

# HEP-Grid in Göttingen Status und Pläne



LHC at CERN



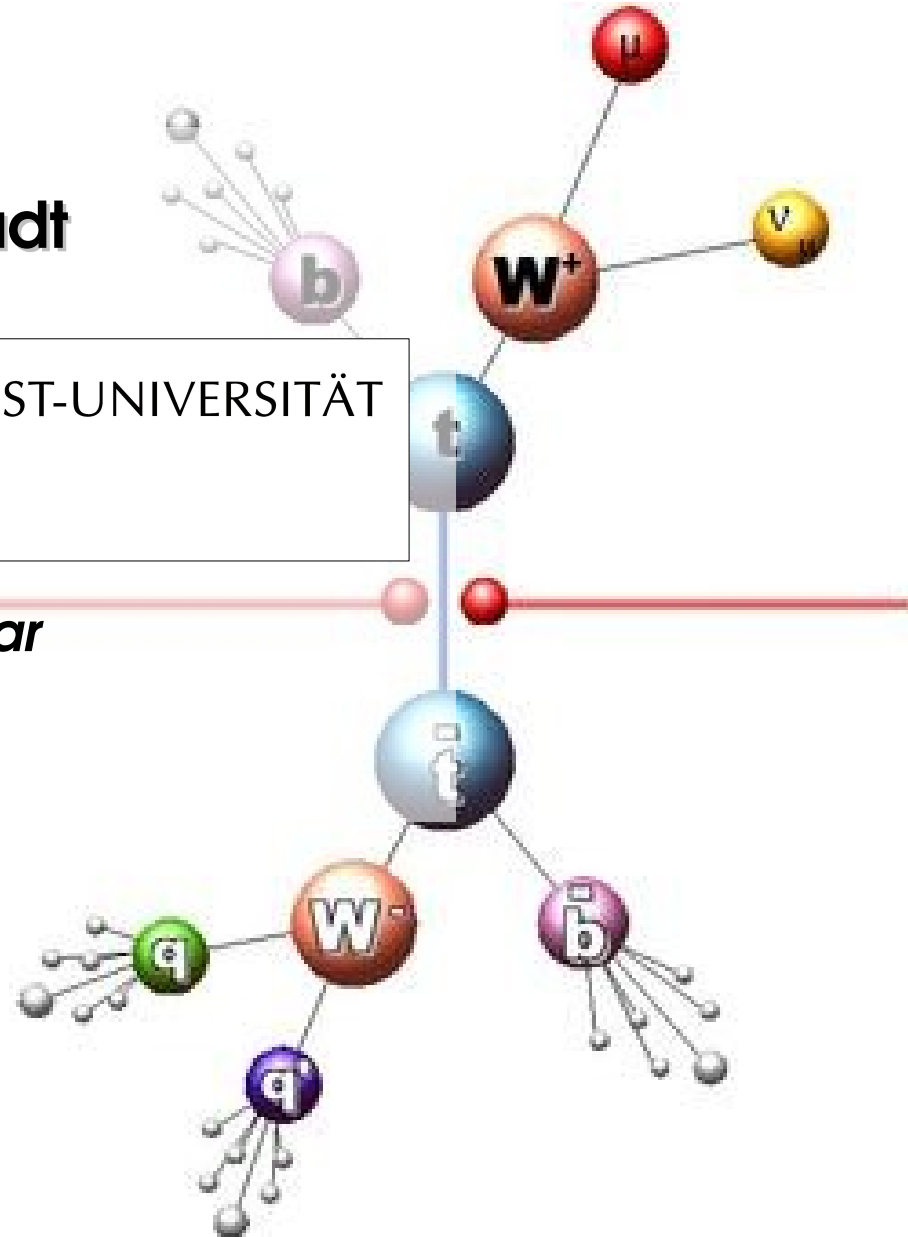
Tevatron at Fermilab

Arnulf Quadt



GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT  
GÖTTINGEN

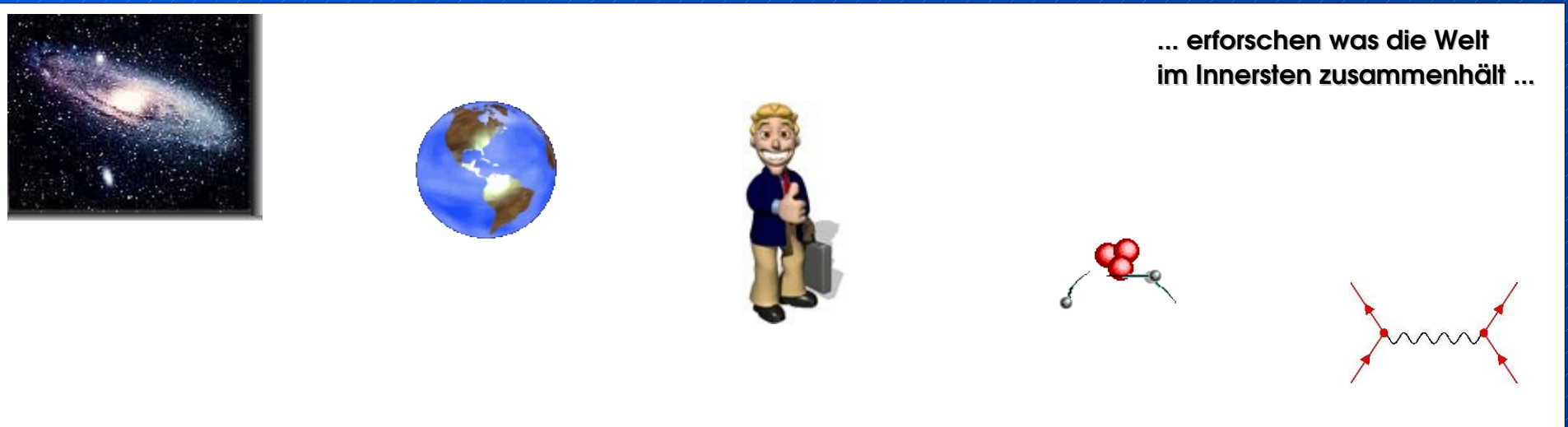
**II. Göttinger Grid-Seminar**  
**Grid zum Anfassen**  
13. September 2007



# Ziel der Elementarteilchenphysik

grundlegende Strukturen & Gesetze der Natur

⇒ von den größten Strukturen des Universums  
zu den kleinsten Dimensionen im Mikrokosmos

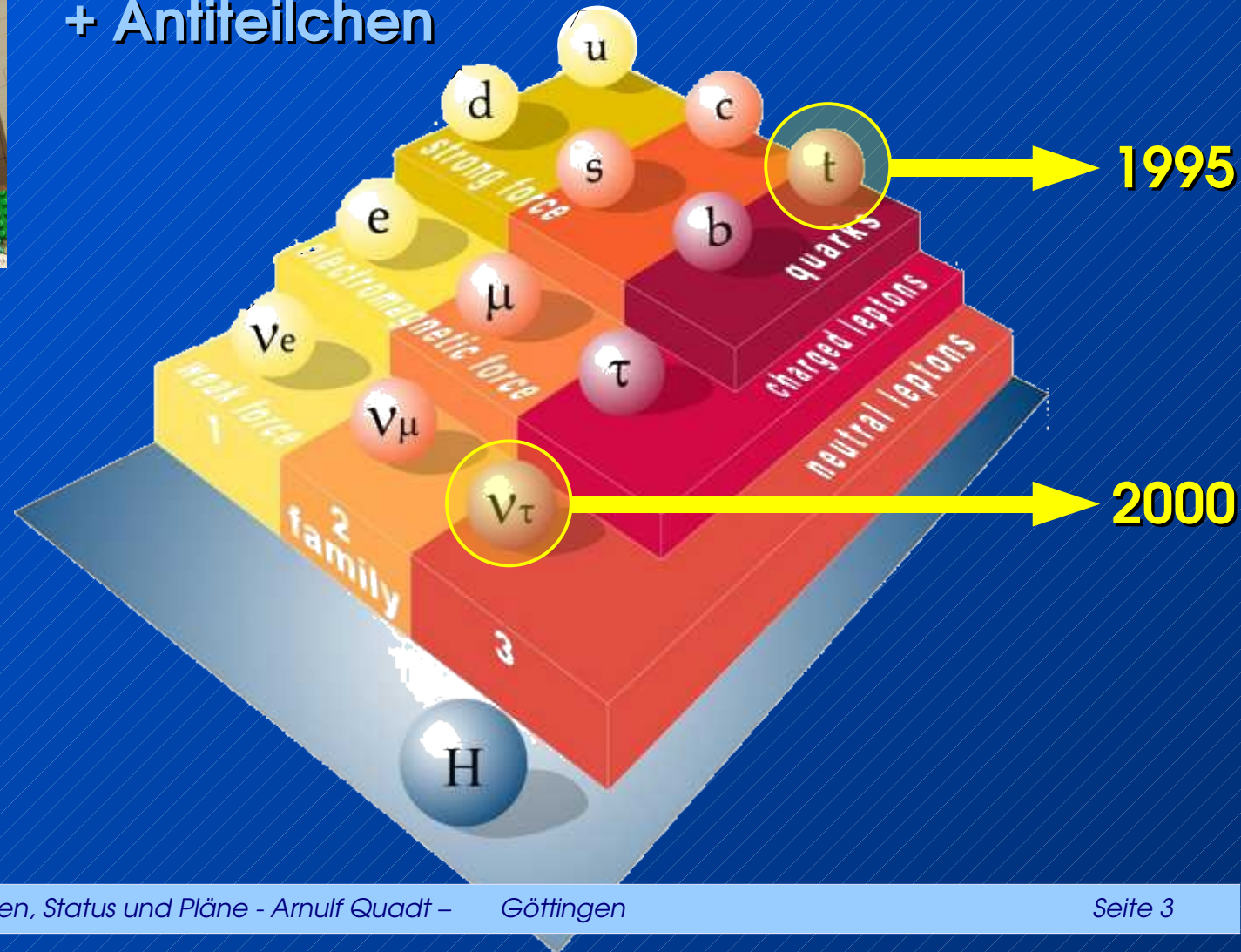


- Reduktionsprinzip :
- verschiedene elementare Bausteine
- wenige fundamentale Wechselwirkungen

