

TEILCHENPHYSIK FÜR FORTGESCHRITTENE Beschleuniger und Experimente

**Caren Hagner
Achim Geiser**



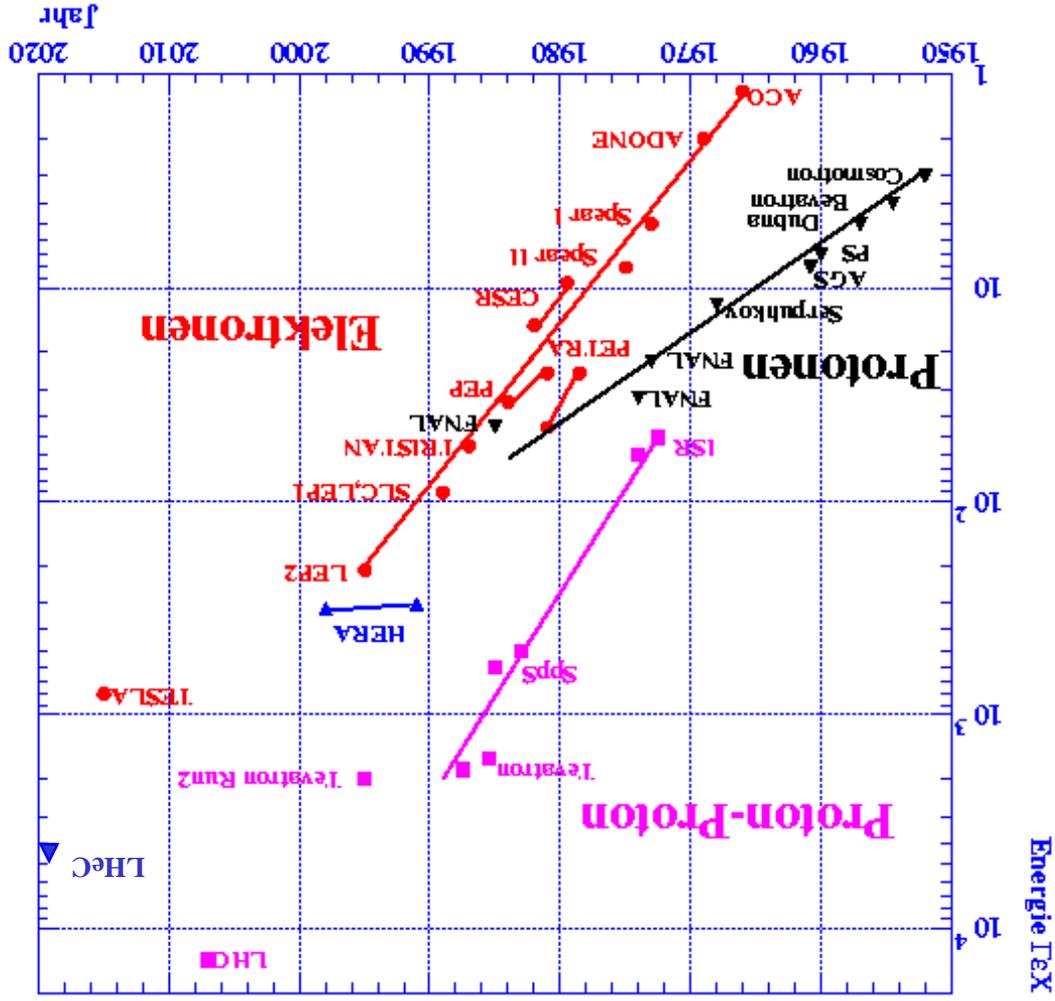
(in Anlehnung an Skript von R. Klanner/T. Schörner-Sadenius)

Universität Hamburg, IExpPh
Sommersemester 2007

1. Die quantenmechanische Beschreibung von Elektronen
2. Feynman-Regeln und –Diagramme
3. Lagrange-Formalismus und Eichprinzip
4. QED
 - 4.1 Volle Lagrange-Dichte der QED
 - 4.2 Höhere Ordnungen und Renormierung
 - 4.3 Experimentell: Lamb-Shift, $g-2$
5. Starke Wechselwirkung und QCD

EINSCHUB: BESCHLEUNIGER

Livingston-Plot:



- Nicht alle Maschinen abgedeckt:
- fruehe fixed-target
 - Neutrino-Physik
 - Upsilon-Entdeckung am FNAL
- ...

EINSCHUB: BESCHLEUNIGER

modifizierter Livingston-Plot:

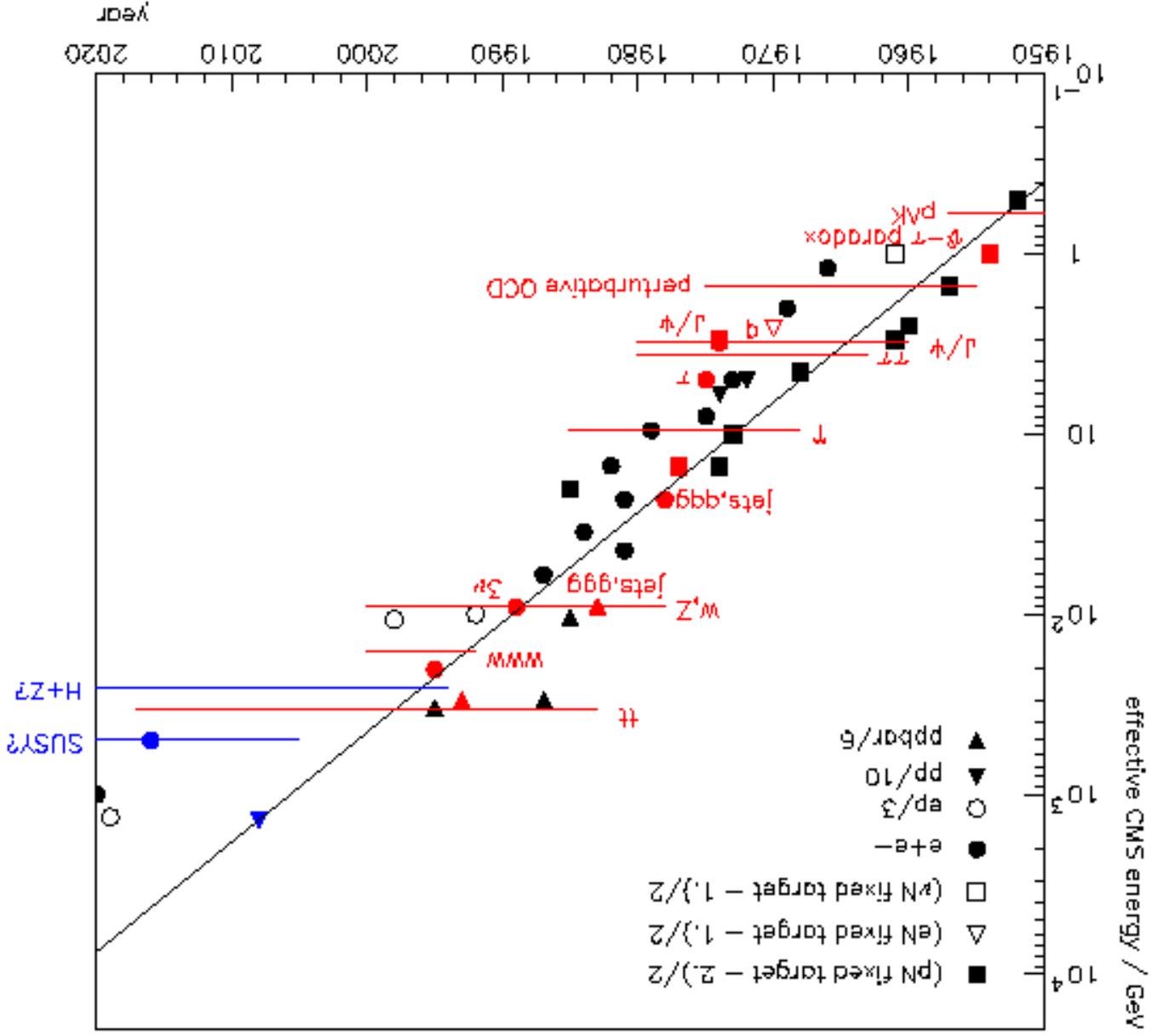
„effektive“ Schwerpunkts-

energie oft kleiner als

formale.

