

Neuigkeiten vom Komitee für Beschleunigerphysik

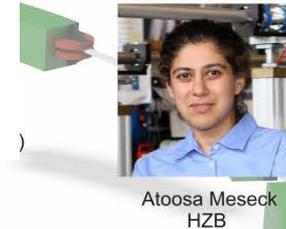
➤ **Aktivitäten**

- Zusammensetzung und Neuwahl
- Kommunikation: Neue Webseiten
- Öffentlichkeitsarbeit: Flyer und Broschüre
- Strategie und Perspektivenworkshop
- Beschleunigerpreise in Verbindung mit der DPG

➤ **Neuigkeiten von den „großen“ Anlagen**

Neuwahl
Ende 2016

Amtsperiode
2014 - 2016



Mitglieder des Komitees



Wahlbriefe verschickt, Einsendeschluss 16.12.2016
Herzlichen Dank an PT-DESY für die Unterstützung!

Legitimiert durch die Neuwahl im Oktober 2013

Neue Webseiten: www.beschleunigerphysik.de

MENÜ



Die **Vertretung** deutscher Beschleunigerphysikerinnen und -physiker nach außen.

| | |
|-----------------|----|
| Wer und wozu? | ① |
| Satzung | §§ |
| Wahlen | ✉ |
| Kandidaten 2016 | ✉ |
| Sitzungen | ✕ |



Die **Interessengemeinschaft** deutscher Beschleunigerphysikerinnen und -physiker.

| | |
|-------------------|---|
| Wer und wozu? | ① |
| Registrierung | 👤 |
| Vollversammlungen | ✕ |

| | |
|-------------------------|---|
| Weblinks | 📄 |
| Impressum & Datenschutz | @ |

NACHRICHTEN

24. November 2016

WAHLEN 2016

Wahlunterlagen zur KfB-Wahl 2016 versendet.

Darin sind alle 403 Mitglieder des Forums Beschleunigerphysik aufgefordert, Ihre Wahlentscheidung postalisch bis zur Eingangsfrist, dem 16. 12. 2016 um 12:00 Uhr, mitzuteilen. Vorstellungen der Kandidaten für die verschiedenen Wahlkreise finden Sie unter KfB / Kandidaten 2016.

ANSTEHENDE TERMINE

16. Februar 2016 (TU Darmstadt)

VOLLVERSAMMLUNG

Vollversammlung des Forums Beschleunigerphysik an der TU Darmstadt

Beginn: 16. Februar 2017, 16:00 Uhr

Ort: TU Darmstadt (Raum wird noch bekanntgeben)

**FORUM
BESCHLEUNIGER-
PHYSIK**

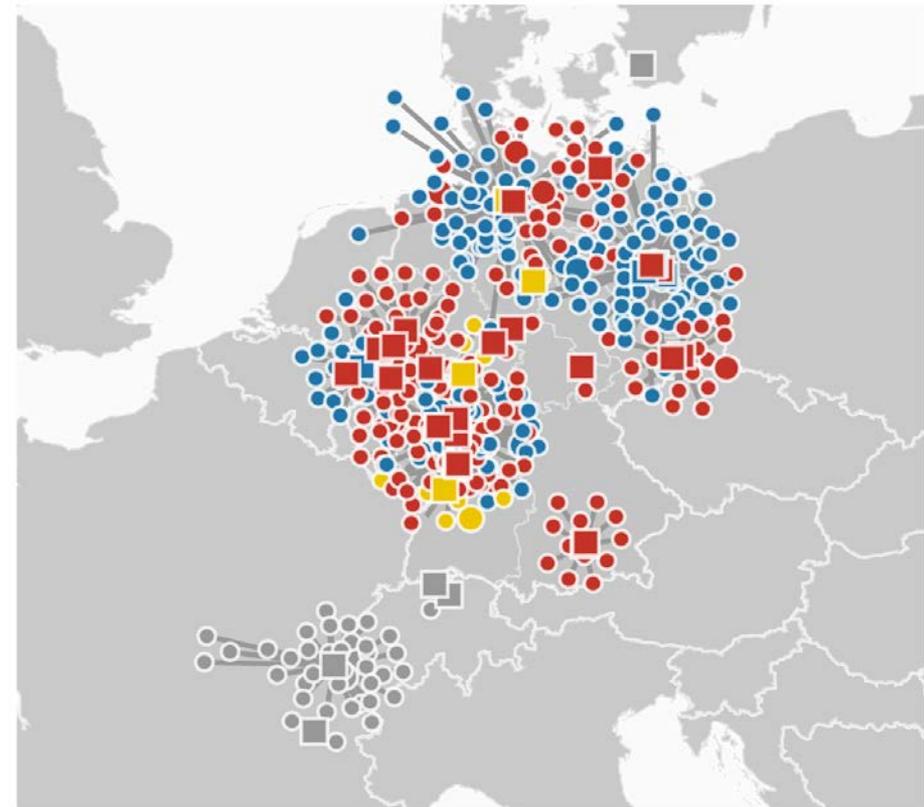


WER UND WOZU?

Das FORUM BESCHLEUNIGERPHYSIK ist eine **Interessengemeinschaft** der in der deutscher Beschleunigerphysik Tätigen. Das FORUM dient dem **wissenschaftlichen Austausch** und der **Vorbereitung von Forschungsverbänden**.

MITGLIEDER DES FORUMS

Derzeit gehören dem Forum Beschleunigerphysik 403 Personen an.



Jeder Kreis steht für ein Mitglied des FORUM BESCHLEUNIGERPHYSIK.

Öffentlichkeitsarbeit: Flugblatt

Auflage #10.000

Seit fast einem Jahrhundert werden mit Teilchenstrahlen hoher Energie die fundamentalen Bausteine und Kräfte in der Natur erforscht. Als eigenständige Disziplin spielt die Beschleunigerphysik eine entscheidende Rolle in vielen modernen Forschungsbereichen.

Röntgen- und Teilchenstrahlen vernichten Tumorgewebe. Die Erforschung von Proteinen mit Synchrotronlicht hilft, Krankheiten zu verstehen und Medikamente zu entwickeln.

Elektronenspeicherringe erzeugen Synchrotronlicht hoher „Brillanz“ vom fernen Infrarot bis in den Röntgenbereich zur Erforschung atomarer Strukturen.

Beschleunigerphysik ist ein spannendes, anspruchsvolles und dabei noch relativ anschauliches Teilgebiet der Physik. Schon während der Masterarbeit kann man lernen, eine kilometergroße Maschine eigenverantwortlich zu bedienen.

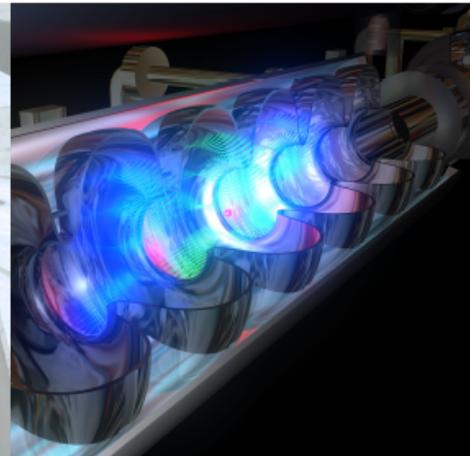
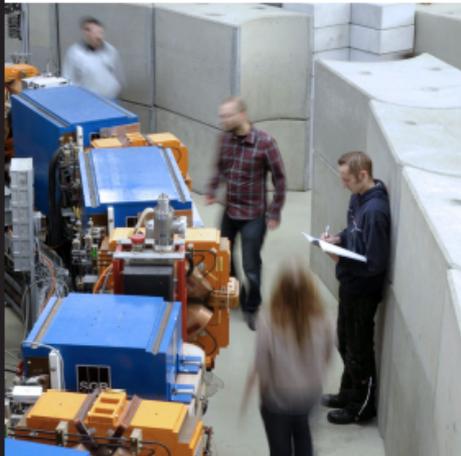
Zurzeit finden spannende Entwicklungen statt. Mit Freielektronen-Lasern konnte die Intensität von Röntgenblitzen milliardenfach gesteigert werden. Auch völlig neuartige Konzepte zur Beschleunigung von Teilchen zeigen enorme Fortschritte.

Die Beschleunigerphysik ist mit vielen anderen Gebieten aus Wissenschaft und Technik eng verknüpft. Dies betrifft sowohl die Nutzung der Teilchenstrahlen (z. B. Kern-, Teilchen- und Festkörperphysik, Biologie und Medizin) als auch die verwendeten Technologien (z. B. Vakuum- und HF-Technik, Supraleitung, IT und Laserphysik).

Als Beschleunigerphysiker/In ist man Teil einer weltweiten Gemeinschaft. Viele Großprojekte wie der Röntgenlaser European XFEL in der Metropolregion Hamburg oder das FAIR-Projekt an der GSI Darmstadt sind internationale Kollaborationen.

Die Entwicklung, der Bau sowie der Betrieb einer Beschleunigeranlage erfordert hochqualifiziertes Personal. Der Bedarf steigt.

