

# GK Blockkurs

Berlin, 19.09.2016

Particle physics outreach - telling  
(young) people what our work is all  
about



NETZWERK  
TEILCHENWELT



# Communicating Particle Physics

## ▶ Strength and Chances

- Fascination of fundamental questions
- Fascinating notions (Big Bang, Antimatter, Dark Matter, ...)
- Fascinating experiments
- Fundamental research as cultural and intellectual gain

## ▶ Challenges

- Large number of new terms
- Many new concepts and perceptions
- Many answers to never-posed questions
- Relation to everyday world to be established

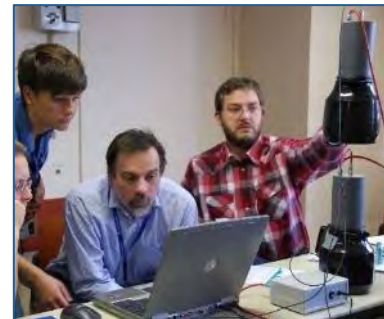
1. Netzwerk Teilchenwelt



2. Activities for students...



3. ... and teachers / educators



4. More Masterclasses



# Netzwerk Teilchenwelt

- Multi-level program for
  - high school students, aged 15-19
  - teachers/trainers
- at schools, school labs, science centers...
  - 240 events p.a.
- 26 research labs + CERN
- central organization: TU Dresden
- Bringing data from LHC experiments and from astroparticle physics to schools
  - Since 2010: ATLAS and CMS
  - Since 2011: ALICE, CosMO and Kamiokanne
  - Since 2013: LHCb
  - Since 2014: Auger MC (own development)
  - Since 2014: participation in IceCube MC



- Data analysis (HEP)
- Detectors
- Int. Masterclasses
- Teachers training



# Our Concept

High school students and teachers are „scientists for one day“

- as close as possible to current research
  - experience how scientists explore nature
- own „hands-on“ activities
  - hear → forget // see → remember // do → understand

Get insight into scientific research process

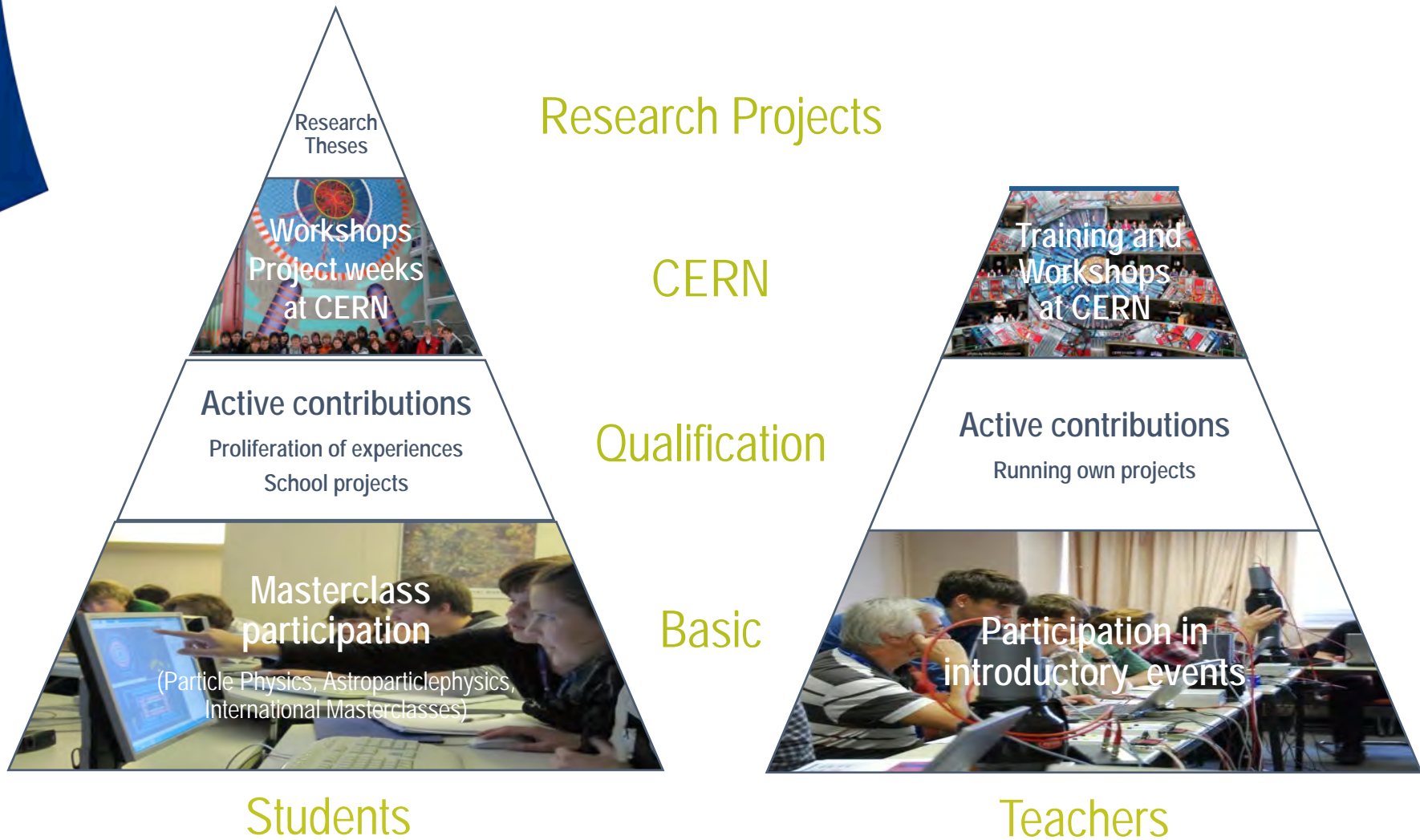
- use the same tools and methods like scientists
- interplay between theory & experiment
- direct contact with (young) physicists