# Elementare Bausteine

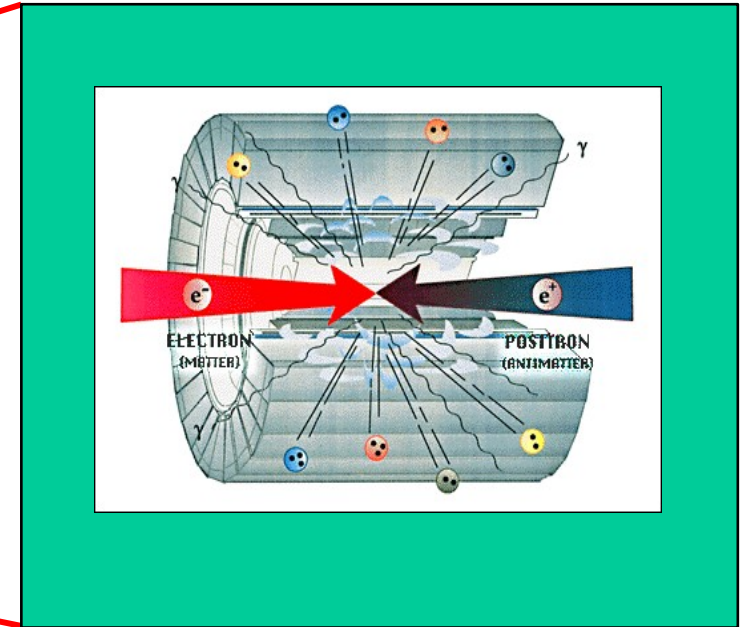
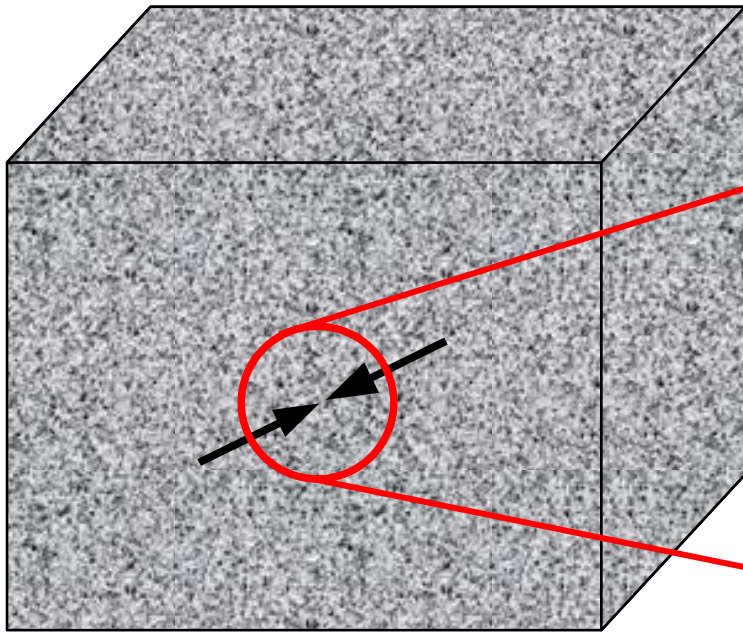


‘Baukasten’ aus  
Spin-1/2 Teilchen  
(Quarks & Leptonen)  
+ Antiteilchen



# Urknallreaktionen im Labor

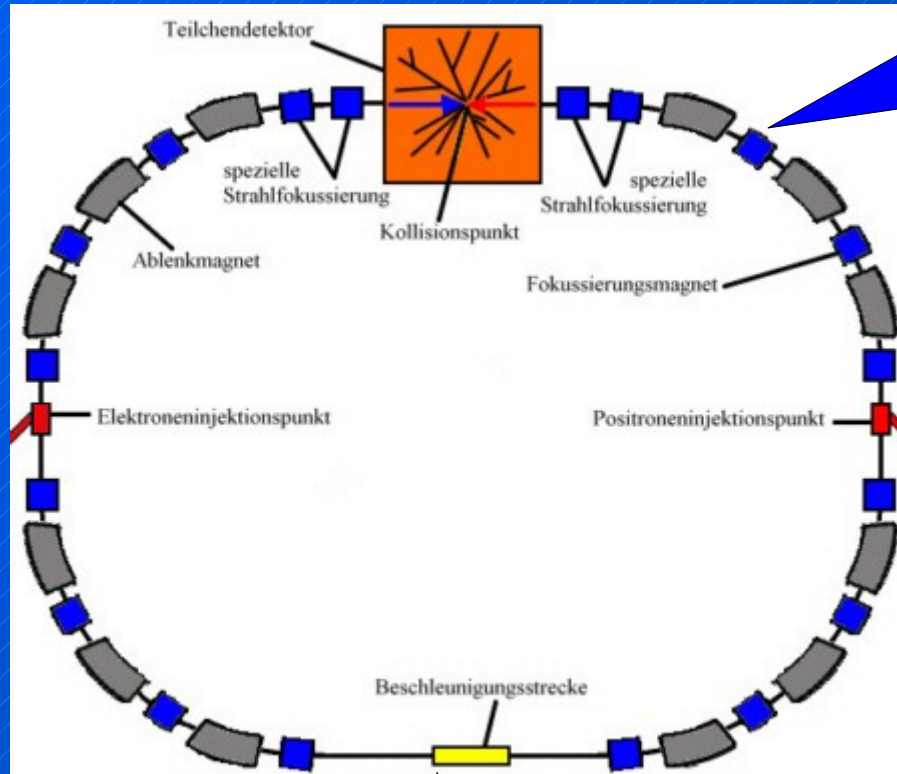
Materie-Antimaterie Kollisionen  
bei hohen Energien (=Temperaturen)



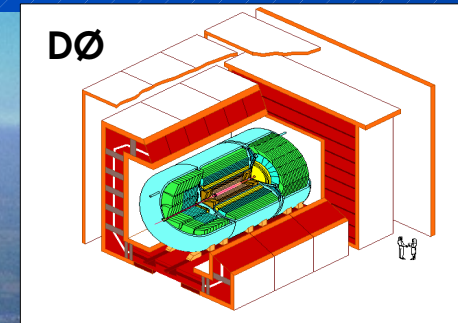
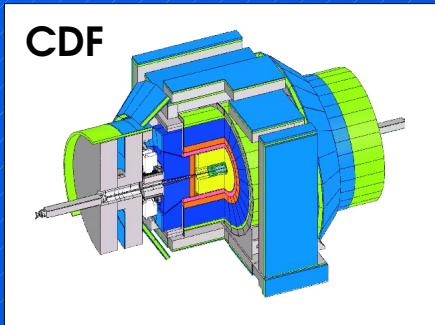
Alle Teilchen haben hohe  
Energien (=Temperatur)  
und kollidieren unkontrolliert

