



Forschung am CERN und Dresdner Beiträge

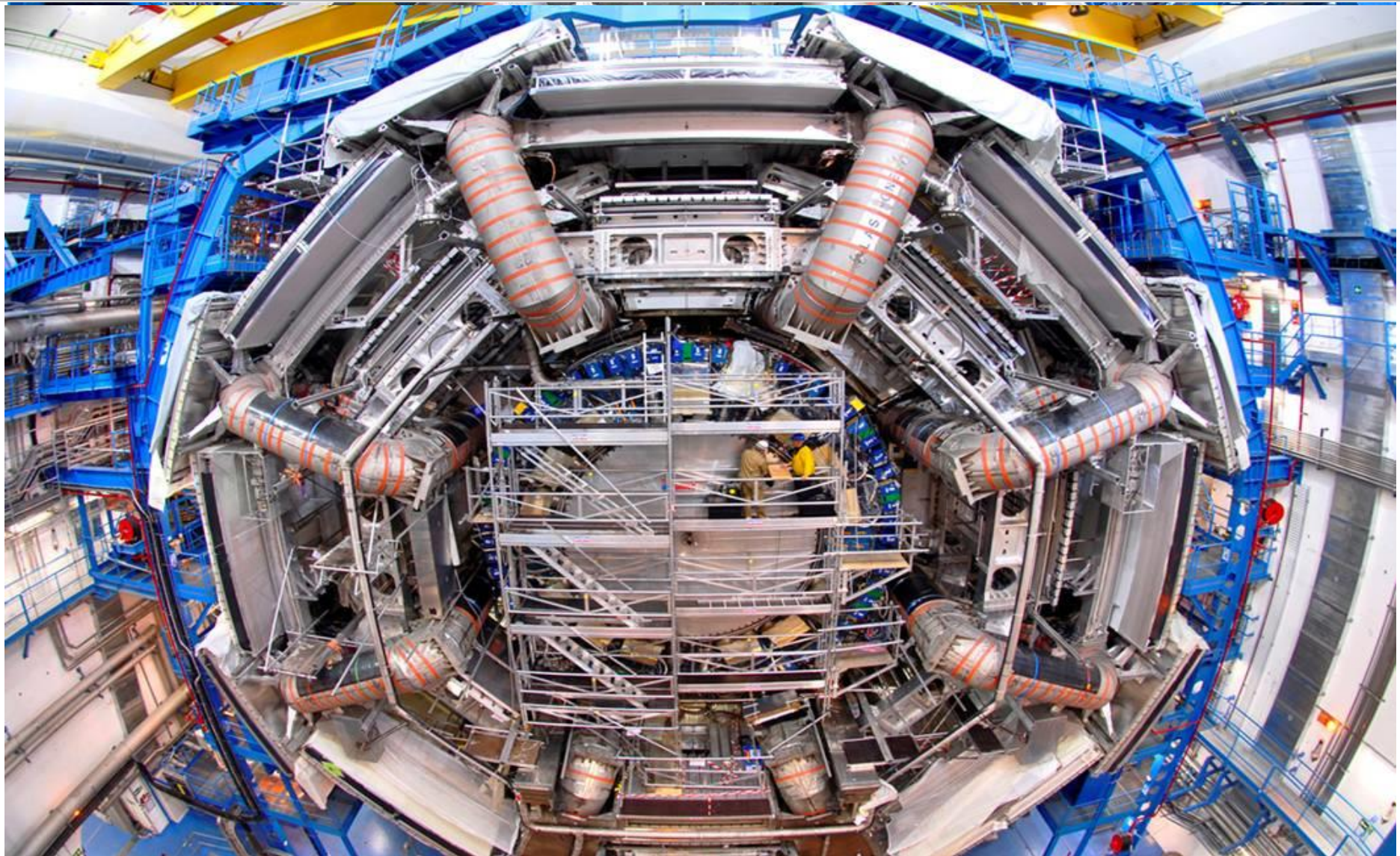
**Michael Kobel
Arno Straessner
Kai Zuber**

Institut für Kern- und Teilchenphysik

CERN, 6.2.2014



CERN visit - *Introduction*





Collision Event at 7 TeV

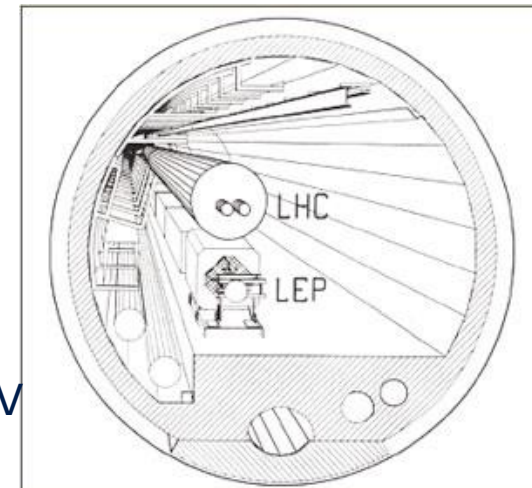
 **ATLAS**
EXPERIMENT

2010-03-30, 12:58 CEST

Run 152166, Event 316199

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>

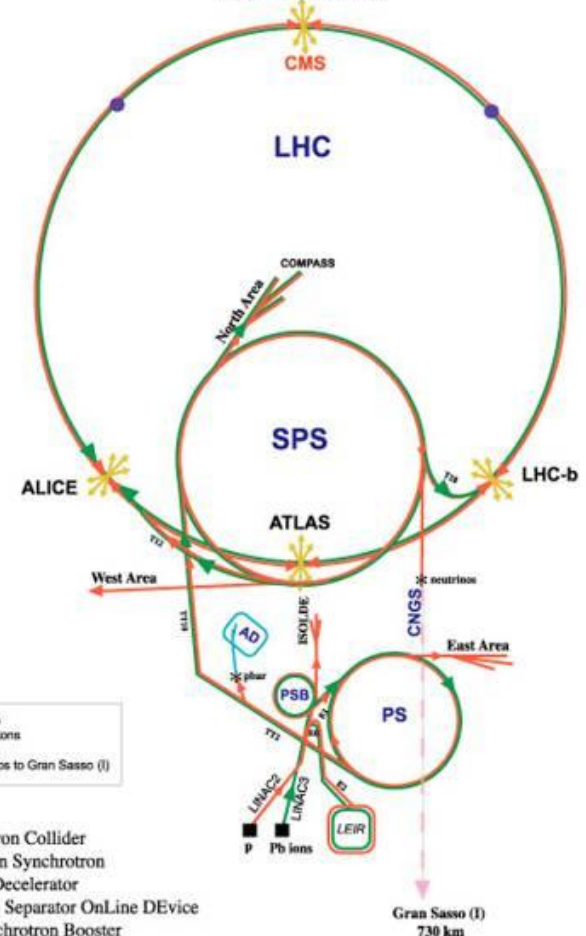
- 1979 Erste Pläne (CERN Scientific Policy Committee)
- 1984 Beginn Forschung und Entwicklung Beschleuniger (ECFA meeting lausanne)
- 1987 LHC Proto-Kollaborationen für Experimente
- 1989 Inbetriebnahme des Large Electron Positron Colliders LEP
- 1989 Erste öffentliche Präsentation durch Generaldirektor C. Rubbia
- 1992 Absichtserklärungen (Letters of Intent) der Experimentatoren
- 1994 Technische Proposals für die Experimente
- 1994/95 Genehmigung des LHC Projekts durch den CERN Rat (Council)
- 1996-1998 Genehmigung von 4 Experimenten (ATLAS, CMS, ALICE, LHCb)
- 2000: Schließung und Abbau des Vorgängers LEP im selben Tunnel
- 2005: Start der Installation der LHC Dipolmagnete
- 2007: Ende des LHC Beschleunigerbaus
- 2008: Erste zirkulierende Strahlen
-
- 2009: Erste Kollisionen bei niedriger Energie < 1 TeV
- 2010: Erste Daten bei hoher Energie: 7 TeV
- 2011-2018: Erste Messphase bei 7-14 TeV
- 2019-2030(?): Intensive Messphase "HighLumi-LHC": 14 TeV



→ **Langfristige Planung und dauerhafte Expertise in Gruppen unabdingbar!**



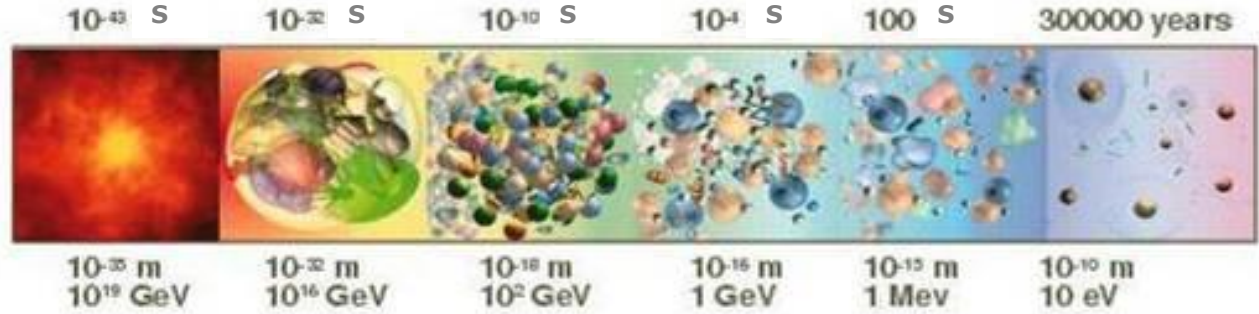
CERN Accelerators
(not to scale)



LHC: Large Hadron Collider
 SPS: Super Proton Synchrotron
 AD: Antiproton Decelerator
 ISOLDE: Isotope Separator OnLine DEvice
 PSB: Proton Synchrotron Booster
 PS: Proton Synchrotron
 LINAC: LINear ACcelerator
 LEIR: Low Energy Ion Ring
 CNGS: Cern Neutrinos to Gran Sasso

