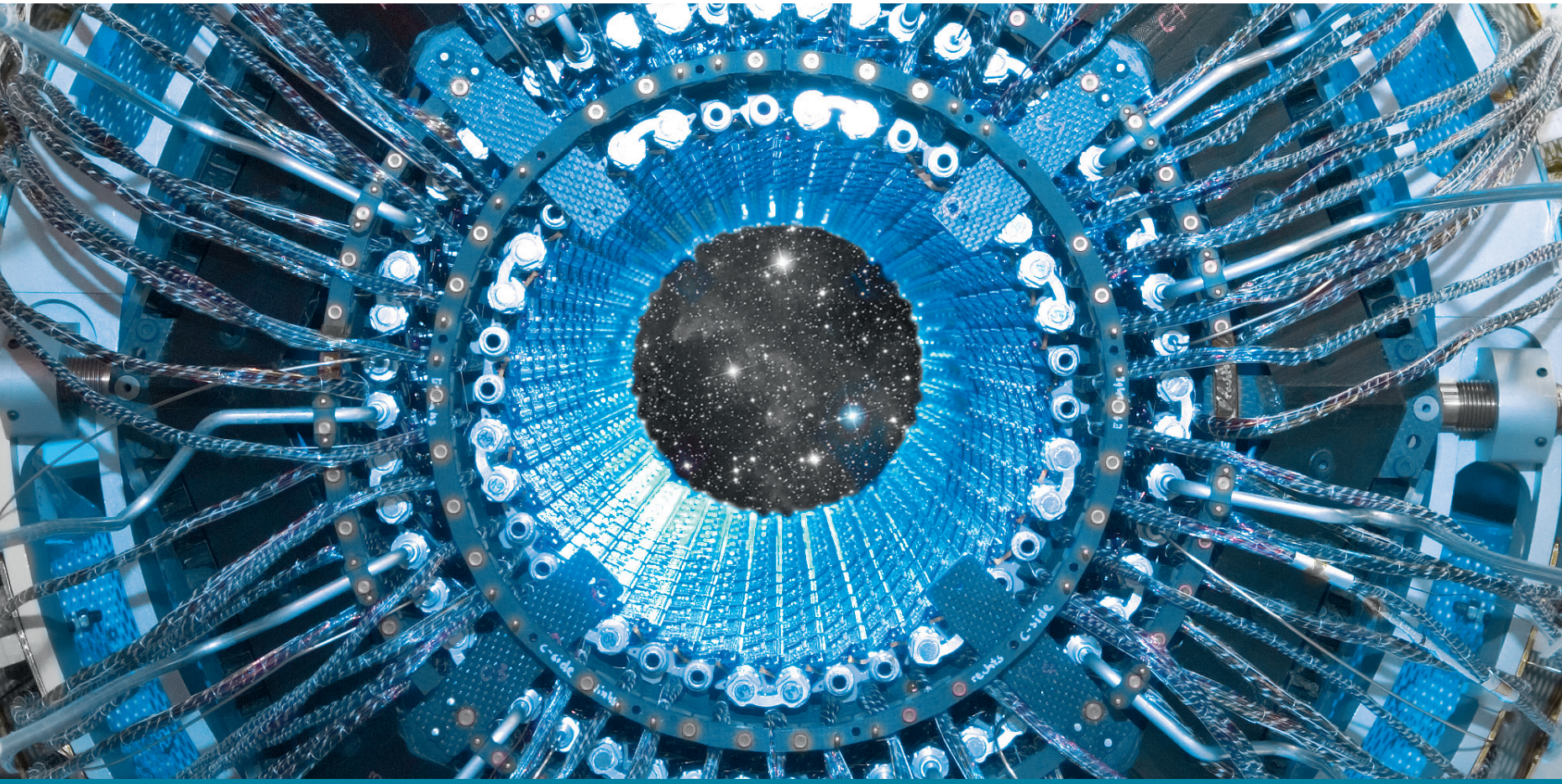
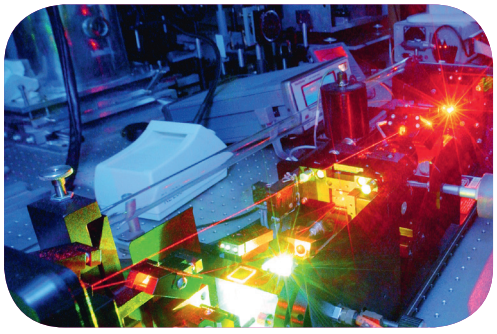
technische universität
dortmund



Physik
Studieren
In Dortmund

Was steht drin?



