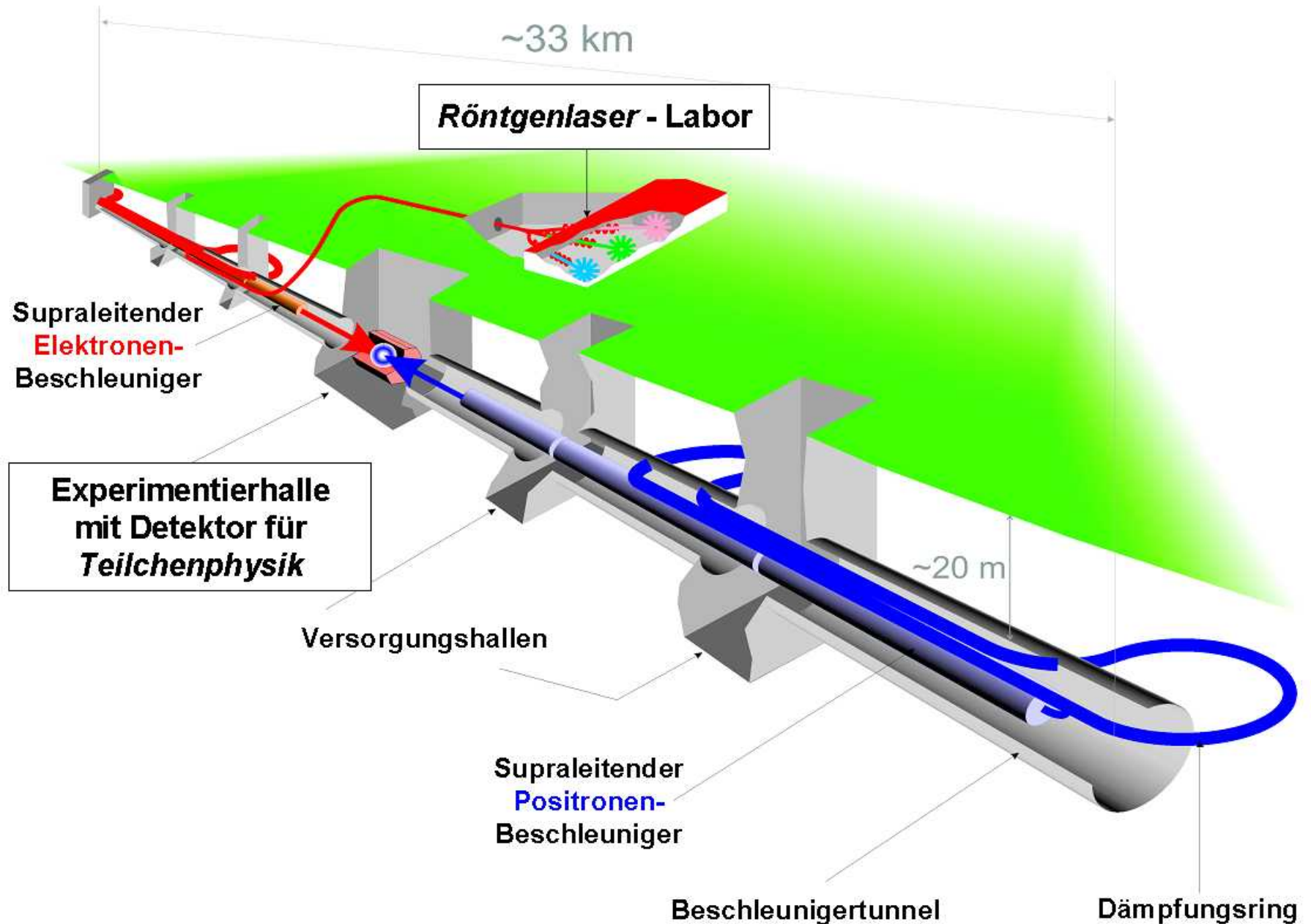


Der TESLA Linear - Collider



TESLA – Licht der Zukunft
Ausstellung im Automobilforum
Hans Weise / DESY
Berlin 13.02.02

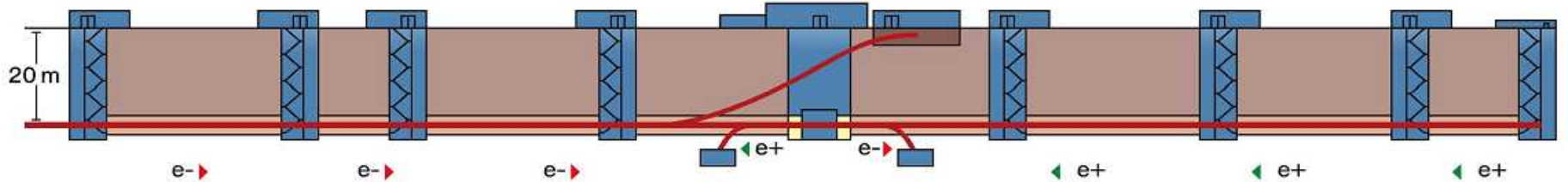
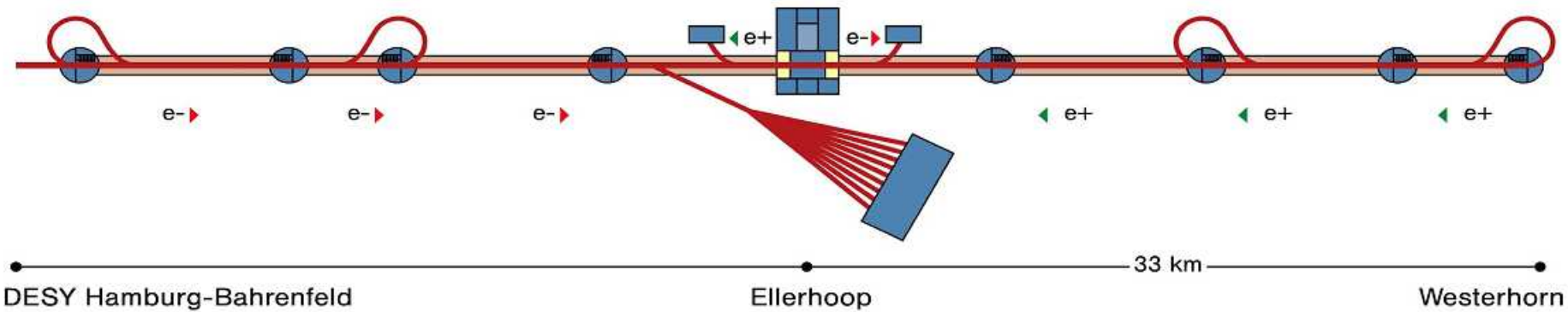
TESLA im Überblick



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	25	27	
luminosity	3.4×10^{34}	5.8×10^{34}	$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

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	25	27	
luminosity	3.4×10^{34}	5.8×10^{34}	$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Beschleunigung mit Hochfrequenz

elektr. Feld $E(t)$

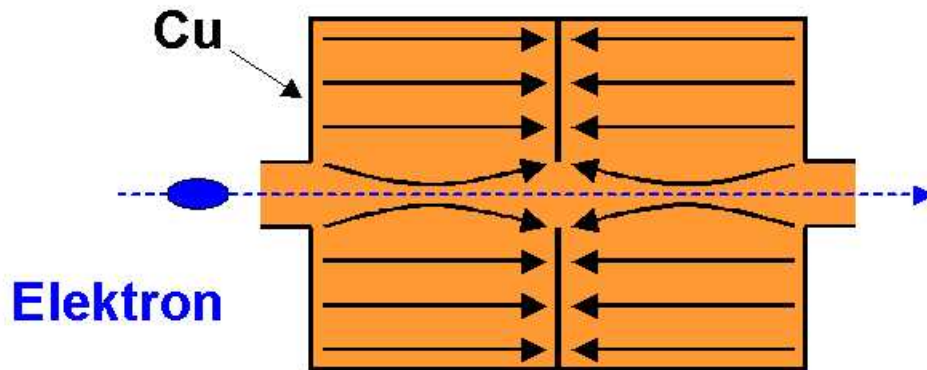
Nachteil:

große elektr. Wandverluste bestimmen ...