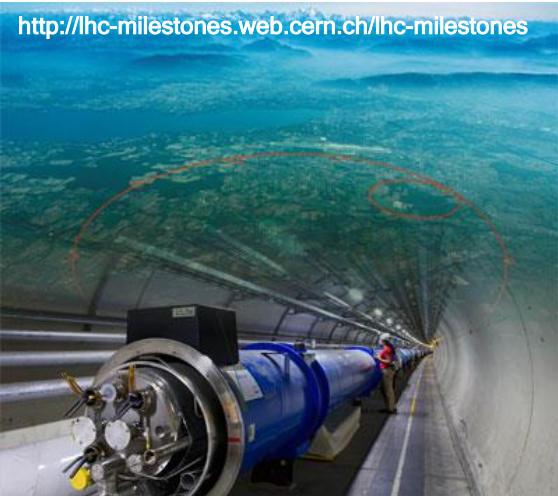
LEP (e^+e^-)	1989-1995	45+45 GeV
	1995-2000	bis 104+104 GeV
LHC (pp)	2010	3500+3500 GeV
	2011-2012	4000+4000 GeV
	> 2015	6500+6500 GeV

Radolf LEI, PS Division, CERN, 02.09.96
 Revised and adapted by Antonella Del Rosso, IFT Div.,
 in collaboration with H. Desforges, SI, Div., and
 D. Manglovski, PS Div. CERN, 23.05.01

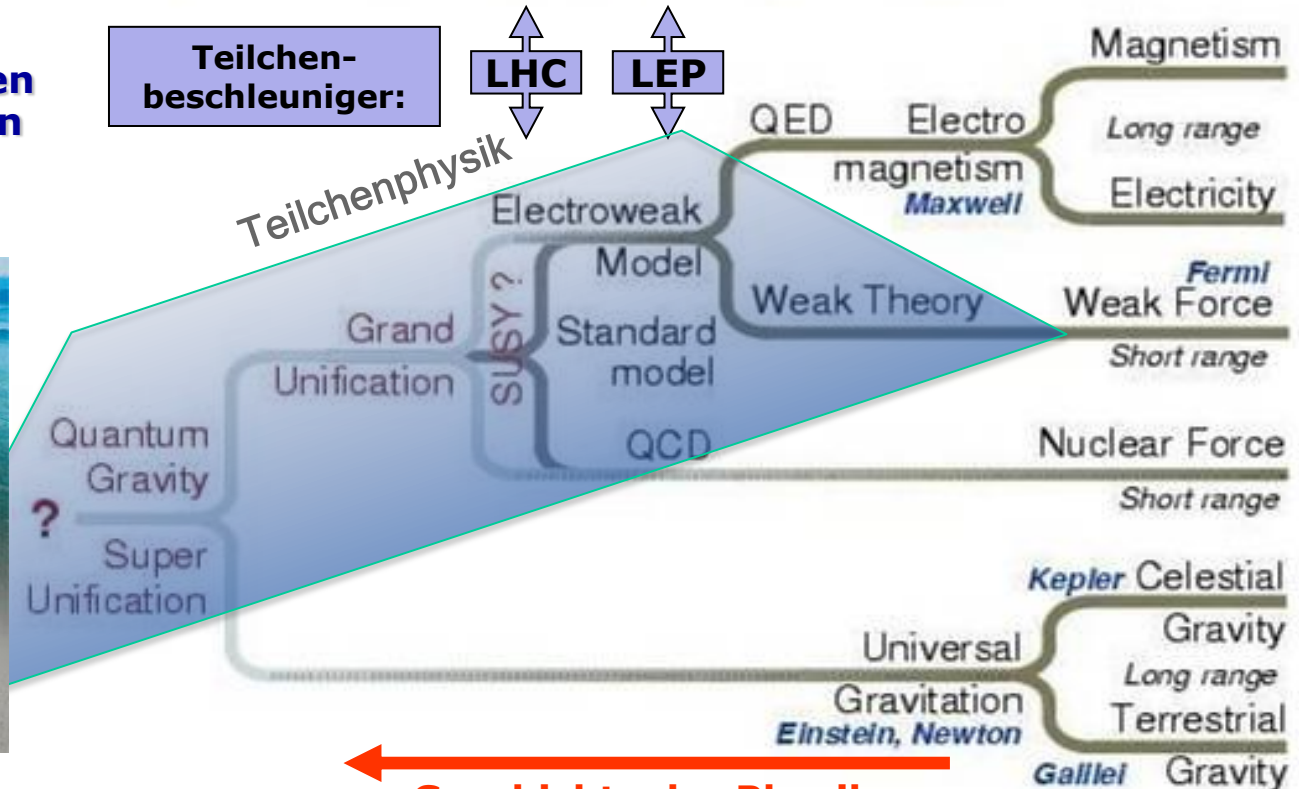


• **LHC:**

Nachstellen der Prozesse zwischen Elementarteilchen 10⁻¹² s nach dem Urknall



<http://lhc-milestones.web.cern.ch/lhc-milestones>



Geschichte der Physik Zurück zum Urknall

❖ ...decken 14(!) Größenordnungen ab

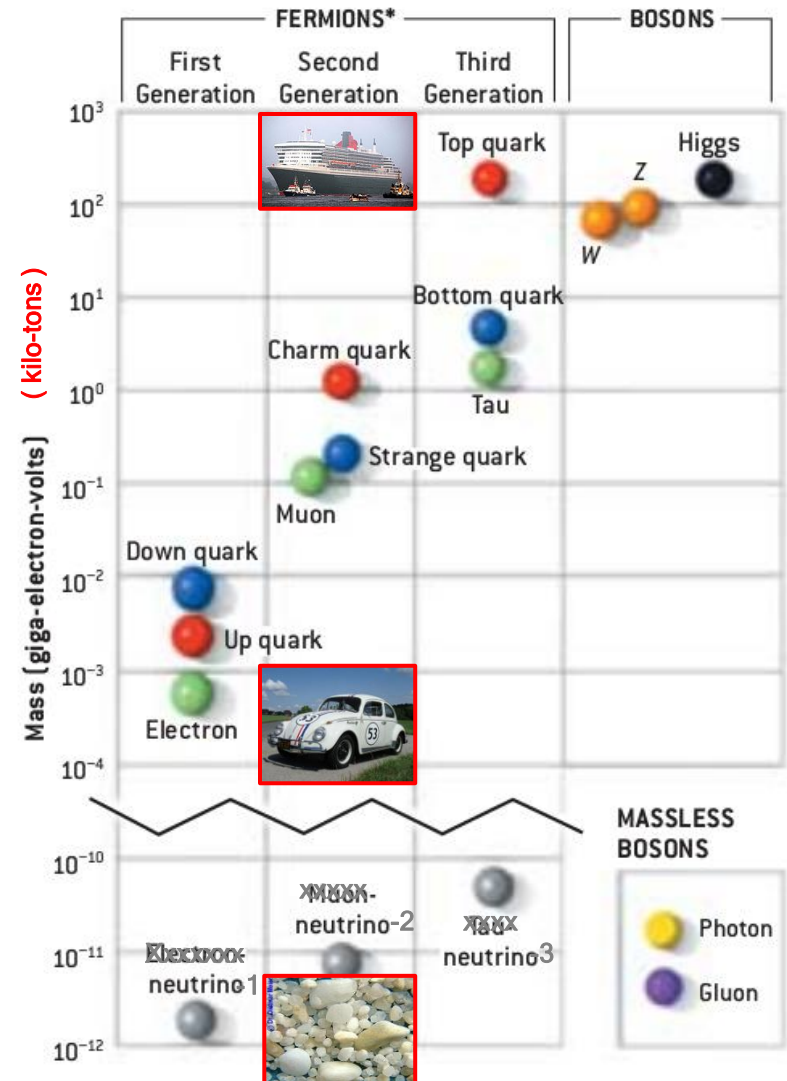
- ν ~ Sandkorn
- e ~ Auto
- t ~ Ozeandampfer

❖ ... sind eine Eigenschaft der Teilchen und nicht eine Frage der Größe (alle „gleich groß“ = ohne Unterstruktur !)

❖ ... ergeben charakteristische Muster

- bzgl. Teilchen-Generationen
- bzgl. leichter Neutrinos ($\sim 10^{10}$ leichter als ihre Partner)

❖ **Warum?**



The Dawn of Physics Beyond the Standard Model, by Gordon Kane, Scientific American, June 2003



View Online: <http://www.tricklabor.com/de/portfolio/was-waere-wenn>

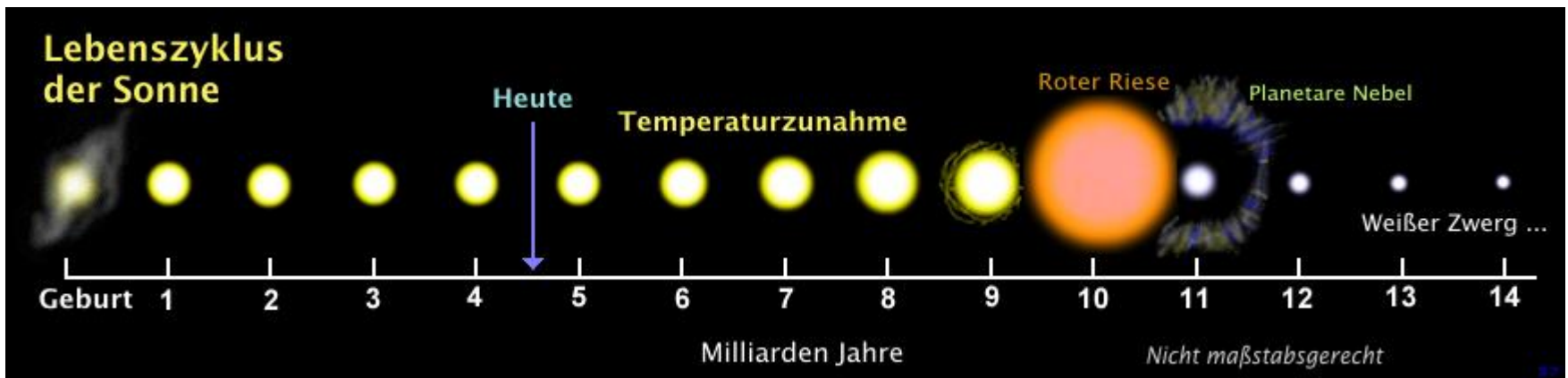
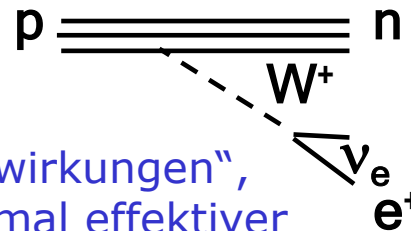
Download: : www.teilchenphysik.de/multimedia/informationmaterial/veranstaltungen

- ❖ Massen von Elementarteilchen bestimmen den Ablauf der Kosmologie
- ❖ Wissenschaftler wollen zunächst verstehen, was Masse ist, um danach versuchen, die Werte zu verstehen

❖ Warum brennt die Sonne so langsam?