gezielt, kontrollierte  
einzelne Reaktionen  
und deren Aufzeichnung

# Teilchenbeschleuniger

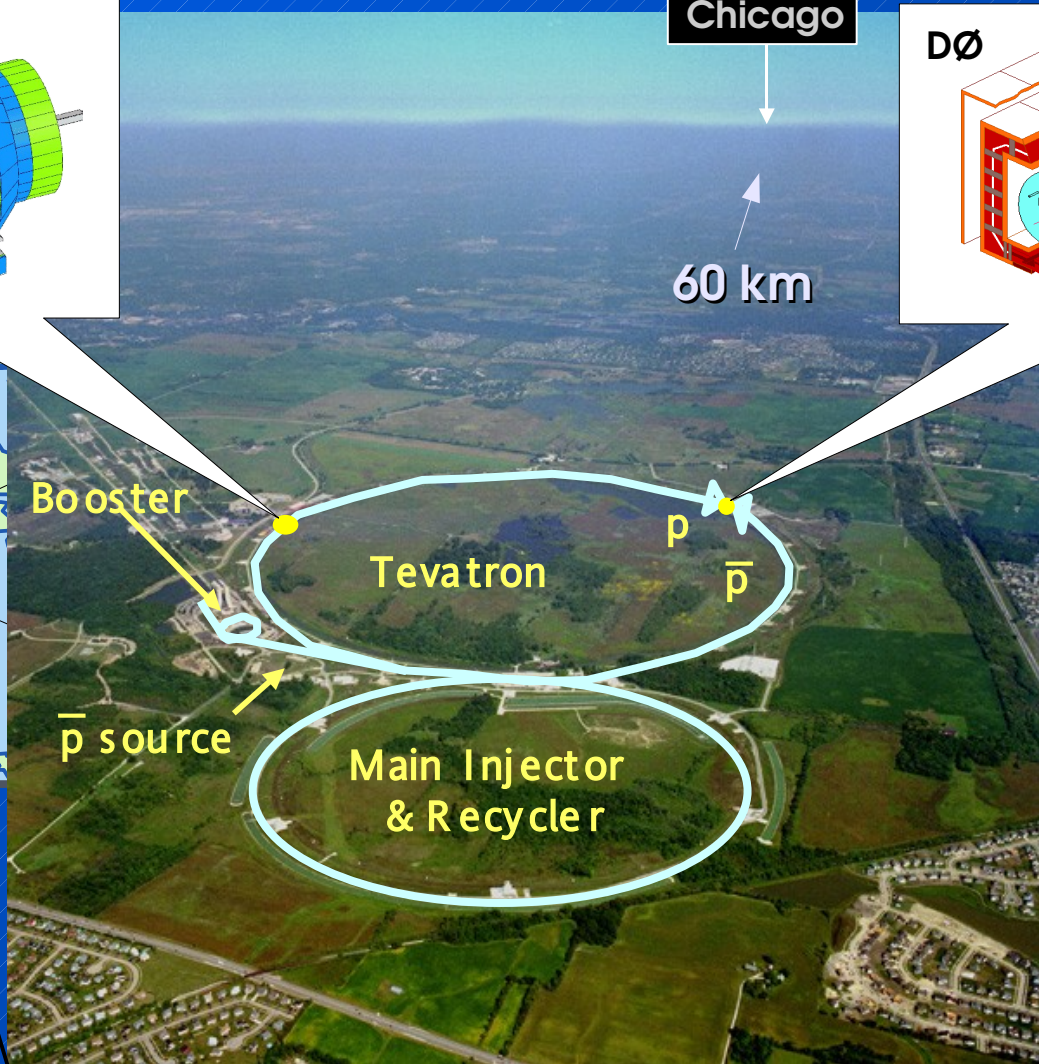


# Das TEVATRON am Fermilab

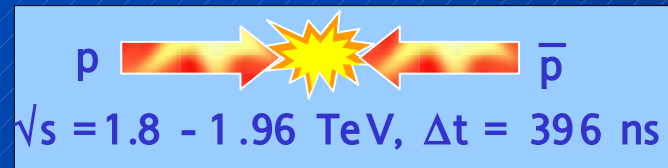


Chicago

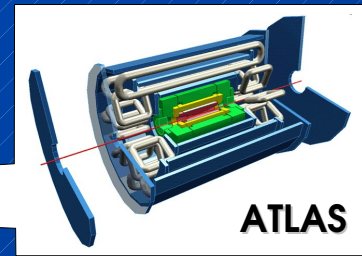
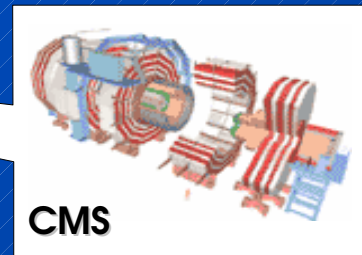
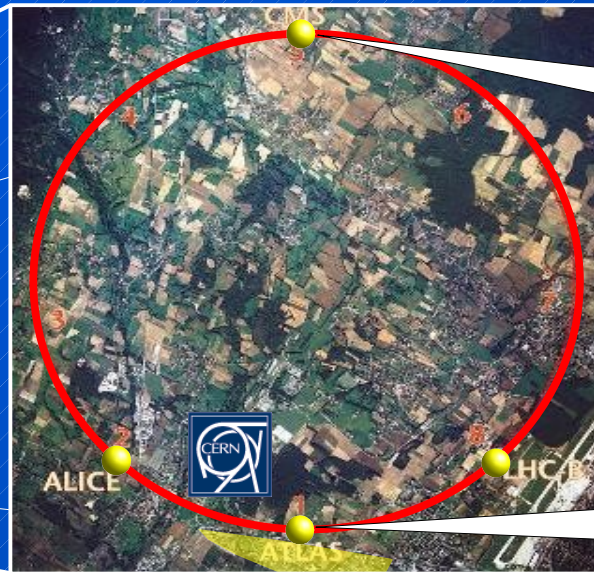
60 km



~700 Physiker  
pro Experiment

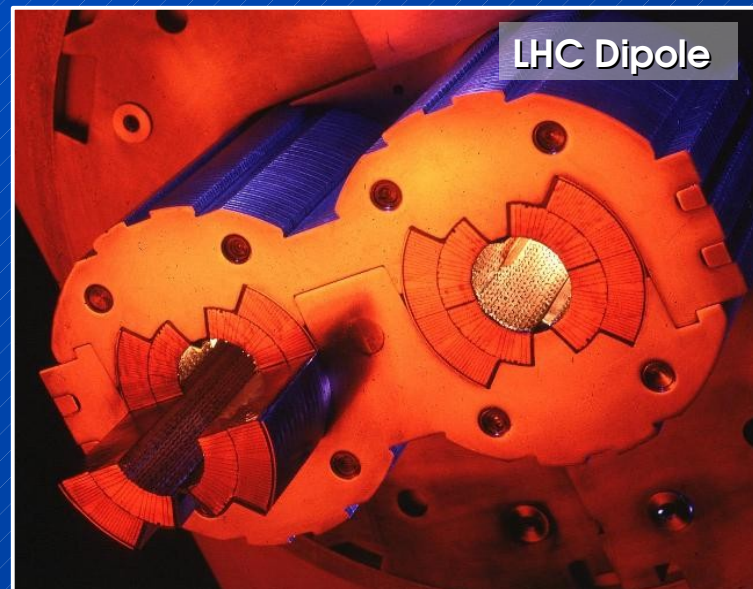


# Der Large Hadron Collider - LHC



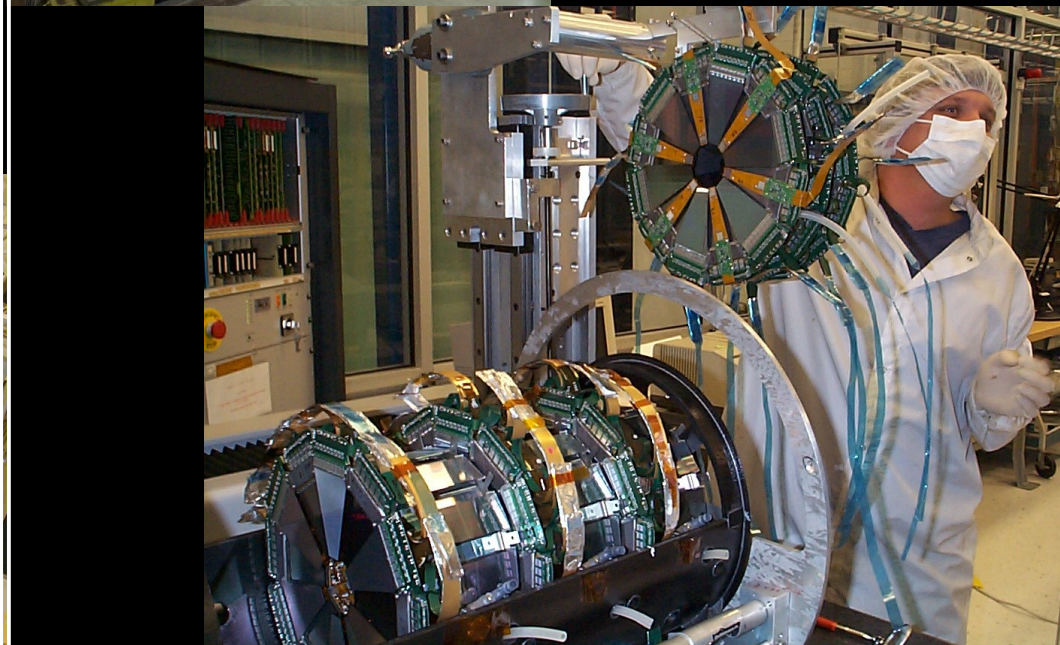
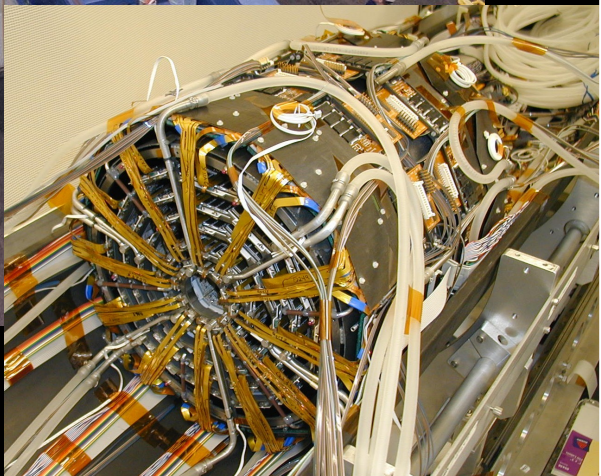
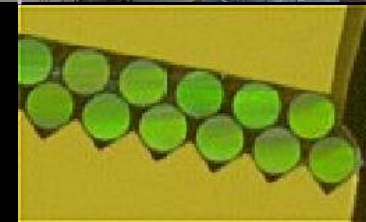
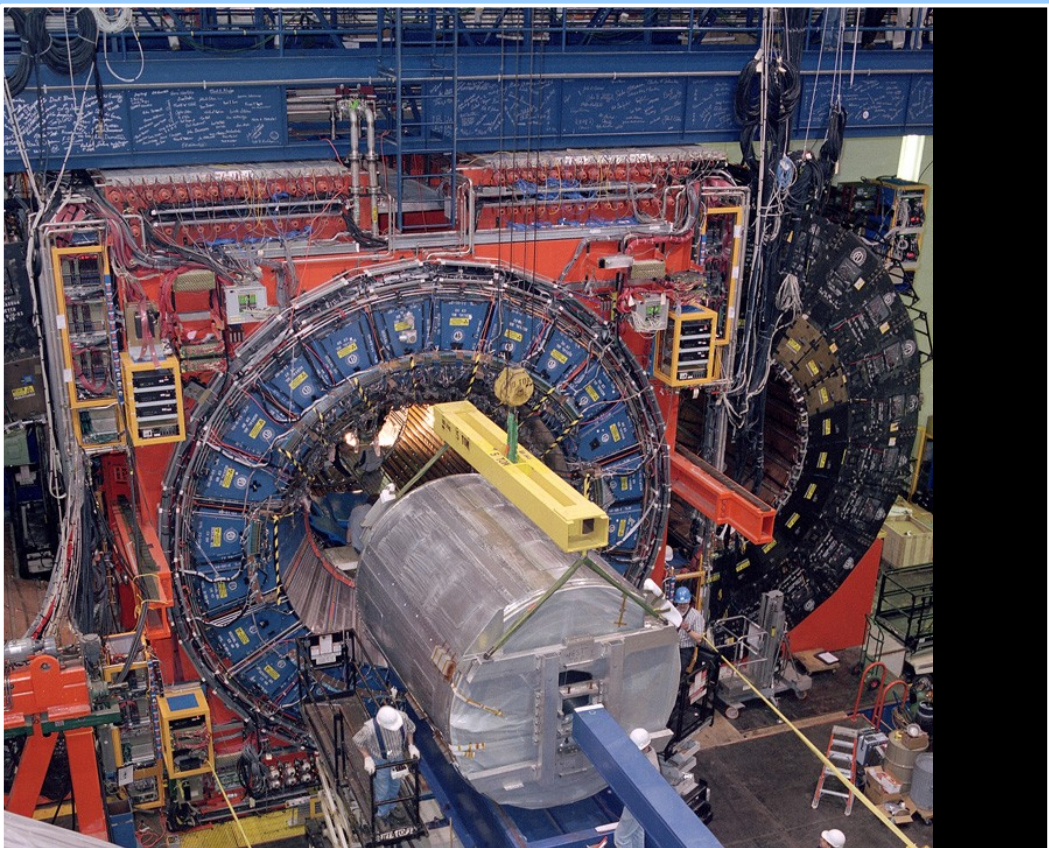
## Der Large Hadron Collider:

- Proton-Proton Collider
- erste Kollisionen in 2008
- hohe Energie:  $\sqrt{s} = 14 \text{ TeV}$
- 40 Mio. Kollisionen pro Sekunde
- 4 Experimente:
- ATLAS, CMS, ALICE, LHC-B
- ~2000 Physiker pro Experiment

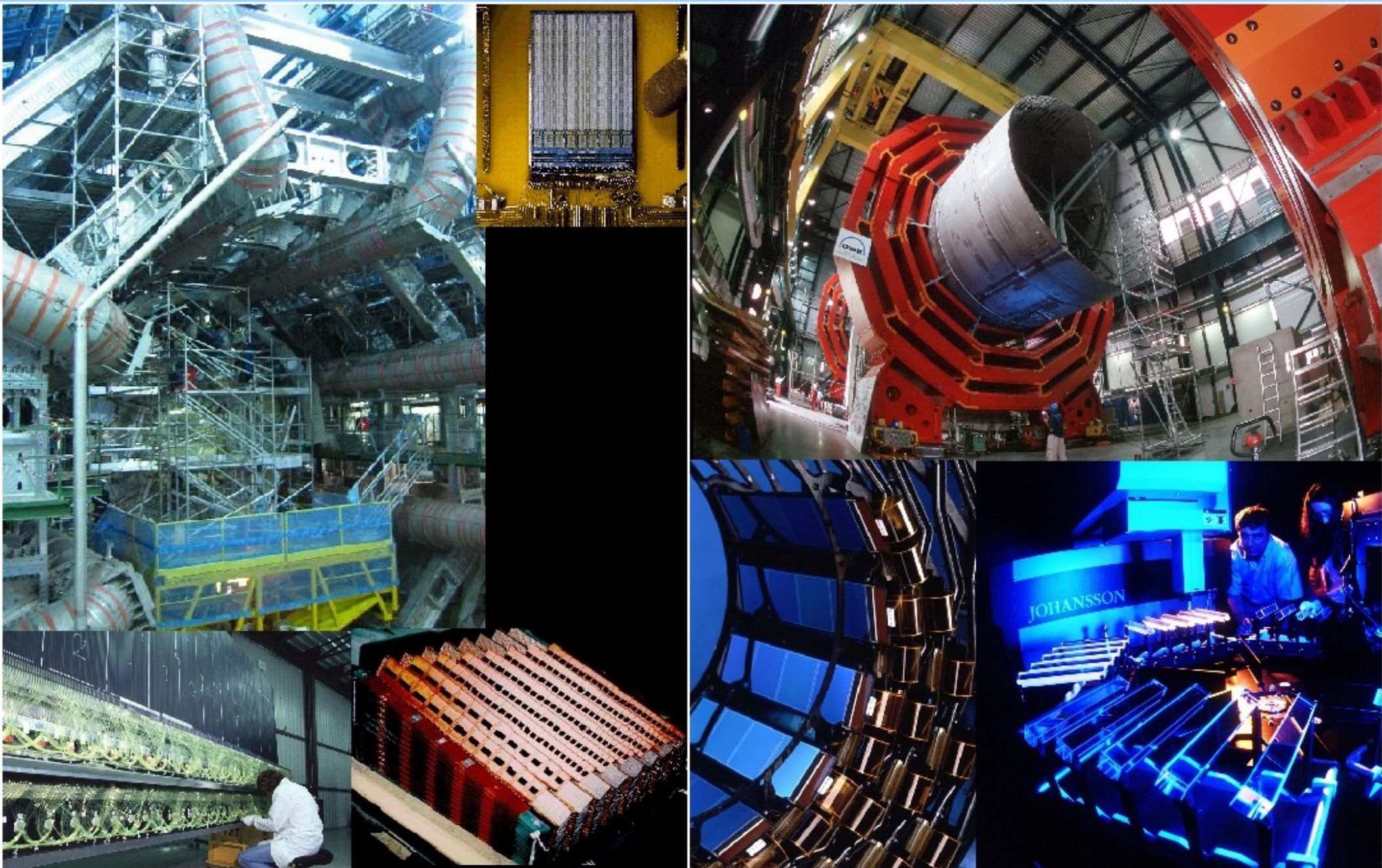




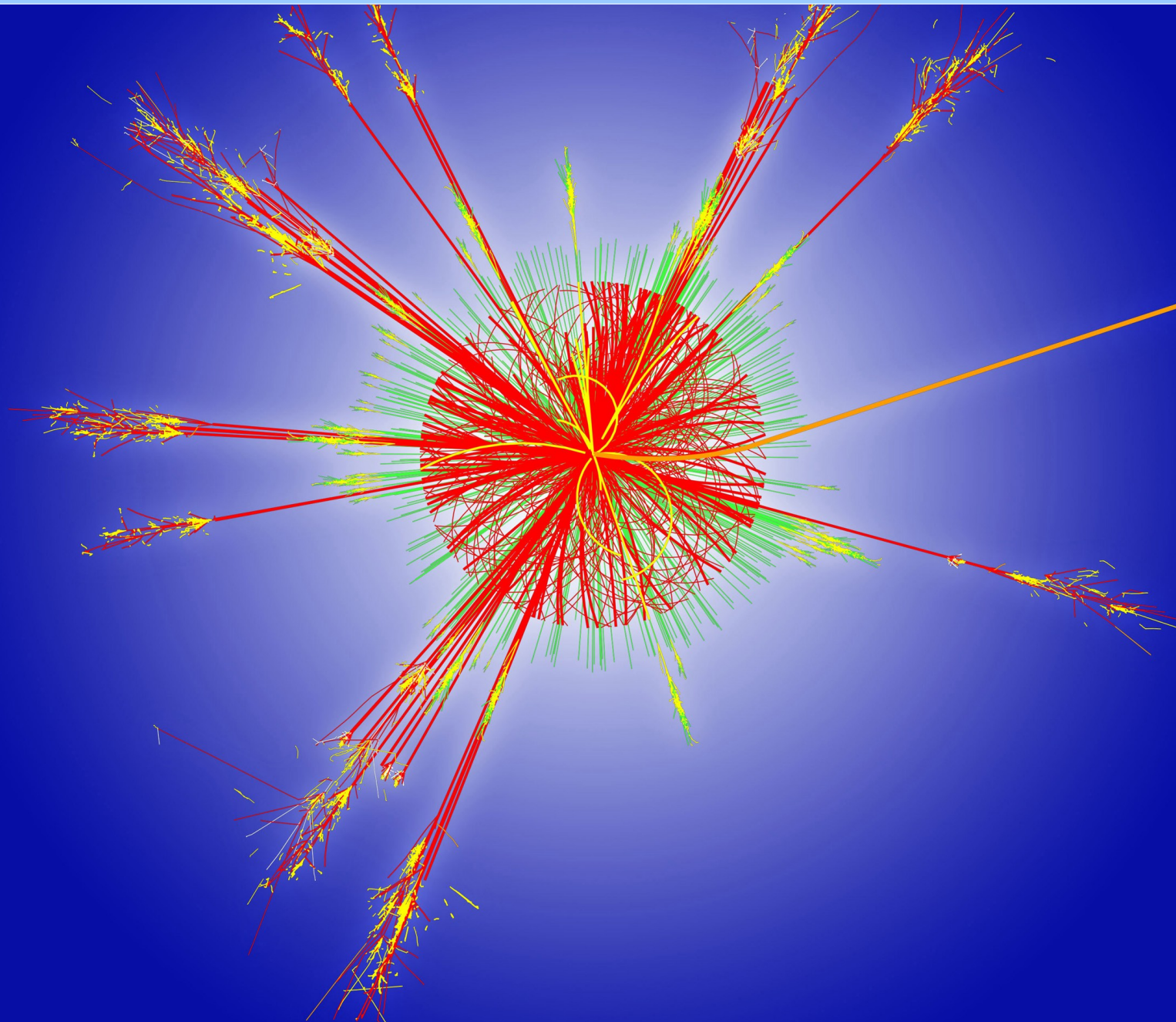
# Das CDF & DØ Experiment



# Das ATLAS und CMS Experiment



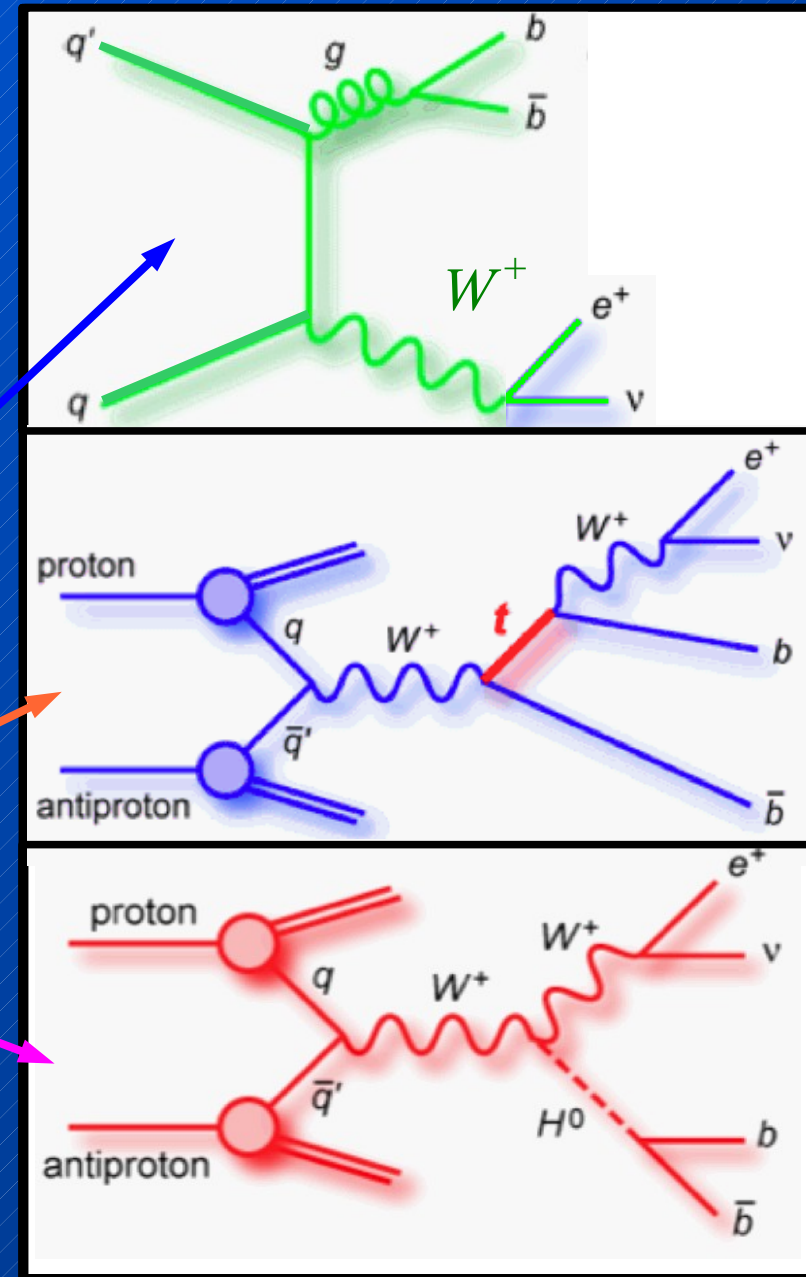
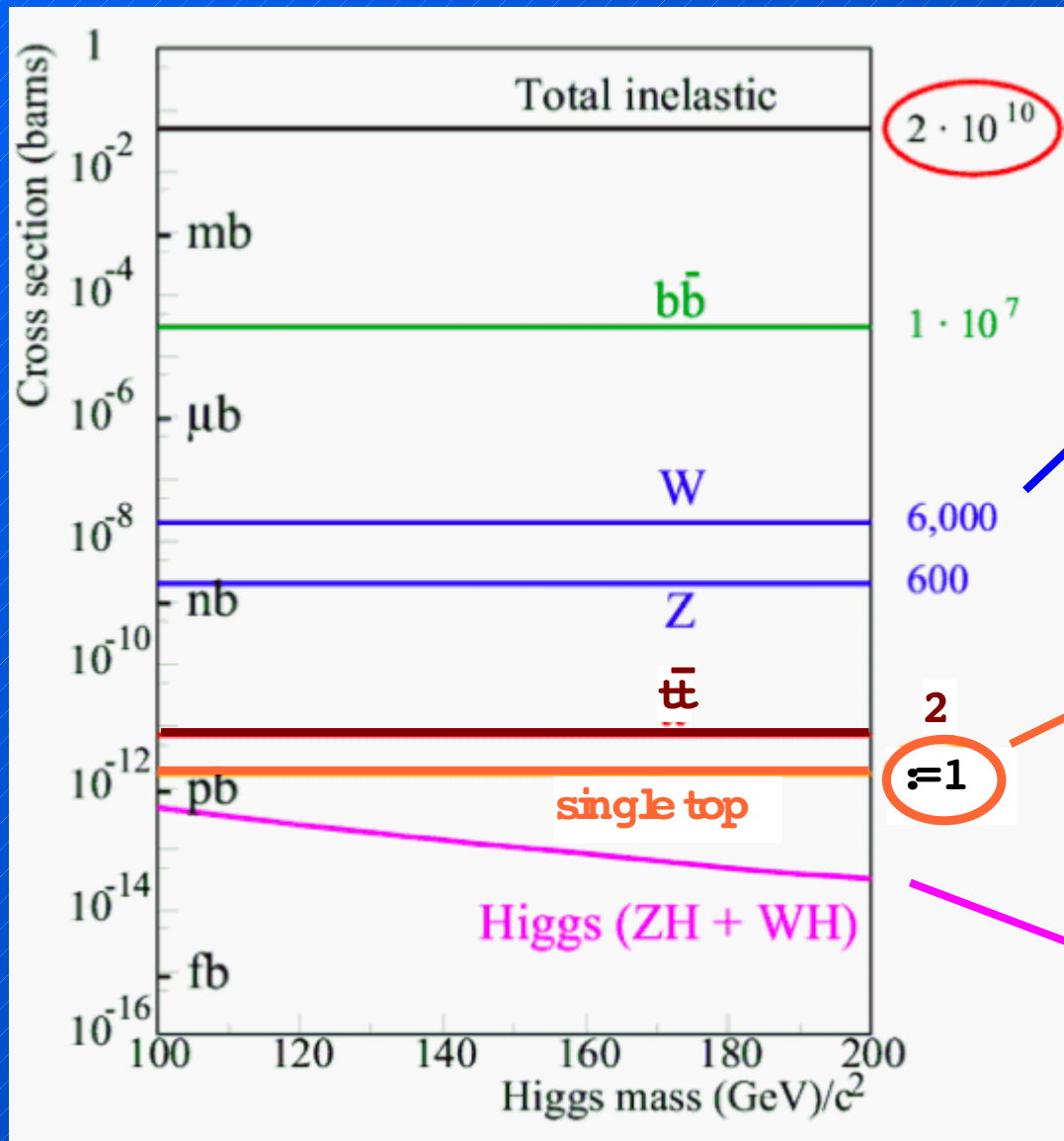
# Erwartete Bilder: Higgs-Zerfälle



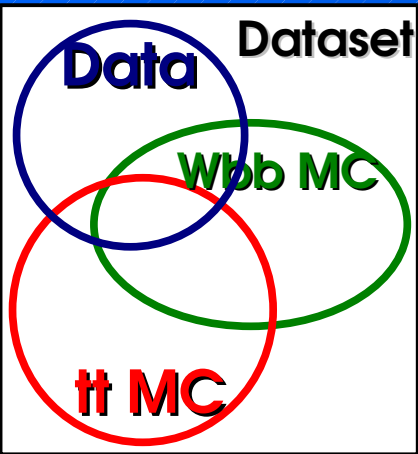
# Analysenmethoden in HEP

- **Rekonstruktion und Kalibration von Detektorsignalen**
    - ↳ **Teilchensorte und Kinematik**