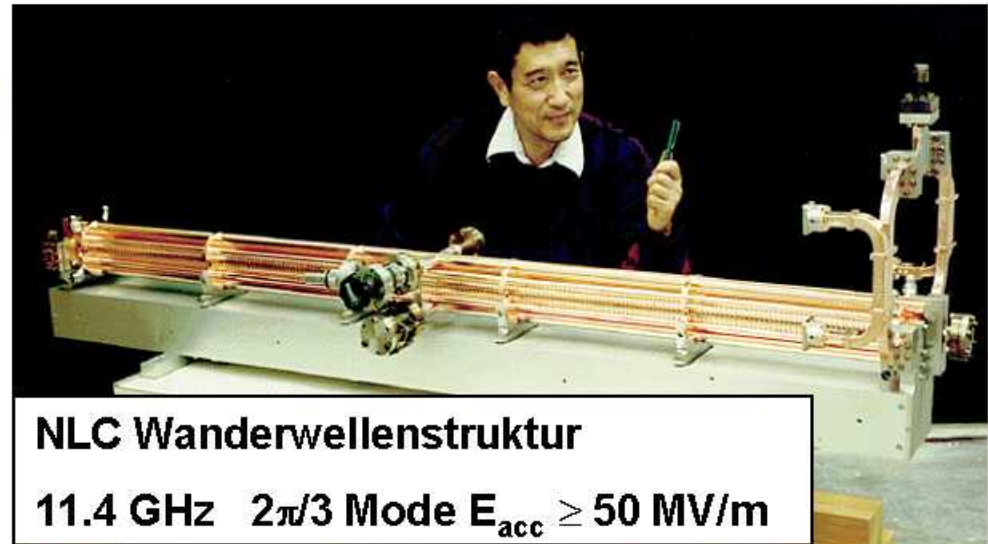
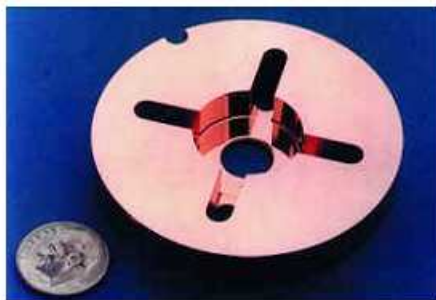
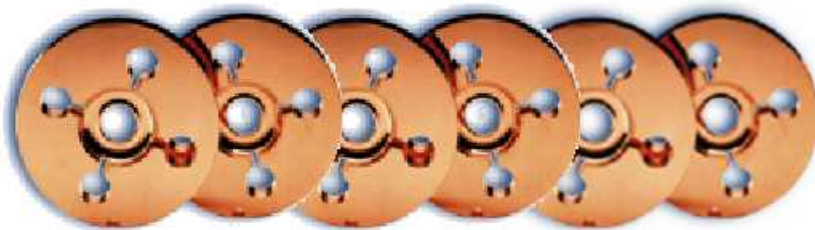
- Zeitstruktur des Teilchenstrahls
- Effektivität in Nutzung der Primärenergie

... und haben viele technische Konsequenzen ...

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



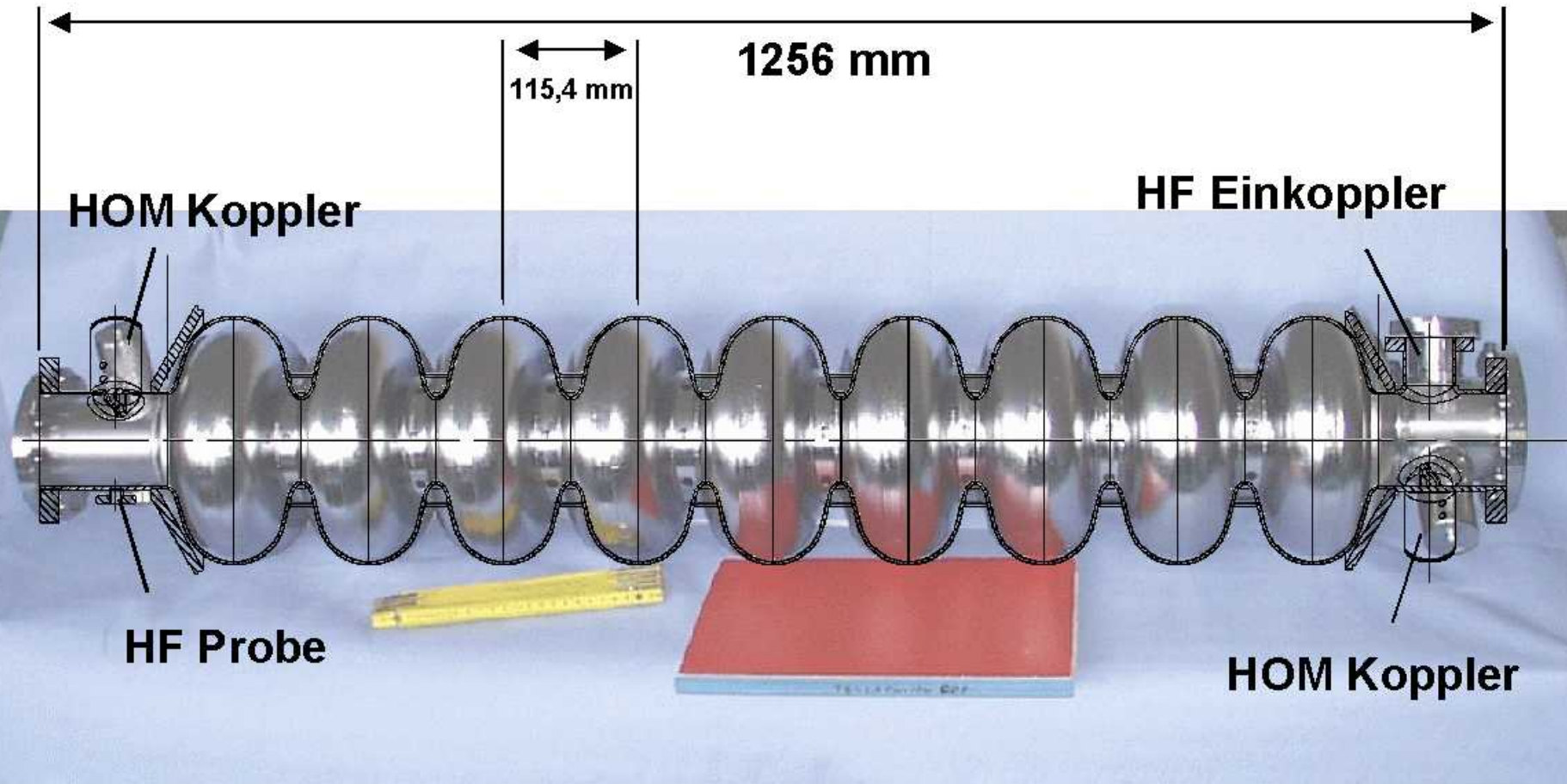
Hochfrequenz - Resonator



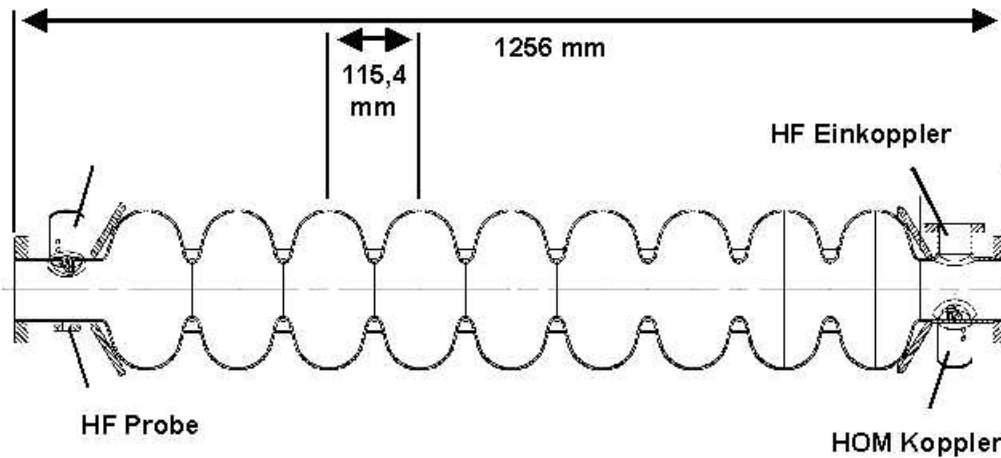
NLC Wanderwellenstruktur

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

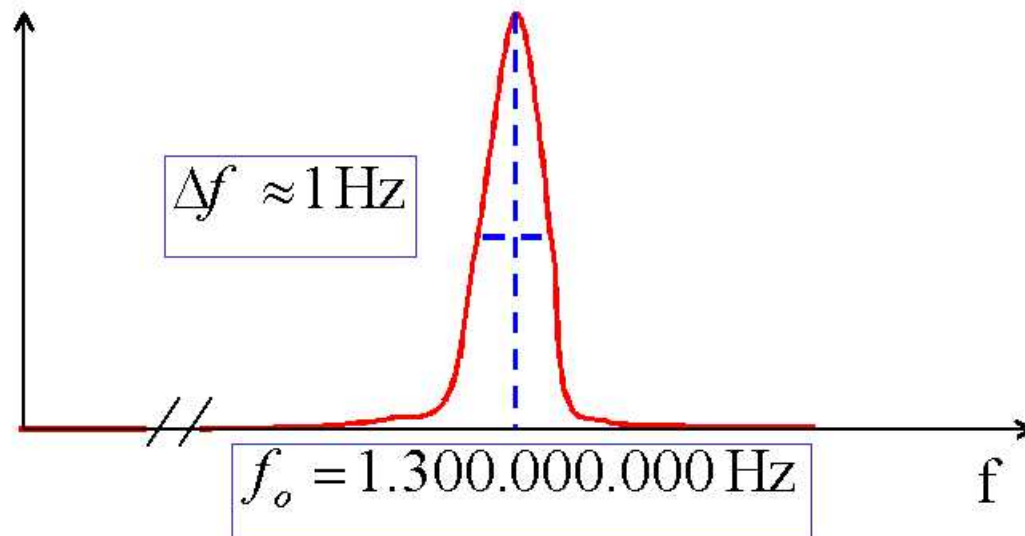
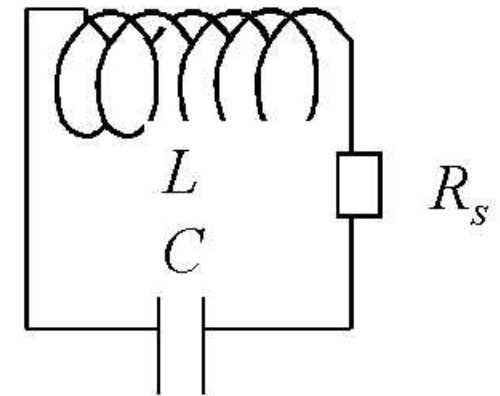
Der Ausweg ist der supraleitende Linear Collider