- $p + p \rightarrow D + e^+ + \nu$
(Energiegewinn $pp \rightarrow D$, $\Delta E = 0,9 \text{ MeV}$)
- Vermittelndes W -Teilchen sehr schwer,
weil im Higgsfeld: $m_W = 80400 \text{ MeV}$
- Rate unterdrückt um $\sim (\Delta E / m_W)^4 > 10^{-20}$

- Sonne brennt im Inneren eines
„Supraleiters für schwache Wechselwirkungen“,
der die Reaktionsrate 10 Milliarden mal effektiver
dämpft als ein elektrischer Supraleiter ein Magnetfeld



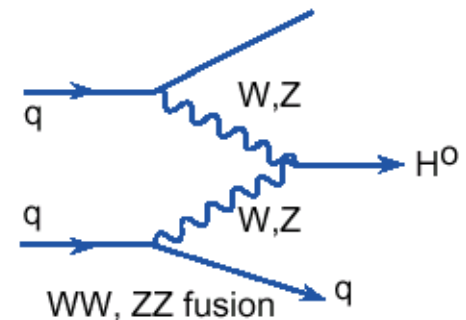
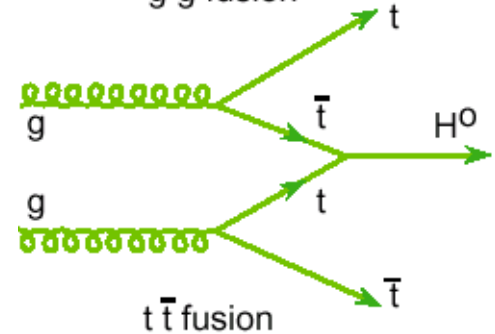
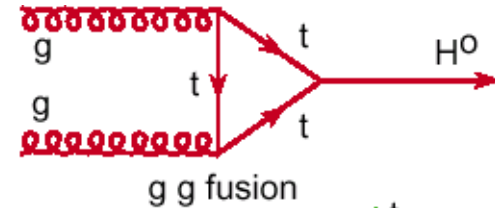
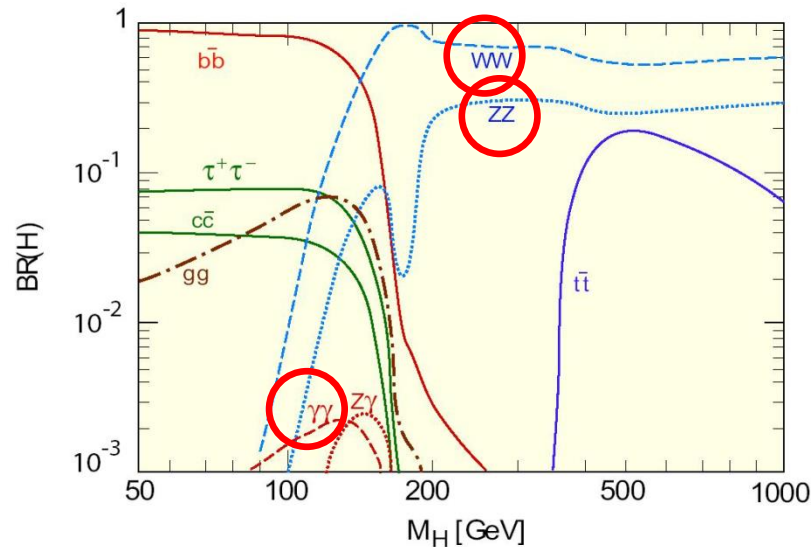
❖ Entdecke das Feld durch Higgs-Boson Erzeugung

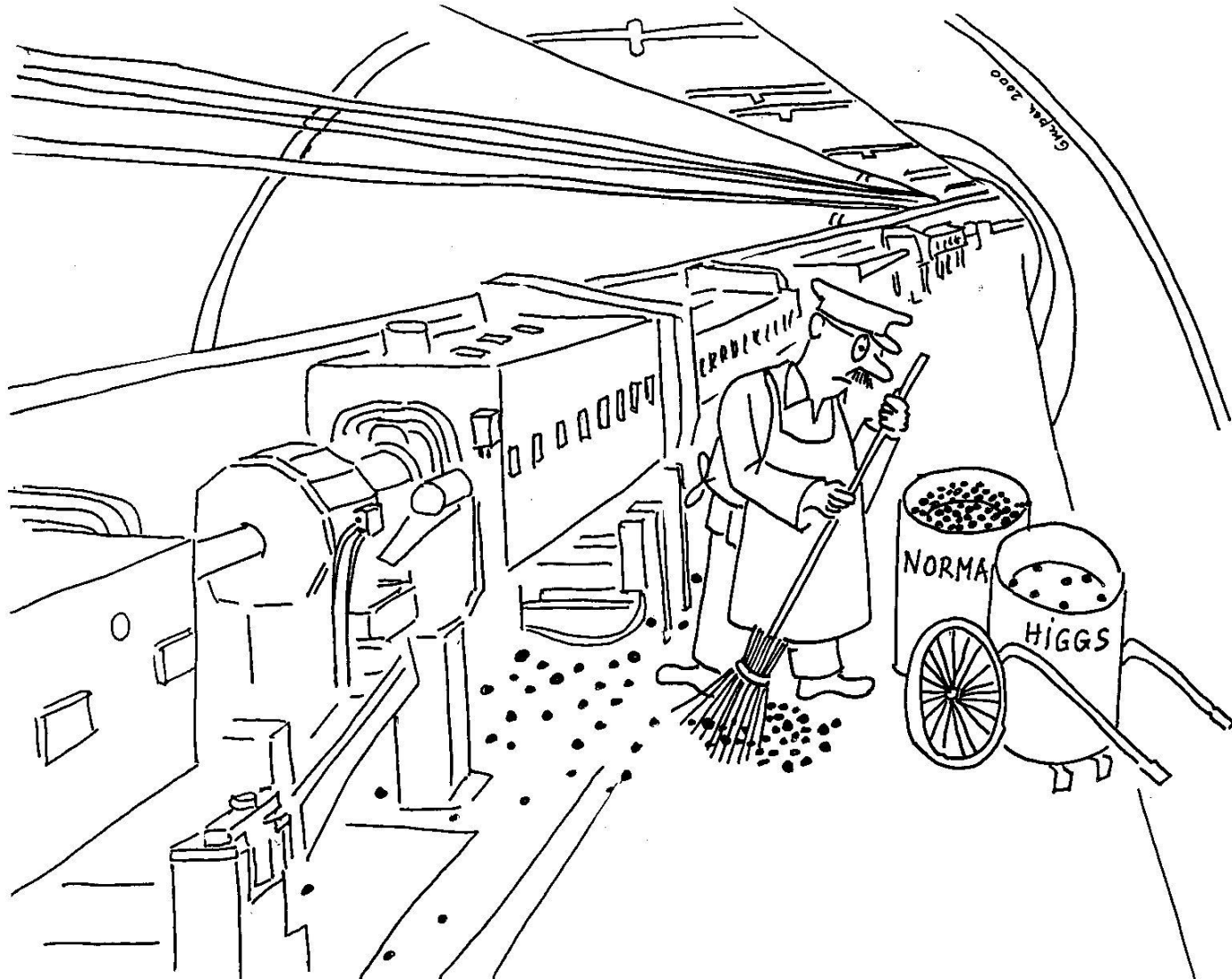
- Higgs Boson \sim Anregung des Hintergrundfelds (wie Wirbel \sim Anregung der Luft)
- Schwere Teilchen mit hoher Energie erzeugen Anregung = Higgs-Teilchen im Hintergrundfeld