BESCHLEUNIGER-
PHYSIK IN
DEUTSCHLAND



Herausgegeben vom
Komitee für Beschleunigerphysik
www.beschleunigerphysik.de



Entwurf:
S. Kahn, A.-S. Müller
Finales Layout und Druck:
DESY, Hamburg

Öffentlichkeitsarbeit: Flugblatt

Auflage #10.000

BESCHLEUNIGER
SCHAFFEN ERKENNTNIS

BESCHLEUNIGER
RETTEN LEBEN

BESCHLEUNIGER
SIND BRILLANT

BESCHLEUNIGER
SIND SPANNEND

BESCHLEUNIGER
SIND AKTUELL

BESCHLEUNIGER
SIND INTERDISZIPLINÄR

BESCHLEUNIGER
SIND INTERNATIONAL

BESCHLEUNIGER
BIETEN PERSPEKTIVEN

BESCHLEUNIGERPHYSIK IN DEUTSCHLAND



+ Beschleuniger im Ausland
mit deutscher Beteiligung
an der Grundfinanzierung

BESCHLEUNIGERPHYSIK AN UNIVERSITÄTEN (eine Auswahl)

HU Berlin (A)
www.physik.hu-berlin.de/forschung

Uni Bonn (B)
www-elsa.physik.uni-bonn.de

TU Darmstadt (C)
www.tem.tu-darmstadt.de
www.kp.tu-darmstadt.de

TU Dortmund (D)
www.delta.tu-dortmund.de

Uni Frankfurt (E)
www.uni-frankfurt.de/fb13/1ap

Uni Hamburg (F)
www.beschleunigerphysik.desy.de

KIT Karlsruhe (G)
las.physik.kit.edu

Uni Mainz (H)
www.kph.uni-mainz.de

LMU München (I)
www.physik.uni-muenchen.de

Uni Rostock (J)
www.lef.uni-rostock.de

Uni Siegen (K)
www.uni-siegen.de/physik

BESCHLEUNIGERSCHULEN

CERN Accelerator School
cas.web.cern.ch

Joint Universities Accelerator School
juas.in2p3.fr

BESCHLEUNIGERANLAGEN (eine Auswahl)

ANKA (1)
Synchrotronlichtquelle am
KIT Karlsruhe
www.kit.edu

BESSY (2)
Synchrotronlichtquelle am
Helmholtz-Zentrum Berlin
www.hzb-berlin.de

COSY (3)
Kühlensynchrotron für polarisierte Protonen/
Deuteronen am Forschungszentrum Jülich
www2.fz-juelich.de/kp

CSR, TSR (4)
Ionenbeschleuniger am
MPI für Kernphysik Heidelberg
www.mpi-hd.mpg.de

DELTA (5)
Synchrotronlichtquelle an der
TU Dortmund
www.delta.tu-dortmund.de

DORIS, FLASH, PETRA III, European XFEL (6)
Synchrotronlichtquellen und Freie-Elektronen-
Laser bei DESY bzw. European XFEL in
der Metropolregion Hamburg
www.desy.de, www.xfel.eu

ELBE (7)
Freie-Elektronen-Laser am Helmholtz-
Zentrum Dresden-Rossendorf
www.hzdr.de

ELSA (8)
Elektronenspeicherung an der Uni Bonn
www-elsa.physik.uni-bonn.de

ESRF (4+)
Europäische Synchrotronstrahlungsquelle
in Grenoble/Frankreich
www.esrf.eu

HIT (9)
Ionenstrahl-Therapiezentrum
an der Uni Heidelberg
www.klinikum.uni-heidelberg.de

ISOLDE, LEIR, CTF, SPS, LHC (4+)
Beschleunigerkomplex am CERN
bei GenÈve/Schweiz
www.cern.ch

MAMI - RIMI-3, HDGM (10)
Elektronenbeschleuniger (Mikrotrons)
an der Uni Mainz
www.kph.uni-mainz.de

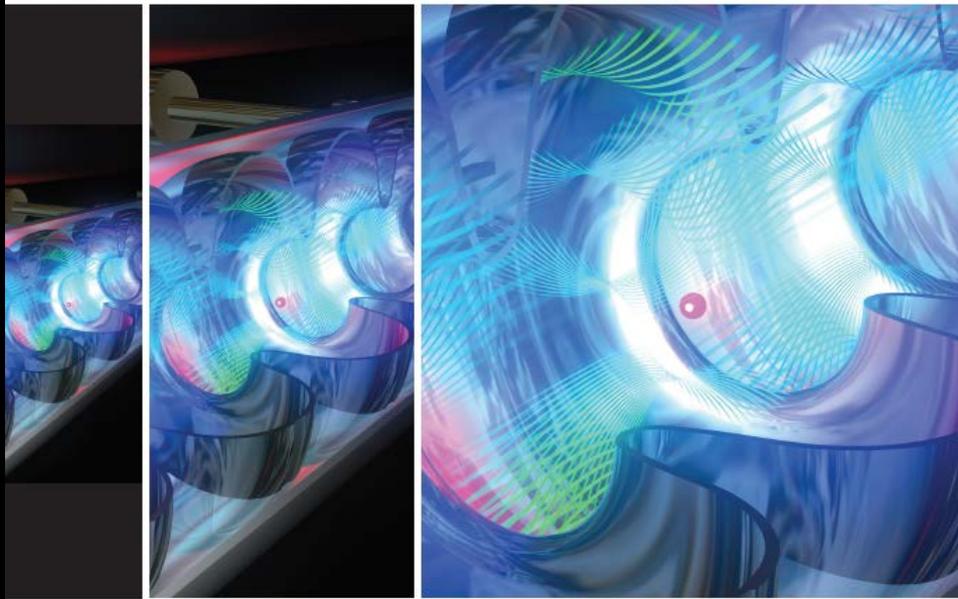
MLS (11)
Synchrotronstrahlungsquelle der
Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
www.ptb.de/mls

S-DALINAC (12)
Supraleitender Elektronenbeschleuniger
an der TU Darmstadt
www.kp.tu-darmstadt.de

UNILAC, SIS, ESR, FAIR (13)
Schwerionenbeschleuniger
an der GSI Darmstadt
www.gsi.de

Entwurf:
S. Kahn, A.-S. Müller
Finales Layout und Druck:
DESY, Hamburg

Neue Broschüre des KfB:



BESCHLEUNIGER für Teilchen, Wissen und Gesellschaft

Komitee für Beschleunigerphysik



Wolfgang Hillert ist Vorsitzender des Komitees für Beschleunigerphysik und des Arbeitskreises Beschleunigerphysik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Zudem hat er die technische und wissenschaftliche Leitung des Elektronenbeschleunigers ELSA an der Universität Bonn inne.

Das Komitee für Beschleunigerphysik KfB vertritt die deutschen Beschleunigerphysikerinnen und -physiker gegenüber politischen und wirtschaftlichen Organisationen sowie der Öffentlichkeit. Das Komitee fördert zudem den Kontakt und die Zusammenarbeit innerhalb der Gemeinschaft der Beschleunigerphysikerinnen und -physiker. Es besteht aus insgesamt 11 Mitgliedern, die an deutschen Universitäten, Helmholtz-Zentren, sonstigen deutschen Forschungseinrichtungen oder ausländischen Instituten mit deutscher Beteiligung tätig sind. Die Mitglieder werden für eine Dauer von drei Jahren durch die im Forum registrierten Beschleunigerphysikerinnen und -physiker in geheimer Wahl bestimmt. Das Komitee wurde im Jahr 2011 gegründet und Ende des Jahres 2013 neu gewählt.

WIE FUNKTIONIEREN BESCHLEUNIGER?

WER BRAUCHT BESCHLEUNIGER?

2-3 Vorwort

4-5 Stimmen

Von der Teilchen-
quelle bis zum
Teilchenfänger

Was womit wozu
beschleunigen?

Die Energie
beschleunigter
Teilchen

10-11

14-15 Elektrische Kräfte
Teilchen Belen machen

16-17 Magnetische Kräfte
Ablenkungsmanöver

18-19 Linear- und Ringbeschleuniger
Gerade oder rund?

20-21 Technologien
»Geht nicht« war gestern

22-23 Alternative
Beschleunigungstechnologien
Kompakte Konzepte

26-27 Beschleuniger für die
Industrie

28-29 Medizin

30-33 Forschung mit Neutronen

34-37 Forschung mit Photonen

38-41 Kernphysik

42-45 Teilchenphysik

Man lernt auch was Elementares ...

VON DER TEILCHENQUELLE BIS ZUM TEILCHENFÄNGER

Im Detail können sich Beschleuniger stark voneinander unterscheiden, doch die Funktion zentraler Komponenten ist fast überall gleich.



TEILCHENQUELLE

Die Reise der Teilchen startet an der Quelle. Hier werden Strahlen von Elektronen, Protonen oder Ionen erzeugt. Oft sind viele Milliarden Teilchen zu Paketen gebündelt.

Quelle für Elektronen [DESY]



BESCHLEUNIGUNGSELEMENTE

Die Beschleunigung der Teilchen erfolgt in metallischen Hohlräumen, in denen elektrische Kräfte schnell schwingen. Von diesen werden die Teilchen mitgerissen wie Surfer auf einer Wasserwelle.

Beschleunigungselement aus supraleitendem Niob [DESY]



FOKUSSIERMAGNETE

Fokussiermagnete sorgen dafür, dass die Teilchen in den Teilchenpaketen nicht auseinanderfliegen. Sie wirken wie eine Sammellinse und bündeln die Teilchenpakete ähnlich, wie eine Lupe Licht fokussiert.