Forschung

Der schnellste Ort in Dortmund

Forschen an der Beschleunigeranlage DELTA 4

Forschen an der Weltmaschine

Dortmunder Physiker am Teilchenbeschleuniger LHC 6

Über alles Bekannte hinaus

Physik jenseits des Standardmodells 8

Phänomen und Trumpf im Ärmel: Magnetismus

Von starken Feldern und tanzenden Teilchen 10

Entwickeln der Superrechner

Quantencomputer, mal im Diamant, mal im Nanogefängnis 12

Die Entdeckung des unsichtbaren Himmels

Teilchenspäher von den Kanaren bis zum Südpol 14

Studium

Warum gerade in Dortmund studieren?

Was die Studierenden zu sagen haben.. 16

Wo soll das alles hinführen?

Alumni erzählen von ihren Berufen 18

Was erwartet mich im Studium?

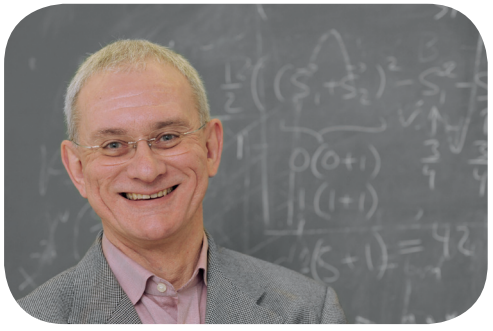
So sieht‘s aus 20

Wer erwartet mich im Studium?

Die Professoren der Fakultät 22

Fotos Titel: Claudia Marcelloni / CERN, Martin Mutti • Seite 2 Mitte: Robert Wagner / Max-Planck-Institut für Physik • Seite 4 rechts: Bernd von Issendorf, Uni Freiburg • Seite 6 links: Claudia Marcelloni / CERN, Mitte: Georg Troska, rechts: Daniel Dobos • Seite 7 rechts; T Ruf / CERN • Seite 10 rechts: Erwin L. Hahn Institut für Magnetresonanz • Seite 11 Mitte: Peter Nussbaumer • Seite 12 links: Uni Stuttgart, Mitte: Collage von Fotos aus www.sxc.hu • Seite 14 rechts: Robert Wagner / Max-Planck-Institut für Physik • Seite 15 rechts: Laura Gladstone, alle anderen Bilder: Ice Cube Collaboration • Seite 18 Mitte: Jens Dreyer • Seite 21 Mitte oben: Martin Mutti

Physik studieren in Dortmund



Physik? Was ist das denn?

Physik ist ein ständiges Wechselspiel zwischen sorgfältiger Beobachtung und mathematischer Theorie. Ein Beispiel: Astronomen beobachten Jahrhunderte lang den Lauf der Planeten, Kepler findet in den Beobachtungen erstaunlich einfache Gesetze, die Newton wiederum mit der Gravitationstheorie erklärt, wobei er im Vorbeigehen die Differentialrechnung erfindet. Berechnungen zeigen dann, dass es noch mehr Planeten geben muss, und schließlich findet sich der Neptun am vorhergesagten Ort.

Warum lernt man das heute noch? Weil man daran sieht, dass es auf die kritische Analyse von Daten und Theorien ankommt: „Wird schon stimmen“ gibt es in der Physik nicht. Gefragt ist nicht das Auswendiglernen von Faktenbergen, sondern das Strukturieren durch allgemeine Gesetzmäßigkeiten. Was Newton 1687 zur Planetenbewegung aufschrieb, stimmt heute noch.

Wer sind wir und was tun wir?