→ stimulate students´ interest in physics

→ raise fascination for particle physics

→ understand fundamental research as fundamental knowledge for society

# Four Levels of Activities



# Particle Physics Masterclasses

- 1 day in schools, also school labs, exhibitions (~ 125 p.a.)
- facilitators = mostly PhD students
- agenda:
  - introductory talk (standard model, accelerators, detectors)
  - measurement with LHC data using event displays (ATLAS, CMS, ALICE, LHCb)
- tasks: identify events, create histograms, data quality investigation
- possibly also for teachers



# Example: Analysis with real LHC data

[www.physicsmasterclasses.org/index.php?cat=physics](http://www.physicsmasterclasses.org/index.php?cat=physics)



ATLAS

- W path ( $W^+/W^- + H \rightarrow WW$ )
- Z path ( $Z, Z', \dots$ )



CMS

- $J/\psi$  data quality
- W, Z, H analysis



ALICE

ALICE

- Strange Particles
- Modification Factor  $R_{AA}$



LHCb

- Charm lifetime

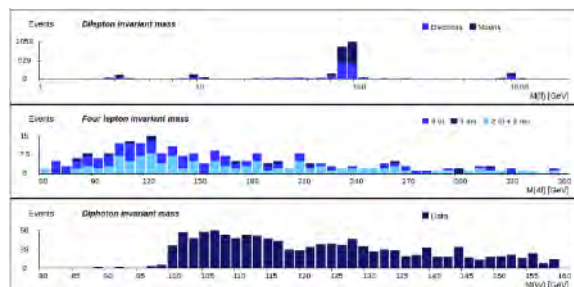
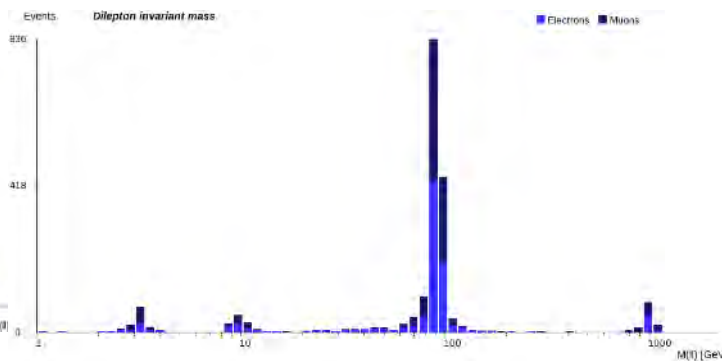
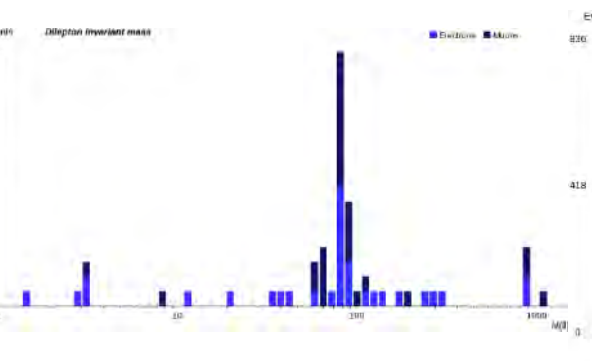
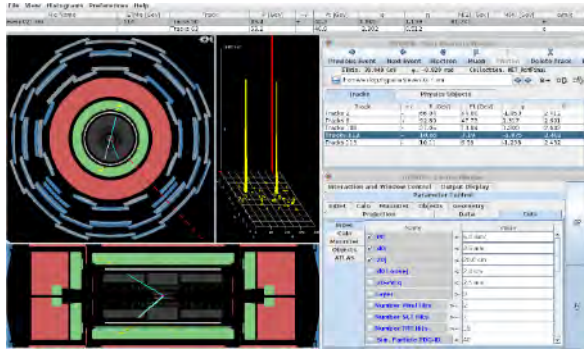
- Rich spectrum of tasks
  - Check data quality
  - Event displays, identify particles
  - Histograms (Mass, angles)
  - Draw conclusions
- Freely accessible for education purposes
- Continuously following research progress
  - 2012: simulated Higgs events
  - 2013: real Higgs candidates