Vierpoliger Fokussiermagnet [European XFEL]



ABLENKMAGNETE

Ablenkmagnete bringen die Teilchen auf kreisförmige Bahnen. Damit lassen sich ringförmige Beschleuniger realisieren, oder die Teilchen können nach getaner Arbeit aus dem Beschleuniger gelenkt werden.

Zwei-poliger Ablenkmagnet [DESY]



KONTROLLRAUM

Beschleuniger für die Wissenschaft laufen 24 Stunden am Tag, sieben Tage die Woche. Im Kontrollraum kümmern sich Expertenteams im Schichtbetrieb darum, dass alles reibungslos vonstatten geht.

LHC-Kontrollraum [CERN]



VAKUUMRÖHREN

Um Kollisionen mit Luftmolekülen zu vermeiden, bewegen sich die Teilchen in Vakuumröhren. In einigen Beschleunigern wird ein besseres Vakuum erreicht als das Vakuum in unserem Sonnensystem.

Vakuumröhren [MAMI]



TUNNEL

Beschleuniger werden oft in Tunneln errichtet. Das liegt an ihrem großen Platzbedarf. Zudem bieten Beton und einige Meter Erdrich ausreichenden Schutz vor entstehender Strahlung.

Beschleunigertunnel [European XFEL]



TEILCHENFÄNGER

Wenn die Reise der beschleunigten Teilchen zu Ende geht, werden sie zur Entsorgung in dicke Materieblöcke – meist aus Grafit – gelenkt. Dort geben die Teilchen ihre Energie als Wärme frei.

Die Abzweigung zum Teilchenfänger von FLASH [DESY]



... Kernphysik ...



28

Beschleuniger für die

KERNPHYSIK

Mit Beschleunigern werden Atomkerne und exotische Kernmaterie vermessen. Genaue Daten aus der Kernphysik helfen auch der Industrie und Medizin.

Im Jahr 1911 untersuchte Ernest Rutherford, wie sich Alphateilchen verhalten, wenn man sie auf eine dünne Goldfolie schießt. Obwohl er drei Jahre zuvor den Chemie-Nobelpreis erhalten hatte, war ihm zunächst nicht klar, was er da tat.

Rutherford wusste nicht, dass Alphateilchen die Kerne der Heliumatome sind. Damals waren Atomkerne noch unbekannt. Man ging davon aus, dass Atome aus gleichmäßig verteilter, positiv geladener Masse bestehen, in der sich – wie in einem Rosinenkuchen – negativ geladene Elektronen befinden. Erst Rutherfords clevere Analyse des Goldfolien-Experiments zeigte, dass in der Mitte eines jeden Atoms ein winziger, schwerer Kern zu finden ist. Mittlerweile wissen wir: Die Kerne bestehen aus Protonen und Neutronen, die wiederum aus Quarks und Gluonen zusammengesetzt sind.

Rutherford nutzte Alphateilchen aus einer natürlichen Quelle. Diese Quellen reichten jedoch bald nicht mehr aus; künstlich beschleunigte Teilchen wurden für die Kernphysik immer wichtiger.

Das Wort «Kernphysik» mag bei einigen Gähnen hervorrufen. So schon in Friedrich Dürrenmatts «Physiker Kernphysiker im Innertaus» Hiroshima und Nagasaki wurden durch Kernenergie (und menschlichen Willen) zerstört. Ebenso Unbehagen weckt der Gedanke an die Kernkraftanlagen in Tschernobyl und Fukushima, auch wenn der ursprüngliche Zweck hier zivilisierter war.

Doch Kernphysik ist auch Kernspintomografie (MRT) und Positronen-Emissions-Tomografie (PET). Wir unerwartet detaillierte Aufnahmen aus dem menschlichen Körper; Kernphysik ist Ionen- und Protonentherapie zur Zerstörung von Krebszellen; Kernphysik ist die Altersbestimmung mit der C-14-Methode für die Archäologie, Geologie und Umweltphysik; ohne Kernphysik wüssten wir auch nicht, wie komplexe chemische Reaktionen – etwa die Photosynthese – vorstatten gehen.

© Spektromerhalle am Mainzzer Mikrotron des Instituts für Kernphysik der Universität Mainz (paw)

29

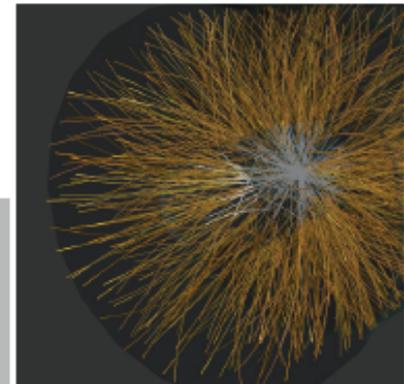
| | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 107 Bh Bhorkium | 108 Hs Hassium | 109 Mt Meitnerium | 110 Ds Darmstadtium | 111 Rg Roentgenium | 112 Cn Copernicium |
|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|

© In Superman an der GSI-Beschleunigeranlage wurden die sechs neuen Elemente 107 bis 112 entdeckt.

© Im Jahr 2010 wurde das sechste bei GSI nachgewiesene Element auf den Namen Copernicium getauft. (paw)



© Kollision von Blei-Ionen, aufgenommen vom LHC-Superkollider ALICE (paw)



BEISPIELE AUS DER FORSCHUNG

Ob extreme Zustände wie kurz nach dem Urknall oder die Entstehung der Elemente in Sternexplosionen – Kernphysik hat das Winzige und das Riesige im Blick.

Entdeckung neuer Elemente

Am GSI Helmholtz-Zentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt forschen Weltmeister – Weltmeister der Erzeugung schwerer Atomkerne. Dazu werden natürlich vorkommende Atomkerne bei hohen Energien verschmolzen. So konnten bei GSI bereits sechs bis dato unbekannte schwere Elemente erzeugt und untersucht werden.

Entstehung der Materie

Alle schweren Elemente, auch das Eisen im menschlichen Blut, sind vor langer Zeit in gewaltigen Sternexplosionen entstanden. Wie die kernphysikalischen Prozesse dahinter verstanden will, muss die Eigenschaften der vielen Zwischprodukte kennen. Doch diese sind meist sehr kurzlebig und kommen nicht natürlich auf der Erde vor. Daher werden sie mit Beschleunigern erzeugt. Dies geschieht bei GSI in Darmstadt, auch die ISOLDE-Anlage bei CERN produziert kurzlebige Atomkerne. Einige der Kernprozesse, die auch in unserer Sonne ablaufen, können nur in einer Umgebung untersucht werden, die von der kosmischen Strahlung abgeschirmt ist. Dazu werden im Gran-Sasso-Bergmassiv in Italien mit deutscher Beteiligung Beschleuniger tief unter der Erde betrieben.

Urknall und Neutronensterne

An der Grenz zwischen Kern- und Teilchenphysik werden Quark-Gluon-Plasmen erforscht. Aus dieser extrem heißen und dichten Form von Kernmaterie bestand das Universum in seinen ersten Sekundenbruchteilen. Heute findet man sie höchstens noch in Neutronensternen oder nach dem Zusammenstoß beschleunigter Atomkerne. Bei CERN werden am LHC-Beschleuniger Quark-Gluon-Plasmen wie nach dem Urknall produziert. Bei GSI wird die im Bau befindliche Beschleunigeranlage FAIR Plasmen mit hoher Dichte erzeugen, wie sie im Inneren von Neutronensternen vorkommen.



... Teilchenphysik ...

42 BESCHLEUNIGER FÜR DIE

TEILCHENPHYSIK

Das Streben der Teilchenphysik nach immer höheren Energien und intensiveren Teilchenpaketen ist seit jeher wichtige Triebfeder für die Beschleunigerphysik.



Anfang des 20. Jahrhunderts zeigte sich, wie falsch die Physik in vielen Dingen lag: Einsteins Relativitätstheorie stellte die Vorstellung von Raum und Zeit auf neue theoretische Füße und die Quantentheorie besagte, dass sich die Welt im Kleinen nicht gleichförmig und bestimmt verhält, sondern sprunghaft und zufällig. Als wäre das nicht genug, zeigten erste Experimente mit beschleunigten Teilchen, dass Atome nicht unteilbar sind, sondern aus noch kleineren Bausteinen bestehen. In Experimenten an Beschleunigern offenbarte sich im Laufe der Zeit ein ganzer Teilchenzoo, auf den man sich lange keinen Reim machen konnte. Erst in den 1960er und 1970er Jahren konnte ein Großteil der unerwarteten Erkenntnisse mit einem Satz von Theorien erklärt werden, der seither als Standardmodell der Teilchenphysik firmiert.

Dieses Standardmodell entpuppte sich als Meisterwerk, das allen bisherigen experimentellen Überprüfungen bestens gewachsen war. Doch theoretische Überlegungen zeigen, dass das Modell nicht der Weisheit letzter Schluss sein kann: Bei hohen Energien kommt es zu logischen Ungereimtheiten; es beschreibt weder die Gravitation, noch kann es die drei anderen Grundkräfte (die starke, schwache und elektromagnetische Kraft) zu einer einzigen Theorie vereinen; auch sagt es nichts dazu, woraus der überwiegende Teil der Masse im Universum besteht (Dunkle Materie) und wieso sich das Universum ausdehnt (Dunkle Energie). Nichtsdestotrotz: Beschleuniger um Beschleuniger, Experiment um Experiment zeigten sich die beobachteten Daten in Übereinstimmung mit dem Modell. Diese Erfolgsgeschichte erreichte 2012 ihren Höhepunkt mit dem Nachweis des Higgs-Teilchens, das als zentraler Bestandteil des Standardmodells über 40 Jahre zuvor vorhergesagt worden war.

