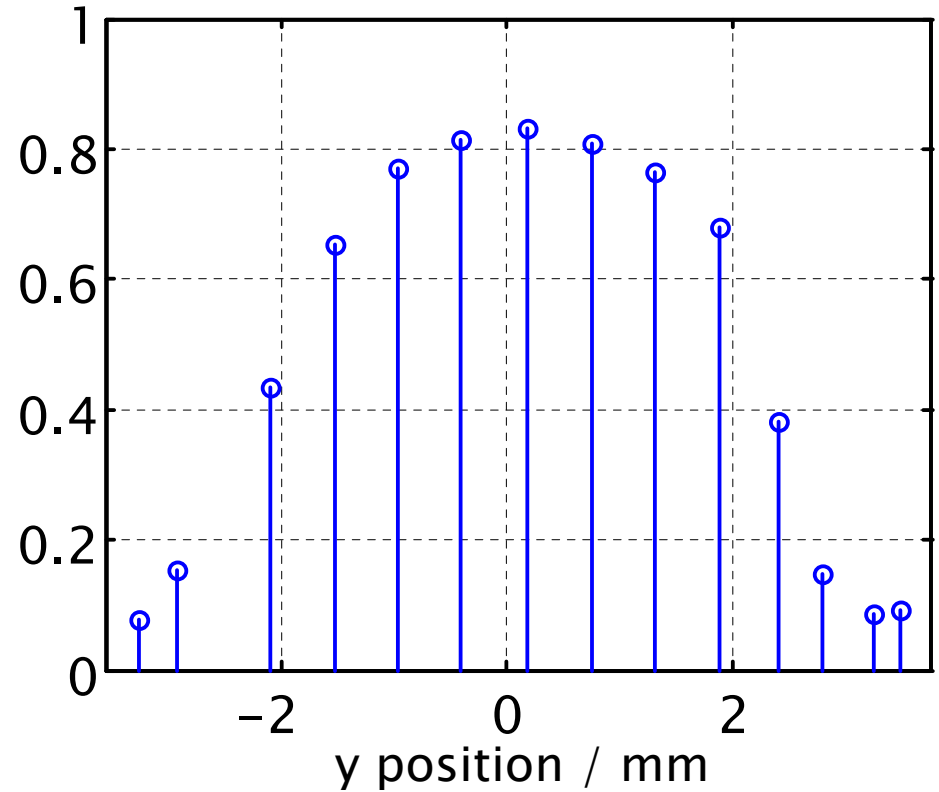
Analysis of Experimental Data

Double Slit — 0.5 mm separation

Reconstructed Image



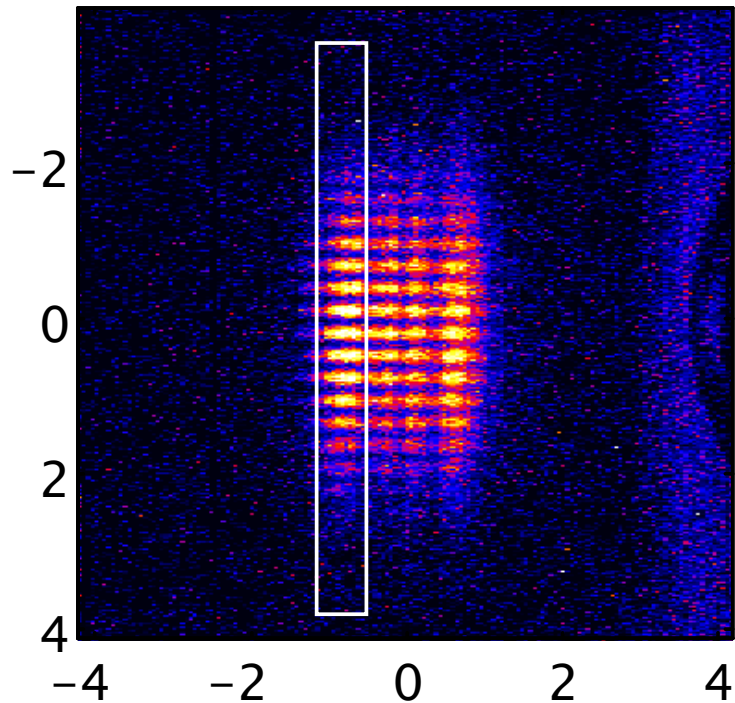
Modulation



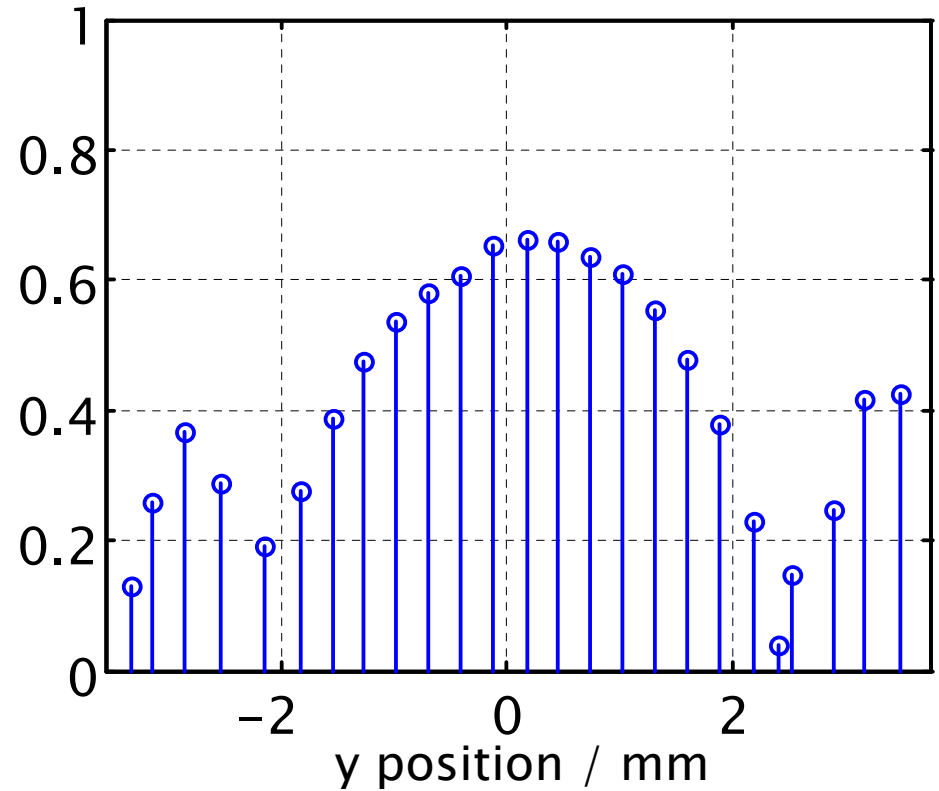
Analysis of Experimental Data

