

OUTREACH DES CRC-110

What we did and what remains ...

May 25, 2024 | Christoph Hanhart | IAS-4, Forschungszentrum Jülich



OUTLINE

- The program of the previous 12 years
 - Physics Show (Herbi Dreiner)
 - School kid and teacher academies
- Perspectives - what remains?
- A spin off ...



PHYSICS SHOW



Physics show Musical: Planetamos (Physical), March 2023, Tübingen

- **By students for school kids** and interested adults
- **various live experiments** embedded into a story board

H. K. Dreiner *et al.*, "What's (the) Matter?", A Show on Elementary Particle Physics with 28 Demonstration Experiments," arXiv:1607.07478 [physics.pop-ph]



PHYSICS SHOW



New show: Far From Home, September 2023, Bonn

- Different formats: **musical, movie style, christmas version**
- by and with students **of different levels**
 - Bachelor
 - Master
 - PhD
- with **high level of commitment**
- typically **"sold out" quickly** (note: free of charge)



26+1 PHYSICS SHOWS OUTSIDE BONN!



visiting China (2016)

Particle Physics Show: Oxford, London (2014); Copenhagen, Odense (2015); Padua, Trieste (2016); Valencia, Barcelona (2017); Lisbon, Madrid, Mainz (2018); Amsterdam, Aachen, Freiburg (2019)

Other shows: Göttingen, Munich (2013); DESY HH (2014); Oberhausen, Leverkusen (2015); Geneva, Utrecht (2016); Bad Kreuznach, Hannover, DESY HH (2017); Geneva (2018); Hannover (2019)



SCHÜLERAKADEMIE: GENERALITIES

TEILCHENPHYSIK

5. Schülerakademie (11.10.-14.10.2022)
Science College Overbach, Jülich
Für interessierte Schülerinnen & Schüler der Klassen 10-13

Wie funktioniert die Welt bei kleinsten Abständen?
Was wissen wir (und woher) - und vor allem: Was wissen wir nicht?

Anmeldung und nähere Informationen:
<http://crc.hiskp.uni-bonn.de>

Bildnachweise: © Forschungszentrum Jülich, © CERN, © DESY, © NASA

DFG

- in the NRW autumn school break
- Science College Overbach, Jülich-Barmen
everything in one campus
- about 25 participants from all over Germany (mainly NRW)
- similar shares male/female (no selection!)
- usually twice overbooked
- local costs fully covered by DFG



SCHÜLERAKADEMIE: PROGAM

Focus on **theory**

- day 1
 - Belle Master Class (R-ratio) (Jan-Eric Heinrichs & Dominik Köhler)
- day 2
 - Talk: The strong interaction (CH)
 - Demonstration experiments (Herbi - connection to Physics show)
 - Talk: Introduction to numerics (Deborah)
 - Excursion to FZJ: COSY & super computer (local staff)
- day 3
 - Talk: Is life on Earth an accident? (Andreas Wirzba)
 - Talk: Introduction to string theory (Kilian Bönisch)
 - Talk: QCD Exotics (CH)
 - Working on the projects (Leon von Detten & Joseline Heuer /
CH / Norman Neitz)
- day 4
 - Working on the projects + short presentations



PROJECTS



- Project I
Introduction to quantum mechanics



- Project II
What is scientific?



- Project III
Numerical simulations
Mercury's perihelion motion with V-Python

C. Körber, I. Hammer, J.-L. Wynen, J. Heuer, C. Möller and C. Hanhart, "A primer to numerical simulations: the perihelion motion of Mercury," *Physics Education*, Volume 53, Number 5.



COMMENTS



- A lot of personel: 16
- no fee
costs 2022: 7500 Euro
- At least three rooms
- group found together nicely
- very positive feed back

Teachers course: 1 full day

- locations: Jülich, Munich, Bochum, Bonn (2x) (all German nodes)
- participants from the region
- a few talks as before (+ typically 2-3 locals by local experts)
- Demonstration experiments

We had 5 school kid and 5 teacher courses during the CRC funding periods



PERSPECTIVES

- **Physics show**

Now part of **CRC NuMeriQS**

Start 4/2024; potentially until 3/2036

- **Mercury project**

in collaboration with **David Borgelt (Münster)**

Converted into master class (run by “Netzwerk Teilchenwelt”)