So paradox es klingt: In der Teilchenphysik würden die ForscherInnen und Forscher gerne mal wieder falsch liegen – so wie vor über hundert Jahren. Zusammen mit den KollegInnen und Kollegen aus der Beschleunigerphysik arbeiten sie daran.

● Visualisierung einer am LHC-Experiment ATLAS aufgerechneten Messung. Die beiden kurzen blauen Linien zeigen Elektronen; die beiden langen Linien gehören zu Myonen. Alle vier Teilchen könnten durch den **Zerfall eines Higgs-Teilchens** entstanden sein [CERN].

BEISPIELE AUS DER FORSCHUNG

Ohne Beschleuniger gäbe es die heutige Teilchenphysik nicht. Viele Bausteine der Universums können nur untersucht werden, wenn man sie **zuvor** durch Zusammenstöße energiereicher Teilchen erzeugt.

ENTDECKUNG DER GLUONEN

Im Frühjahr 1979 sorgten in Hamburg Teilchenspuren für große Aufregung – Teilchenspuren, die zu drei Bündeln angeordnet waren. Sie zeigten sich am Beschleuniger PETRA bei DESY. Hier wurden Elektronen und ihre Antiteilchen bei bis dato unerreichten Energien aufeinander geschossen. Die drei Bündel ließen sich bestens mit der Theorie der starken Kraft erklären, die die Wechselwirkung zwischen Quarks mit Hilfe des Austauschs von Gluonen beschreibt. Das war der Durchbruch für die Theorie und ein riesiger Erfolg für die vier PETRA-Experimente JADE, MARK-I, PLUTO und TASSO.

BESTÄTIGUNG DES HIGGS-MODELLS

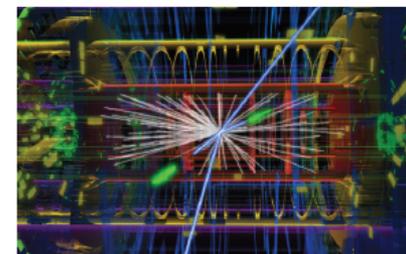
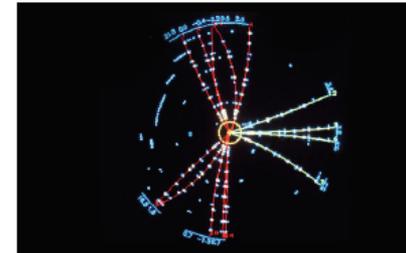
Über vierzig Jahre lang mussten TeilchenphysikerInnen und -physiker warten, bis sie den letzten Puzzestein in das Standardmodell dingfest machen konnten. In den 1960er Jahren entwickelten Peter Higgs und zwei weitere Forschergruppen unabhängig voneinander die Lösung für ein schwerwiegendes Problem der damaligen Teilchenphysik. Denn die Beschreibung der Kräfte gelang nur mit masselosen Teilchen. Doch wieso haben Elektronen, Neutrinos und Quarks nachweislich dennoch eine Masse? Die Antwort lieferte der Higgs-Mechanismus, der mit den Higgs-Bosonen welterne neue Teilchen voraussagte. Die Masse dieser Teilchen ist allerdings so groß, dass erst der 27 Kilometer lange Beschleuniger LHC bei CERN ausreichend Kollisionsenergie bereitstellte, um die Higgs-Bosonen nachzuweisen. Im Juli 2012 verkündeten die LHC-Experimente ATLAS und CMS – unter weltweiter Beachtung – den Nachweis des letzten fehlenden Bausteins des Standardmodells.

●●● Die Teilchen im **Standardmodell der Teilchenphysik**. Das Higgs-Teilchen gab sich als letztes zu erkennen.

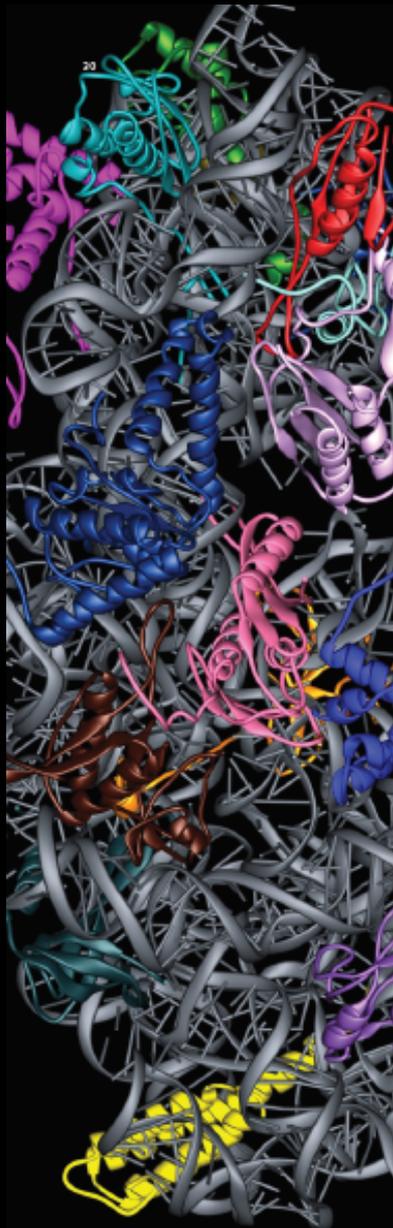
●●● **Teilchenphysik 1979:** Nachweis der Gluonen am PETRA-Beschleuniger bei DESY. Zwei der drei Teilchenbündel stammen von Quarks. Ein drittes lässt sich auf ein **Gluon** zurückführen. [TASSO/DESY]

●● **Teilchenphysik 2012:** Nachweis der Higgs-Teilchen am LHC-Beschleuniger bei CERN. Bei der abgebildeten Teilchenreaktion zerfällt ein Higgs-Teilchen in zwei Myonen (lange blaue Linien) und zwei Elektronen (kurze blaue Linien). [CMS/CERN]

● **Peter Higgs am LHC-Beschleuniger**, als die nach ihm benannten Teilchen noch nicht entdeckt waren. Für die theoretische Entwicklung des Higgs-Mechanismus erhielten er und François Englert 2013 den Nobelpreis für Physik. [CERN]



... Synchrotronstrahlung ...



Beschleuniger für die **FORSCHUNG MIT PHOTONEN**

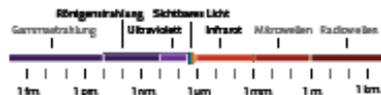
Beschleunigerbetriebene Lichtquellen sind ein unentbehrliches Werkzeug für die Wissenschaft. Bessere Beschleuniger ermöglichen immer erhellendere Einsichten.

Was haben Kochsalz, Penicillin, unser Erbgut, Insulin, zelluläre Eiweißfabriken, Bodenproben vom Mars und Charlotte Constanze Röntgens Hand gemeinsam? Sie alle gaben ihre Struktur durch Röntgenstrahlung zu erkennen. Das war in den Jahren 1913, 1946, 1953, 1960, 1998, 2012 und 2019.

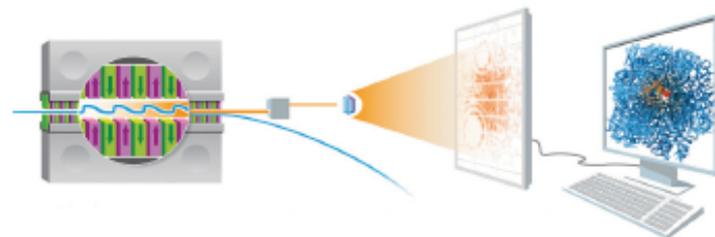
Röntgenstrahlung ist der Tausendbassa der Physik: Über 30 Nobelpreise wurden für Einsichten mit Röntgenstrahlung verliehen. Schon der erste Physik-Nobelpreis überhaupt ging 1901 an Wilhelm Conrad Röntgen, den Entdecker jener Strahlen, die Materie durchdringen können und sich alsbald als extrem kurzwelliges Licht erpuppen. Sie wurden von Röntgen selbst «X-Strahlen» genannt. Mit X-Strahlen wurde es möglich, nicht nur auf Materie zu schauen, sondern auch endlich hinein. Wenig später zeigte Albert Einstein, dass man sich Licht auch aus Teilchen zusammensetzen vorstellen kann, den Photonen. Die Röntgenröhre – 1901 zum Patent angemeldet – wurde in Medizin und Wissenschaft schnell zum unentbehrlichen Werkzeug. Doch für heutige wissenschaftliche Anforderungen reichen einfache Röntgenröhren schon lange nicht mehr aus. Der Stand der Experimentierkunst wird von Lichtquellen bestimmt, die auf viele hundert Meter langen Beschleunigern basieren – den Synchrotronstrahlungsquellen und Freie-Elektronen-Lasern.

Bei diesen, wie auch bei Röntgenröhren, spielen beschleunigte Elektronen die zentrale Rolle. Dann wenn Elektronen abgebremst oder abgelenkt werden, senden sie intensive elektromagnetische Strahlung aus. Synchrotronstrahlungsquellen und Freie-Elektronen-Laser sind die hellsten Röntgenquellen auf unserem Planeten und werden auch in Zukunft noch viele Einsichten liefern.