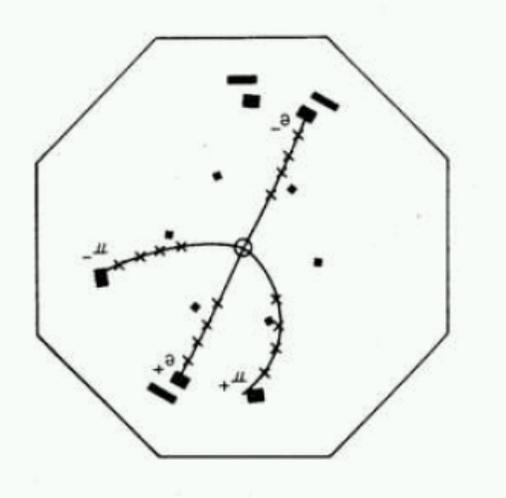
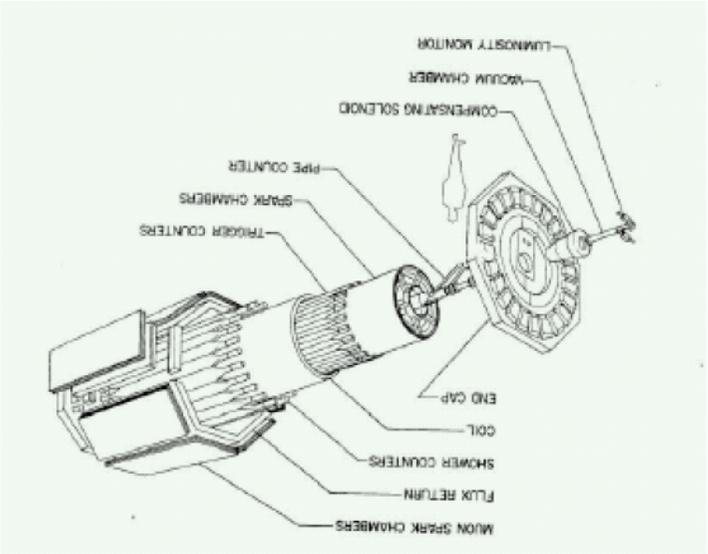
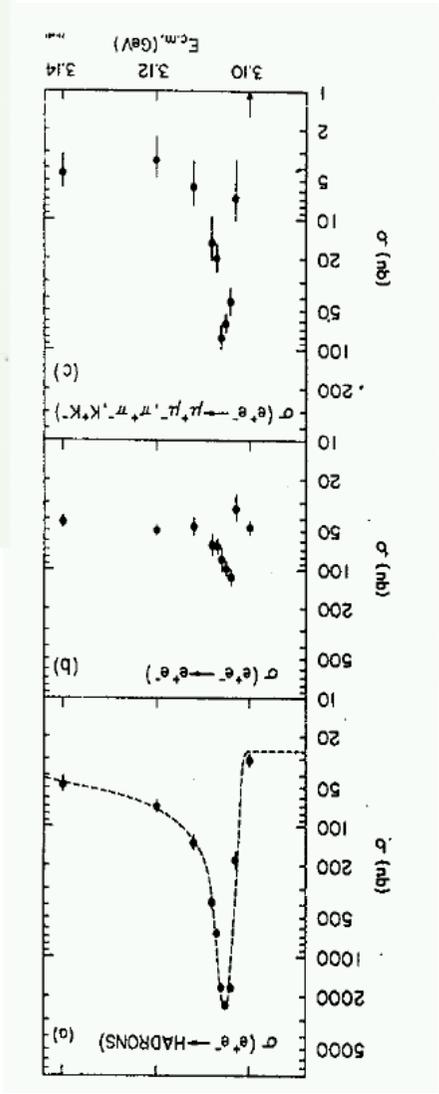
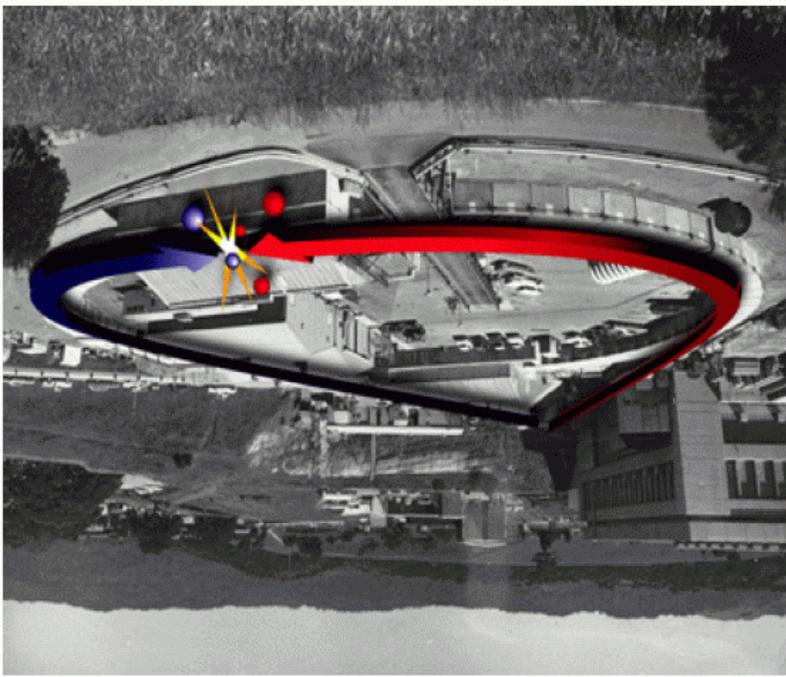
z.B. Proton = 3 Valenzquarks

+ Quark- und Gluon-See



EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: SPEAR

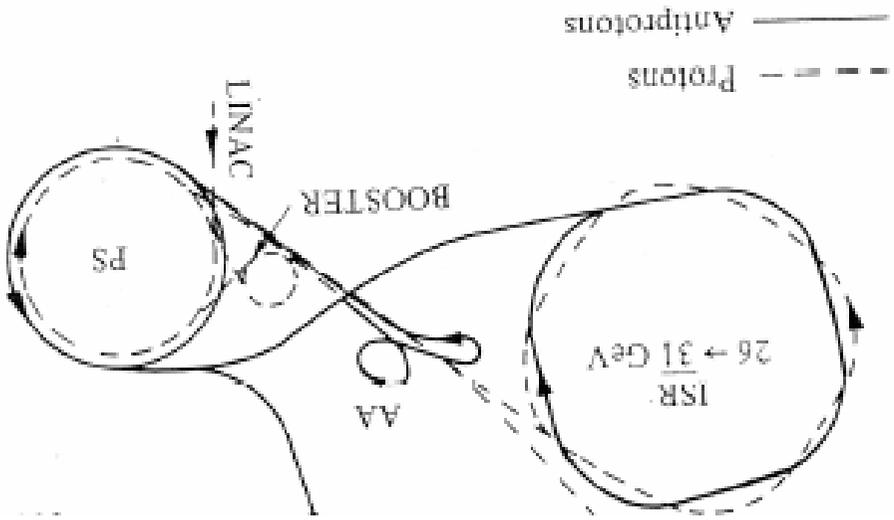
- 4+4 GeV Elektron-Positron-Speicherung am SLAC (80m Durchmesser).
- Wesentliche Entdeckungen:
 - J/psi 1974 (Richter) → NP 1976
 - Tau-Lepton 1976 (Perl)
 - Detektor: Mark I