# ATLAS Z path

<http://atlas.physicsmasterclasses.org/en/zpath.htm>

- 1) Identify events:  $ll$ ,  $4l$ ,  $\gamma\gamma$
- 2) Calculate invariant mass
- 3) Upload results
- 4) Combine results, discuss, interpret



$ll \rightarrow$  Measure mass and width of known particles:  $Z^0, J/\psi, Y$

$\rightarrow$  Search for new force / new gauge boson –  $Z'$

$4l, \gamma\gamma \rightarrow$  Provide insight into the process of discovering the Higgs at CERN

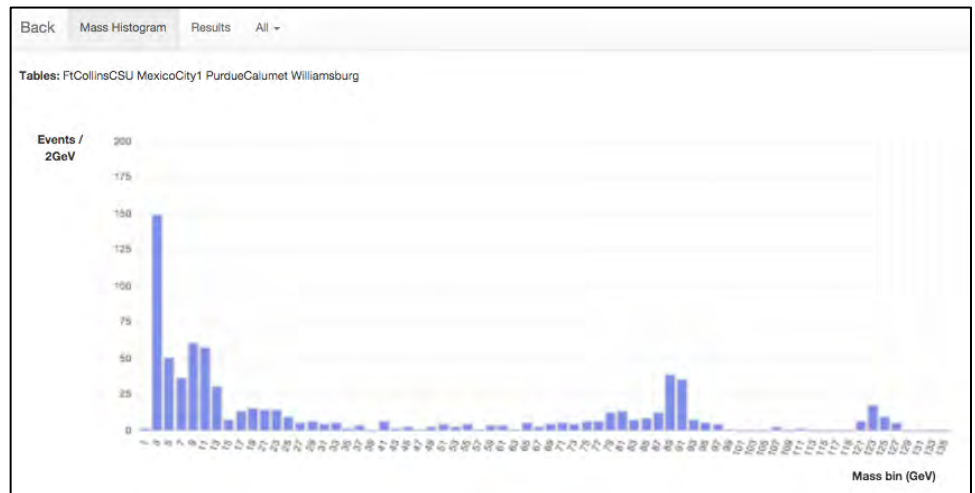
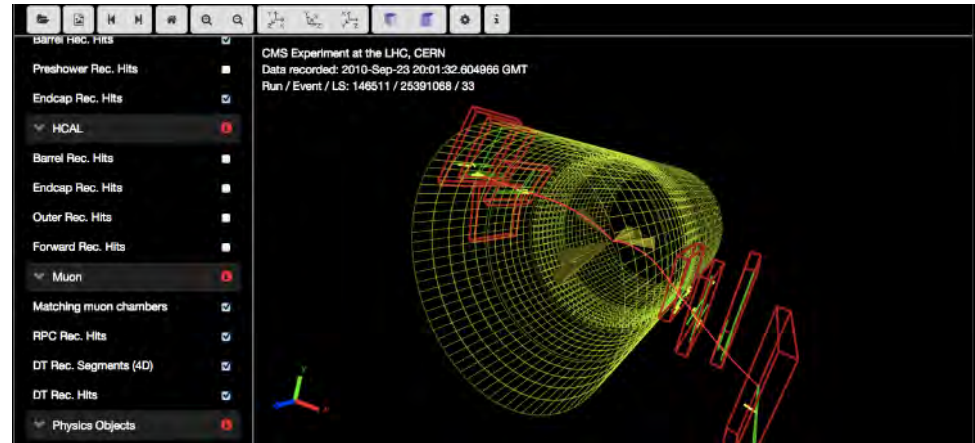
$\rightarrow$  Explain concepts of statistics, modeling, signal significance