Beschleunigungsstrukturen für TESLA



Resonanzkreis:



Frequenz:

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

Güte:

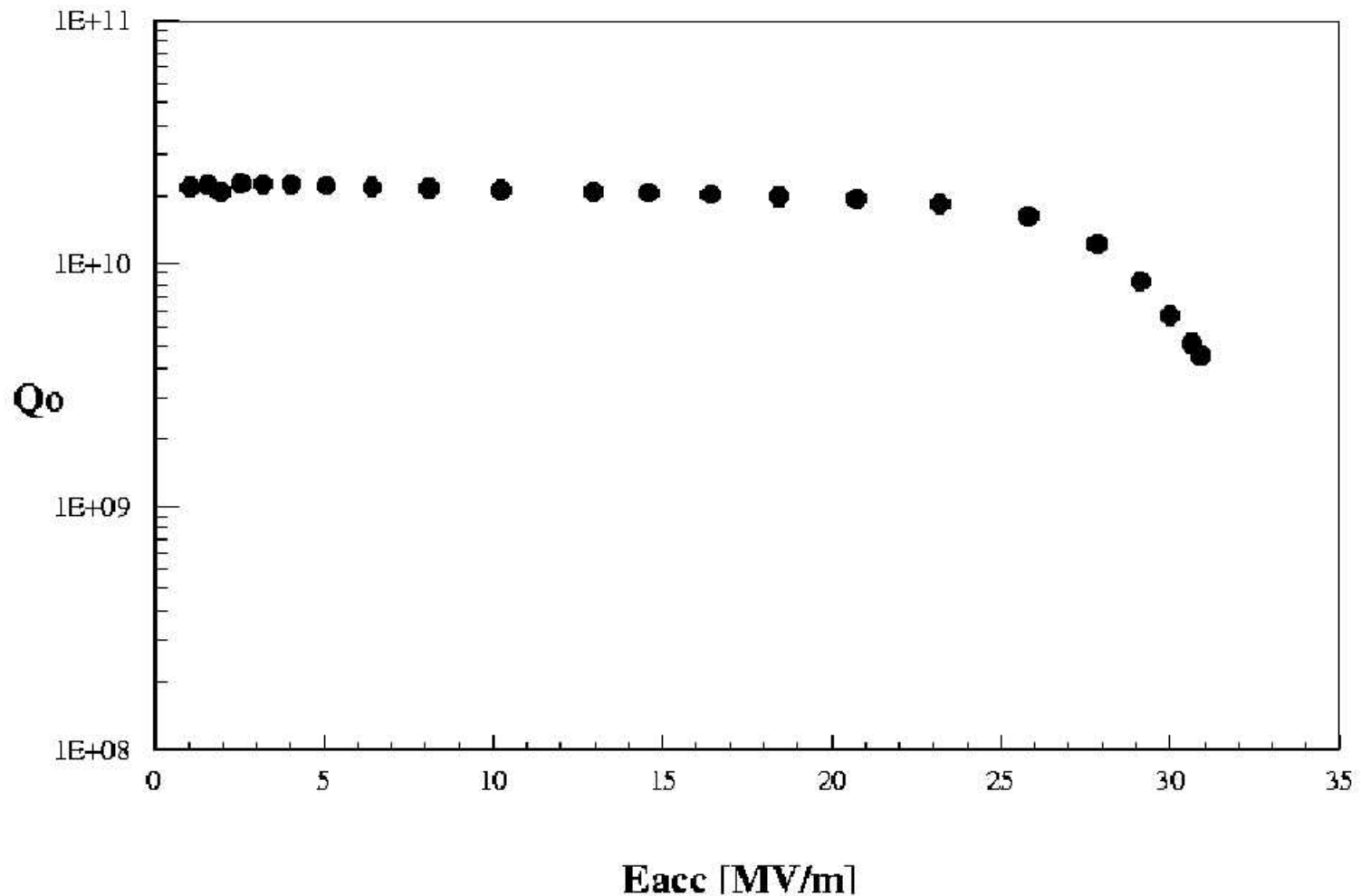
$$Q_o = \frac{f}{\Delta f} = \frac{G}{R_s}$$

$$\Rightarrow Q_0 \approx 10^9 - 10^{10}$$



Beispiel einer $Q(E_{\text{acc}})$ Kurve

Date: 20-Jun-00 17:05; Temperature: 1.99[K]; Limited by pwr; FE-Onset 23.19[MV/m]



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**?

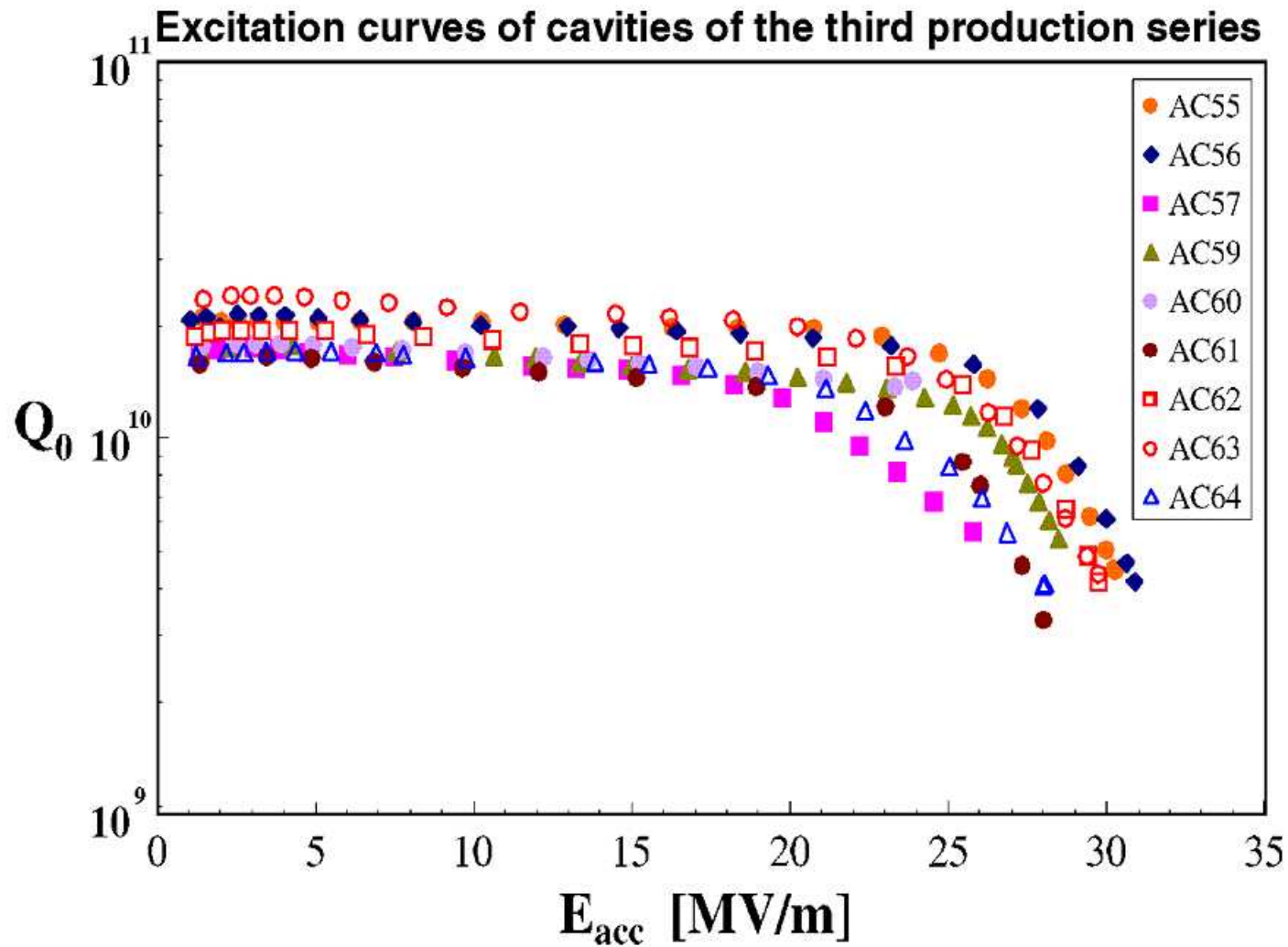
– Wie kompensiert man die **Verstimmung durch Lorentz-Kraft**?