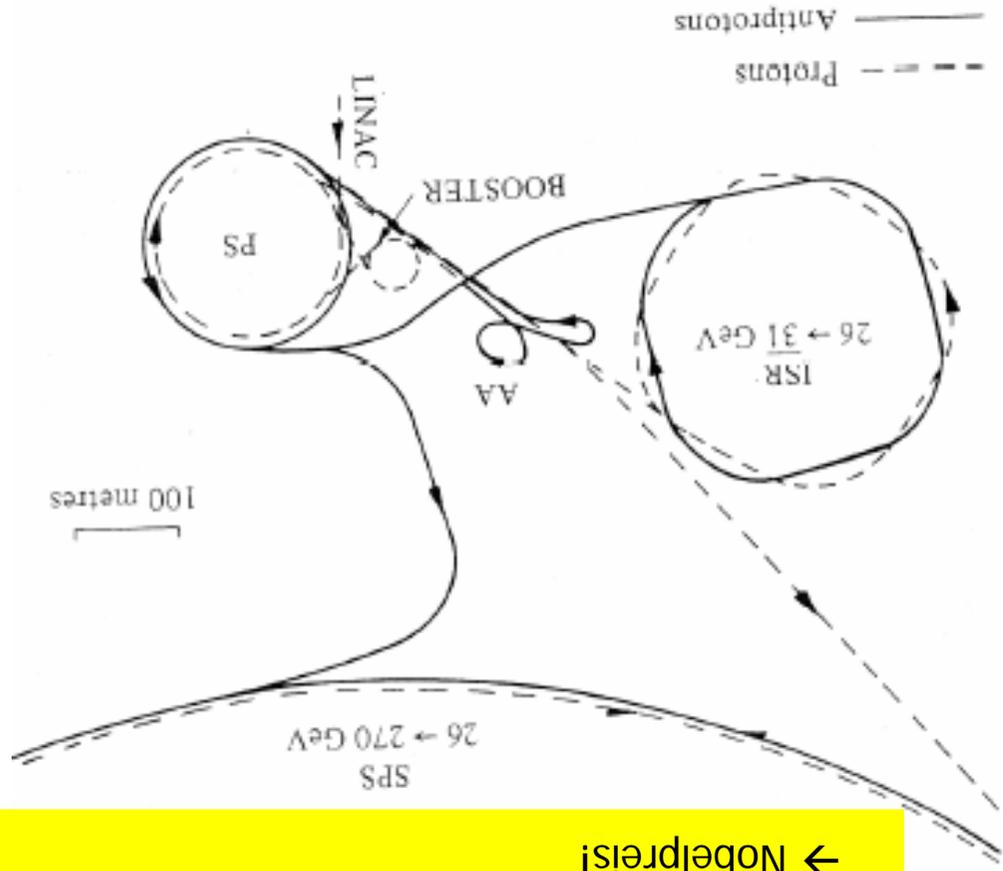
EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: ISR



- Intersecting Storage Ring: pp bei 62 GeV
- 1972-1984 am CERN
- Beobachtung von J/Psi und Ypsilon.
- Erste Beobachtung von Jet-Strukturen unter grossem Winkel
- Lumi-Rekord in Hadron-Hadron bis Tevatron-Upgrade in 2004.
- Stochastic Cooling!



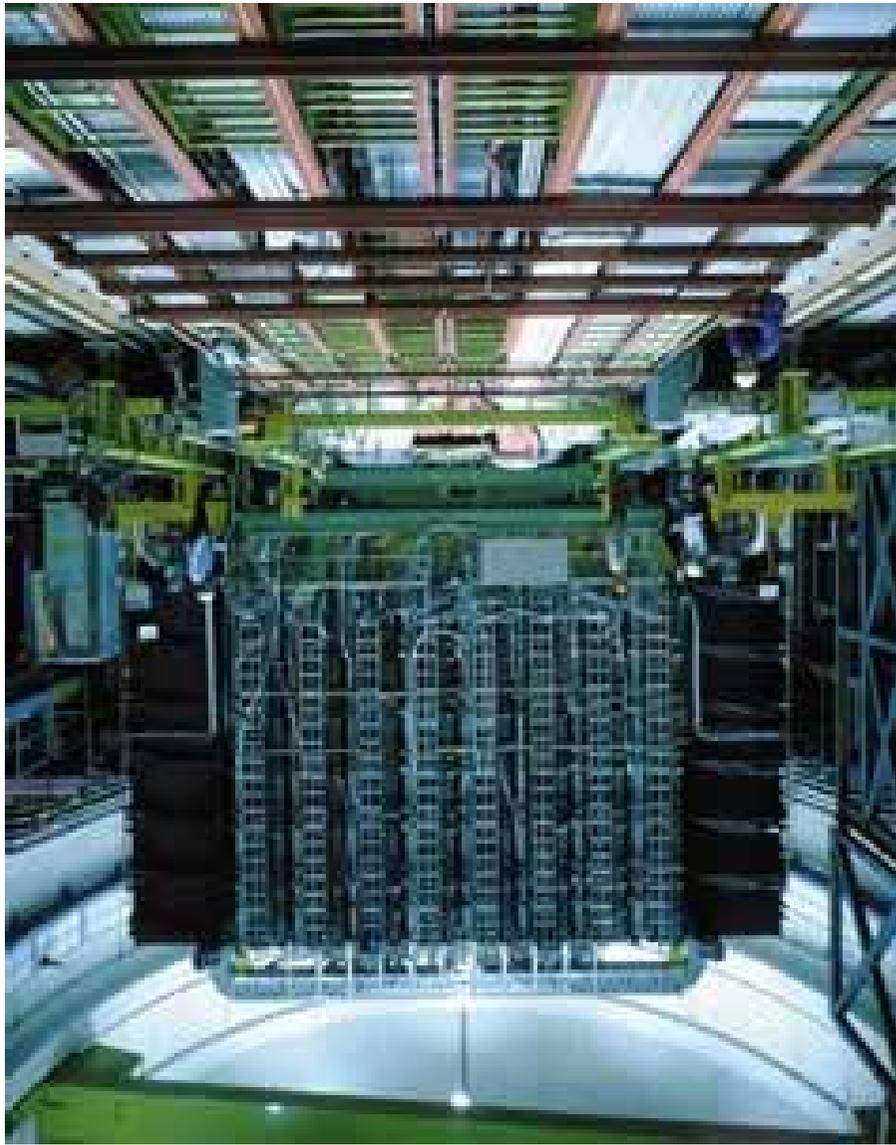
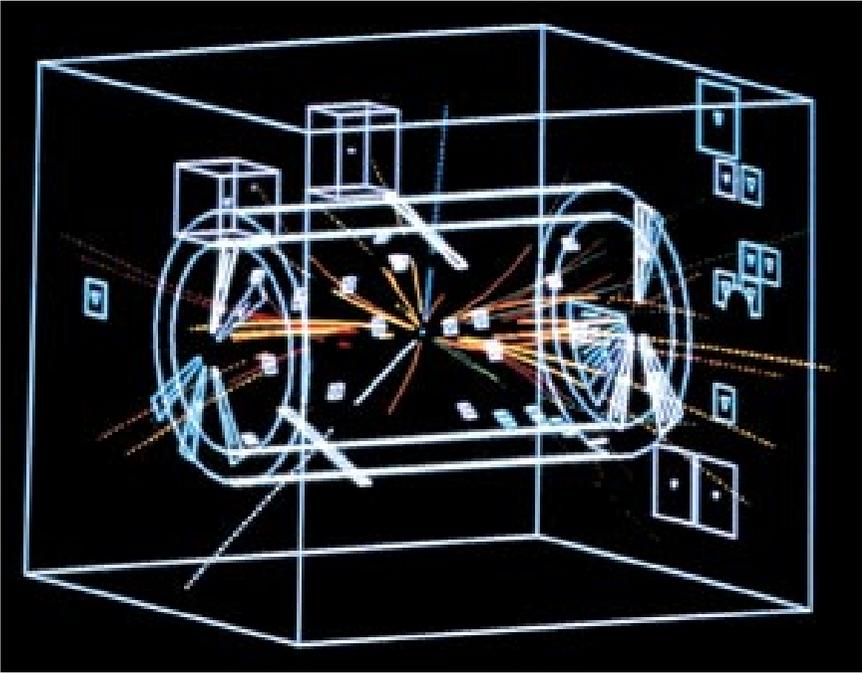
EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: sp(p̄)s, PS