19/09/16

# CMS WZH measurement

<https://quarknet.i2u2.org/page/cms-masterclass-2016-documentation>

- 3D event display
- Students characterize W, Z, and Higgs candidates
- Create mass plot of standard model particles that decay into 2 leptons, plus Higgs
- Ratios  $W^+/W^-$ ,  $e/\mu$
- 3000 events – with misfits, surprises, interpretation



# Astroparticle Projects

## Scintillator experiment „CosMo“ and „Kamiokanne“

- loan to schools (after teachers training)
- Variety of measurements:
  - angular distribution
  - coincidence
  - muon lifetime (2 signals within 20  $\mu\text{s}$ )
  - study particle showers

Cloud chamber sets

Web experiments

- Auger data
- New portal: cosmic@web at DESY 2016

International Cosmic Day



Kamiokanne



Scintillator experiment



Cloud chamber

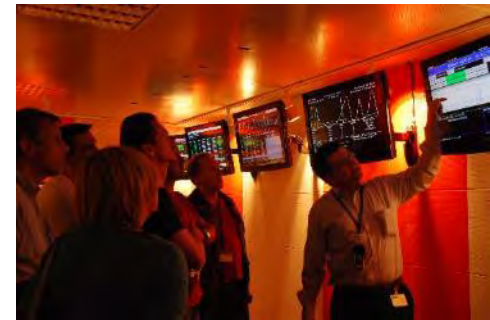
# Workshops + Project Weeks at CERN

## Students

- 60 s. in two annual workshops (4 days)
- 10 s. in project weeks
  - own research projects, e.g. Medipix detector, CLOUD, ATLAS trigger system, lifetime B-Meson, LHC beam steering, ASACUSA, track finding, ...

## Teachers

- 40 t. in two annual workshops (5 days)
  - big motivation for activities
  - very effective training for teachers in modern physics

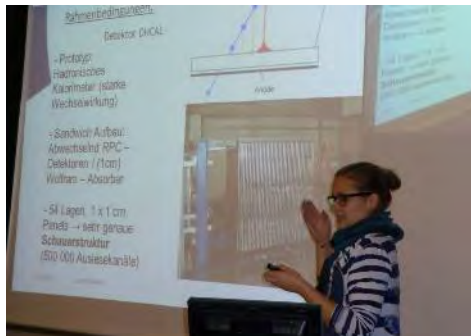


# Research Projects



2015 : „Untersuchungen der Fragmentationen und Entstehungsprodukte von Antiproton-Titankern-Kollisionen sowie Annihilationen in Photoplatten“ und „Untersuchungen der Teilchenproduktionen und -bahnen bei der Injektion von Antiprotonen im AD“

- research projects for 3 -10 months
- often part of final school examinations
- work on own measurements, possible continuation at project week
- tutors: PhD students/ physicists at universities and teachers
- Several awards (2-4 per year!)
  - „Jugend forscht“
  - Dr. Hans Riegel-Fachpreis
  - Von Ardenne Physikpreis



[www.teilchenwelt.de/  
mitmachen/jugendliche/projekt-  
fach-und  
forschungsarbeiten/](http://www.teilchenwelt.de/mitmachen/jugendliche/projekt-fach-und-forschungsarbeiten/)