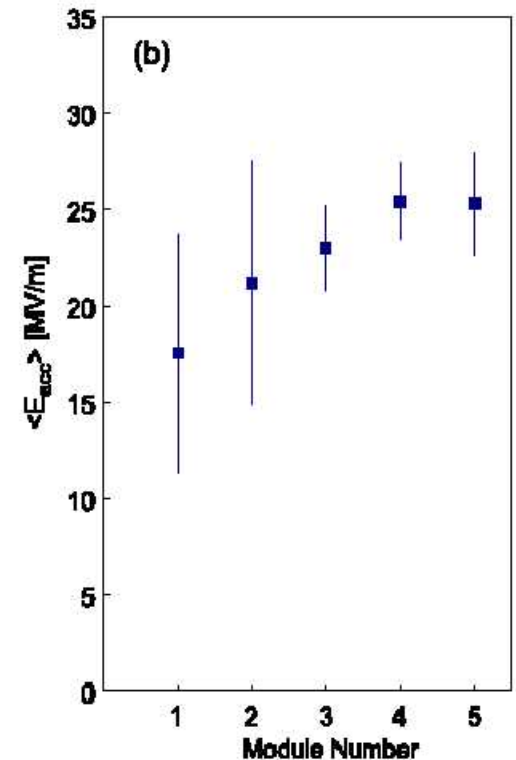
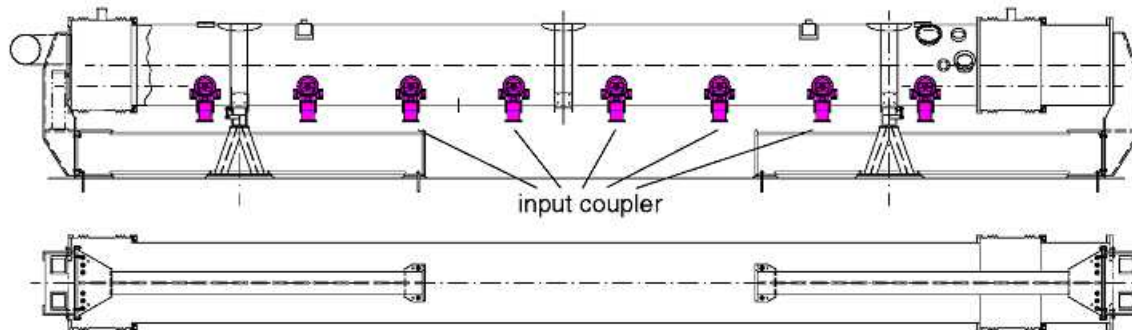
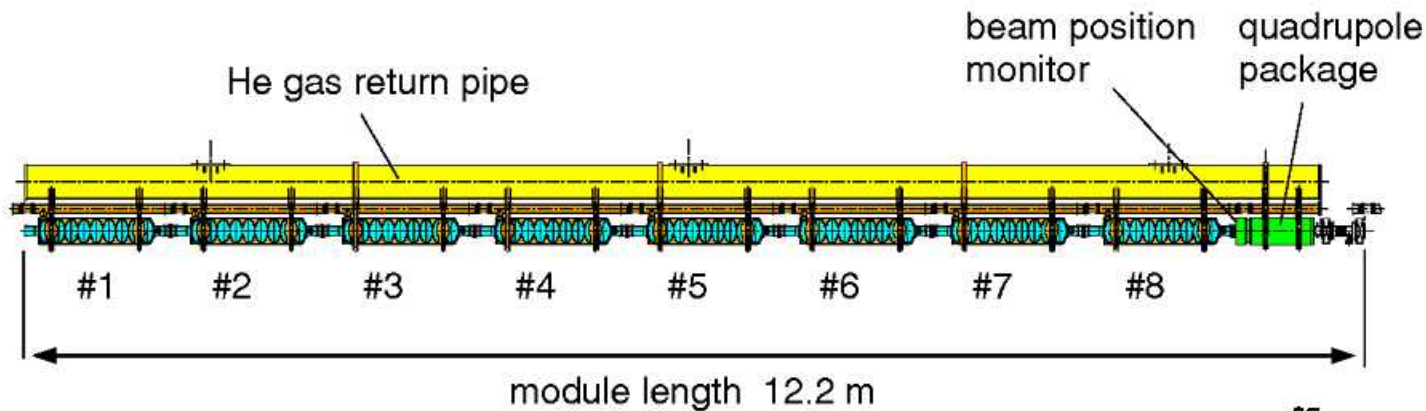
P. Schmüser



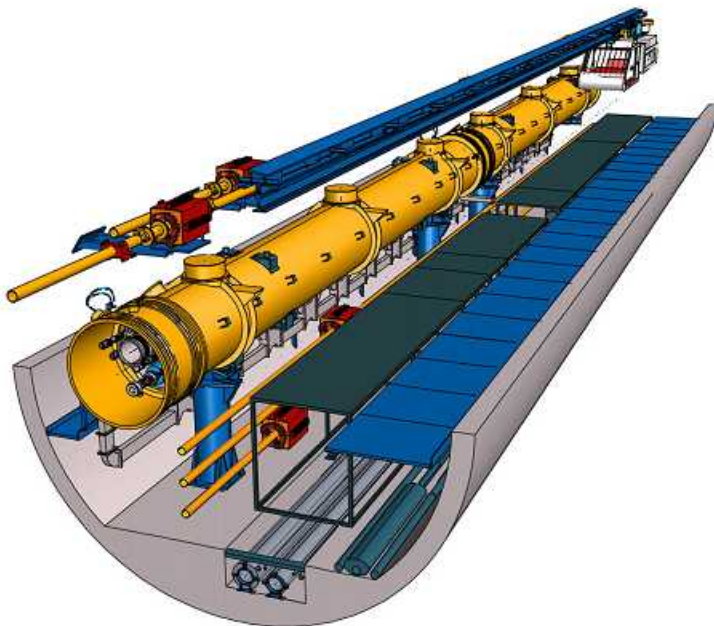
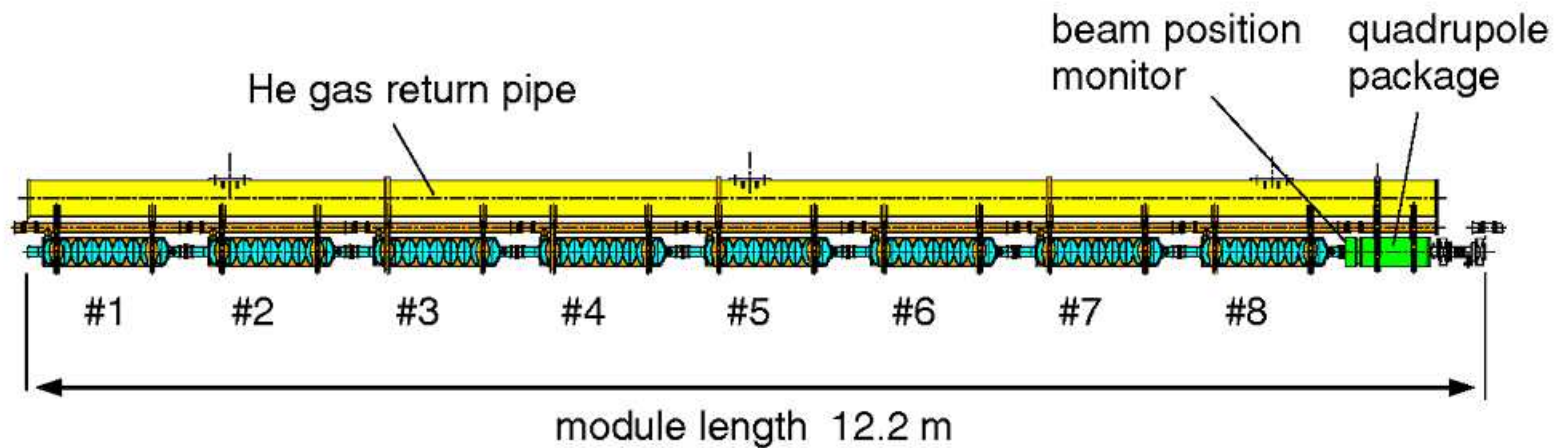
Viele 9-zellige TESLA Resonatoren ...