- Super-Proton-Antiproton-Synchrotron
- Proton-Antiproton bei bis zu 540/630 GeV.
- Ursprünglich nur Sps: Pionen/Protonen fuer Fixed-Target, Neutrinos etc.
- Experimente UA1 und UA2 entdeckten hier 1984 unter C. Rubbia die W- und Z-Bosonen.
- Nobelpreis!

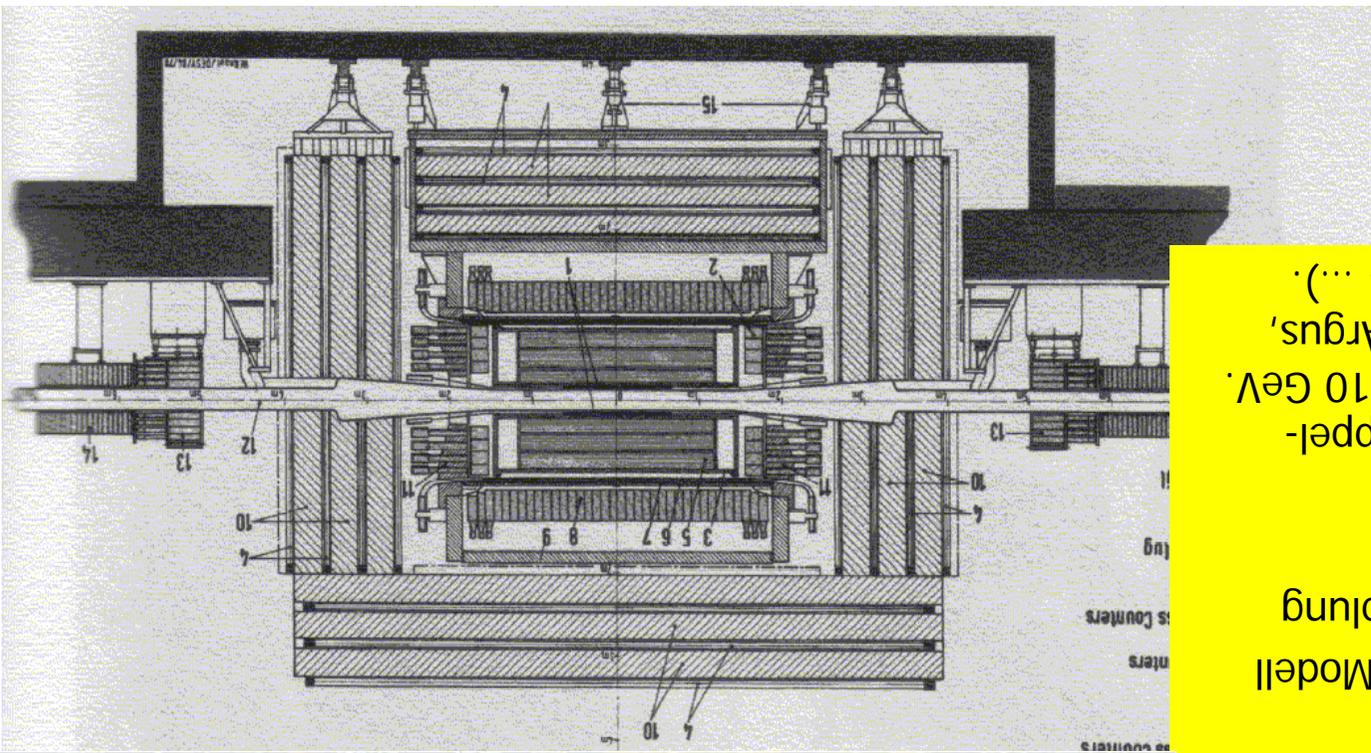
- Proton-Synchrotron
- Liefert Elektronen, Pionen, Protonen etc. für Fixed-Target und als Vorbeschleuniger.
- Noch heute eines der Arbeitspferde am CERN.
- Lieferte auch Neutrinos für große Blasenkammer Gargamelle etc.