Double Slit — 1 mm separation

Reconstructed Image



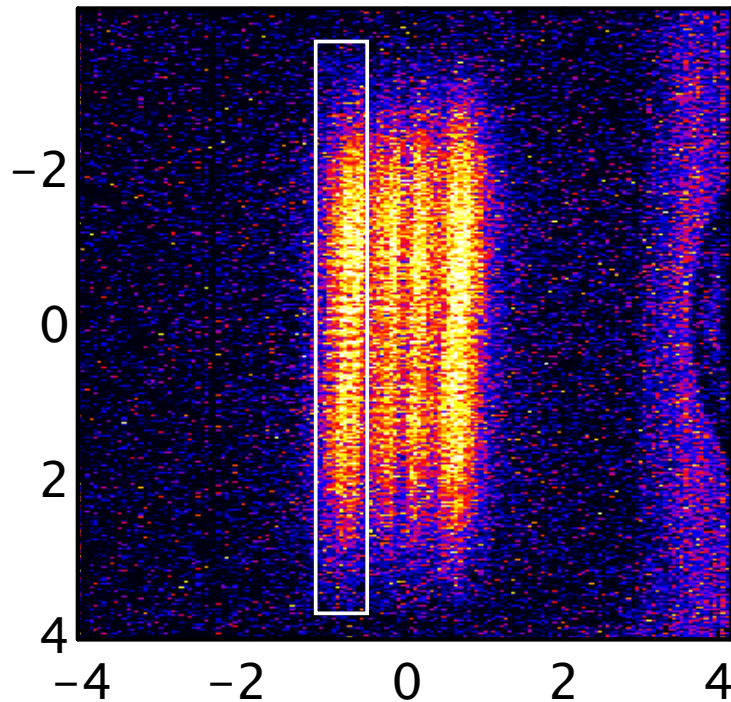
Modulation



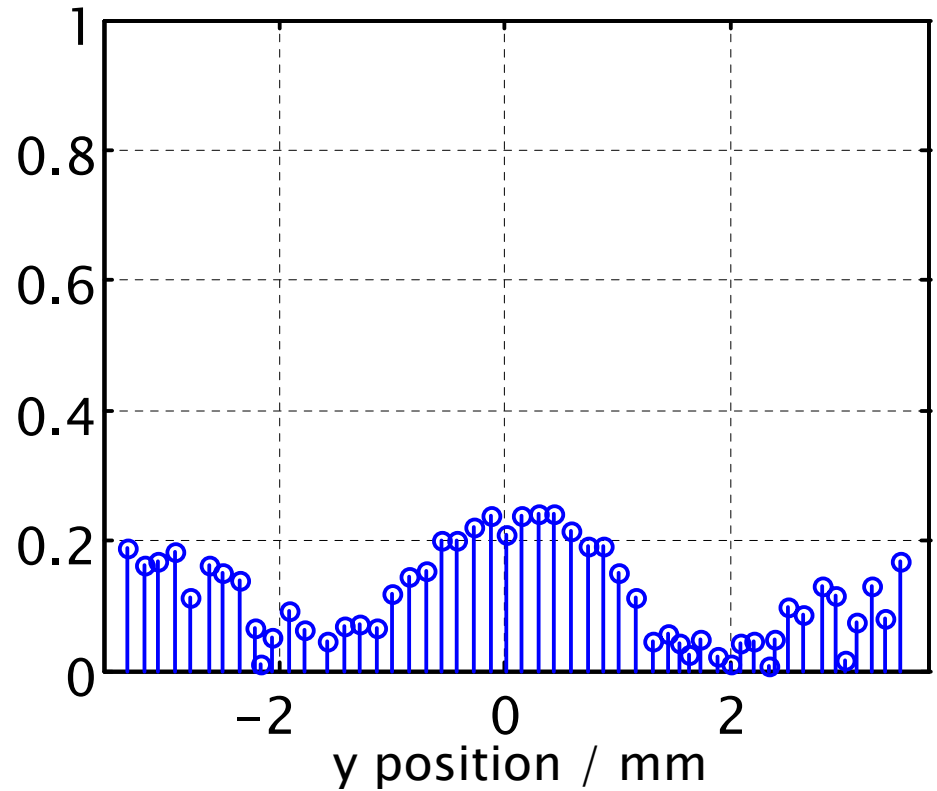
Analysis of Experimental Data

Double Slit — 2 mm separation

Reconstructed Image



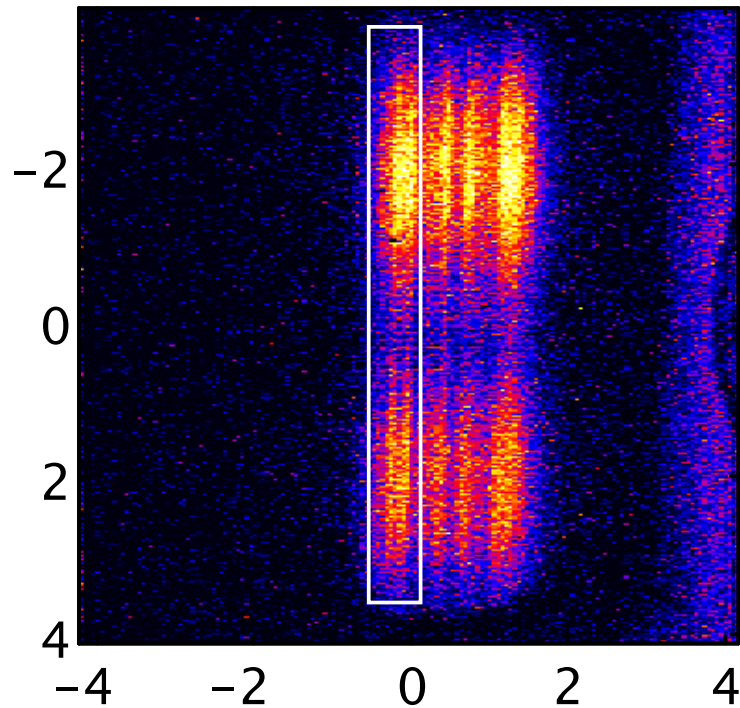