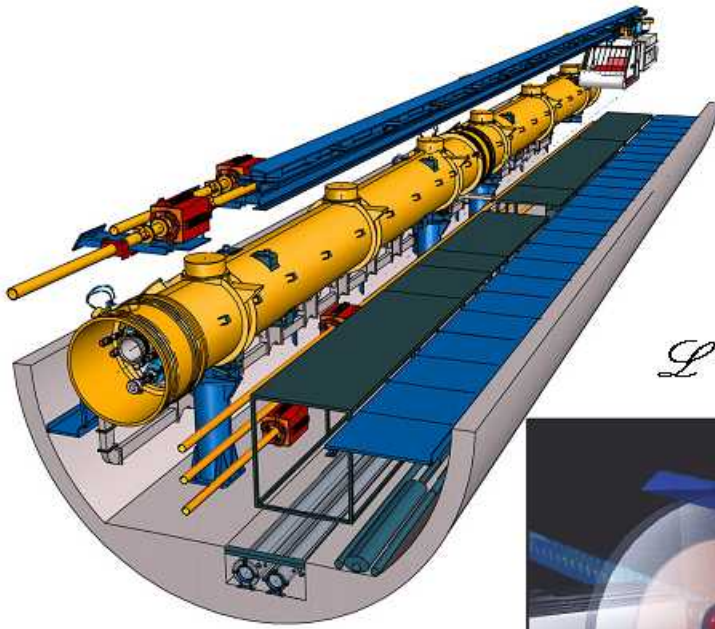
... ergeben ein Beschleunigungsmodul ...



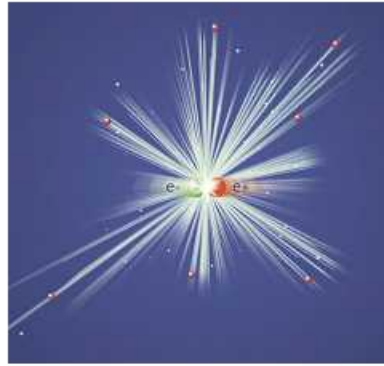
... und viele Module einen Linac ...