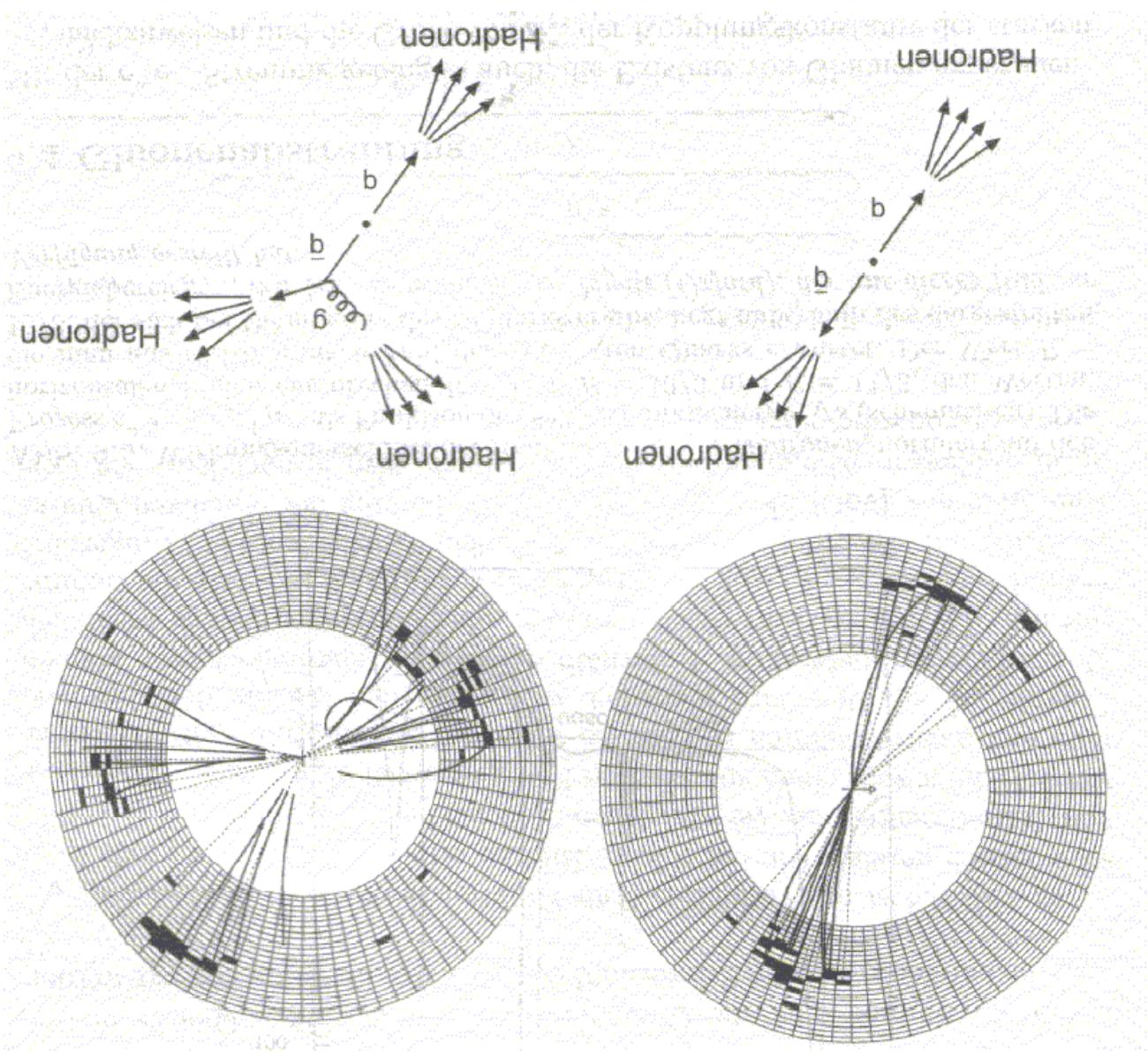


EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: sp̄ps (UA1, UA2)

EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: PETRA (JADE)



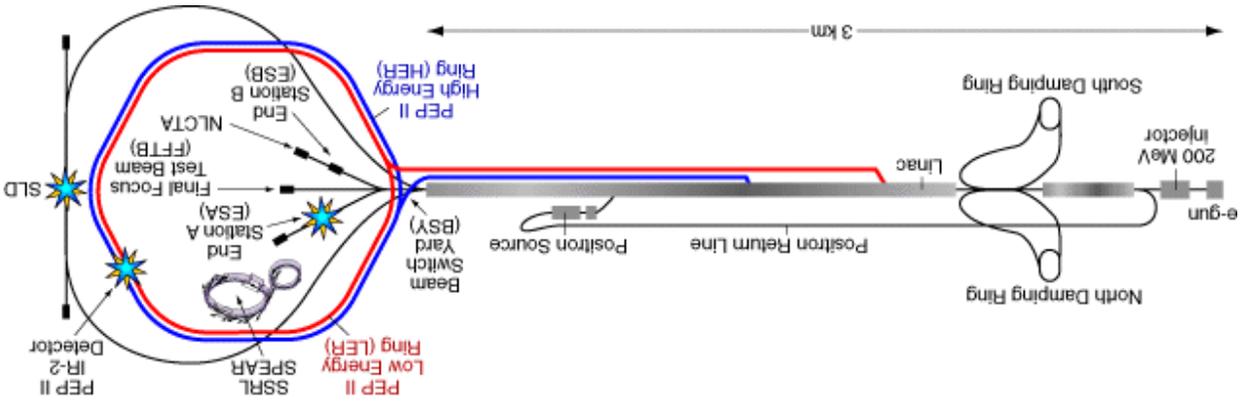
- Einstmals (-1984) $e+e-$ bis 44 GeV
- Wollte Top, Higgs finden
- Tolle QCD-Messungen
- Jade, Cello, Tasso (Jade = Japan, Deutschland, England)
- Heute Vorbeschleuniger HERA
- Bald neueste Synchrotronstrahlungsquelle!
- Erste Ergebnisse zum elektroschwachen Standard-Modell
- Messungen der starken Kopplung
- Entdeckung des Gluons → Bestätigung der QCD!
- Davor bei DESY: DORIS (Doppel-Ring-Speicher) mit $e+e-$ bei 10 GeV. Wichtig für Flavour-Physik (Argus, open charm, B-Oszillationen, ...).



EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: PETRA (JADE)

EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: SLAC

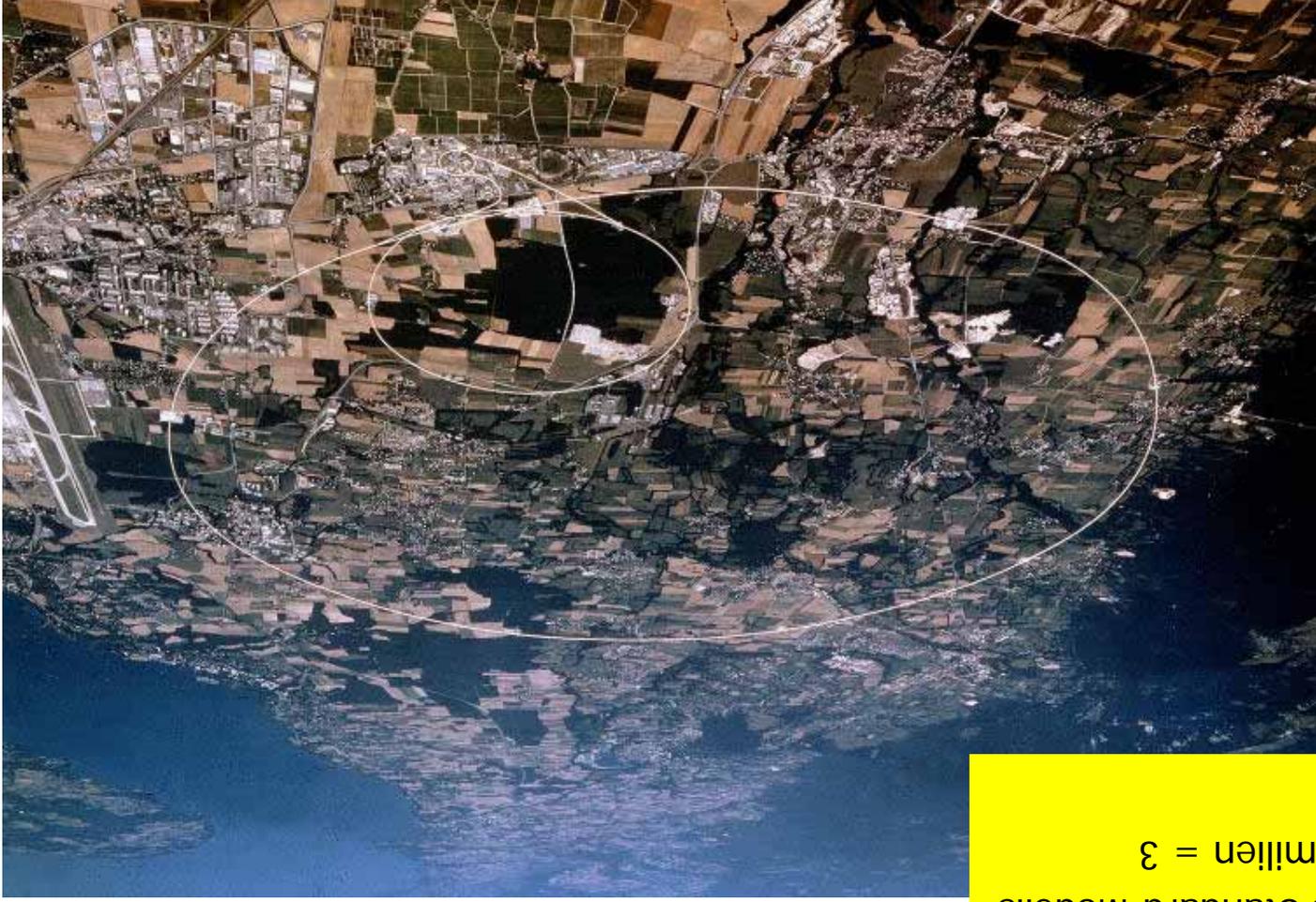
- "Stanford Linear Accelerator":
 e^+e^- bei M_Z .
- SLD: Z-Physik
- PEP mit Babar (B-Physik)



Vergleichbar mit Belle bei Tristan (KEK).