- **Talks on strong interaction**

part of outreach program of cluster application **Color meets Flavor (CmF)**



A SPIN OFF



- Idea: January 2020
- Start: April 2020
- Published: September 2023
- **English version in the making**

Part of the series *Faszinierende(s)
Physik, Chemie, Gehirn*

Concept:

- **Pair of pages per topic**
- **As self-contained as possible**
- From the **elementary to nuclei**



MY CO-AUTHORS



Philip Bechtle
Experimental
particle physics
Bonn



Herbi Dreiner
Theoretical
particle physics
Bonn



Florian Bernlochner
Experimental
particle physics
Bonn



Josef Jochum
Experimental
neutrino physics
Tübingen



Kristin Riebe
Astrophysics,
outreach
Potsdam



Jörg Pretz
Experimental,
hadron physics
Jülich/Aachen



FOR WHOM?

- Interested non-physicists 10th grade up
- Teachers interested in the background of what is in the books
- People working in outreach looking for inspiration
- Science journalists asking for background information



CONTENT

Basics

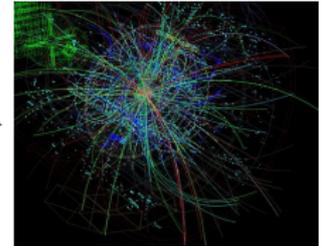
- **The world of particles** What is particle physics ...
- **General foundations** basics of quantum mechanics ...
- **Experimental foundations** how an accelerator works
- **Theoretical foundations** fermions and bosons, QFT ...
- **Detectors and accelerators** [accel. in medicine](#), typical detectors,...
- **Basics of data analysis** determination of uncertainties ...

Advanced material

- **The Standard Model** electro-weak interaction, SSB, ...
- **The strong interaction** Confinement, from nucleons to nuclei, ...
- **Successes of the SM** precision experiments ...
- **Limits of the SM** dark energy and matter, all this an accident? ...
- **Searches for BSM** supernovae as particle physics labs, ...
- **Connection between the largest and the smallest** baryogenesis, ...



THE LHC - FROM THE *H*-BOTTLE TO COLLISIONS



APPLICATION: PROTON THERAPIE



May 25, 2024

Slide 15117

A TYPICAL DOUBLE PAGE

274

10 Die Grenzen des Standardmodells

Ist das Leben auf der Erde ein Zufall?

Verstehen wir, warum Leben entstehen konnte?

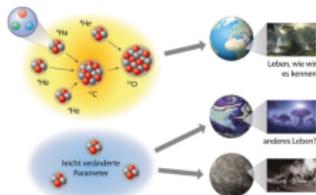
Basierend auf Darwins Evolutionstheorie wird häufig diskutiert, ob die Entstehung von Leben durch zufalls-gesteuerte Mutationen realistisch ist. Schließlich ist die Bildung von komplexen Molekülen, die dafür notwendig sind, bereits extrem unwahrscheinlich. Allerdings gibt es im Universum sehr viele Planeten – und es gibt ja auch Gewinner im Lotto. So ist es doch zumindest nachvollziehbar, dass Leben auf der Erde (und vielleicht sogar nicht nur auf der Erde – wer weiß?) entstehen konnte. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit, auf die die Überschrift abzielt, eine andere.

Der Zufall, der dort gemeint ist, bezieht sich auf den Teil dieser Fragestellung, der die Teilchenphysik berührt: Wie wahrscheinlich ist die Entstehung von Leben oder besser von Bedingungen, in denen Leben

entstehen kann, wenn man annimmt, dass die Parameter des Standardmodells zufällige Werte haben? Oder anders formuliert: Wie besonders ist unser Standardmodell mit genau den gemessenen Werten der Parameter? Das ist in der Tat eine sehr relevante Fragestellung. Wenn z.B. die Massen der leichten Quarks nur um wenige Prozent anders wären, gäbe es in Sternen keine hinreichende Produktion von Kohlenstoff und/oder Sauerstoff und Leben in der Form, wie wir es kennen, wäre im Universum unmöglich (Elemententstehung in Sternen ¹). Die Erde wäre dann vermutlich nicht der wunderbare Ort, der sie ist, sondern ein eher unfruchtbarer, ungestalteter Gesteinsbrocken. Ein weiteres Beispiel aus dieser Kategorie ist die Dunkle Energie (²) – der noch völlig unverständliche Mechanismus, der das Universum auseinandreibt. Hätte dieser früher die Dynamik im Universum dominiert, dann hätte eventuell die Zeit nicht ausgereicht, Strukturen wie Galaxien und Planetensysteme zu bilden.