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

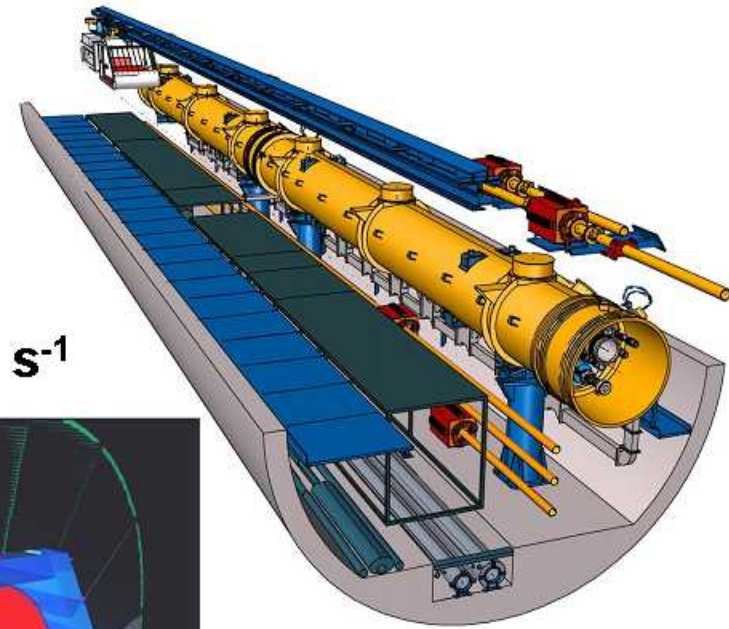


Elektronen

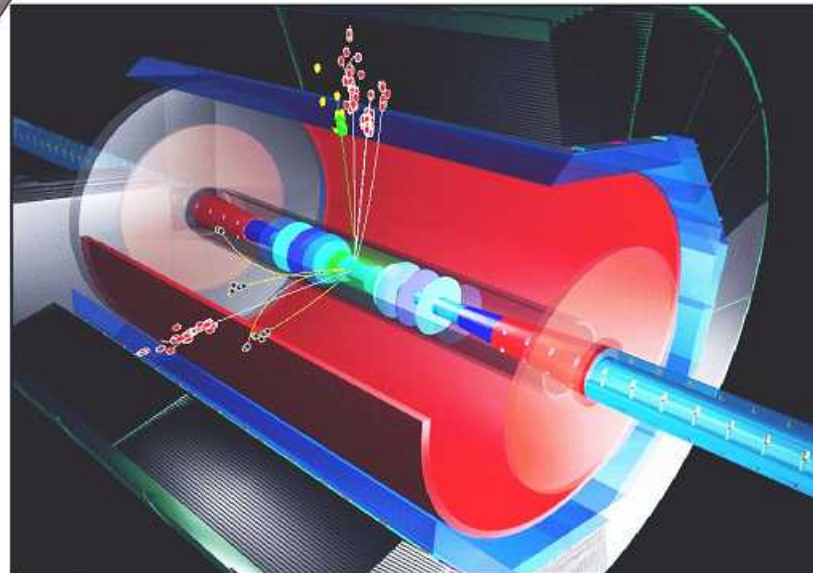


500 GeV c.m.

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



Positronen

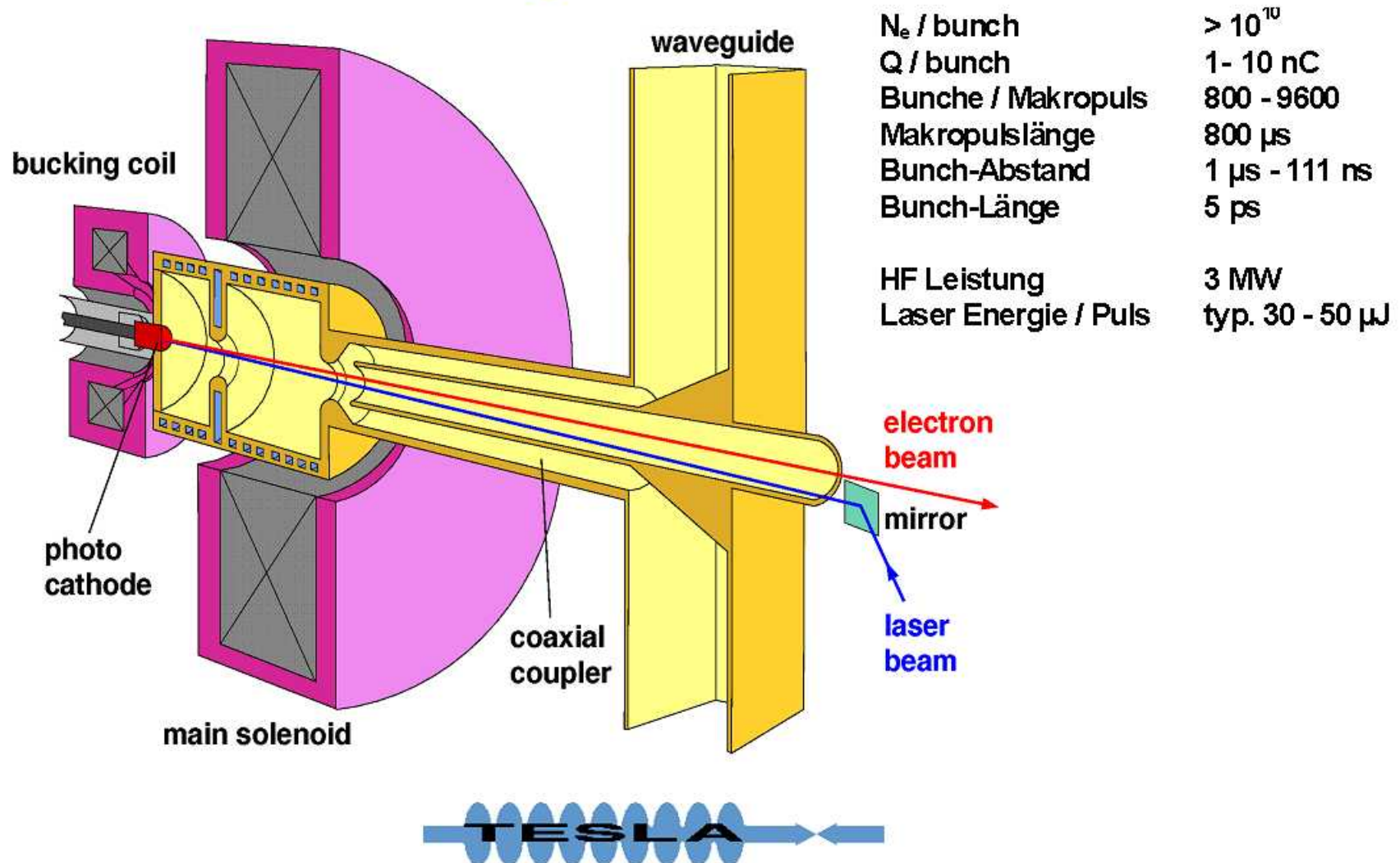


Die Sicht der Beschleunigerphysiker

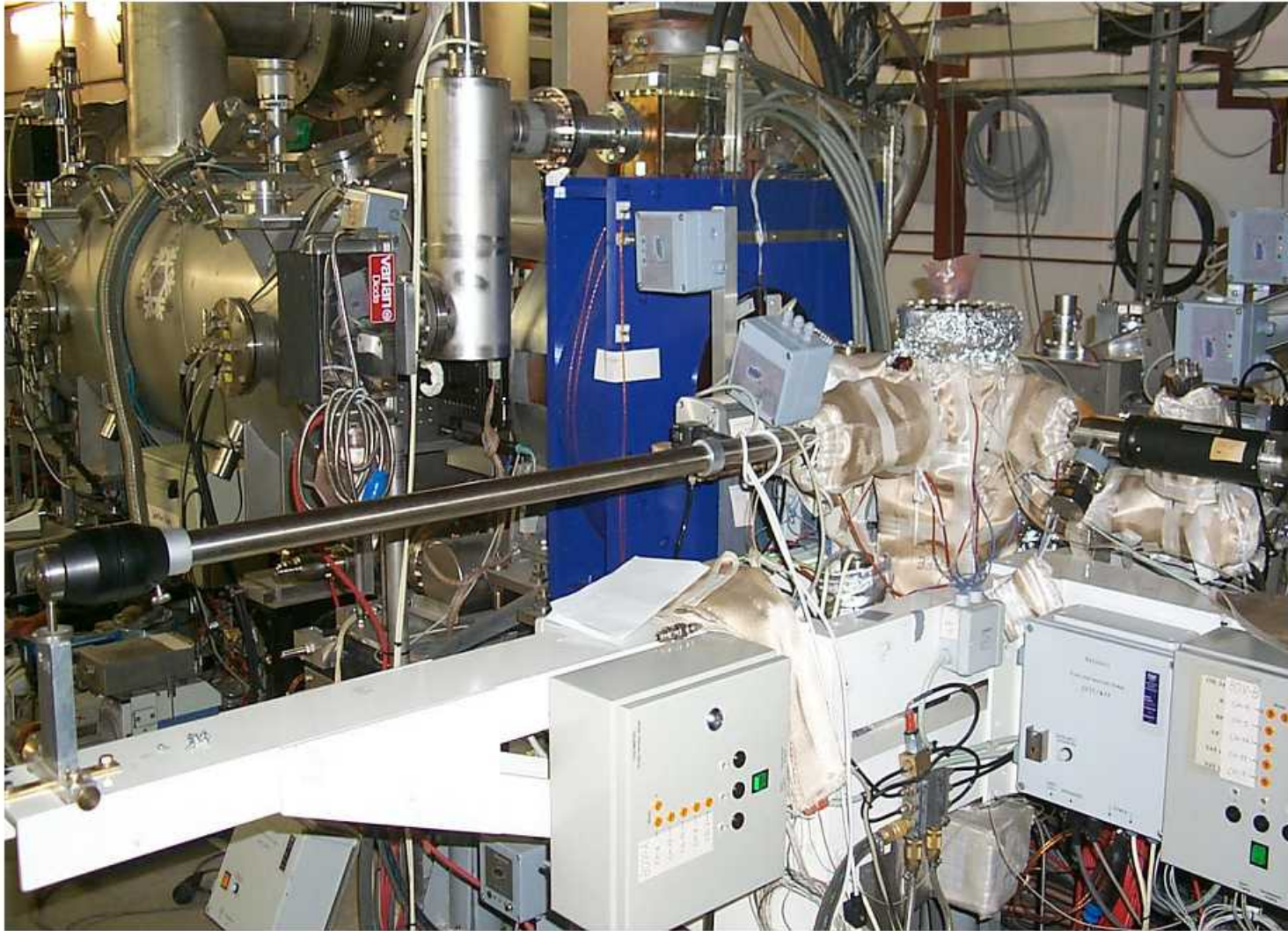
center of mass energy	500	800	GeV
gradient	23.4	35	MV/m
repetition rate	5	4	Hz
no. of bunches per pulse	2820	4886	
pulse length	950	860	μsec
bunch spacing	337	176	nsec
particles per bunch	2.0	1.4	$\times 10^{10}$
pulse current	9.5	12.7	mA
AC power (2 linacs)	97	~ 150	MW
normalised IP emittance (x,y)	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}	$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

Die HF Elektronenquelle der TESLA

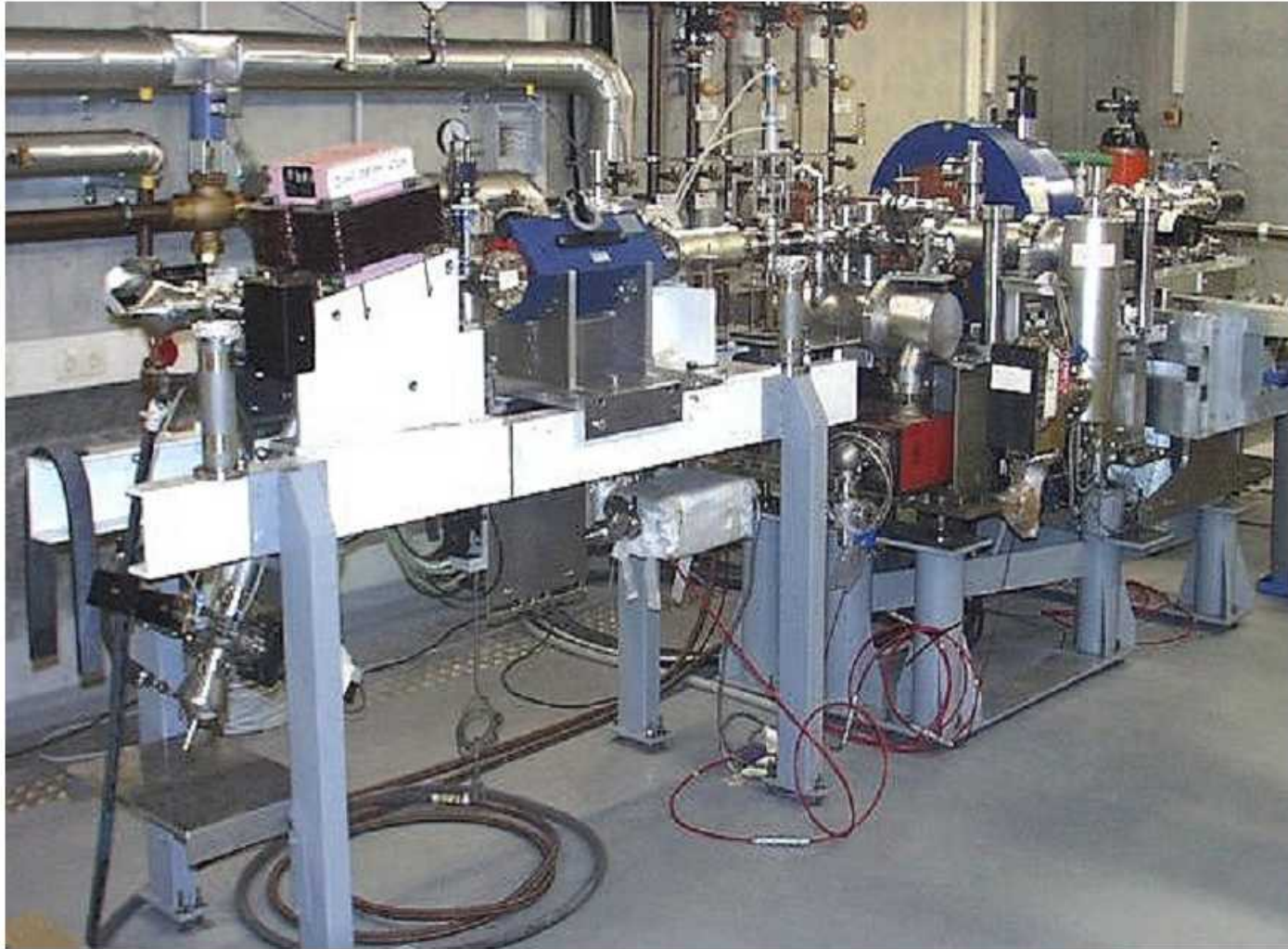
Test Anlage basiert auf ...