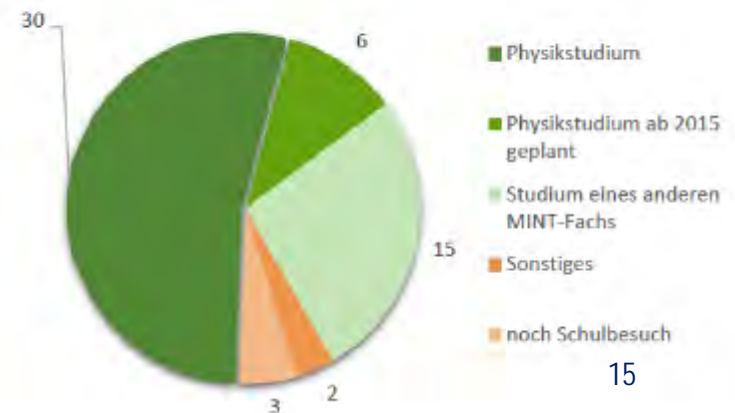


# Student Alumni

- > 100 participants of CERN Workshop
- own activities
- yearly meeting
- evaluation in July 2014:
  - Consolidating decision to study physics: „NTW helped me a lot in deciding to study physics. I learned how exciting physics can be, outside of school.“
  - 2/3 studying physics



Wie ist Deine derzeitige Ausbildungssituation?



# Material development

- Supporting material for facilitators and teachers
- Particle Profiles
- Background information and worksheets
- Freely available as
  - Printed versions
  - Download as pdf

[www.teilchenwelt.de/material](http://www.teilchenwelt.de/material)



**UP-ANTIQUARKS**  
NACHWEIS: 1969

ANTIMATERIETEILCHEN

Masse: 2 MeV/c<sup>2</sup>  
Elektrische Ladung: -2/3  
Starke Ladung: antirot, antigrün, antiblau  
Schwache Ladung: -1/2

Mittlere Lebensdauer: unbegrenzt

**CHARM-ANTIQUARKS**  
NACHWEIS: 1974

ANTIMATERIETEILCHEN

Masse: 1300 MeV/c<sup>2</sup>  
Elektrische Ladung: -2/3  
Starke Ladung: antirot, antigrün, antiblau  
Schwache Ladung: -1/2

Mittlere Lebensdauer: 10<sup>-12</sup> s

**TOP-ANTIQUARKS**  
NACHWEIS: 1995

ANTIMATERIETEILCHEN

Masse: 173 000 MeV/c<sup>2</sup>  
Elektrische Ladung: -2/3  
Starke Ladung: antirot, antigrün, antiblau  
Schwache Ladung: -1/2

Mittlere Lebensdauer: 6 · 10<sup>-25</sup> s

**ANWENDUNGEN DER TEILCHENPHYSIK MEDIZIN**

**Positronen-Emissions-Tomographie (PET)**  
Die PET ist eine Diagnosemethode, mit der sich unter anderem Tumore sichtbar machen lassen. Hierbei wird dem Patienten eine Flüssigkeit gespritzt, die Positronen aussendet (ein Selen-Platz-Strahl). Dabei handelt es sich um eine spezielle Zuckerverbindung, in der Fluor-Atome durch das radioaktive Isotop <sup>18</sup>F ersetzt wurden (Fluor-Desoxyglucose). Da Tumorzellen mehr Zucker verbrauchen als gesunde Zellen, sammelt er sich insbesondere in Tumorgewebe.

**Tumorthherapie mit Hadronen**  
Heute werden hauptsächlich drei Methoden verwendet: um Krebs zu behandeln: Operation, Chemotherapie und Strahlentherapie. Bei der herkömmlichen Strahlentherapie werden Tumore mit hochenergetischen Photonen oder Elektronen bestrahlt. Diese ionisieren auf ihrem Weg durch den Körper Moleküle in den Zellen, was wiederum chemische Reaktionen auslöst, welche die Zellen abtöten oder sie an der Teilung hindern. Obenliegende Strahlungsleistung wirkt auf den Tumor fokussiert, spart die Behandlung auch gesunde Zellen – insbesondere, wenn der Tumor tief unter der Haut liegt. Eine neuartige Form der Strahlentherapie, die am GSI Helmholtzzeitraum für Schwerionenforschung GmbH in Darmstadt entwickelt wurde, verwendet Hadronen (Protonen oder andere Ionen). Hierbei lässt sich gezielt einstellen, wie tief die Teilchen ins Gewebe eindringen sollen, bevor sie den Großteil ihrer Energie abgeben. So kann gesundes Gewebe geschont werden.