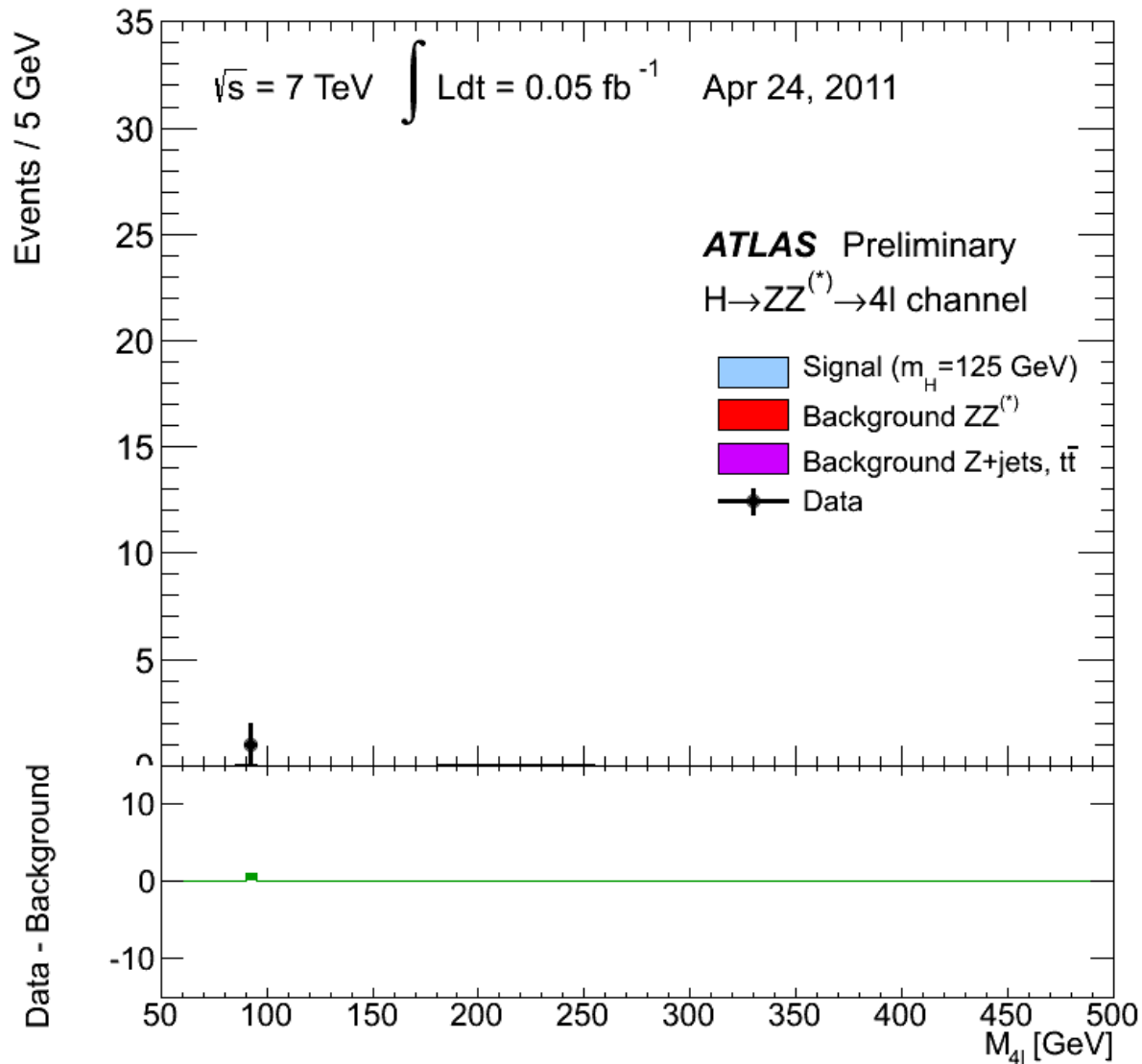


❖ Higgs Boson Zerfälle vorhersagbar

- Hängen im Standard Modell nur von nicht vorhersagbarer Higgs Masse M_H ab

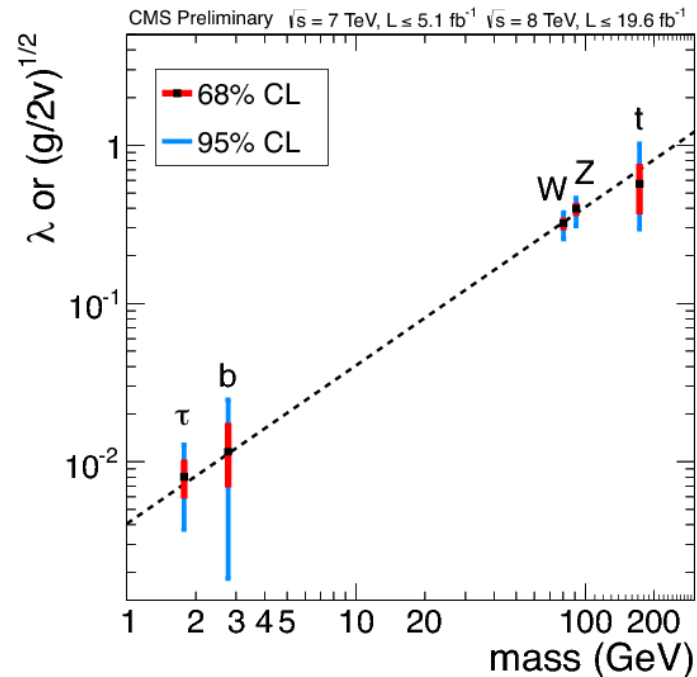
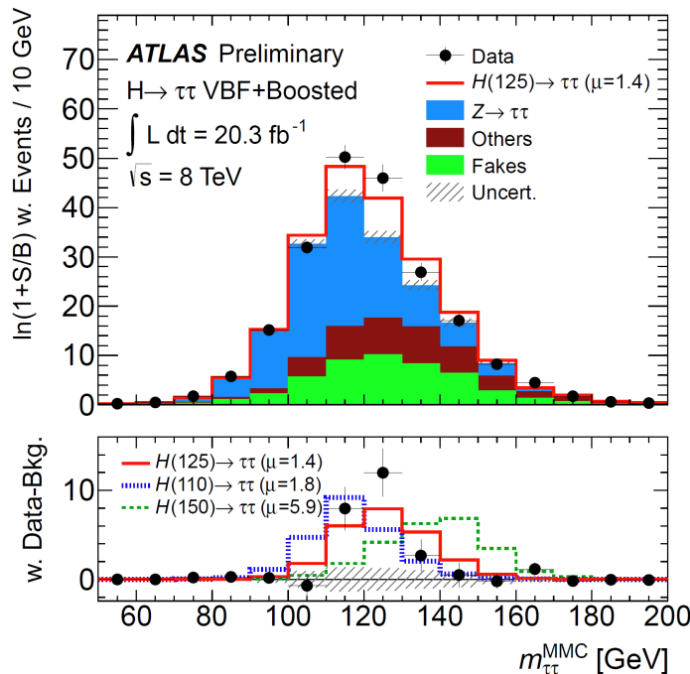




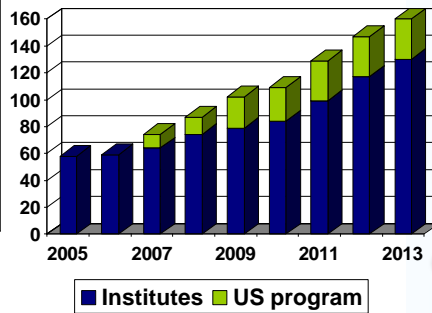
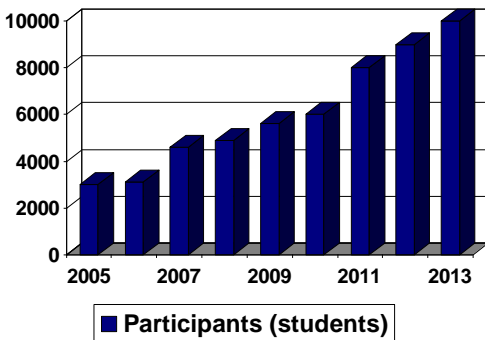
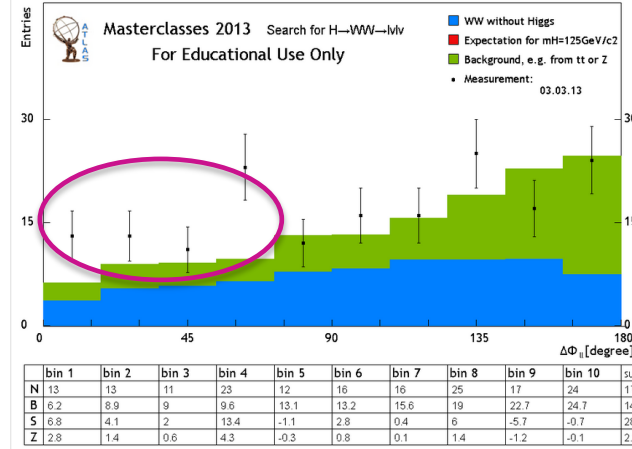
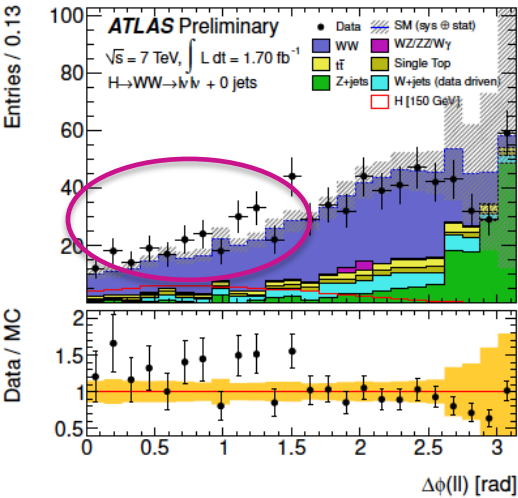


- ❖ Helmholtz-Juniorprofessor Straessner beteiligt an neuesten Messungen (11/2013) zum Higgs-Zerfall in 2 Tau-Leptonen
- ❖ Kopplung des Higgs tatsächlich \sim Masse der Teilchen

ATLAS-CONF-2013-108



Suche nach Higgs Teilchen
mit echten CERN Daten
CERN → **Masterclasses**



- USA
- Canada
- Brazil
- Columbia
- South Africa
- Sao Tomé and Príncipe
- India**
- Indonesia
- New Zealand