Daher ist es nur eine Frage der Zeit, bis die Liste der Entdeckungen mit Röntgenstrahlung um weitere Errungenschaften ergänzt werden wird – etwa um das erste vollständige Bild einer biologischen Zelle mit atomarer Auflösung oder den ersten Zeitlupenfilm einer komplexen chemischen Reaktion auf molekularer Ebene.



Das elektromagnetische Spektrum reicht von der energiereichen Gammastrahlung bis zu den langen Radiowellen. Bei der Forschung mit Photonen kommen vornehmlich Röntgenstrahlung, Ultraviolett, sichtbares Licht und Infrarot zum Einsatz.



BEISPIELE AUS DER FORSCHUNG

Mit intensiven Lichtblitzen lässt sich eine Vielzahl unersichtlicher Proben untersuchen – von einzelnem Molekül bis hin zu alten Gemälden. Mit ihnen können aber auch Bausteine für die Molekularbiologie hergestellt werden.

Viele Proben, ein Bild

Quellen für Synchrotronstrahlung erzeugen milliardenfach brillanteres Licht als normale Röntgenröhren. Dennoch reicht ihre Intensität selten aus, um die atomare Struktur einzelner Moleküle mit einem einzelnen Lichtblitz zu bestimmen. Ein Ausweg ist die Kristallisation: Dabei werden aus den Molekülen regelmäßige Kristalle geformt, um aus der Überlagerung der Aufnahmen einer Vielzahl von Molekülen ein brauchbares Messergebnis zu erhalten. Doch Kristallisation kann extrem mühsam sein und ist in vielen Fällen gar nicht möglich. Als besonders aufwendig erwies sie sich bei den Ribosomen – großen Molekülkomplexen in biologischen Zellen, in denen Eiweiß erzeugt werden. Erst Anfang der 1990er Jahre gelang es, ausreichend reine Ribosomenkristalle zu züchten, um diese unter anderem an den Lichtquellen bei DESY in Hamburg zu durchleuchten. Die Strukturauflösung der Ribosomen wurde 2009 mit dem Nobelpreis für Chemie belohnt.

Eine Probe, ein Bild

Die Strahlung von Freie-Elektronen-Lasern ist die Strahlung von konventionellen Synchrotronstrahlungsquellen nochmals weit überlegen und ist dreifach intensiver, um die atomare Struktur einzelner Moleküle mit einem einzelnen Lichtblitz und ohne den Umweg der Kristallisation aufzulösen. Doch Freie-Elektronen-Laser stellen die Forschergruppen vor ganz neue Herausforderungen. Zuerst einmal gilt es, die winzigen Moleküle mit dem ebenso winzigen Röntgenblitzenergie zu treffen. Zum anderen explodieren die Moleküle nach dem Beschuss mit den intensiven Röntgenblitzen in ihre atomaren Einzelteile.

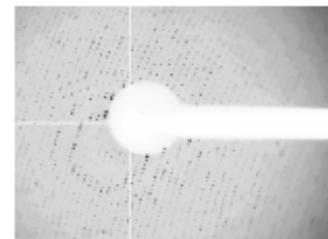
Im Jahr 2008 gelang es einer Forschergruppe am Freie-Elektronen-Laser FLASH bei DESY, mit extremen Lichtblitzen Schnappschüsse ultraschneller Veränderungen auf einem Festkörper aufzunehmen – ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zu molekularen Filmen, bei denen zehntausende solcher Bilder aneinander gereiht den zeitlichen Ablauf von chemischen Reaktionen zeigen sollen. Theoretisch ist hier eine zeitliche Auflösung von einer Billionstel Sekunde (Femtosekunde) möglich.

Tiefe Schichten voller Licht

Synchrotronerzeugte Röntgenstrahlung wird auch zur Herstellung von tiefen Mikrostrukturen verwendet, die einen Detailgrad von unter einem Milliarstelmeter (Nanometer) besitzen, aber mehrere Millimeter hoch sein können, also über extrem tiefe Schichten verfügen. Dazu wird die Grundfläche der herzustellenden Struktur auf einem Kunststoff belichtet. Durch chemische Entwicklung werden dann die unbelichteten Stellen entfernt und aus den so erzeugten Negativen die gewünschten Mikrostrukturen geschaffen – etwa durch elektrochemisches Metallauflösen.

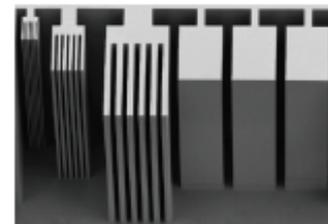
Tiefe Schichten lassen sich nur mit Hilfe von Synchrotronstrahlungsquellen herstellen, da das Licht aus normalen Röntgenröhren nicht parallel genug ist. An der Synchrotronstrahlungsquelle ANKA in Karlsruhe werden so in Zusammenarbeit mit der Industrie Mikrostrukturen für mechanische und optische Anwendungen entwickelt.

Das Schema eines typischen Experiments in der Forschung mit Photonen. Ein Elektronenstrahl wird durch einen Dipolmagneten beschleunigt und durch einen Undulator, um eine intensive Röntgenstrahlung zu erzeugen. Diese trifft auf ein Kristallgitter, was zu einer Beugung führt, die auf einem Detektor und einem Computerbildschirm aufgezeichnet wird. Das Resultat der Wechselwirkung der Strahlung mit der Probe wird von Detektoren aufgezeichnet und mithilfe von Computern analysiert. (www.desy.de)



Röntgenbeugungsbild einer Unterseite der Eiweißfabrik des Bakteriums *Thermus thermophilus*. Die Vervielfachung dieser Unterseite, die aus Röntgenbeugungsbildern berechnet wurde. (Quelle: www.desy.de)

Mit Hilfe von Synchrotronstrahlung erzeugte Mikrostruktur. Die Zylinder des linken Kanals sind 1000 Mikrometer hoch, haben aber einen Abstand von nur fünf Mikrometern. (www.desy.de)



über KfB-Webseiten elektronisch verfügbar



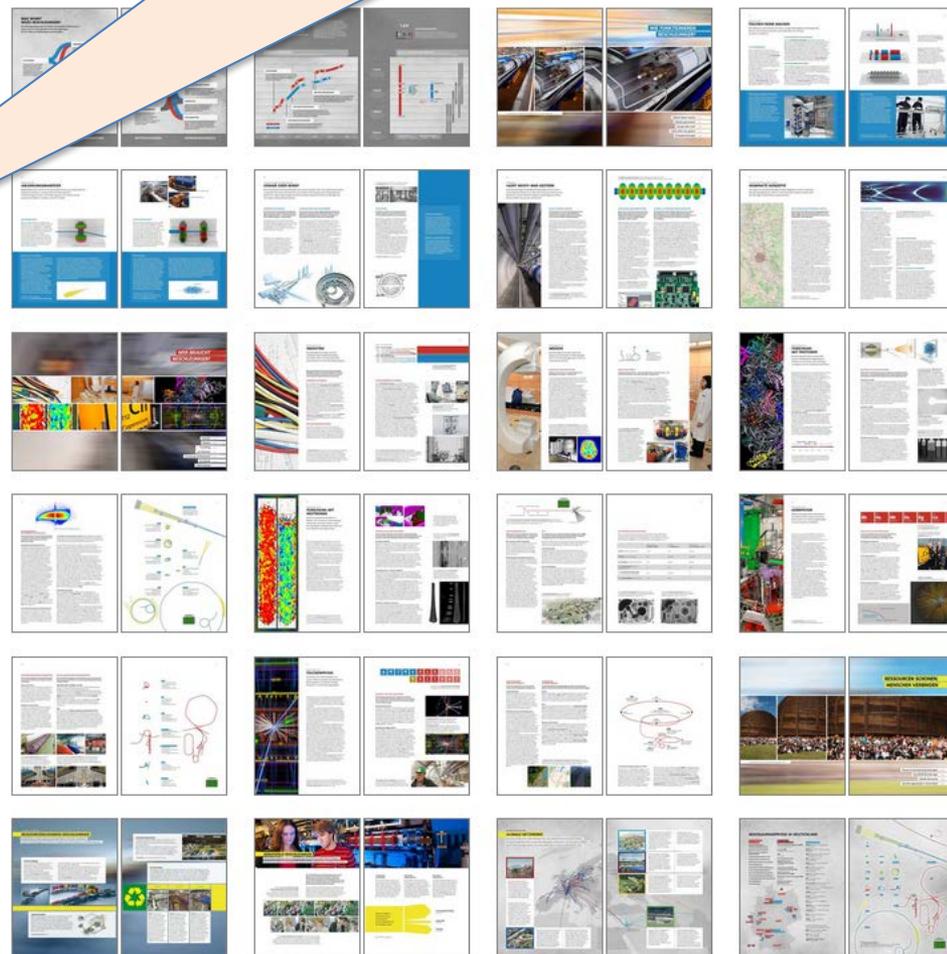
BROSCHÜRE ZUR BESCHLEUNIGERPHYSIK

BESCHLEUNIGER
für Teilchen, Wissen und Gesellschaft

Die KfB-Broschüre »Beschleuniger für Teilchen, Wissen und Gesellschaft« gibt Einblicke in das, was die Beschleunigungsphysik bewegt. Auf 56 Seiten informiert das KfB über die Funktionsweise von Beschleunigern und zeigt auf, was diese Anlagen für Wissenschaft und Gesellschaft bedeuten. Das Heft richtet sich vornehmlich an die interessierte Öffentlichkeit, Schülerinnen und Schüler, Studierende sowie Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft.