  - **Simulation (4-er Vektoren, Hadronisierung, Detektor, Rekonstruktion)**
  - **Ereignisauswahl und Trigger**
  - **Datenanalyse (Zählexperiment, Massen ...)**
- 3 Beispiele:**
- **Suche nach neuer Physik (Untergrund-MC)**
  - **Präzisionsmessung bekannter Physik (Signal-MC)**
  - **Präzisionsmessung bekannter Physik (Ereignisanalyse numerische Integration, ...)**

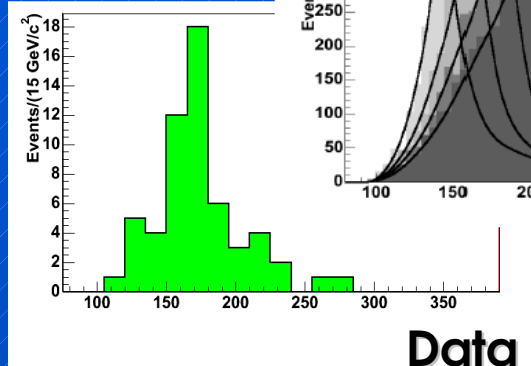
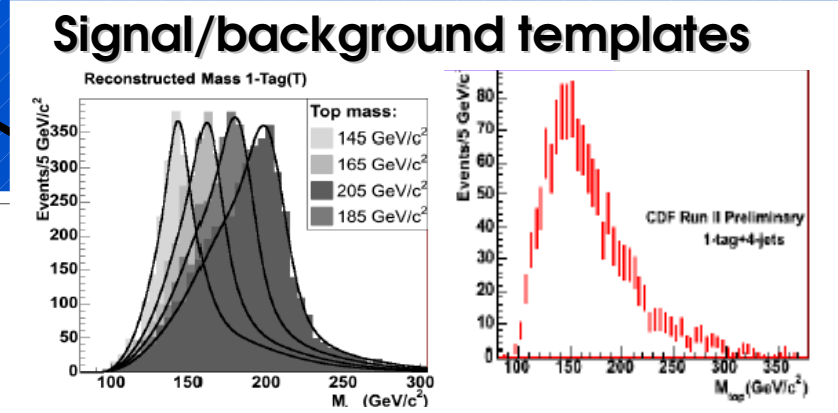
# Suche nach neuer Physik



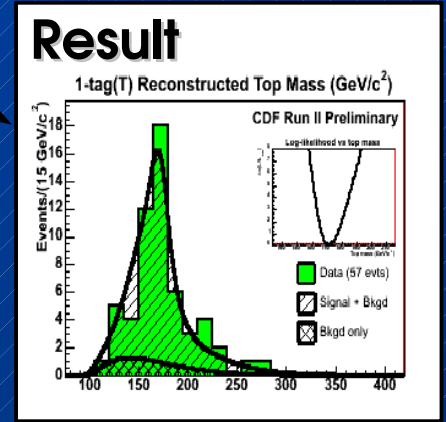
# Messung bekannter Physik



Mass fitter

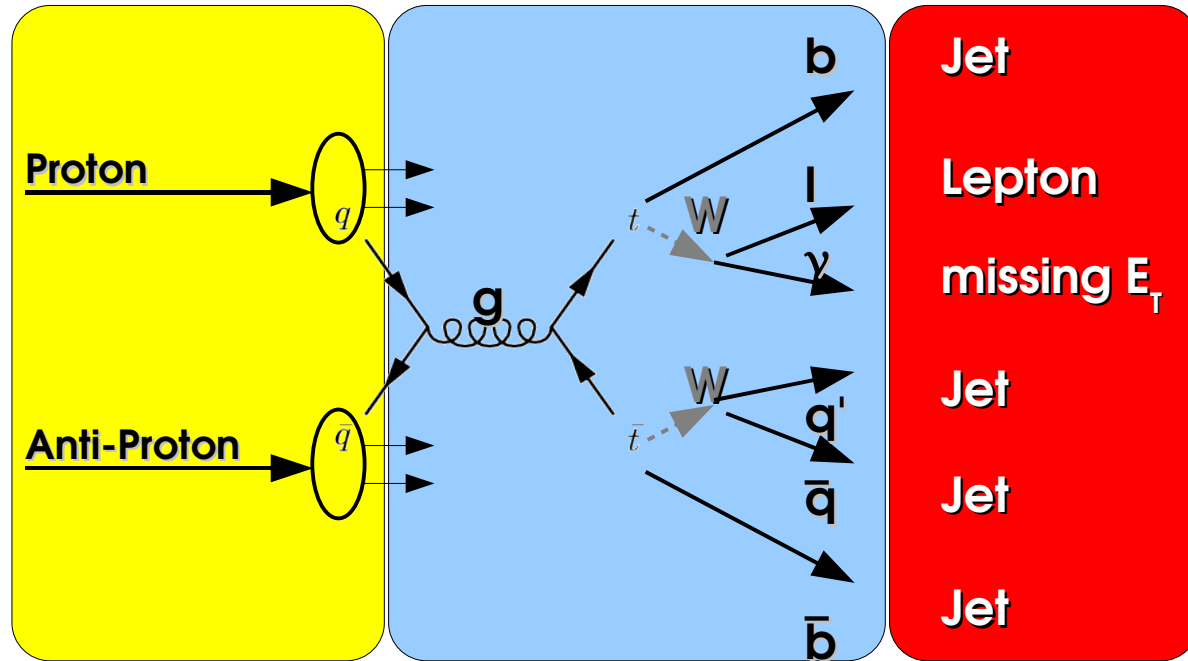


Likelihood fit  
( $m_{top}$ ,  $\Delta JES$ ,  $n_b$ ,  $n_s$ )