ATLAS Kollaboration

Eines der 4 Experimente am LHC
174 Institute aus 38 Ländern
3200 Wissenschaftler

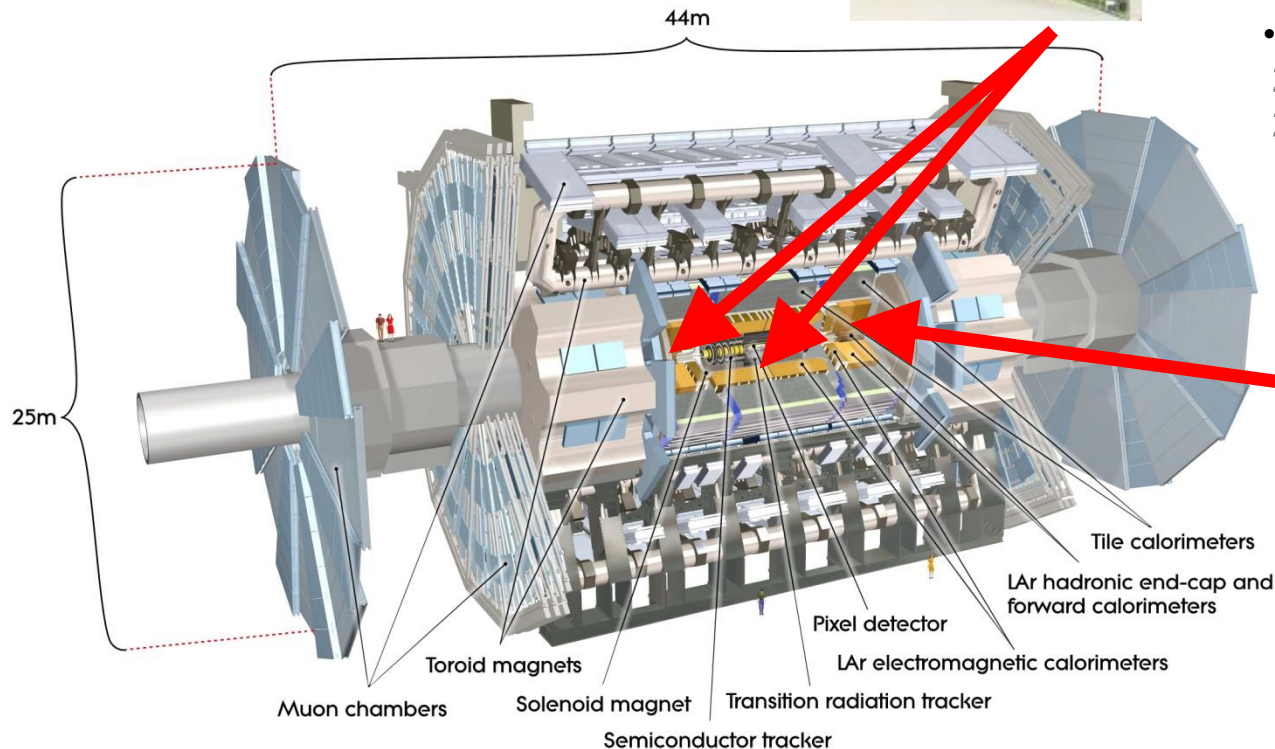
Mit ISEG, Rossendorf



IKTP TU Dresden

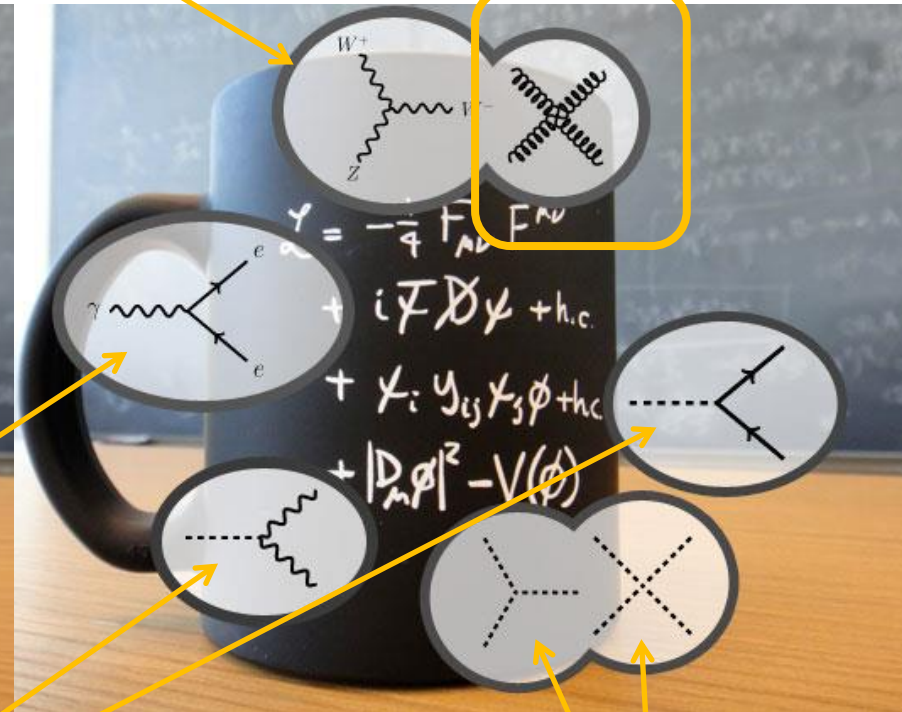
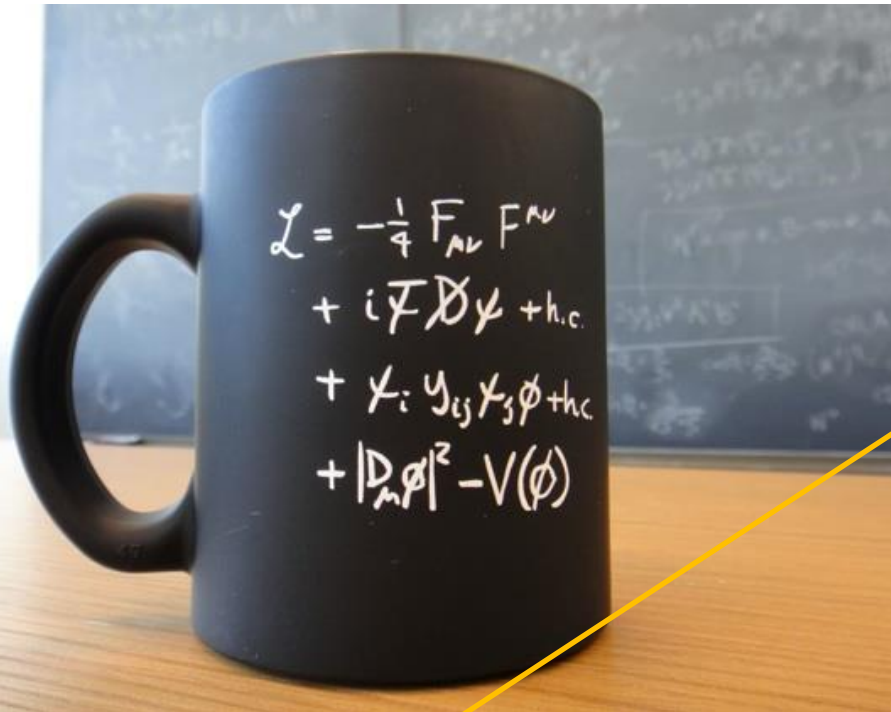
Mitglied seit Februar 2006

- Professur Teilchenphysik (M. Kobel)
2 Post-Docs, 5 Promovierende,
3 Diplom/Master Studenten
- Helmholtz Jun.Prof. (A. Straessner)
2 Post-Docs, 7 Promovierende,
2 Diplom/Master Stud., 2 Ingenieure



Gesehen von LEP @CERN
 $\gamma \rightarrow WW, Z \rightarrow WW, g \rightarrow gg$

Experimentell noch nicht beobachtet



<http://www.quantumdiaries.org/2011/06/26/cern-mug-summarizes-standard-model-but-is-off-by-a-factor-of-2/>

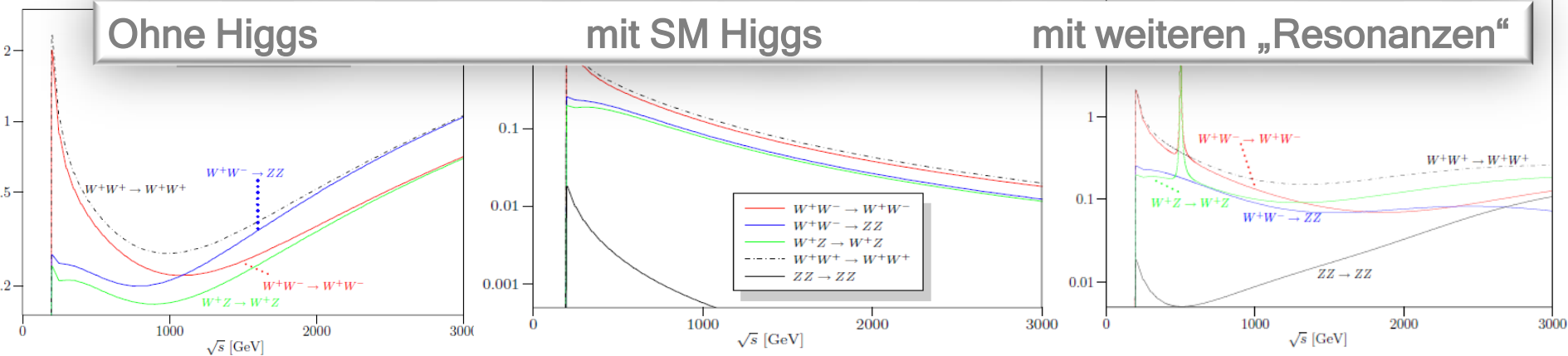
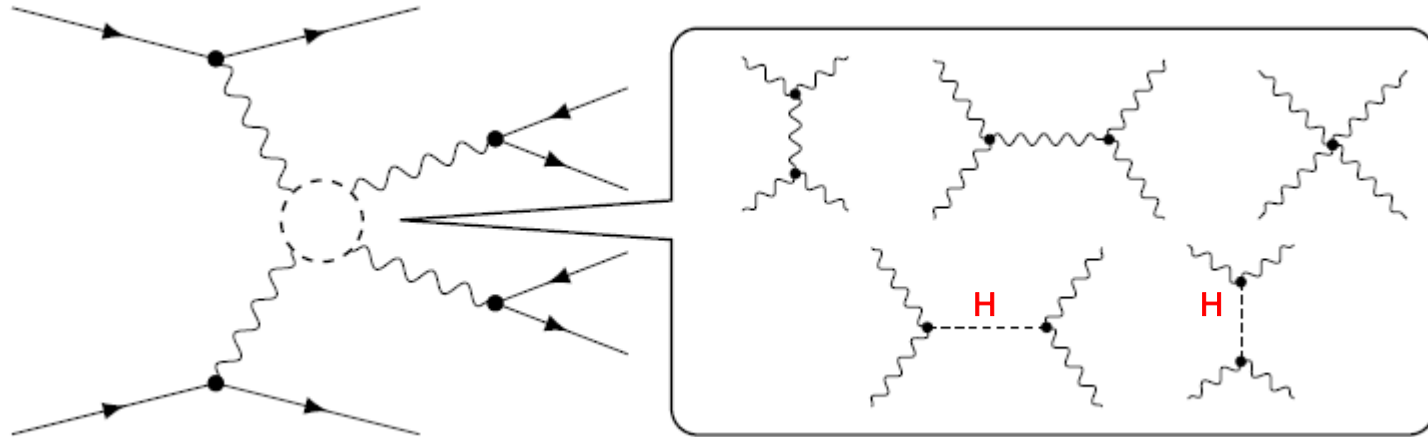
Bestimmt unsere Welt:
ist am besten verstanden

Am LHC nachgewiesen:
 $H \rightarrow WW, ZZ$ und $H \rightarrow \tau\tau, (tt)$

Für nächsten Kollider:
 $H \rightarrow HH$ and $H \rightarrow HHH$

❖ Streuung von W und Z Bosonen aneinander (Gruppe Kobel)

- Dämpft der Beitrag der Higgs Bosonen diesen Prozess, wie erwartet?