Version 1.1 (1. August 2016): Diese Version entspricht der Druckversion vom 15. Februar 2016 u. a. eine bessere Einbettung der Europäischen Synchrotronstrahlungsquelle ESRF.

Laden Sie unsere Broschüre kostenlos herunter!
(32 Megabyte)



Aktivitäten

Demnächst:

- Interaktive Online-Version der Broschüre
Beschleunigerphysik in Deutschland
- Perspektiven-Workshop
Perspectives for Accelerator Physics and Technology

In fernerer Zukunft:

- Erstellung eines Strategiepapiers
Beschleunigerphysik 2030

Eine zentrale Empfehlung ist die Stärkung der Zusammenarbeit zwischen Forschungszentren und Universitäten, insbesondere auch bei der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses.

Empfehlungen zur Großgeräteinfrastruktur in Deutschland sowie unter deutscher Beteiligung:

- Ausbau und Weiterentwicklung von Synchrotronstrahlungsquellen und Freielektronen-Lasern zur Erzielung höherer Strahlqualität und -intensität.
- Bau und Weiterentwicklung von FAIR im Hinblick auf die Erzeugung brillanter Ionenstrahlen und die Optimierung der Produktion von Sekundärstrahlen sowie deren Kühlung.
- Unterstützung von Beiträgen zu internationalen – insbesondere europäischen – Großprojekten wie z.B. HL-LHC, ILC, FCC und ESS.

Empfehlungen zur beschleunigerphysikalischen Forschung und Entwicklung:

- Weiterentwicklung der supraleitenden Beschleunigertechnologie, insbesondere von Resonatoren für den Dauerstrich-Betrieb und von Magneten für Strahlen höchster Energie.
- Forschung und Entwicklung in übergreifenden Bereichen wie Strahldiagnose und -stabilität, Simulation, Synchronisation, Kontroll- und Regelsysteme sowie bezüglich der Verfügbarkeit der Anlagen und der Entwicklung neuartiger Hochpräzisionsanlagen
- Weiterentwicklung neuartiger Beschleunigerkonzepte im Hinblick auf deren zukünftige Anwendung.

KfB Perspektivenworkshop

Soll eine längere Strategiediskussion in Gang bringen
→ ... Erstellung eines Strategiepapers

3 Teile:

1. Needs for the Community using accelerators for the next 10 - 20 years
2. What facilities are planned / being considered?
What R&D is required to build such facilities?
3. Technologies for enabling future accelerators

Perspectives for Accelerator Physics and Technology

16-17 February 2017
Darmstadt
Europe/Zurich timezone

Overview

Timetable

Registration

Participant List

**** English version below ****

Vor dem Workshop, der um 14:00 beginnt, findet um 13:30 die Vollversammlung des Forums Beschleunigerphysik statt.

Motivation für den Workshop: Im Workshop sollen langfristige Perspektiven für die Beschleunigerphysik und Technologie diskutiert werden. Der Workshop ist komplementär zu den regelmäßig organisierten KfB-Verbundforschungs-Workshops, die dazu dienen, gemeinsame Projekte zu planen und Anträge für die regelmäßigen BMBF Ausschreibungen vorzubereiten.

Der Workshop soll auch dazu dienen, eine längerfristige Strategiediskussion in Gang zu bringen, um gegebenenfalls in der Lage zu sein, ein Strategiepapier zu erstellen. Außerdem bietet der Workshop eine Gelegenheit, sich auszutauschen, die Beschleunigerphysik Community zu stärken und den wissenschaftlichen Nachwuchs einzubinden, weshalb der Workshop mit Unterstützung des für das Feld relevanten Graduiertenkolleg GRK 2128 „Accelerator Science and Technology for Energy Recovery LINACs“ (AccelencE) organisiert wird.

Zum Workshop sind alle Mitglieder des Forums Beschleunigerphysik eingeladen.

Der Workshop besteht aus drei Teilen:

1. **Vorträge von Nutzenden:** Beschleuniger werden in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt. In Übersichtsvorträgen werden die Vorstellungen der verschiedenen Interessensgruppen zu zukünftigen Experimentiermöglichkeiten dargelegt und ein Ausblick über beschleunigergestützte Forschungsvorhaben in 10+ und in 20+ Jahren skizziert.
2. **Vorträge aus der Sicht der Beschleunigerphysik:** Für die verschiedenen Anwendungsgebiete wird vorgestellt, welche Anlagen geplant / angedacht / möglich sind, und in welchen Gebieten der Beschleunigerphysik und -Technik zusätzliche Forschung & Entwicklung notwendig ist, um diese Anlagen zu realisieren.
3. **Der aktuelle Forschungsstand und ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen** in verschiedenen Gebieten der Beschleunigerphysik und Technologie wird vorgestellt.



[DPG](#) [Mitgliedschaft](#) [Veranstaltungen](#) [Programme](#) [Preise](#) [Veröffentlichungen](#) [Presse](#) [Service](#)

Position: www.dpg-physik.de > [dpg](#) > [organisation](#) > [fachlich](#) > [akbp.html](#)

Aktuell

Die DPG im Profil

Statuten

Organisation der DPG

Fachliche Vereinigungen

Fachübergreifende Vereinigungen

Regionale Vereinigungen

Personenverzeichnis

Sachverzeichnis

Gliederung

Physikzentrum Bad Honnef

Magnus-Haus Berlin

Archiv der DPG

DPG-GmbH

WE-Heraeus-Stiftung

Interner Bereich

Kontakt

Anfahrt

Impressum

Arbeitskreis Beschleunigerphysik (AKBP)

Gegründet 2014; 441 Mitglieder (Stand: 12.01.2016) **10/2016: #554**

Vorsitzende/r

PD Dr. Wolfgang Hillert
Universität Bonn
Physikalisches Institut, ELSA
Nussallee 12
53115 Bonn

Stellvertreter/in

Priv.-Doz. Dr. Atoosa Meseck
Helmholtz-Zentrum Berlin
Institut Beschleunigerphysik
Albert-Einstein-Str. 15
12489 Berlin

Webseite des Arbeitskreises



Werben Sie
neue
Mitglieder!



DPG-Nachwuchspreis für Beschleunigerphysik

*Preis für hervorragende Nachwuchswissenschaftler/-innen auf
dem Gebiet der Physik und Technik der Beschleuniger*

Preisvergabe jährlich, Preisgeld 5.000 Euro

Sponsoren:

- Helmholtz-Zentrum DESY
- Helmholtz-Zentrum Berlin HZB
- Helmholtz-Zentrum GSI
- RI Research Instruments GmbH
- Pfeiffer Vacuum GmbH
- CST - Computer Simulation Technology GmbH

*Vom DPG-Vorstandsrat
einstimmig beschlossen*

Horst-Klein-Forschungspreis

*für hervorragende Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen
auf dem Gebiet der Physik der Beschleuniger*

Preisvergabe jährlich, Preisgeld 5.000 Euro

Zuwender:

- Goethe-Universität Frankfurt
- Pfeiffer Vacuum GmbH
- Fückstiftung
- Prof. H. Schmidt-Böcking
- Prof. A. Schempp

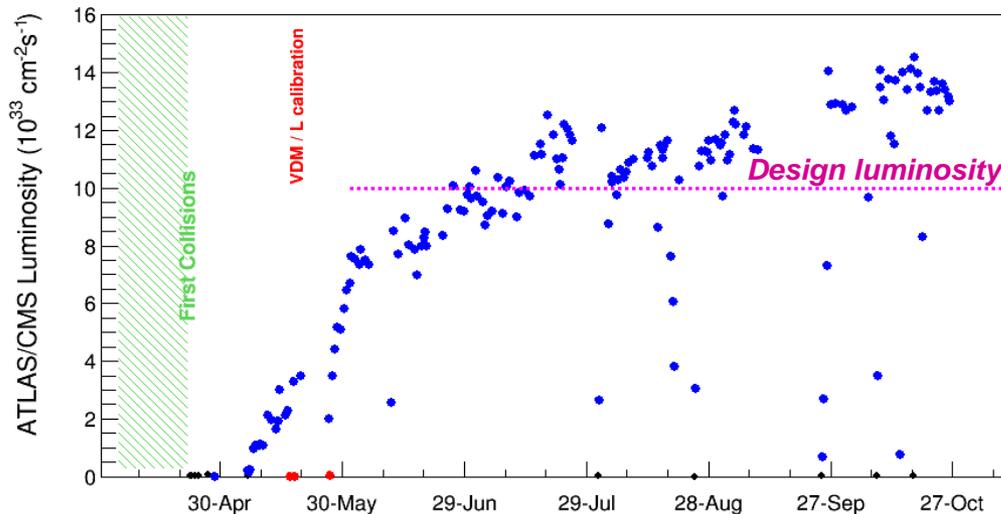
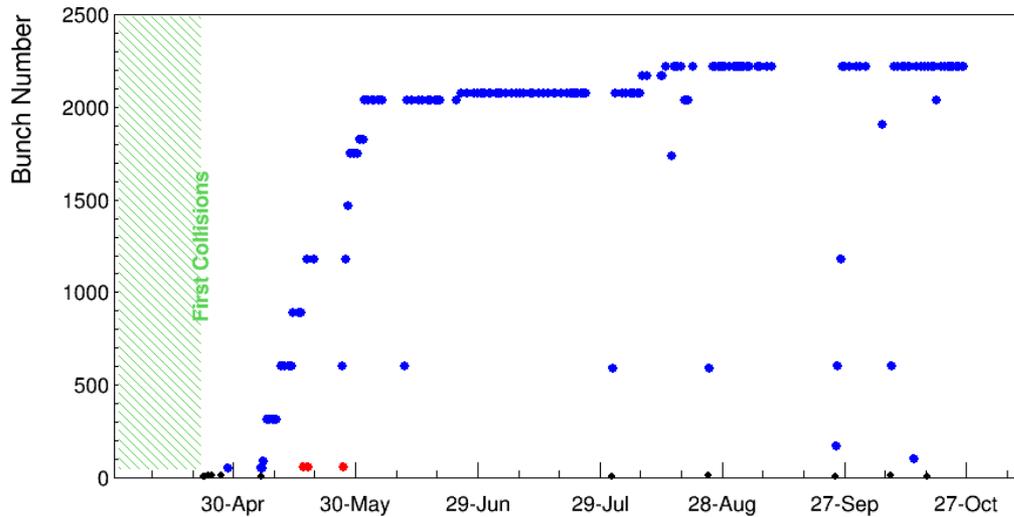
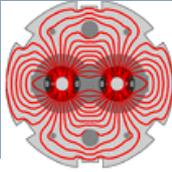
*Erste Preisvergabe auf der
DPG-Frühjahrstagung 2017
der SKM in Dresden*