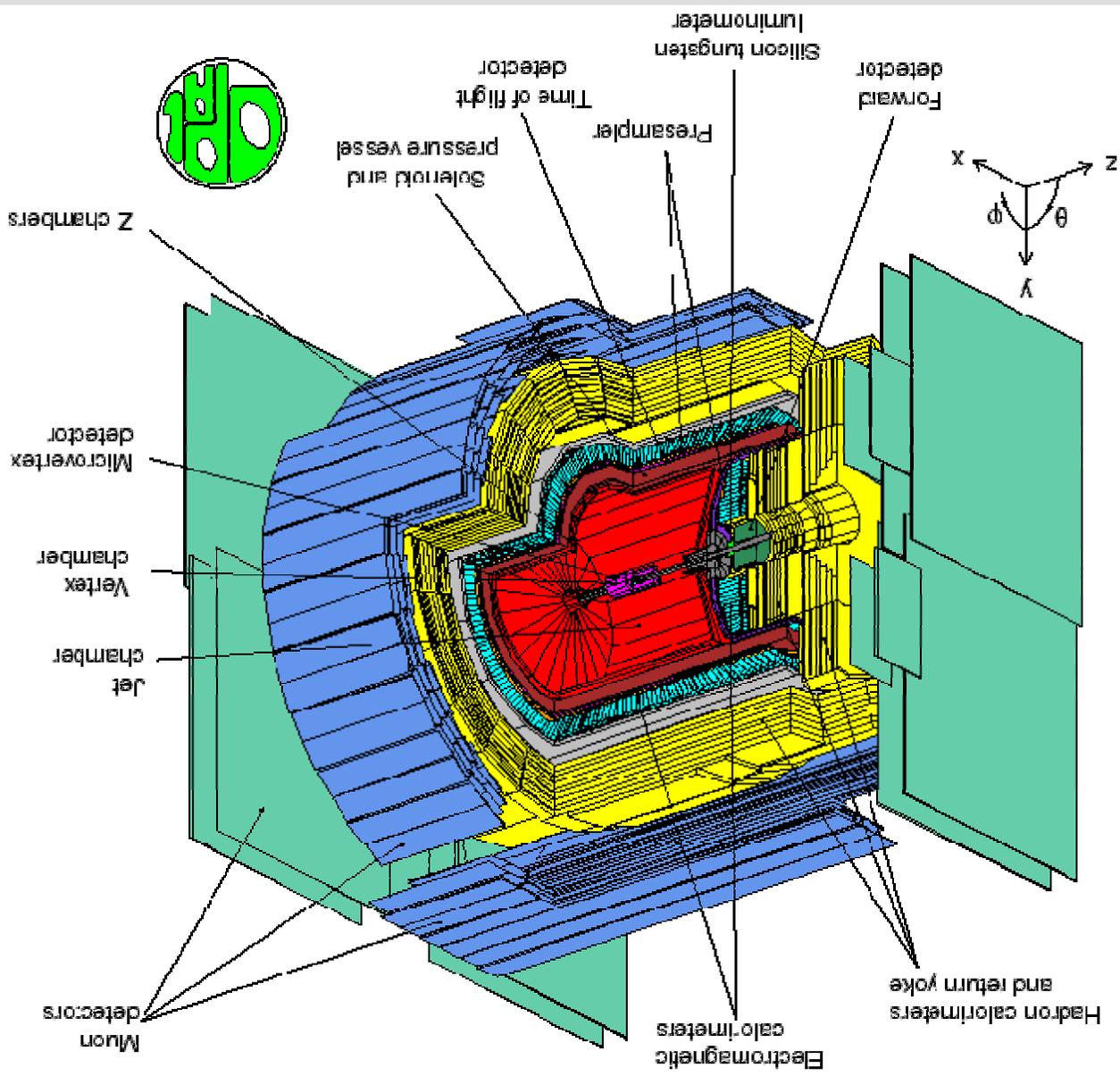
EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: LEP

- Large Electron Positron Collider
- 1989-2000
- OPAL, ALEPH, L3, DELPHI
- Vermessung des Z, des Standard-Modells
- Anzahl der Neutrino-Familien = 3
- Limits auf Higgs-Masse



$\sqrt{s_{ee}} \approx 91 - 209 \text{ GeV}$
Umfang 27,5 km
WW - Rate 22 μs

EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: LEP (OPAL)

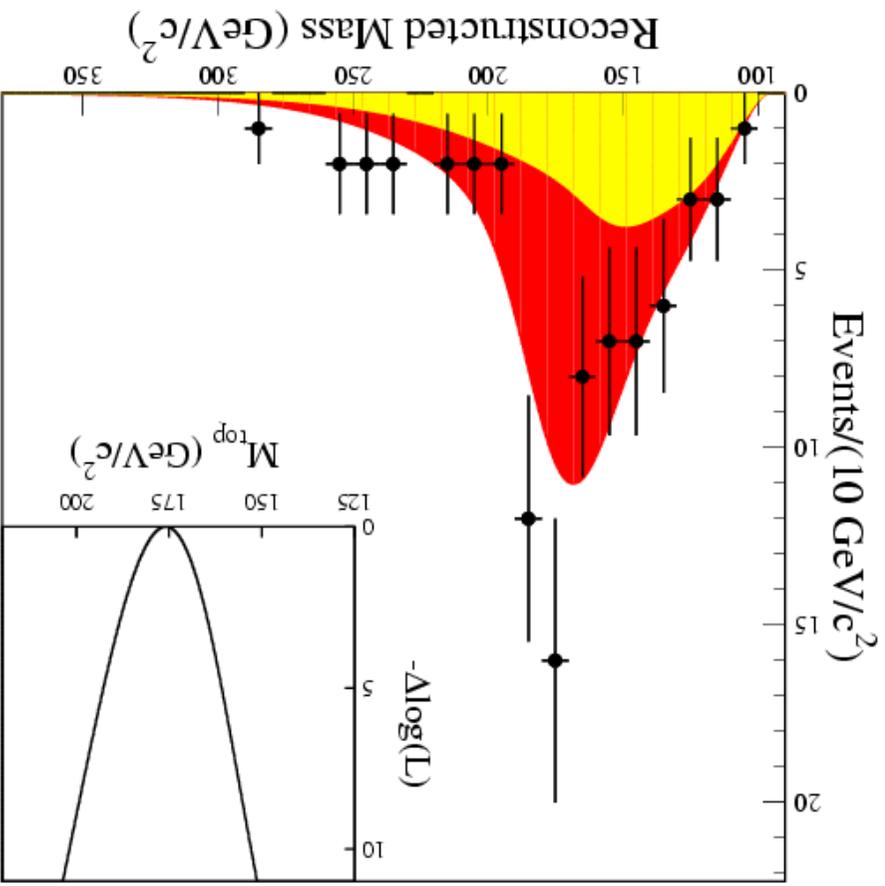
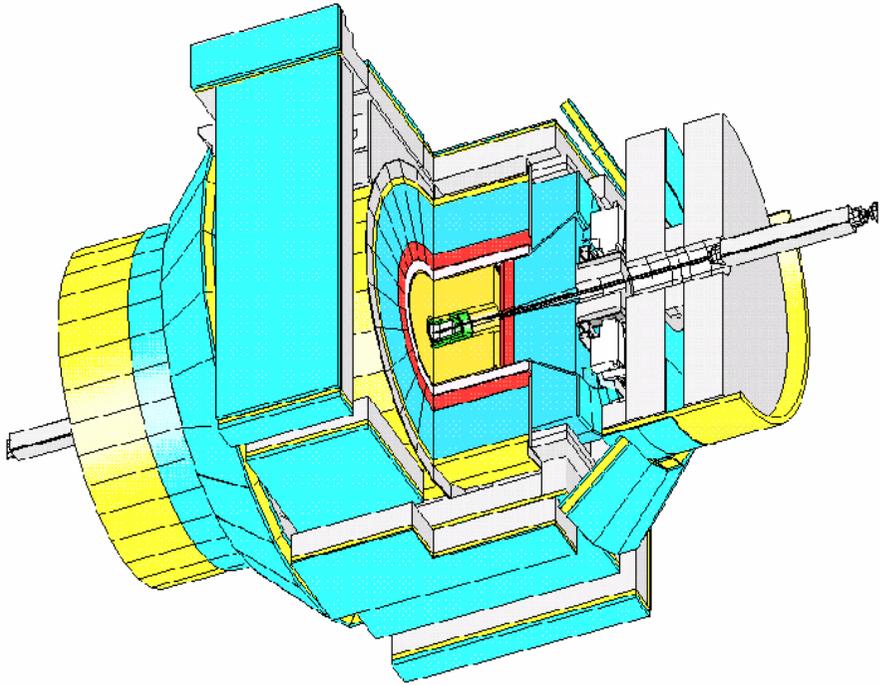


EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: TEVATRON



$\sqrt{s_{pp}} = 1.96 \text{ TeV}$
 Umfang 6,3 km
 WW-Rate 396ns

- Proton-Antiproton bei 1.95 (1.8) TeV.
- Experimente D0 und CDF
- Entdeckung des Top-Quarks 1995
- Heute Jagd nach dem Higgs-Boson.
- Betrieb bis >= 2009



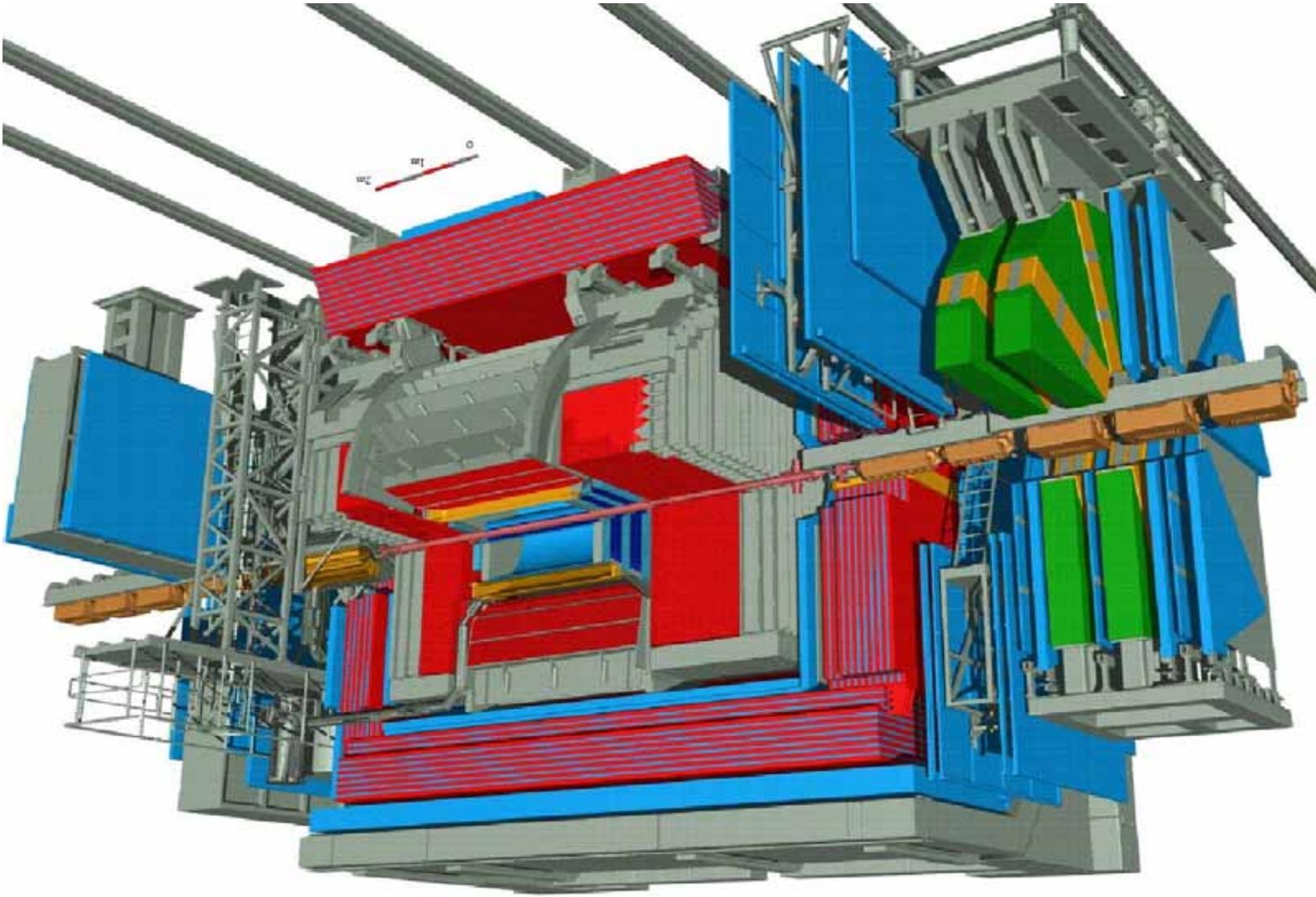
EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: TEVATRON (CDF)