# Massenmessung

- Ereigniswahrsch. durch Faltung differentieller Wirkungsquerschnitt mit Auflösung:



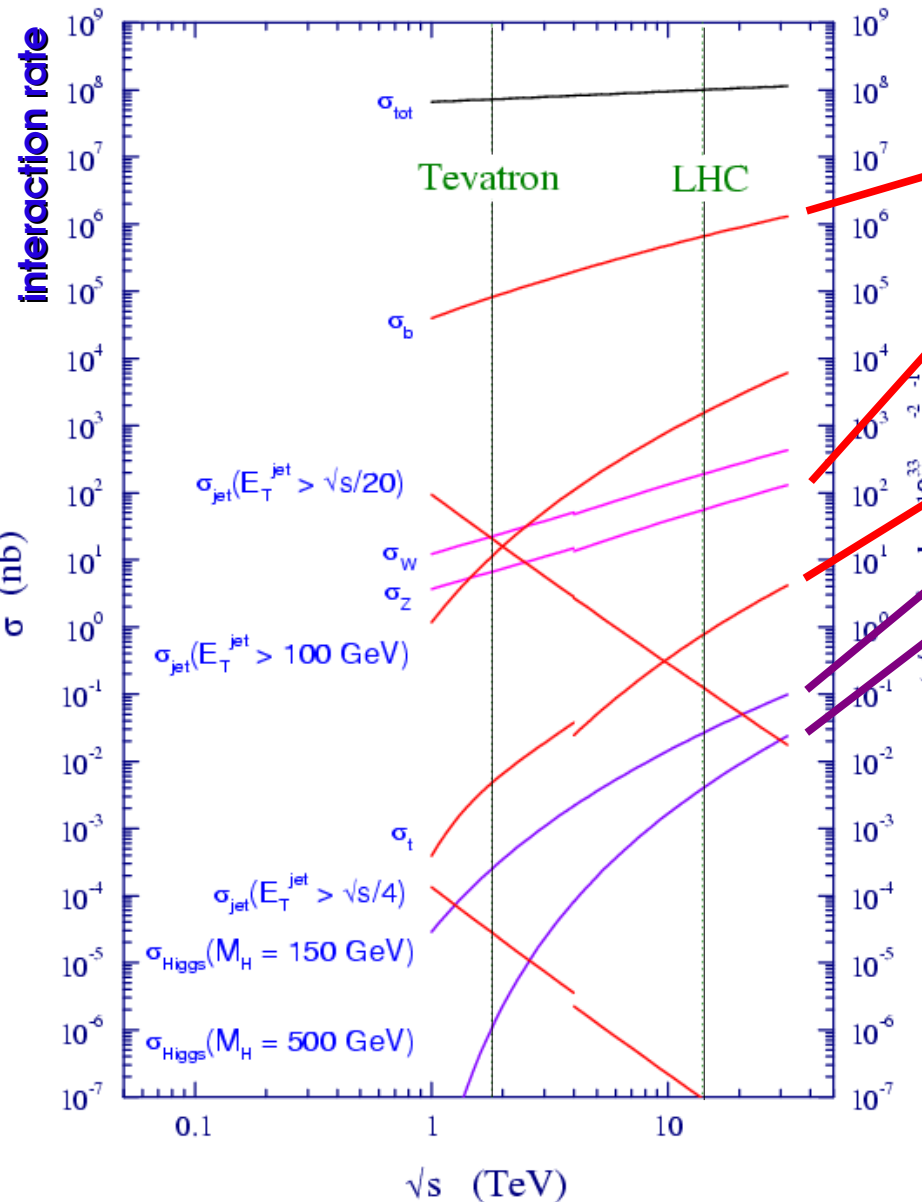
- Wähle genau 4 Jets
- Summiere alle Jet-Parton Kombinationen
- Energieauflösung für  $\mu$ , light quark und b-Jets

$$P_m(x, m_t) = \underbrace{Acc(x)}_{\substack{\text{Akzeptanz} \\ \text{(selection, trigger,...)} \\ \& \text{Normierung}}} \times \frac{1}{\sigma} \int \underbrace{dq_1 dq_2 f(q_1) f(q_2)}_{\text{PDF's}} \underbrace{d^n \sigma(y; m_t)}_{\substack{\text{LO-Matrix Element} \\ \bullet \text{ Phasenraum} \\ = \text{diff. Xsec}}} \underbrace{W(x, y)}_{\substack{\text{Detektor Auflösung} \\ \& \Delta JES}}$$

- $P_{bkg}(x)$  entsprechend ...
- Ereigniswahrscheinlichkeit  $P_i$

# Produktionsraten

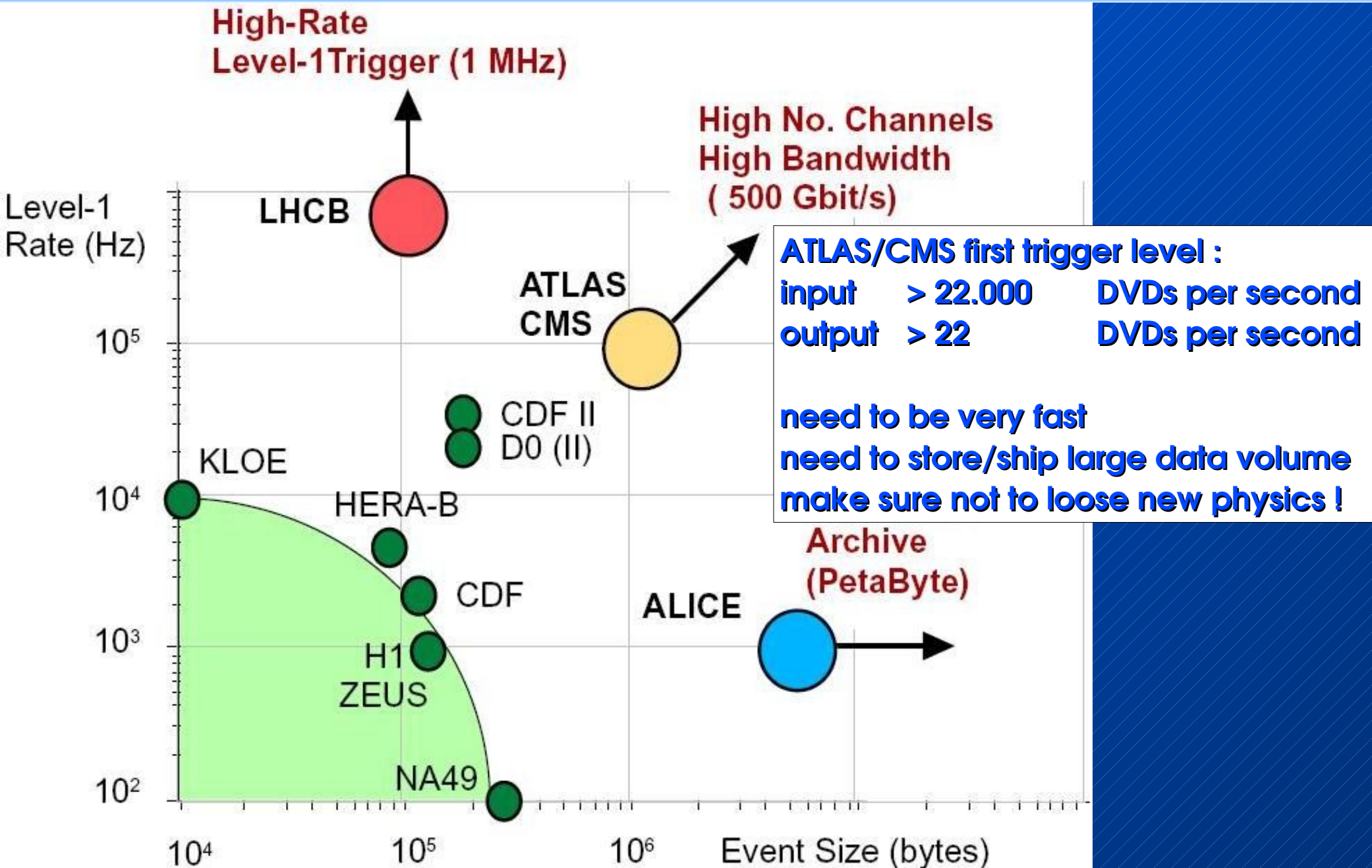
proton - (anti)proton cross sections



process	$\sigma(\text{pb})$	ev/s	ev/y Low L	Comparison with other experiments
bb	$5 \times 10^8$	$10^6$	$10^{13}$	$10^9$ Belle/Babar
$Z \rightarrow ee$	$1.5 \times 10^3$	$\sim 3$	$10^7$	$10^7$ LEP
$W \rightarrow e\nu, \mu\nu$	$3 \times 10^4$	$\sim 60$	$10^8$	$10^5$ LEP $10^8$ FNAL
$WW \rightarrow e\nu X$	6	$10^{-2}$	$10^5$	
tt	830	$\sim 1.7$	$10^7$	$10^4$ Tevatron
$H(130 \text{ GeV}/c^2)$	2	$4 \times 10^{-3}$	$10^5$	?
$H(700 \text{ GeV}/c^2)$	1	$2 \times 10^{-3}$	$10^4$	?