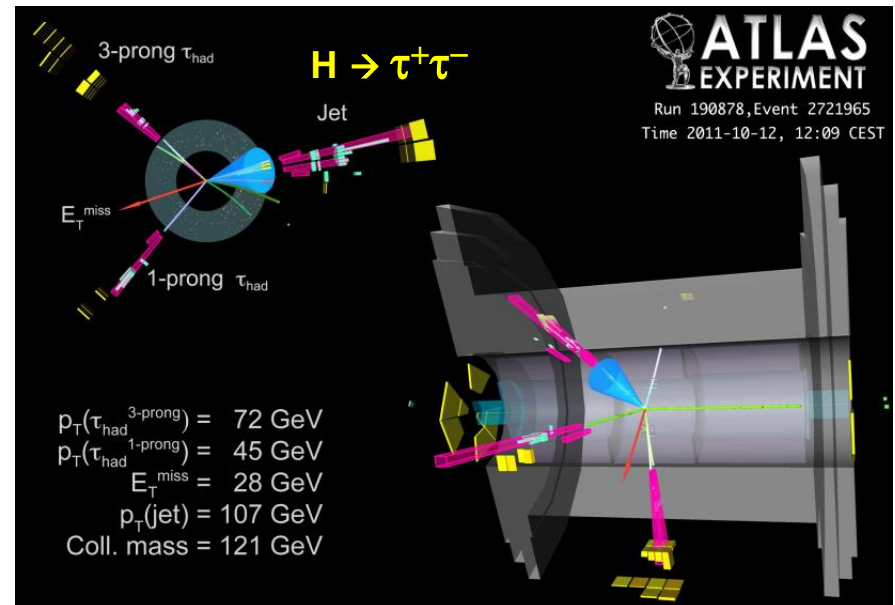


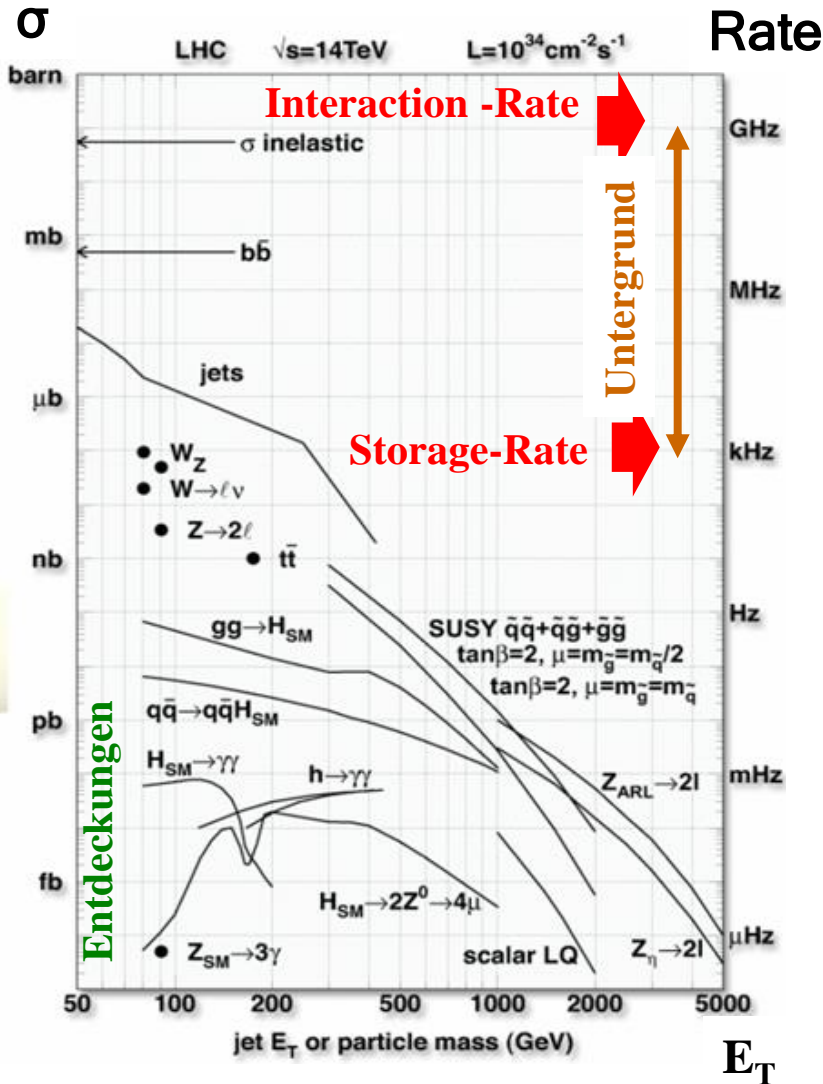
❖ Supersymmetrie sagt 4 weitere Higgs-Bosonen voraus

❖ Expertise der Dresdner Gruppe Straessner:
Supersymmetrische
Higgs-Boson-Zerfälle
mit Tau-Leptonen

❖ Bisher kein Signal weiterer
Higgs-Bosonen entdeckt

❖ Suche wird 2015 bei
doppelter Schwerpunktsenergie fortgesetzt



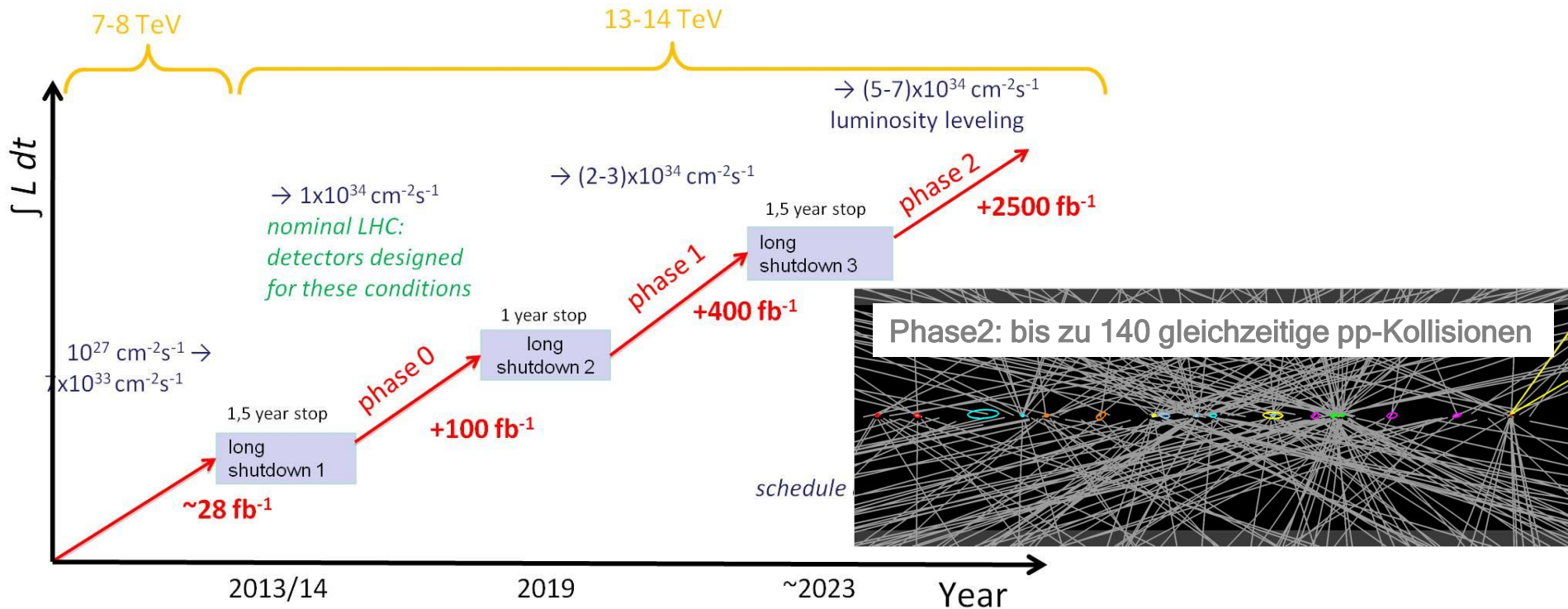


Bei Design-Luminosität:
 Strahl-Kollisionsrate: **40 MHz**
 Wechselwirkungsrate: **~ 1 GHz**
 Speicher-Rate: **~ 1000 Hz**
 → "online"-Reduzierung: 99.999%

Selektion von seltenen Ereignissen
 in extrem untergrundreicher LHC
 Umgebung

→ benötige leistungsstarken
 3-stufigen Trigger

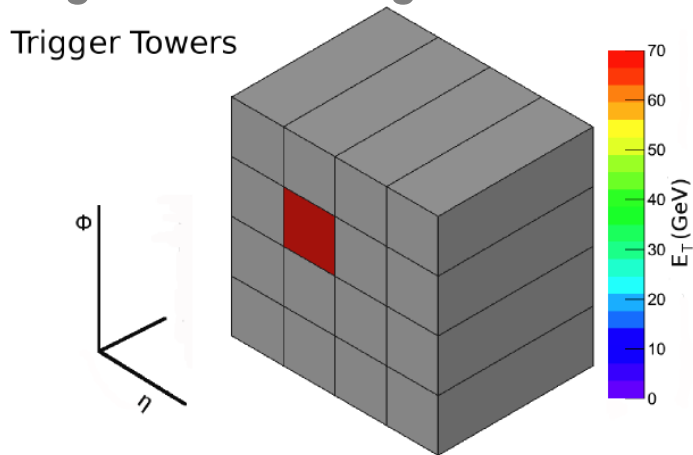
- ❖ Erhöhung der Strahlintensität (x 7) und der Datenmenge (x 5) erfordert Upgrade des ATLAS-Detektors
 - Strahlenschäden und Untergrund durch gleichzeitige pp-Kollisionen