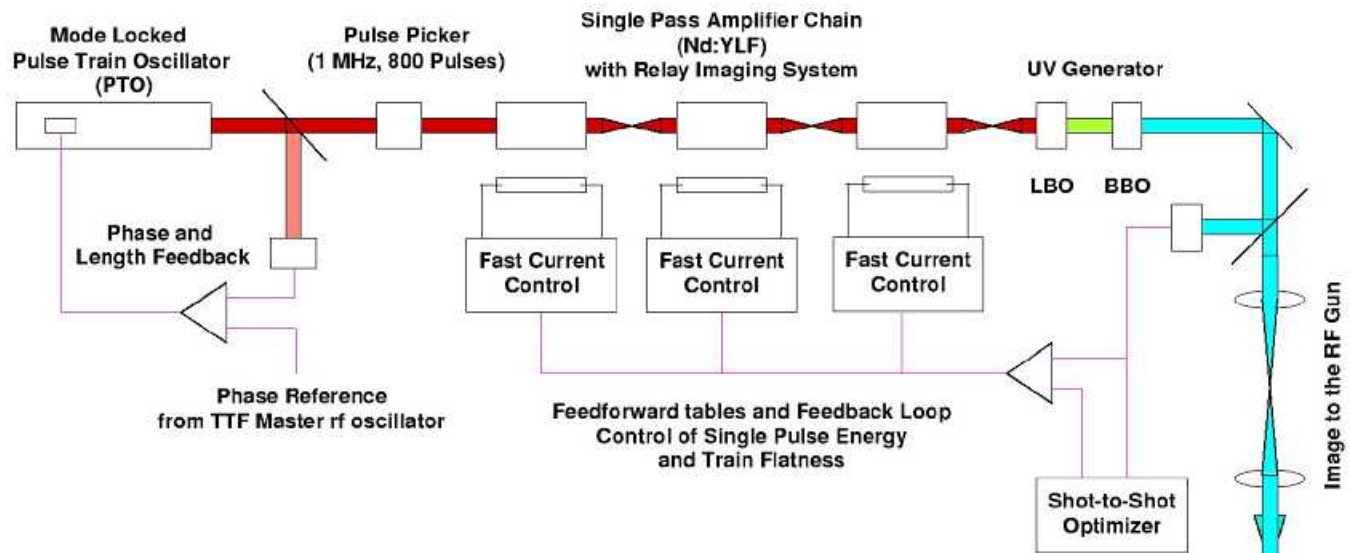
... einer Entwicklung des Fermilab / USA



... einem Teststand in DESY Zeuthen

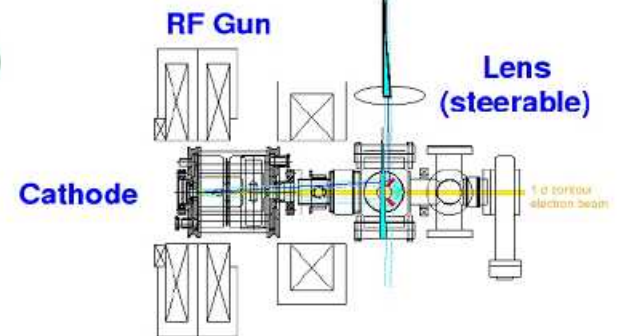
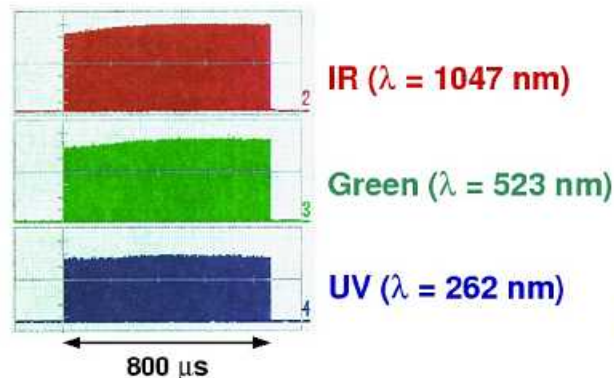


... und einem Laser vom Max-Born Institut

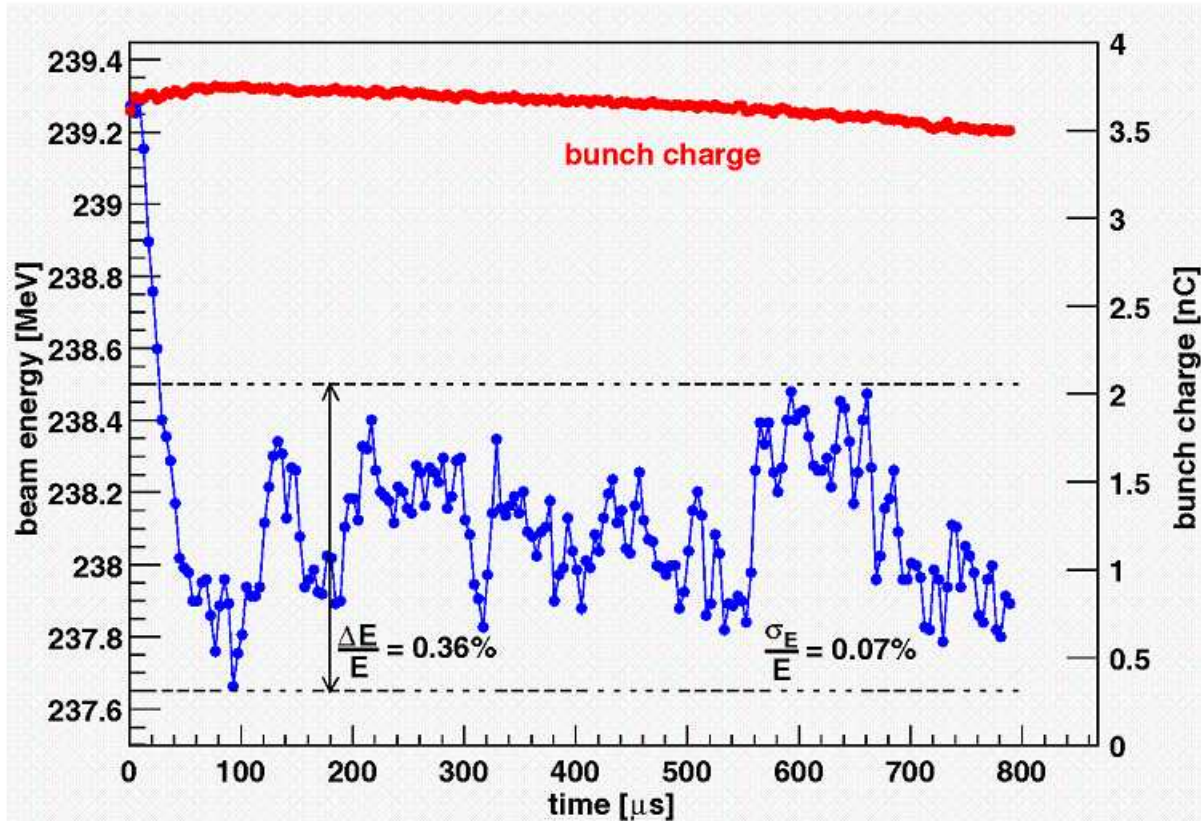


Laser

- based on Nd:YLF laser material (long fluoresc., lifetime, low thermal lensing)
- locked to the TTF rf master oscillator (1.3 GHz) (phase jitter < 1 ps)
- generates a 800 μ s long pulse train in the UV (up to 10 Hz rep. Rate, 1 – 9 MHz within train)
- UV single pulse energy 50 μ J (5 μ J required for 8 nC bunch charge)
- energy stability < 2% (rms) within pulse train and from shot to shot
- uses relay imaging to create a transverse flat-top profile and to enhance the pointing stability (< 2 μ rad)



Ein in der TESLA Test Anlage beschleunigter Pulszug ...

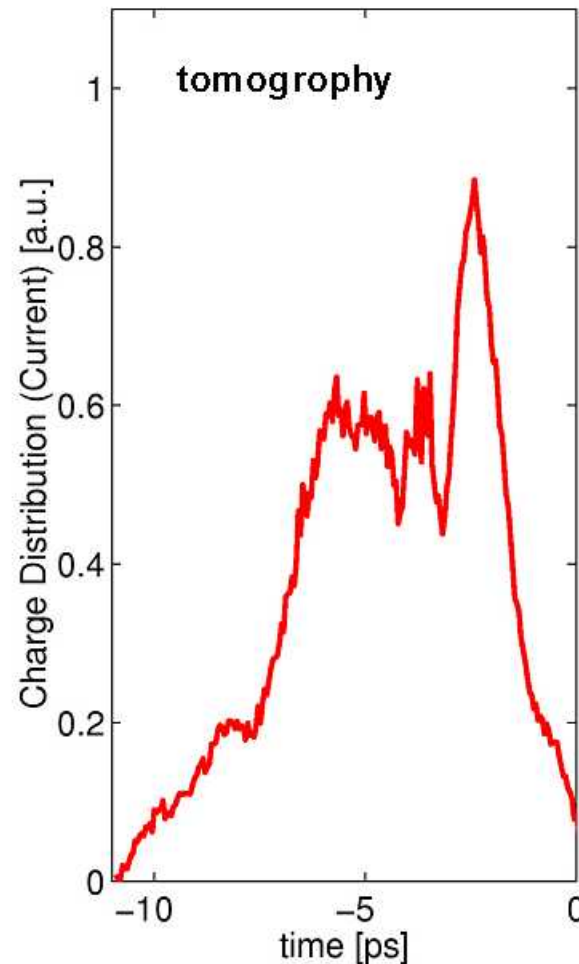
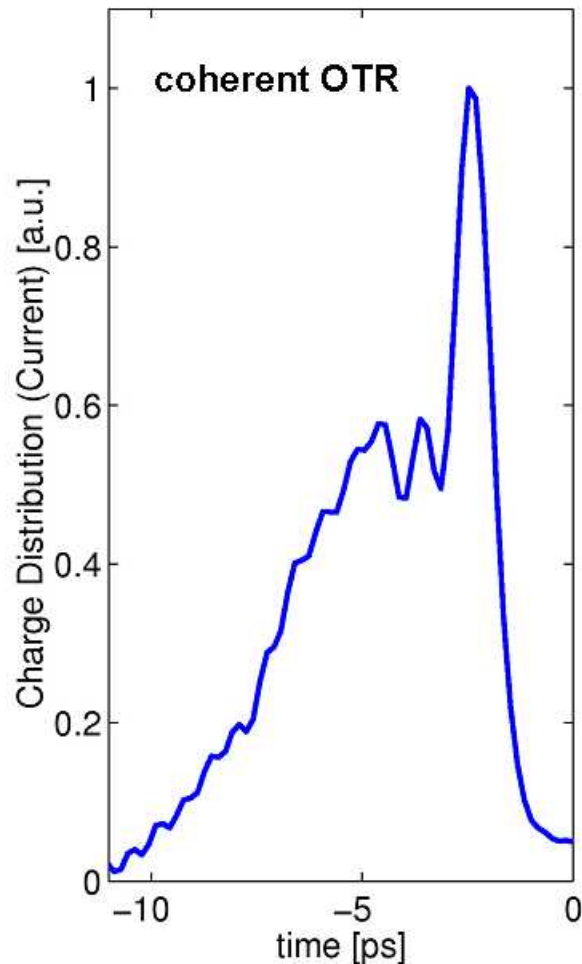