Year	Max Lumi	Top pairs Produced /day	Top pairs(l+j) after selection /day
2007	$10^{32}$	7 000	$\sim 20-100$
2008	$10^{33}$	70 000	$\sim 200-1\ 000$
2009- -2010	$10^{34}$	70 0000	$\sim 2\ 000-10\ 000$

# Trigger



# ATLAS Daten Formate

## RAW Daten ~1.6 MB/Ereignis

Signale aller Subdetektoren  
volle Information

## ESD (Event Summary Data) ~0.5 MB/Ereignis

Rekonstruierte Ereignisse, Informationen über Einzeltreffer  
benutzt für Kalibrationsstudien

## AOD (Analysis Object Data) ~0.1 MB/Ereignis

Komprimierte Ereignisinformationen nach Kalibrierung  
Benutzt für Analysen

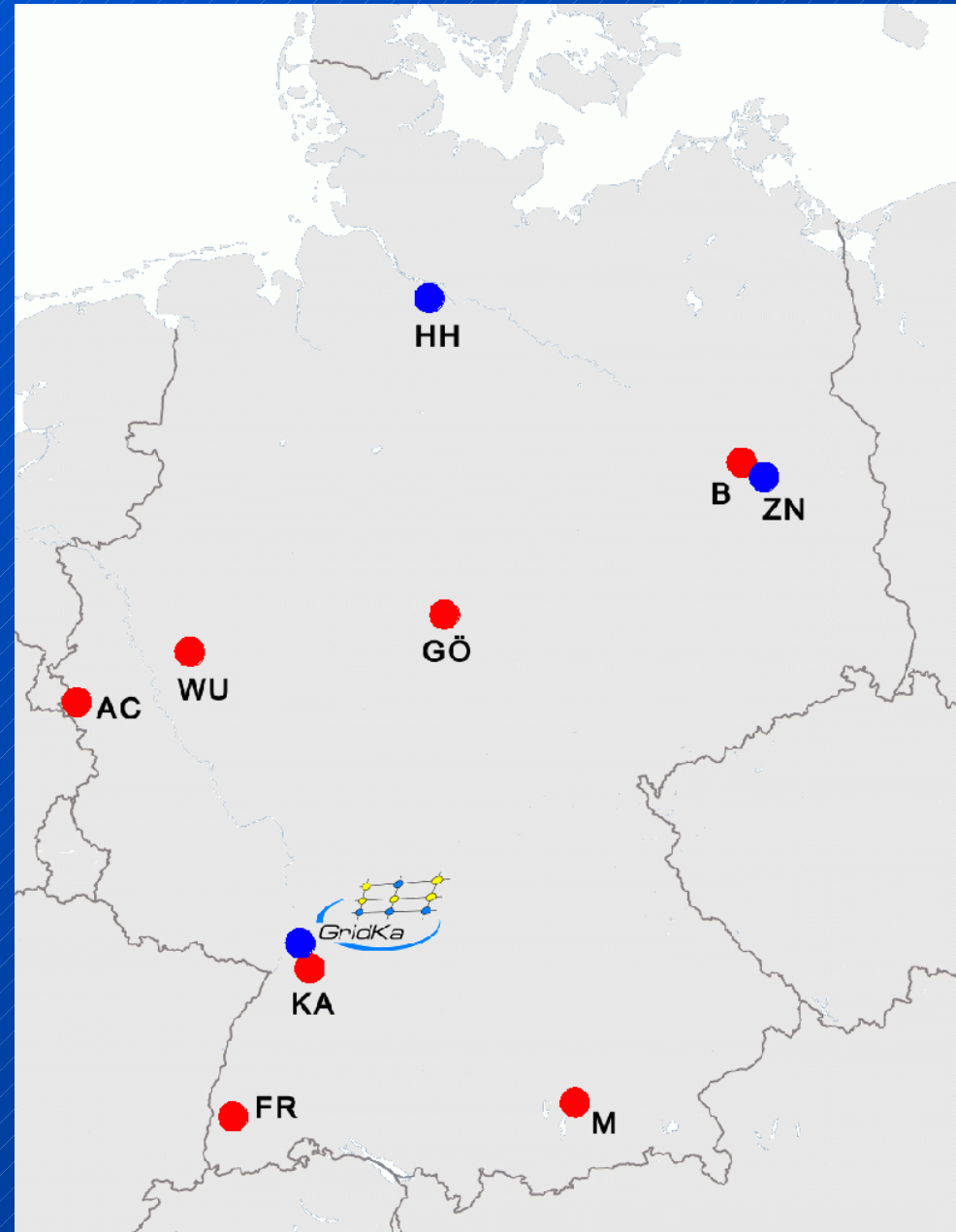
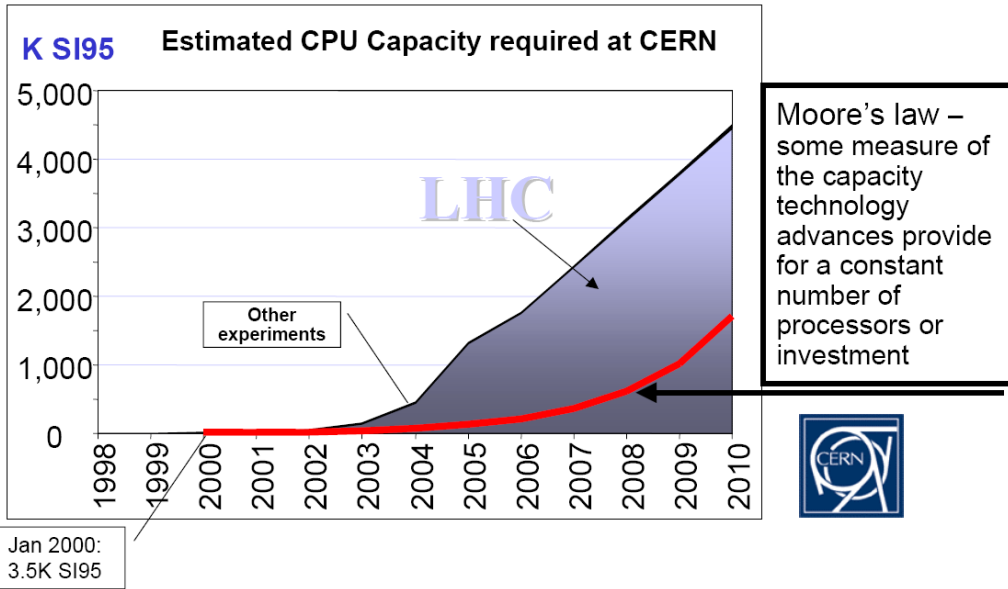
Müssen neu prozessiert werden, um neue Kalibrationen zu enthalten

## Ntuple/Trees

Analyse-spezifische Informationen/Formate

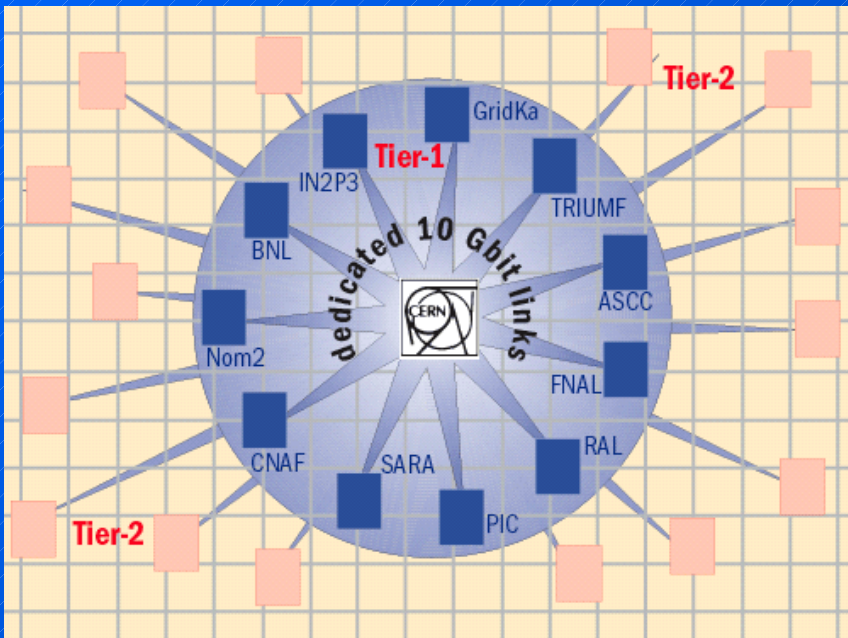
# Computing für die Teraskala

Bedingung für Physik-Analysen:  
Schneller und leichter Zugang zu  
CPU und Speicher



- LCG Grid-Zentren in Deutschland (Tier-1/2/3)
- Aufbau eines Nationalen Analysezentrum
- hohe Bandbreite zwischen Partnern
- verteilte Ressource Teil des World-Wide Grid

# Computing für die Teraskala



## Tier 0 am CERN

Massenspeicherung von Rohdaten  
schnelle Produktion von ESDs und AODs → Tier 1

## Tier 1 (~ 10 Zentren weltweit)

Rekonstruktion der Rohdaten  
Produktion von neuen ESDs und AODs

## Tier 2 (~ 30 Zentren weltweit)

Simulation von Monte Carlo Ereignissen  
Kalibrationen

## Tier 3

Physik Analysen

# Typisches Tier-2

	2007	2008	2009	2010	2011
<b>Total disk (TB)</b>	<b>7500</b>	<b>10000</b>	<b>16000</b>	<b>25000</b>	<b>35000</b>
<b>disk/Tier2</b>	<b>250</b>	<b>330</b>	<b>530</b>	<b>830</b>	<b>1200</b>
<b>Total CPU (kSI2k)</b>	<b>5000</b>	<b>20000</b>	<b>32000</b>	<b>54000</b>	<b>71000</b>
<b>CPU/Tier2</b>	<b>170</b>	<b>670</b>	<b>1000</b>	<b>1800</b>	<b>2400</b>

Aus ATLAS computing TDR, gerechnet für 30 Tier-2 Zentren ...