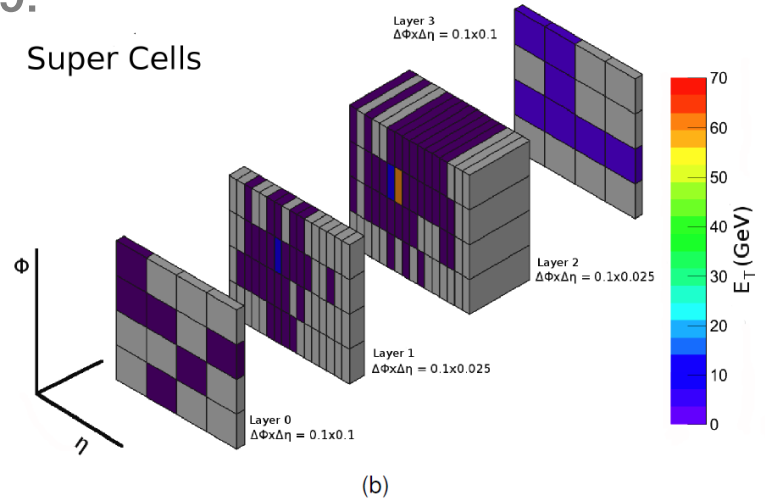


- ❖ Phase 1: Verbesserter Trigger von Teilchen mit detaillierterer Detektor-Auslese bei 40 MHz

bisheriges Elektron-Signal:



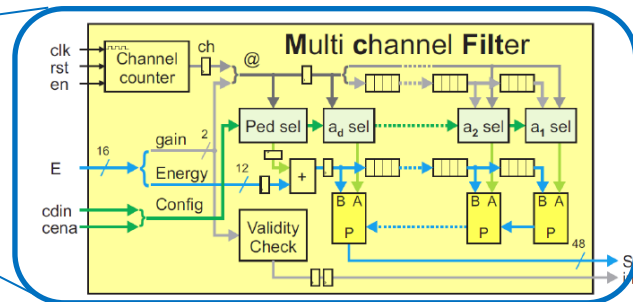
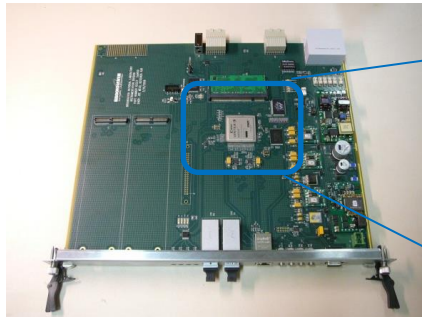
Neu ab 2019:



- ❖ Mehr Kanäle: 6000 → 60000 und höhere Genauigkeit: 10 bit → 12 bit
- ❖ Insgesamt: Echtzeitverarbeitung von 40 Tbit Daten pro Sekunde
- ❖ Phase 2 ab 2023: komplette Detektorauslese von 180000 Kanälen mit 40 MHz und 130 Tbit/Sekunde

- ❖ Untersuchung und Implementierung schneller digitaler Signalfilter mit modernsten Field Programmable Gate Arrays (FPGA)
- ❖ Kollaboration u.a. mit Institut f. Technische Informatik der TU Dresden

FPGA-
Prototyp-
Board in
ATCA-
Format



Teststand in Dresden

- ❖ Multi-Gbit Ethernet-Datentransfer mit FPGAs
- ❖ Außerdem: Teststrahlungsmessungen von Flüssig-Argon-Kalorimetermodulen bei höchsten Teilchen-Intensitäten

❖ aktuell:

❖ ATLAS Phase-2 Upgrade Convener:

Jun. Prof. A. Straessner

❖ Co-Convenerin der Physik Arbeitsgruppe für Studien der Elektroschwachen Wechselwirkungen im Standardmodell:

Dr. Anja Vest

❖ Co-Convener der Arbeitsgruppe zur Suche nach supersymmetrischen, neutralen Higgs-Bosonen:

Dipl. Phys. M. Morgenstern

❖ zuvor:

❖ Co-Convener der Arbeitsgruppe zur Tau-Lepton-Erkennung:

Dr. W. Mader



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



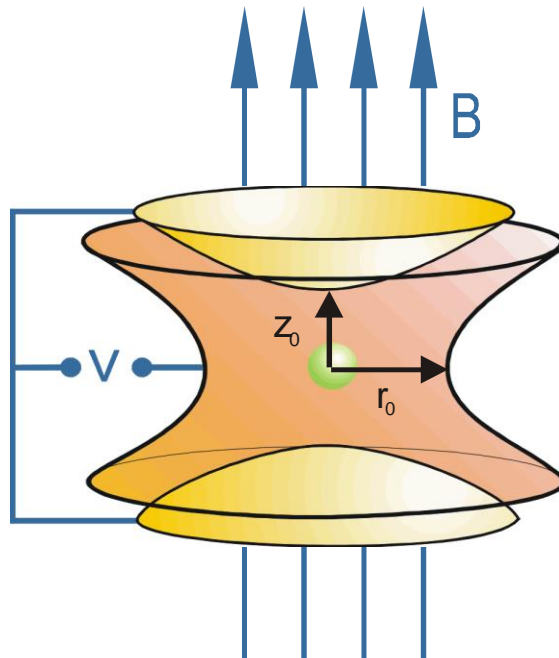
Fakultät Mathematik und Naturwissenschaften, Institut für Kern- und Teilchenphysik

ISOLTRAP

Kai Zuber
Institut für Kern- und Teilchenphysik

6. 2. 2014, CERN

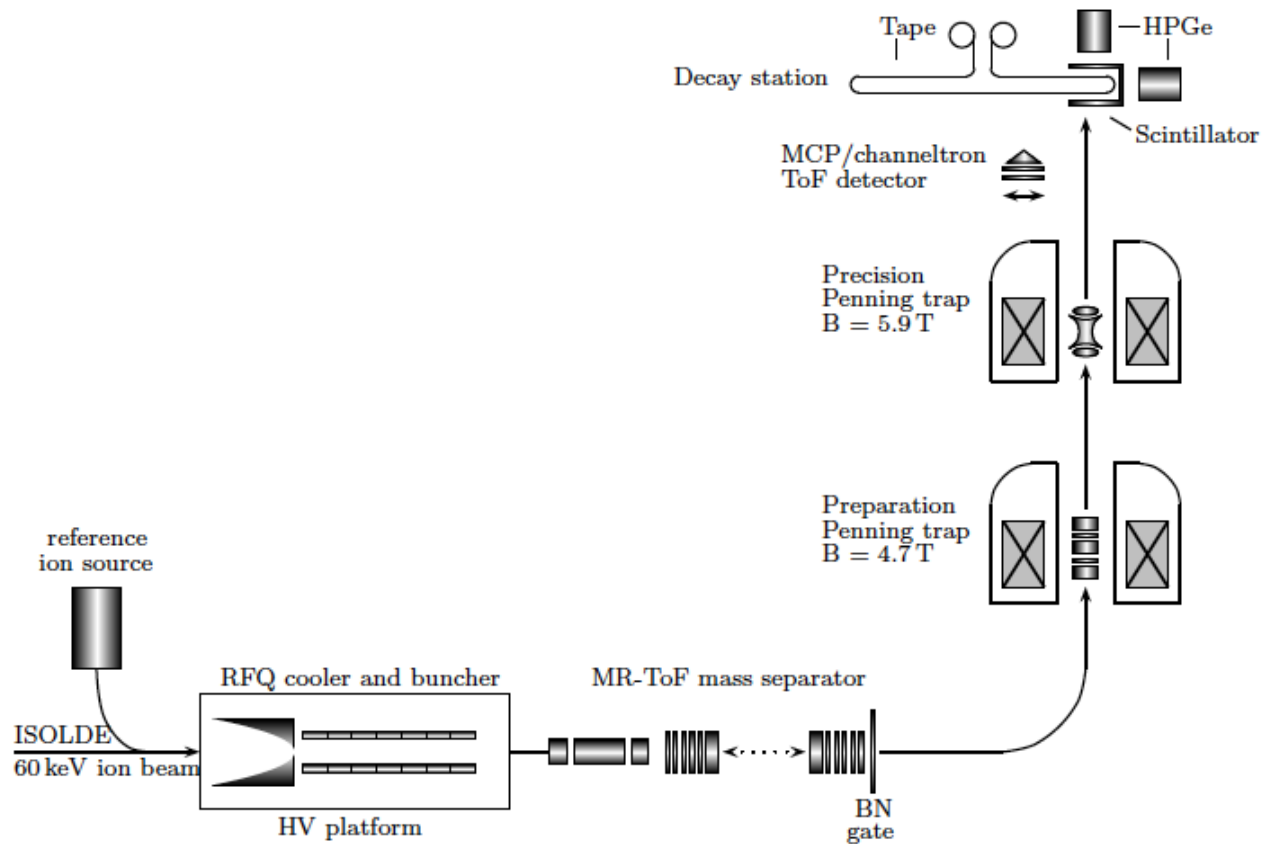
- ❖ Lehrstuhl Kernphysik ist seit Juni 2008 (Antritt Prof. K. Zuber) Mitglied der ISOLTRAP Kollaboration
- ❖ Eine Falle kann einzelne Ionen auf einer Kreisbahn speichern und ihre Masse präzise vermessen
- ❖ Massenmessung wird über Frequenzmessung realisiert