Modulation



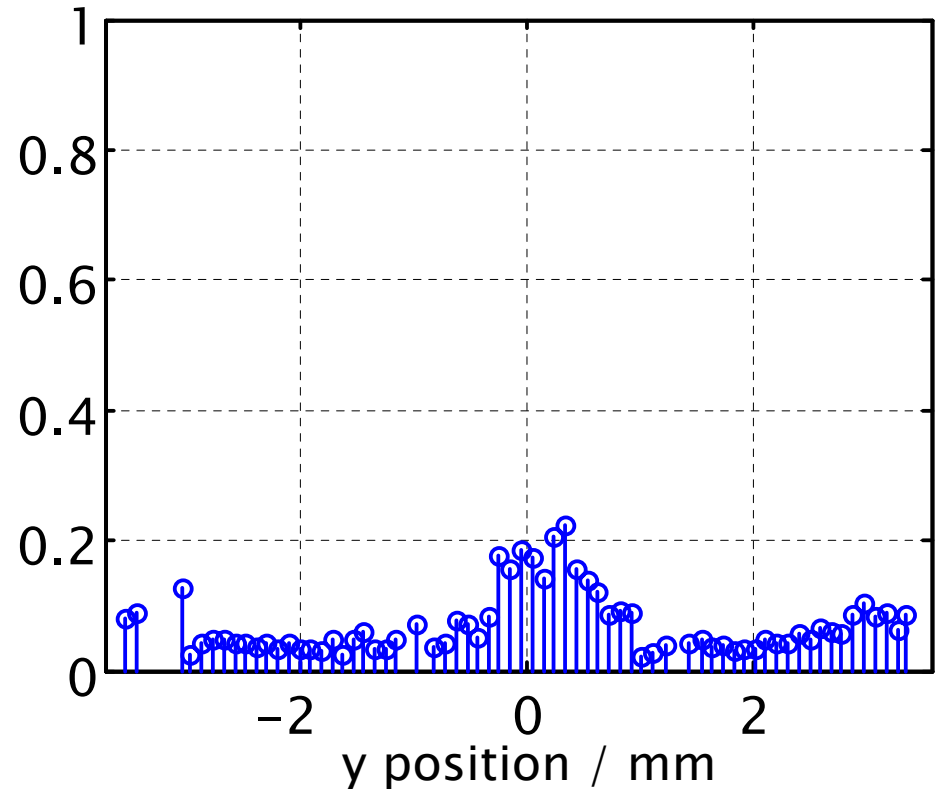
Analysis of Experimental Data

Double Slit — 3 mm separation

Reconstructed Image



Modulation



ca. 2% der TESLA – „Entwickler“



© 2002 Rasmus Ischebeck / Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY

Besonderen Dank für die Folien an

- Hans Weise
- Lutz Lilje

Bildquellen:

- DESY
- CERN, Genf
- NASA
- California Institute of Technology
- Option Z Computergraphics, Thomas Plettau
- Edgar Weckert, HASYLAB
- F. Beckmann, HASYLAB