... hat TESLA ähnliche Parameter

- 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

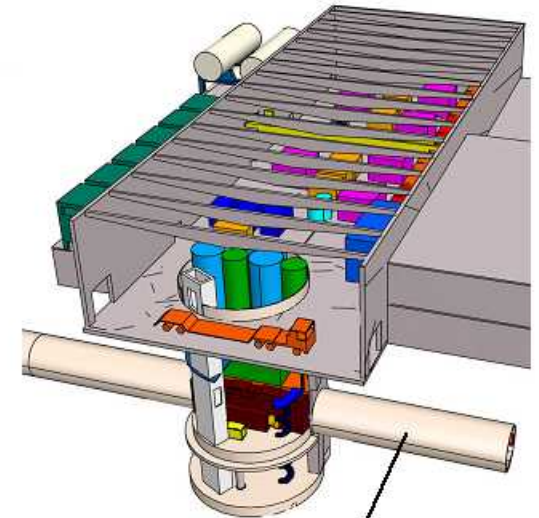
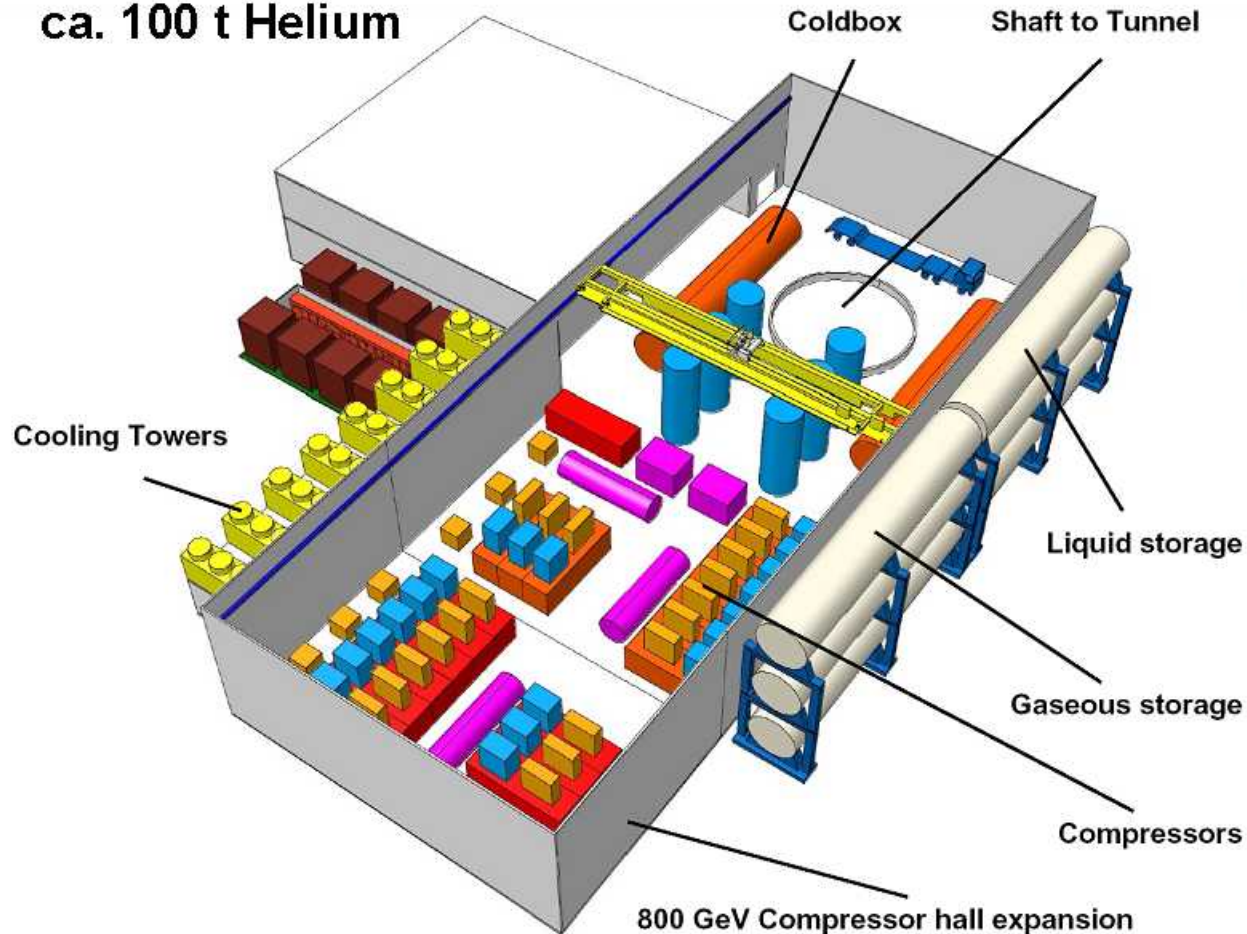


Die Sicht der Beschleunigerphysiker

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}	$\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

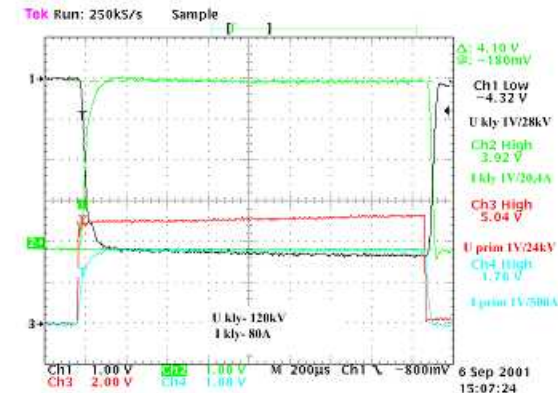
Eine typische TESLA Kälteanlage

ca. 24 kW bei 1.9 K
ca. 100 t Helium

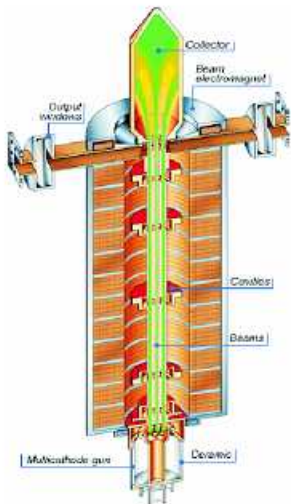


TESLA Tunnel

TESLA HF Modulatoren und Klystrons



... werden an der
TESLA Test Anlage
getestet



**Kathodenbaugruppe eines
Multi-Beam Klystrons**

Die Sicht der Beschleunigerphysiker

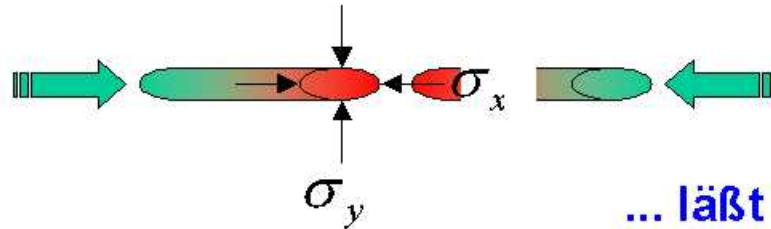
center of mass energy	500	800	GeV
gradient	23.4	35	MV/m
repetition rate	5	4	Hz
no. of bunches per pulse	2820	4886	
pulse length	950	860	μsec
bunch spacing	337	176	nsec
particles per bunch	2.0	1.4	$\times 10^{10}$
pulse current	9.5	12.7	mA
AC power (2 linacs)	97	~ 150	MW
normalised IP emittance (x,y)	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 als Maß aller Dinge ?

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	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 Umschreiben 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_h	Strahlleistung

ca. 2% der TESLA – „Entwickler“