• Abb. 1: Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

**DER ATLAS-DETEKTOR**  
ARBEITSGIATT 3: ZUSAMMENFASSUNG

**1a. Kollisionspunktstruktur**

Teilchenstrahl  
Physikalische Größe  
Beschreibung des Detektors

**1b. Übergangskollisionspunkte**

Teilchenstrahl  
Physikalische Größe  
Beschreibung des Detektors

**2a. Elektronenproduktions-Kollisionsstruktur**

Teilchenstrahl  
Physikalische Größe  
Beschreibung des Detektors

**2b. Hadronische Kollisionsstruktur**

Teilchenstrahl  
Physikalische Größe  
Beschreibung des Detektors

# LEIFI Physics Portal



[www.leifiphysik.de/themenbereiche/teilchenphysik](http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/teilchenphysik)

- Hosting Largest German Physics Portal for schools
- Netzwerk Teilchenwelt: Correction and Update particle physics section

Wechselwirkung	Starke Wechselwirkung	Schwache Wechselwirkung	Elektromagnetische Wechselwirkung	Gravitation
Beispiele für Wirkung	Zusammenhalt des Protons	Betazerfall: Ein Proton wandelt sich in ein Neutron um (oder umgekehrt). Kernfusion: In der Sonne verschmelzen vier Protonen zu einem Heliumkern.	Magnetismus, Licht, ... Chemische Bindungen, Photofest	Anziehung zwischen Massen, Schwerkraft, Umlauf der Planeten um
Reichweite	$10^{-16}$ m (Protonendurchmesser)	$10^{-18}$ m ( $\frac{1}{1000}$ Protonendurchmesser)	unbegrenzt	unbegrenzt
Botenteilchen	Gluonen	$W^+$ , $W^-$ , $Z^0$	Photon	
Ladung	Starke Ladung (Farbladung)	Schwache Ladung	Elektrische Ladung	
Kopplungsstärke/konstante	$\alpha_g \approx \frac{1}{6}$	$\alpha_w \approx \frac{1}{30}$	$\alpha_{em} \approx \frac{1}{137}$	$\alpha_g \sim 10^{-44}$

## Photon - das Botenteilchen der elektromagnetischen Wechselwirkung

Das Botenteilchen der **elektromagnetischen Wechselwirkung** ist das **Photon**.

Die folgende Animation soll die elektromagnetische Wechselwirkung zwischen zwei geladenen Elementarteilchen durch den Austausch von Photonen darstellen.



Grundwissen | Versuche | Aufgaben | Ausblicke | Geschichte | Weiterführende Links

● Mehr anzeigen

Die 12 Bausteinteilchen lassen sich zunächst in drei Generation (oder auch: Familien, in der Tabelle rechts die drei Spalten) einteilen. Die drei Generationen beinhalten jeweils sehr ähnliche Teilchen, lediglich die Masse der Teilchen ändert sich zwischen den Generationen erheblich.

Am geläufigsten sind die Mitglieder der 1. Generation in der 1. Spalte, denn sie sind die Grundbausteine der Materie, mit der man gewöhnlich in Berührung kommt: Für den Aufbau der Nukleonen und somit des Atomkerns dienen die Quarks  $u$  und  $d$ ; von den Leptonen gehört zur 1. Generation das Elektron  $e$ , das die Hülle eines Atoms ausbildet sowie das nahezu masselose Elektron-Neutrino  $\nu_e$ , das von den  $\beta$ -Zerfällen her bekannt ist und auch in großer Zahl von der Sonne zur Erde gelangt.

Die Mitglieder der 2. und 3. Generation in der 2. und 3. Spalte lösen nur unter extremen Bedingungen auf wie sie z.B. in Teilchenbeschleunigern oder in den oberen Schichten unserer Atmosphäre herrschen, wo die kosmische Strahlung auf Teilchen in unserer Atmosphäre trifft. Die Mitglieder der 3. Generation besitzen im Vergleich zu ihren Verwandten eine sehr große Masse und können daher nur in Teilchenbeschleunigern nachgewiesen werden, denn man benötigt sehr hohe Energien um diese Teilchen zu erzeugen.