Zusammenarbeit wird in unserer Fakultät großgeschrieben. Wer bei Technikern, Laboranten, Sekretärinnen, Doktoranden und Professoren einen Gesprächspartner sucht, um ein Problem zu klären, findet ihn auch schnell. Wir bieten ein Vollprogramm von Studiengängen an; neben dem Bachelor of Science und dem Master of Science sind das Lehramts-Studiengänge für alle Schulformen.

Ein Kernstück des Studiums ist der integrierte Physikkurs, in dem theoretische und experimentelle Physik gemeinsam von zwei Professor(-inn)en dieser beiden Richtungen gelehrt werden. Dieser Kurs mit seiner intensiven Betreuung ist ein Grund dafür, dass die TU Dortmund im Fach Physik im Ranking des CHE und der ZEIT unangefochten auf dem ersten Platz steht.

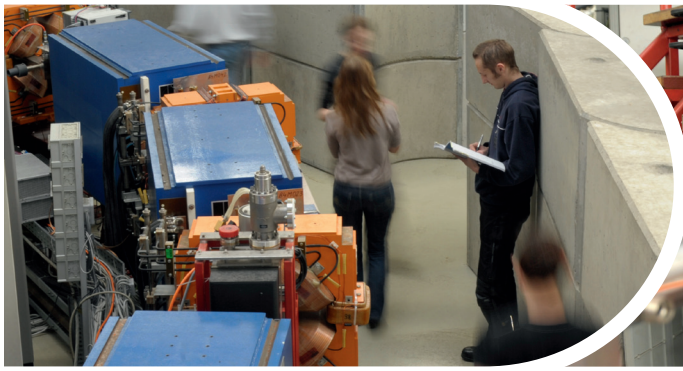
Physik oder Technik? Physik ist Technik!

Alle reden vom Fachkräftemangel, meist bei Ingenieuren. Und die Physik? Physiker gewinnen Erkenntnisse aus möglichst „sauberen“ Labor-Situationen, Ingenieure bauen robuste Geräte für die unordentliche Alltagswelt. Ingenieursstudiengänge sind zwar stärker praxisorientiert als ein Physikstudium, aber damit auch auf ein engeres Gebiet spezialisiert. In der Physik lernt man dagegen Grundlagen, mit denen man sich rasch in verschiedene technische Spezialgebiete einarbeiten kann.

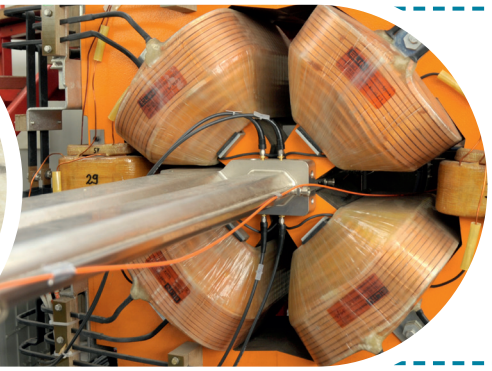
Die vielen Physiker in der Industrie kümmern sich dort nicht um Quarks und Urknall, sondern um Speicherchips, Einspritzdüsen und Windkraftanlagen. Also: Physiker sind auch Fachkräfte - und zwar für alle Fächer.

Prof. Joachim Stolze, Studienberater

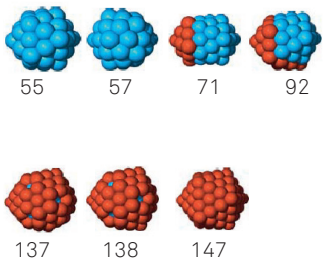
Der schnellste Ort in Dortmund
Forschen an der Beschleunigeranlage DELTA



Die Elektronen ziehen etwa zehn Stunden im Ring ihre Kreise und legen dabei rund elf Milliarden Kilometer zurück.



Quadrupolmagnete bündeln den Strahl entlang seines Wegs.



Natriumcluster mit 55 und 147 Atomen bilden Ikosaeder und sind geometrisch besonders stabil. 137 Atome ordnen sich dagegen eher kugelförmig an – und verteilen so ihre Elektronen optimal.