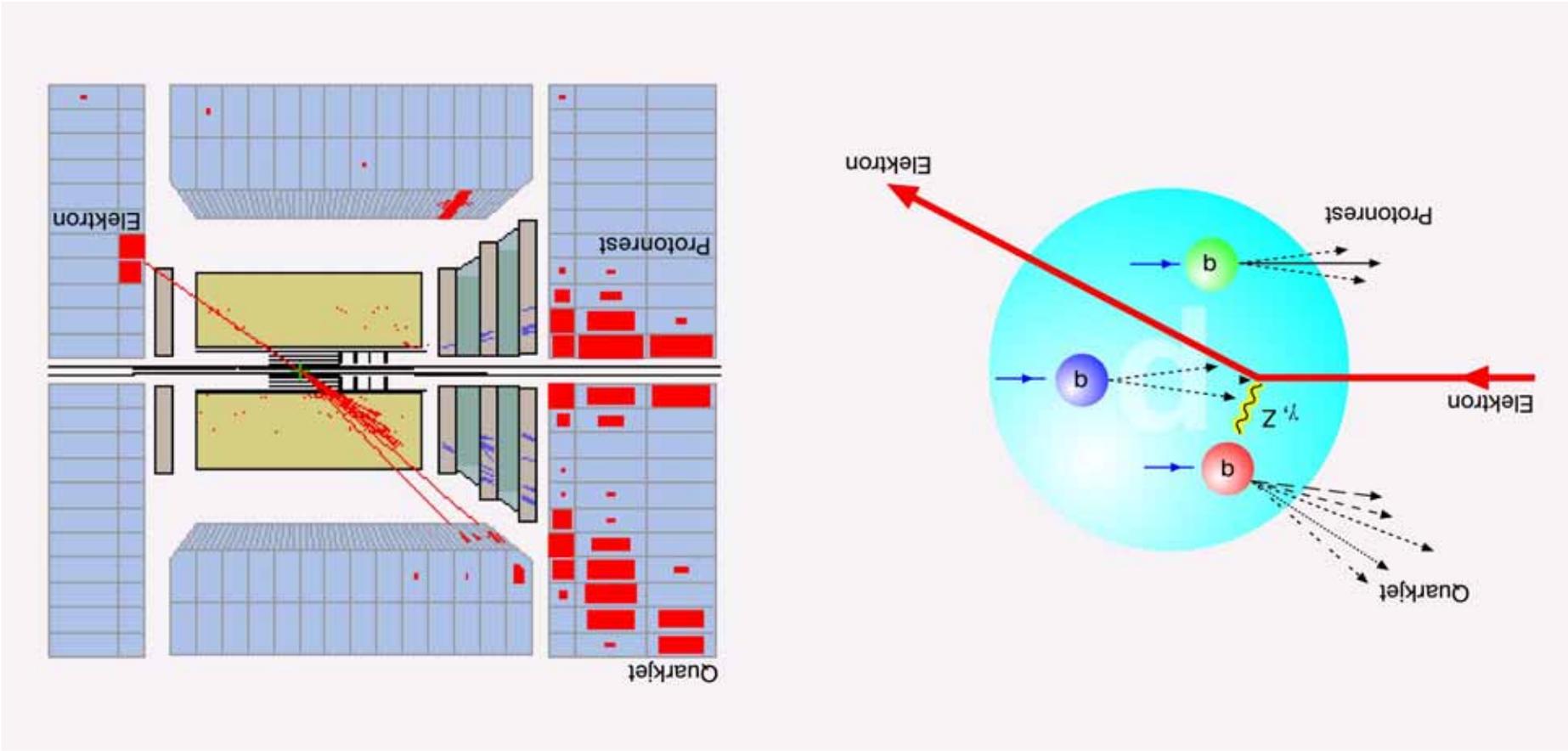
$\sqrt{s}^{ep} \approx 318 \text{ GeV}$
 Umfang 6,3 km
 WW - Rate 96ns

- Einzige ep-Maschine, 318 GeV
- Vermessung der Struktur des Protons
- Die OCD-Maschine
- ZEUS, H1, HERMES, (HERA-B)
- Betrieb noch bis Mitte 2007

EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: HERA



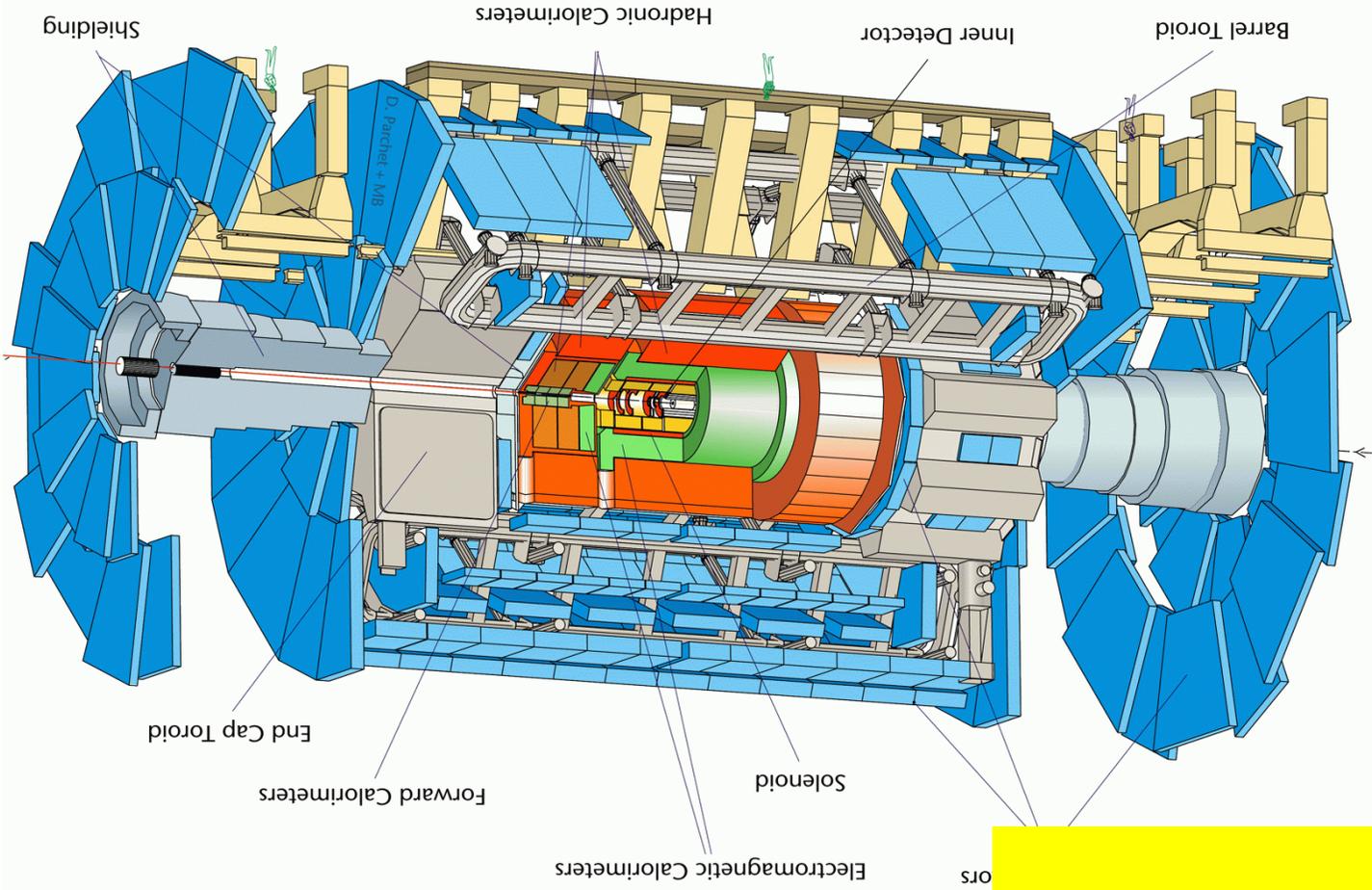
EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: HERA (ZEUS)



EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: HERA (ZEUS)

EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: LHC (ATLAS)

- Proton-Proton bei 14 TeV
- ATLAS, LHC, Alice und LHCb
- Muss etwas neues finden! SUSY, Higgs, Contact interactions, new dimensions ...
- Beginn 2007/8.



EINSCHUB: BESCHLEUNIGER: TESLA, LLC

- International Linear Collider
- Geplanter e^+e^- -Linearbeschleuniger in Hamburg, Japan oder USA (Chicago?)
- Schwerpunktsenergie 500 GeV – 1 TeV, Länge ca. 30 km
- Ziel: Präzise Vermessung der Erweiterungen des Standardmodells, die LHC finden wird (hoffentlich :-) ...
- Technologie: TESLA (DESY)
- Bau ab 2011?