Man kann die 12 Teilchen aber auch nach ihrer Ladung in verschiedene Gruppen einteilen (in der Tabelle rechts die drei Zeilen), wodurch ein erstaunlich übersichtliches Schema entsteht. Je höher die Teilchen in der Tabelle stehen, desto mehr unterschiedliche Ladungen besitzen sie:

- Die **elektrisch neutralen Leptonen** in der untersten Zeile tragen lediglich eine **schwache Ladung**. Somit werden sie "nur" von der **schwachen Wechselwirkung** beeinflusst und tauschen "nur" die Botenteilchen  $W^+$ ,  $W^-$  und  $Z^0$  aus.
- Die **elektrisch geladenen Leptonen** in der mittleren Zeile tragen zusätzlich eine **elektrische Ladung**. Somit werden sie auch von der **elektromagnetischen Wechselwirkung** beeinflusst und tauschen neben  $W^+$ ,  $W^-$  und  $Z^0$  auch **Photonen** als Botenteilchen aus.
- Die **Quarks** in der obersten Zeile schließlich tragen auch noch eine **starke Ladung**. Sie werden also zusätzlich von der **starken Wechselwirkung** beeinflusst und tauschen somit außer Photonen und  $W^+$ ,  $W^-$  und  $Z^0$  **Gluonen** als Botenteilchen aus.

Das gleiche Bild ergibt sich für die jeweiligen Antiteilchen, hier sind lediglich alle Ladungen umgekehrt, statt einer elektrischen Ladung von  $+\frac{2}{3}$  trägt das

1. Generation

Quarks

2. Generation

Quarks

3. Generation

Quarks

stark  
elektromagnetisch  
(Photon)

Elektrisch geladene Leptonen

Elektrisch neutrale Leptonen

Übersicht über die Bausteinteilchen der **Materie**

# New Teaching Material

[www.teilchenwelt.de/tp](http://www.teilchenwelt.de/tp)



- particle physics for schools, comprising > 300 pages of texts, exercises and work sheets on:
  - Interactions, charges and particles
  - Research methods in HEP
  - Cosmic rays
  - Micro courses
- Establishing a standardized terminology
- distributed to teachers free of charge
- Vol. 3 and 4 available, Vol. 1 and 2 will be printed soon
- Training for teachers planned from 2017 on



# More Masterclasses...

## Netzwerk Teilchenwelt

- Local Masterclasses in DE
- ~ 125 Masterclasses / year
- Scientist → school
- Multi-level programme
- [www.teilchenwelt.de](http://www.teilchenwelt.de)

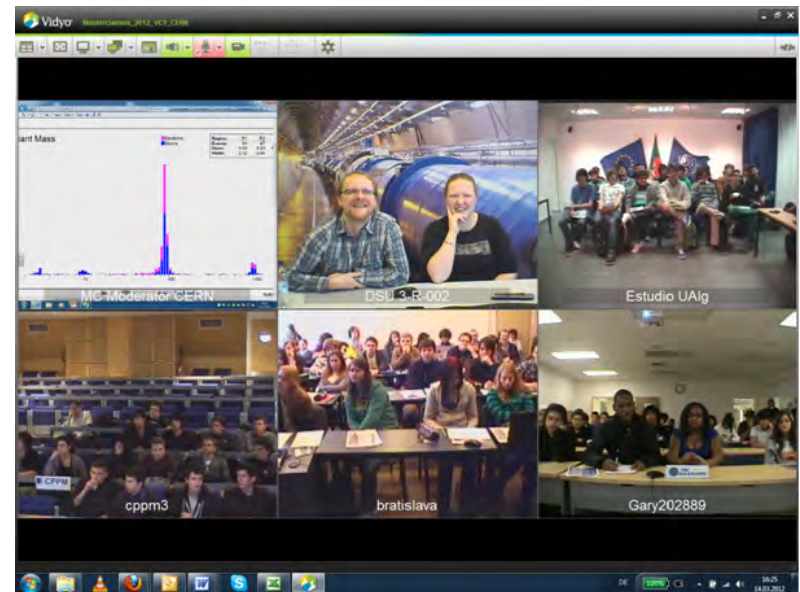
## International Masterclasses

- Worldwide, 46 countries
- ~ 260 Masterclasses / year
- High school students → lab
- Video conference with CERN or Fermilab
- [www.physicsmasterclasses.org](http://www.physicsmasterclasses.org)