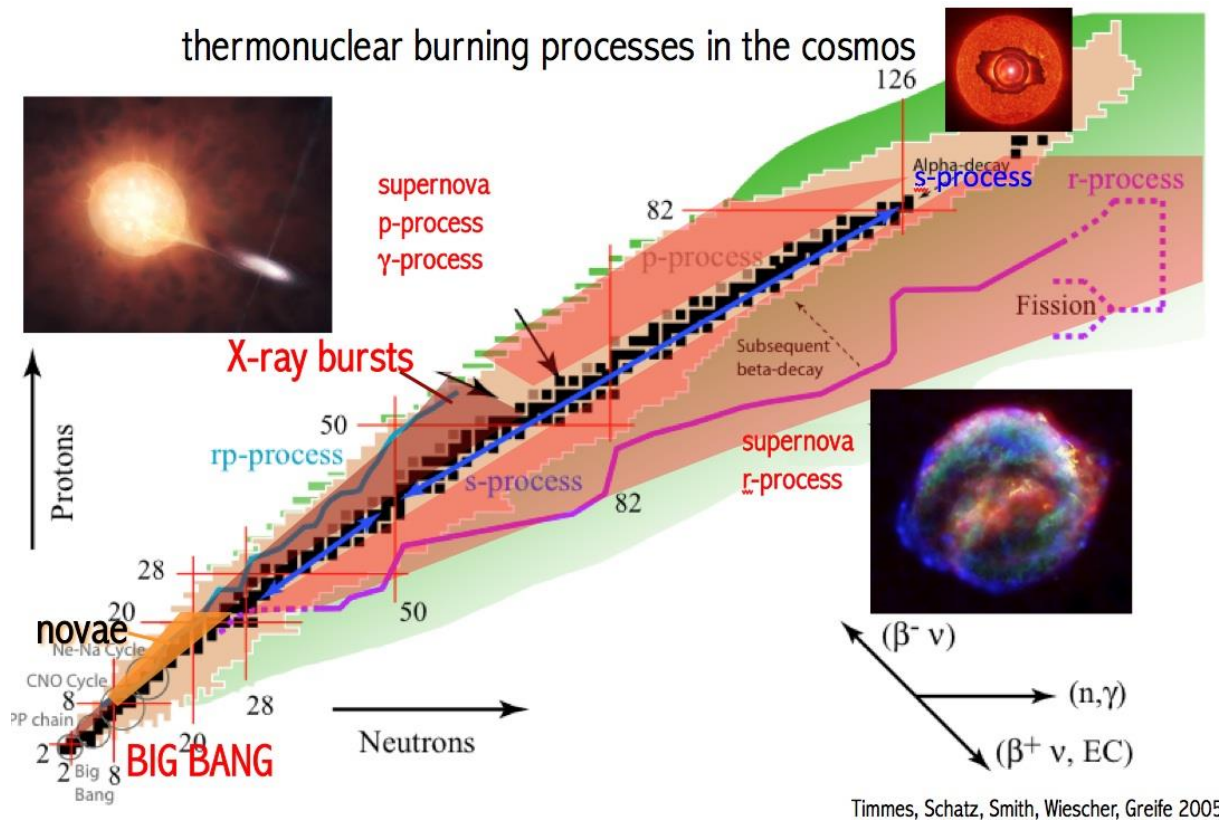
Zyklotron Frequenz:

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{q}{m} \cdot B$$

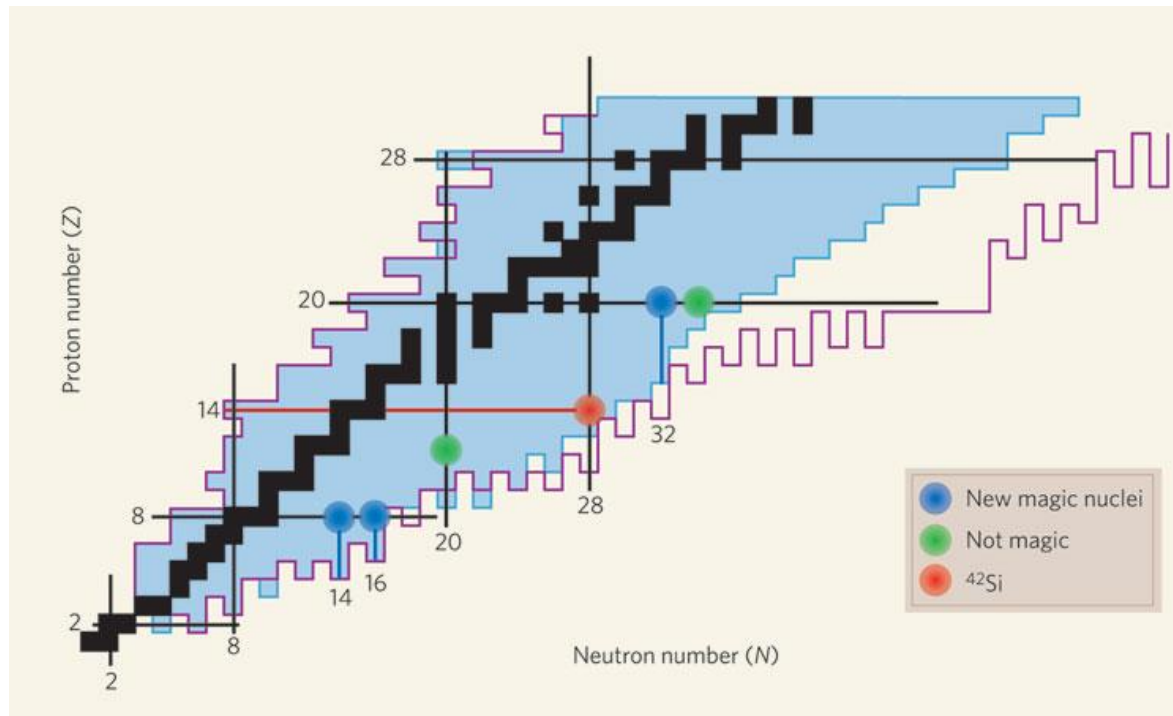
- ❖ Strahl des Proton-Synchrotrons trifft auf diverse Targets, produziert kurzlebige Nuklide fernab der Stabilität



- ❖ Die schweren Elemente oberhalb von Eisen werden durch den s- oder r-Prozess erzeugt, der genaue Pfad in der Nuklidkarte hängt von den Atommassen ab



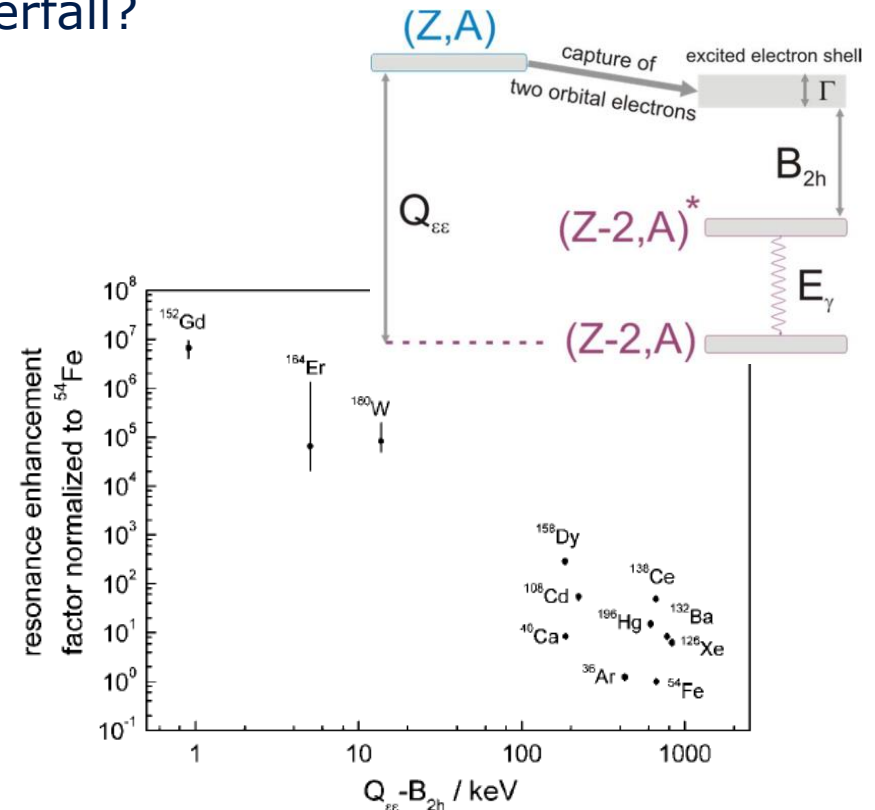
- ❖ Atomkerne haben magische Zahlen, ähnlich wie Edelgase volle Elektronenhüllen besitzen.
- ❖ Gelten diese auch fernab der Stabilität?



Janssens, Nature 435 (2005)

- ❖ Wo genau liegen die erwarteten Linien des neutrino-losen doppelten Betazerfalls?
- ❖ Gibt es resonante Erhöhungen im doppelten Elektroneneinfang?
- ❖ Gibt es Isotopenpaare mit extrem kleinem Q-Wert für die Neutrinomassen-Suche im Betazerfall?

Isotope	AME 2003 / keV	Q-values 2012 / keV
Ca-48	4272 ± 4	4262.96 ± 0.84
Ge-76	2039.006 ± 0.050	2039.006 ± 0.050
Se-82	2995.5 ± 1.9	2997.9 ± 0.3
Zr-96	3347.7 ± 2.2	3347.7 ± 2.2
Mo-100	3035 ± 6	3034.40 ± 0.17
Pd-110	2004 ± 11	2017.85 ± 0.64
Cd-116	2809 ± 4	2813.50 ± 0.13
Sn-124	2287.8 ± 1.5	2292.64 ± 0.39
Te-130	2530.3 ± 2.0	2527.518 ± 0.013
Xe-136	2462 ± 7	2457.83 ± 0.37
Nd-150	3367.7 ± 2.2	3371.38 ± 0.20



- ❖ ISOLTRAP existiert seit knapp 20 Jahren am CERN
- ❖ Gegenwärtig besteht ISOLTRAP aus 9 Gruppen aus 6 Ländern, aus Deutschland sind dies:
TU Dresden, Univ. Greifswald, GSI Darmstadt,
MPI Kernphysik Heidelberg

- ❖ Seit 2008 15 Publikationen, darunter
- ❖ 1 Nature Paper
- ❖ 5 Physical Review Letters
- ❖ 1 Physics Letters B

Dresdner Beitrag:

- Aufbau einer Gammaspektroskopie zur Unterstützung der Fallenmessungen
- Ionenoptische Simulationen

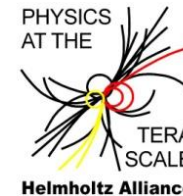
- ❖ Graduiertenkolleg GK1504 „Masse, Spektrum, Symmetrie“
(Kobel, Stöckinger, Straessner, Zuber,)



- ❖ BMBF FFSP 101 Forschungsschwerpunkt ATLAS
(Kobel, Straessner)



- ❖ Helmholtz Allianz „Physik an der Teraskala“
(Kobel, Stöckinger, Straessner)



- ❖ Helmholtz Allianz „Astroteilchenphysik“
(Zuber)



Allianz für Astroteilchenphysik

- ❖ Netzwerk Teilchenwelt



- ❖ International Masterclasses