Neues von den großen Beschleunigeranlagen

(mit deutscher Beteiligung an der Finanzierung)

- FAIR/GSI (siehe morgige Beiträge)
- **LHC/CERN (Folien von J. Wenninger)**
- **XFEL/DESY (Folien von Hans Weise)**

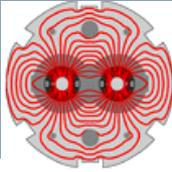
LHC - cool & cold record machine



- Despite the limitations on the injected intensity (SPS dump, LHC injection kicker vacuum), the *LHC exceeded its design luminosity by 40%*.
- The luminosity performance was achieved thanks to the low emittance BCMS beams and stronger focussing (β^*).

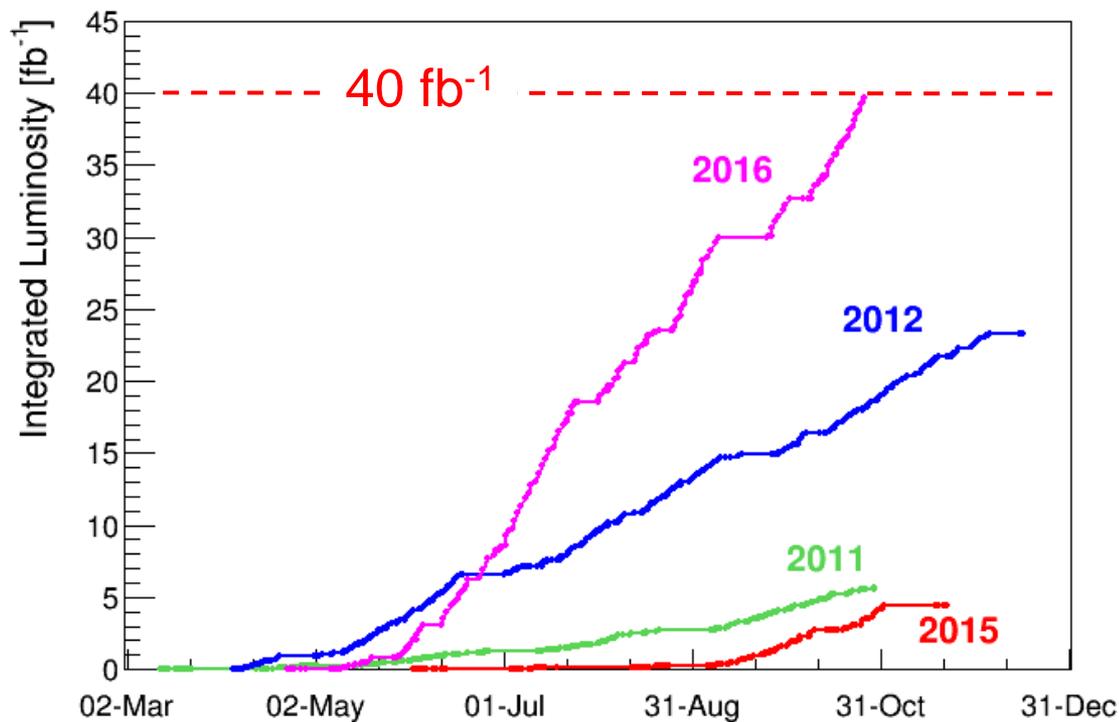
| Parameter | design | 2016 |
|---|--------|------|
| Bunch intensity | 1.15 | ≈1.1 |
| No. bunches | 2760 | 2220 |
| Emittance [μm] | 3.75 | ≈2 |
| β^* [cm] | 55 | 40 |
| Luminosity [$10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$] | 1 | 1.4 |

Integrated performance

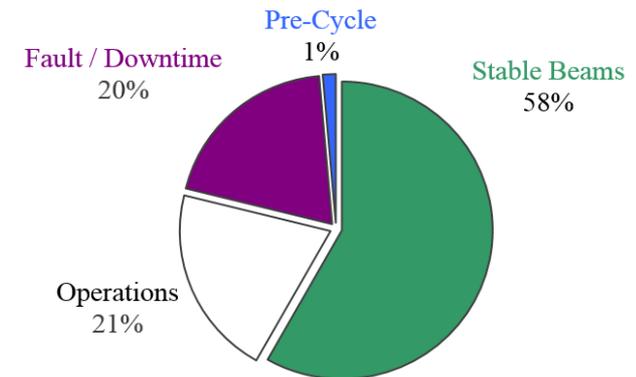


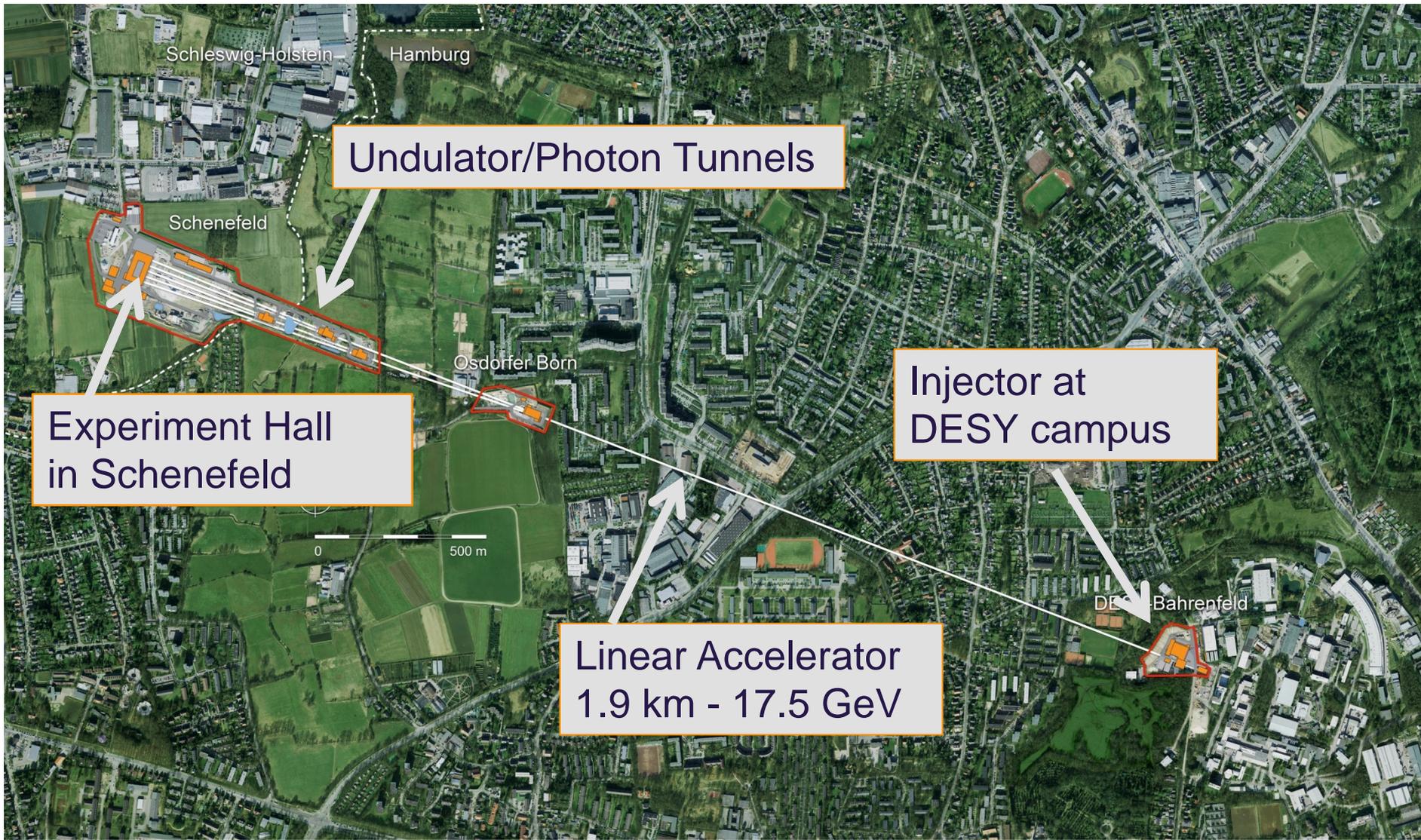
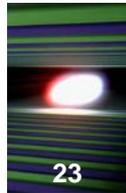
The integrated luminosity reached 40 fb^{-1} exceeding the target of 25 fb^{-1} :

- ✓ **Record peak luminosity** \approx factor 2 better than 2012,
- ✓ **Excellent machine reproducibility,**
- ✓ **High availability,** almost a factor 2 better than earlier years.