# Concept of IMC

- High school students (15 – 19) are „scientists for one day“
- Get invited to a research institute or university
- Introductory talks (standard model, detectors, accelerators)
- 2 h measurement with LHC data
- International video conference (3 – 5 inst. + CERN/Fermilab)
- Students = international collaboration



# International Masterclasses 2016

- Organized by IPPOG (*International Particle Physics Outreach Group: independent group of outreach representatives from countries at CERN*)
- 11.2. - 23.3.2016
- 46 countries involved



Coord.: QuarkNet / TU Dresden



- 42 institutes
- 48 Masterclasses
  - 35 CMS
  - 13 ATLAS

19/09/16 • 22 video conf. with Fermilab

- 170 institutes
- 246 Masterclasses
  - 134 ATLAS
  - 56 CMS
  - 32 LHCb
  - 24 ALICE
- 54 video conf. with CERN

# How you can contribute

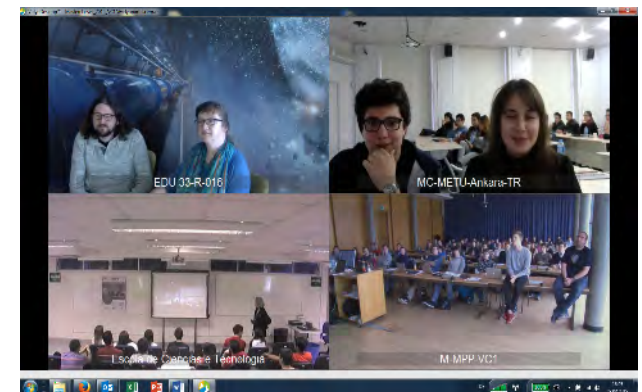
## Netzwerk Teilchenwelt facilitator (Vermittler)

- Hold a Masterclass in a school
  - or a cosmic ray project
  - Supervisor of student's research project
- commitment is acknowledged with certificates (and fee)

## International Masterclass:

- tutor at your institut
- Moderator at CERN

## Supervisor for research projects



# Training for facilitators

PhD students, Diploma and Master students

- facilitate Masterclasses and Cosmic Projects in schools

2,5 days workshops

- exchange of experience
- training in didactics + science communication
- Presentation training with video recording





# Why you should contribute

- ▶ You fundamentally improve your soft skills
  - communication
  - presentation
- ▶ Your commitment is acknowledged with a certificate (→ CV)
- ▶ You get a fee
- ▶ You help to motivate the next generation of scientists (and tax-payers)
- ▶ Funding agencies: Outreach is a basic part of research (expected in grant applications)
- ▶ Knowledge generated in fundamental research should be transferred to the public



# How I benefited from contributing

- ▶ Learned a lot about presentations in general
- ▶ Got in contact with my old school again
- ▶ Learned how to explain my research for non-physicists (came in handy in interviews for grants and talking to my parents)
- ▶ Large number of public talks, workshops and certificated for CV
- ▶ Helped finance my studies
- ▶ Welcome distraction from everyday's work and I enjoyed working with young students

# Benefits for all stakeholders

## Students

- Inspired and fascinated by doing own measurements/research
- Meeting scientists (role model)
- Direct contact to research labs
- Alumni organisation

## Teachers

- Training
- Exchange with colleagues and scientists
- Encouragement to include particle physics in school
- Material for lessons



# Benefits for all stakeholders

## Facilitators

- See the relevance of their work to society
- Soft skills: science communication, didactics
- Training provided (2.5 d workshop)
- Broader view: (particle – astro, theory – experiment)

## Research labs

- Increased public appreciation and visibility
- Contact to future students
- Support (experiments, material, organisation, ...)





# Conclusion

▶ Coming back to our concept:

▶ hear → forget // see → remember // **do → understand**

▶ We invite you (especially from Berlin) to participate in the Netzwerk Teilchenwelt

[www.teilchenwelt.de](http://www.teilchenwelt.de)

[www.physicsmasterclasses.org](http://www.physicsmasterclasses.org)

ORIGINALSCHAUPLATZ



SCHIRMHERRSCHAFT



PROJEKTLEITUNG



GEFÖRDERT VOM