Das anthropische Prinzip erlaubt einen anderen Blick auf die Zusammenhänge. Es besagt im Kern, dass die Parameter der fundamentalen Wechselwirkungen so sein müssen, wie sie sind, damit Leben überhaupt entstehen konnte und jemand (wir Menschen!) die Entstehung des Lebens hinterfragen kann. Daraus

Illustration zum Einfluss von Kohlenstoffproduktion in Sternen auf das Leben auf der Erde.



Elemententstehung in Sternen → S. 308
Dark Sector: Dunkle Energie → S. 270

Ist das Leben auf der Erde ein Zufall?

275

kann man ableiten, dass eine Frage nach der Wahrscheinlichkeit von Leben nicht sinnvoll ist, da Leben ja offensichtlich entstanden ist und somit der möglicherweise sehr unwahrscheinliche Fall eingetreten sein muss.

Ein wichtiger Forschungsschwerpunkt der modernen Teilchenphysik ist, Hinweise darauf zu finden, welche fundamentalere Theorie sich hinter dem Standardmodell „versteckt“. Diese sollte dann idealerweise die Probleme des Standardmodells lösen (Warum wir weitersuchen ³) und auch Einblicke darüber liefern, wieso z.B. die Quarkmassen genau die Werte annehmen, die sie haben und eben nicht leicht andere.

Im Lichte dieser Diskussion kann man die Frage, mit der dieser Artikel überschrieben ist, umformulieren: Kann man verstehen, warum die Parameter des Standardmodells genau die Werte annehmen, die Leben ermöglichen? Eine ganz besondere Würze bekommt diese Diskussion im Licht der anerkanntermaßen recht schwachen experimentellen Evidenz⁴ dafür, dass die fundamentalen Parameter der Physik orts- oder zeitabhängig sein könnten. Sollte sich dies bestätigen, würde dies die Art, wie wir über das Universum nachdenken, revolutionieren. Die Frage nach den Werten der Parameter lautet dann nicht mehr: „Warum haben die Parameter die Werte, die sie haben“, sondern vielmehr müsste man sagen: „Leben ist in der Zone und dem Zeitpunkt des Universums entstanden, an dem die fundamentalen Parameter des Standardmodells in den geeigneten Wertebereichen lagen.“ Das wirkt gleich-



Diese Spiralgalaxie ist hunderte Millionen Lichtjahre von uns entfernt und nur eine von unzähligen Galaxien im Universum. Wäre die Dunkle Energie im frühen Universum stärker gewesen, hätten sich Strukturen wie diese vermutlich nicht bilden können. Dann wären auch wir Menschen gar nicht existieren.

zeitig die spannende Frage auf, wie wohl die anderen Bereiche des Universums aussehen. Eine alternative, prinzipiell denkbare Erklärung, die keine Feinabstimmung der Parameter in unserem Universum braucht, wären auch Multiversen. In diesem Szenario existiert eine große Zahl von Universen parallel, gefertigt von verschiedenen Sätzen von fundamentalen Parametern. Dann lebten wir eben in dem Universum, das unser Leben erlaubt. Leider ist es nicht klar, ob es überhaupt möglich ist, diese Theorie oder besser Hypothese jemals zu testen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wissen wir die Antwort auf die zentrale Frage dieses Artikels noch nicht – und auch nicht, ob wir diese je finden werden. Das sollte uns jedoch nicht vom Suchen danach abhalten.

¹ z. B. R. N. Cahn 1996, *Reviews of Modern Physics*, 68, 951, doi:10.1093/revmod/phys/68/951

² z. B. J. K. Webb et al. 2011, *Indications of a spatial variation of the fine structure constant*, *Physical Review Letters*, 107, 151001, doi:10.1093/physrevlett/107/151001

Warum wir weitersuchen → S. 254



SUMMARY AND OUTLOOK

- We had a very successful outreach program within the CRC
(even reaching out to China)
- Some aspects have a longer term perspective
- We may discuss, if there is the need to improve outreach in China
- For me this project provided a lot of fun
 - I gained a broader view on physics

.... thanks a lot for your attention