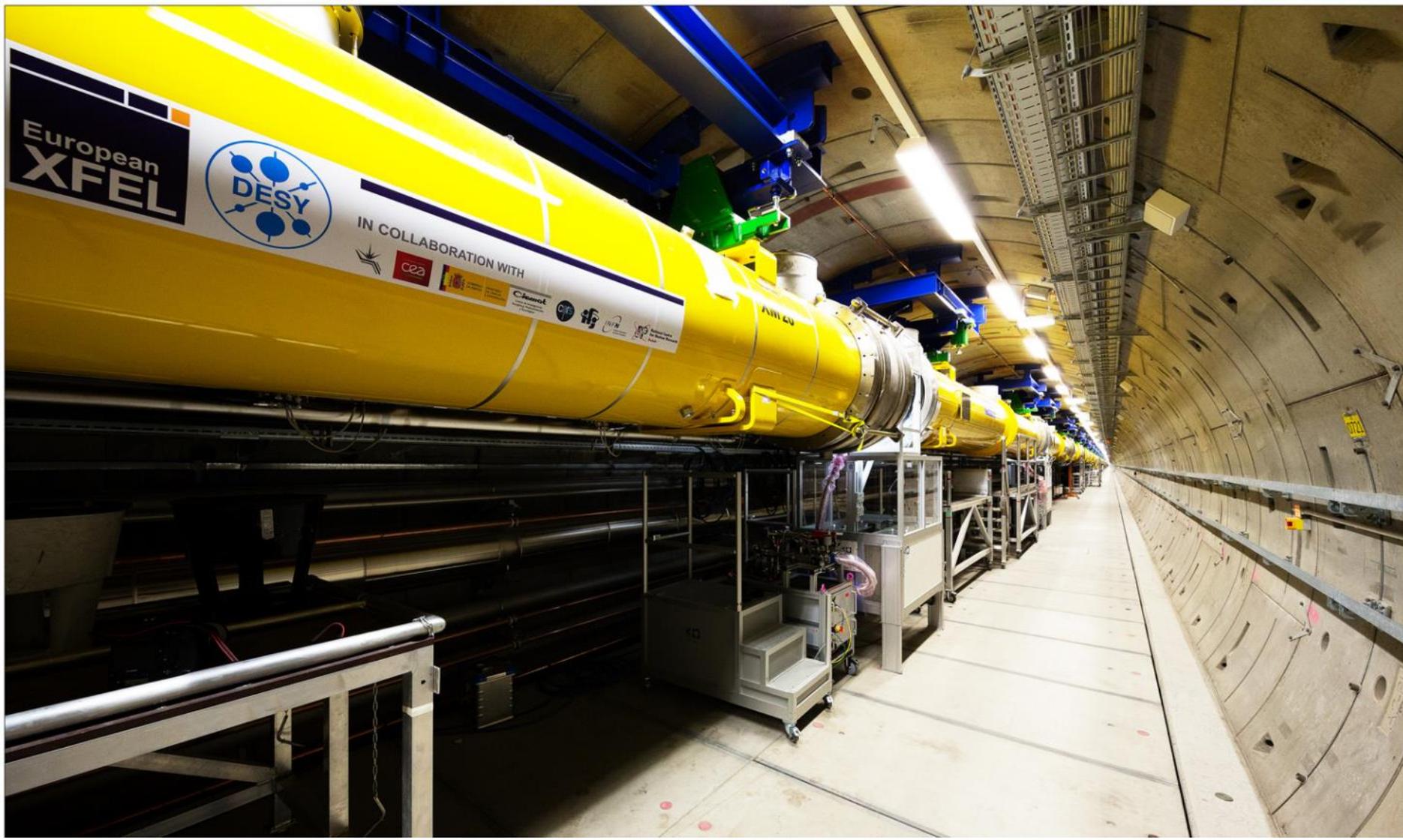
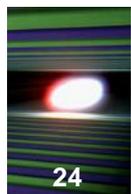


Period between Tech. Stops 1 and 2

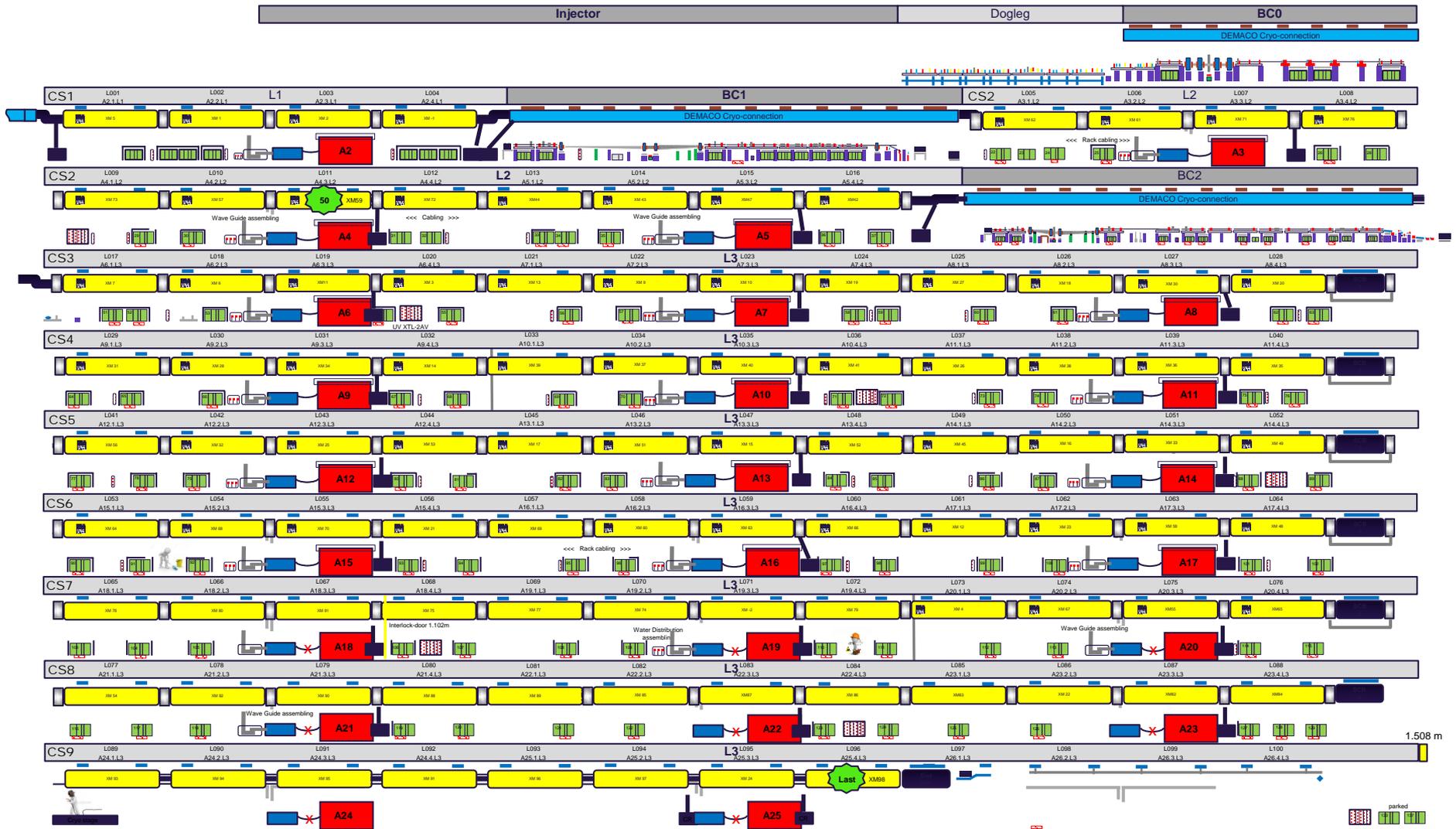


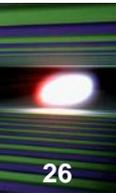


Linear Accelerator: One Kilometer of Cold Linac



All Accelerator Modules Installed





- The fascinating time of accelerator module production / testing / installation comes to an end
- **Tunnel closure is now scheduled for beginning of 12/2016**
- Technical commissioning continues after first cool-down
- Based on injector experience and accelerator module performance we are looking forward to reaching all design parameters
- **The milestone ‚first lasing possible‘ is scheduled 6 months after ‚tunnel closure‘**
- User operation will start in 2017
- Full performance is expected approx. 1.5 years after first lasing

more than 1000 participants
at the 2016 users' meeting



Vielen Dank für Ihr Interesse!