# Hochenergiephysik in Göttingen

- Lehrstuhl seit Oktober 2006 (A.Quadt)
- zweite Professur (Exp.) berufen
- dritte Professur (neu, Exp.) in Vorbereitung
- zwei Nachwuchsgruppen in Vorbereitung (Theorie und Exp.)
  
- Experimente: DØ am Tevatron  
ATLAS am LHC (Schwerpunkt)  
ILC (in Vorbereitung)  
Astroteilchenphysik (etwas später)
  
- Detektorentwicklung (Halbleiterdetektoren, Mikroelektronik)
- High Level Trigger
- Grid-Computing (Tier 3, anteiliges Tier 2)  
... aktuell zwei Testknoten von MediGrid bei GWDG ... Danke!
- ⇒ Datenanalyse (Physik)

# Tevatron/Grid Erfahrung

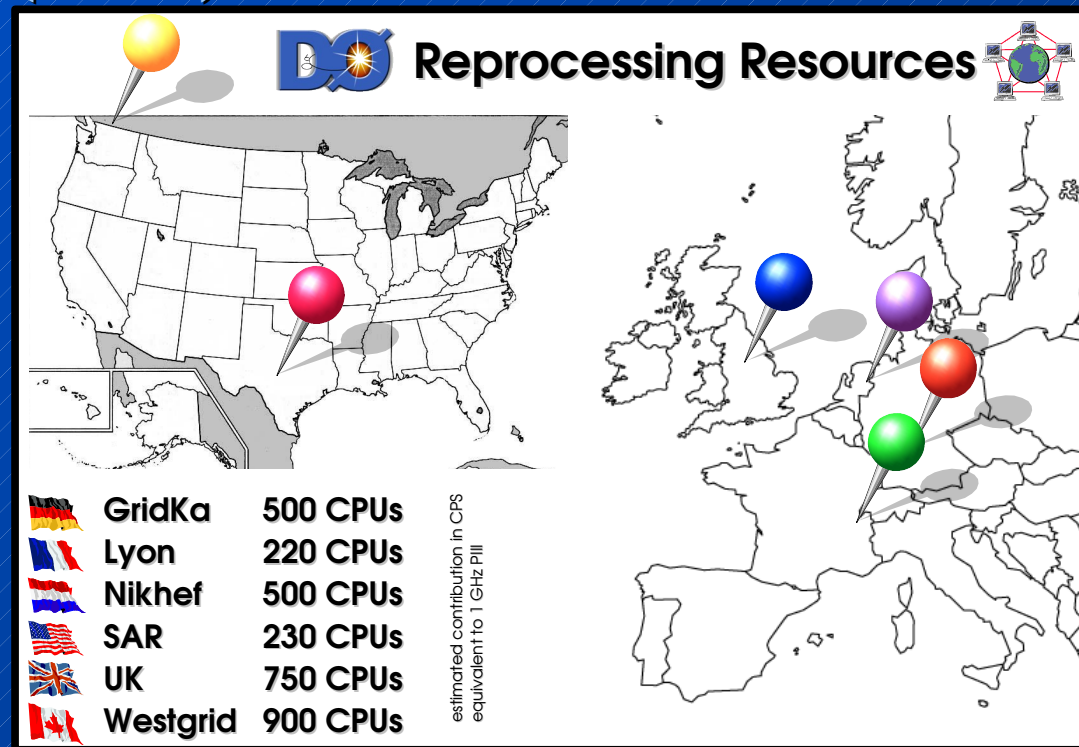
“unsere Göttinger HEP-Grid Erfahrung” ... C.Ay, J.Meyer, A.Q. ...  
... aus DØ am Tevatron/am GridKa ...

- SAMGrid (Globus) ⇨ C.Ay, J.Meyer, A.Q.
- Ereignis Rekalibration/Rerekonstruktion ⇨ C.Ay, J.Meyer
- MC Ereignissimulation/Produktion im Grid (GridKa, UK, Frankreich, US ...) ⇨ A.Quadt
- JIM (scheduling für DØ-Grid) ⇨ J.Meyer

# DØ Ereignis Reprozessierung

## Beispiel DØ in 2005

Luminosität	0.47 fb <sup>-1</sup>
Ereignisse	10 <sup>12</sup>
input Rohdaten (250 kB/evt)	250 TB
output DSTs (150 kB/evt)	150 TB
output TMBs (70 kB/evt)	70 TB
Time 50 s/evt	20.000 months
	3.400 CPUs über 6 Monate
Grid Software	SAMGrid (Globus)
100% remote processing	⇒ Bandbreite !!!



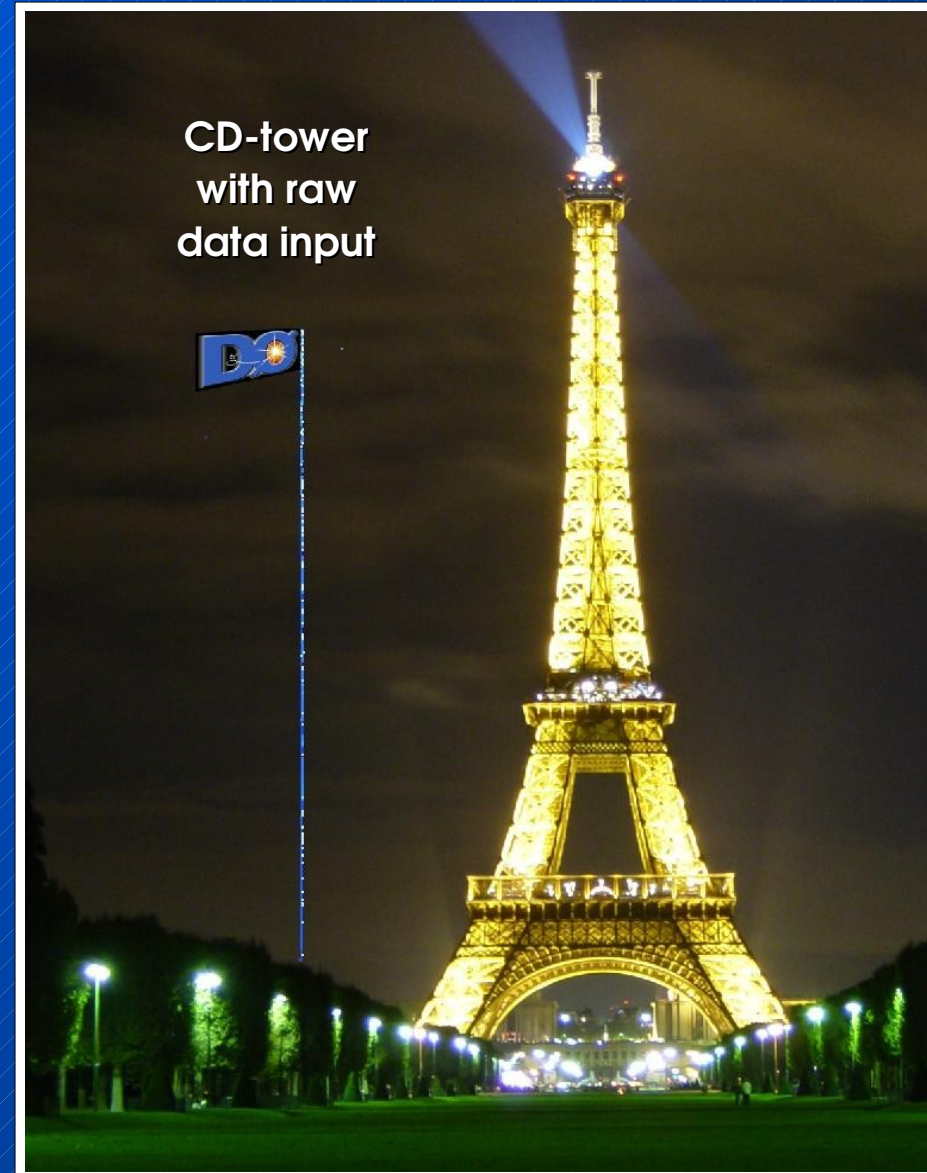
# DØ Ereignis Reprozessierung

## Example DØ in 2006/7 (Run IIb)

Events	500 Millionen
Time	1500 CPUs für 4 Monate
Grid Software	SAMGrid+SAMGrid-Schnittstelle zum OSG (Open Science Grid)

## Februar 2006:

CERN Grid Test mit echten Daten  
1 GB/s (4.5 s pro DVD) zu 12  
Computer Zentren weltweit



# Förderung/Finanzierung

Berufungsmittel (A.Quadt, ...)

DFG (als Heisenberg Stipendiat)

MWK Niedersachsen

Helmholtz-Allianz

Antrag D-GRID/BMBF Sondermittel

Investitionsmittel

Personalmittel

Personalmittel

Personalmittel

Investitionsmittel

BMBF-FSP 101 ( $\cong$  DFG SFB)

Fakultät Physik

Personal

Personal

Ende 2007

Frühling 2008

Sommer 2008

2008-2010

erstes Cluster (Theorie & HEP)

Grid Installation/Zertifikation

Cluster Erweiterung

Cluster Erweiterung

# Partner und Verbünde

## Für HEP-Grid:

- Theoretische Physik Göttingen & Fakultät Physik
- GWDG
- DESY (federated Tier-2, QUATTOR, DCACHE, ...)
- weitere ATLAS Tier-2 in Deutschland (Mu, Fr, Wu, DESY)
- CMS Tier-2 in Deutschland (Aa, DESY)
- weitere LCG Partner weltweit  
(mit einigen Kontakt aus Tevatron Zeiten)
- Wuppertal ⇨ Installations Workshop (Juli 2007)

## Für Göttinger Grid-Ressourcen Zentrum

- MediGrid, TextGrid, InstantGrid, GWDG, ...
  - ⇨ gemeinsame Seminar, Nachwuchsausbildung
  - ⇨ Synergie: gemeinsame Expertise in Hardware, Software, Middleware, Netzwerk, ...