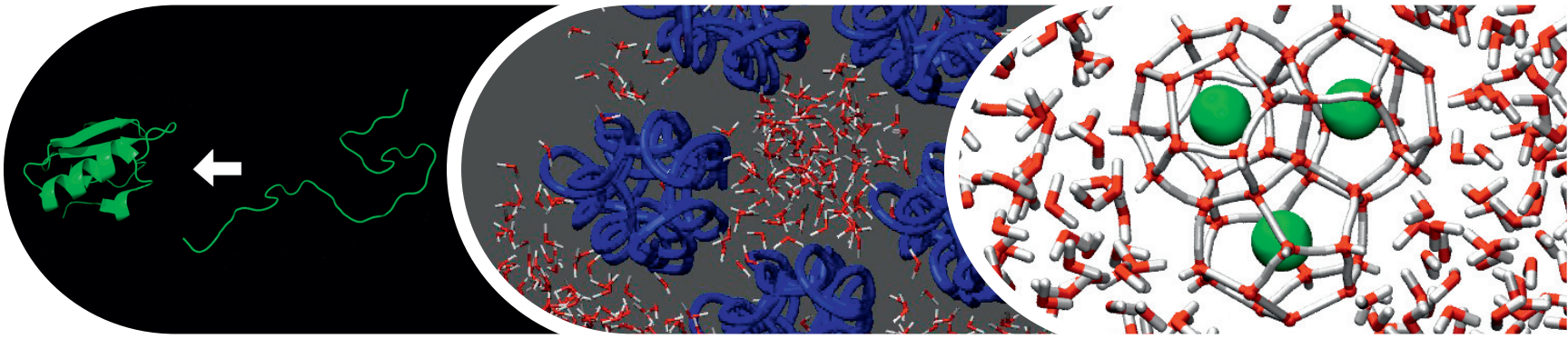
Diese Dame ist der ganze Stolz der Fakultät. Sie hat deutliche Rundungen und mehrere Tausend Tonnen Kampfgewicht, kann dafür aber ganz schön Tempo machen: DELTA, die Dortmunder Elektronen Speicherring-Anlage. Sie macht die TU Dortmund zur weltweit einzigen Hochschule, die eine eigene Synchrotronstrahlungsquelle betreibt, an der Studierende schon ab dem dritten Semester und sogar Schülerpraktikanten arbeiten dürfen. Die Anlage beschleunigt Elektronen auf rund 99.999994 Prozent der Lichtgeschwindigkeit, mit Magneten werden sie im Ring auf Kurs gehalten. In jeder Kurve strahlen die Elektronen Energie ab: fein gebündelte Pulse hochintensiver Röntgenstrahlung, die Synchrotronstrahlung. Die etwa eine Zehnmilliardstelsekunde langen Pulse werden an Objekten gestreut und erlauben damit Einblicke in Strukturen bis zur Nanoskala, vom Halbleiter bis zum Protein. Doktoranden und Studierende dürfen hier experimentieren, mit allem was dazugehört. Auch den Nachtmessungen, der Hektik und der Zusammenarbeit von vielen Teams – nicht anders als in großen Forschungszentren.

Von wegen aus der Schweiz

Manche Bauteile sind so klein und filigran, dass es keine Maschinen mehr gibt, die klein und genau genug sind, sie zu produzieren. Die Zahnrädchen in winzigen Getrieben etwa in manchen Uhren sind solche Bauteile. Die Vorlagen für diese Rädchen werden an der TU mit Synchrotronstrahlung hergestellt.

Wie verhalten sich magische Cluster?

Atomkerne sind gerne magisch. Denn dann sind sie besonders stabil. Wenn die Anzahl ihrer Neutronen oder Protonen magisch ist, heißt das, der Kern ist optimal belegt. Solche Zahlen sind 2, 8, 20... Das selbe Phänomen gibt es auch bei Ansammlungen von gleichen Atomen, bei Clustern. Sie können entweder geometrisch oder elektrisch magisch sein: Natriumcluster bilden entweder Ikosaeder mit 20 gleichen Flächen oder ordnen sich kugelförmig an. Wie sich Cluster auf Oberflächen im Kontakt mit Sauerstoff verhalten, untersuchen Wissenschaftler in Streuexperimenten an DELTA. Wenn die Cluster in Luft stabil bleiben, können sie beispielsweise als Katalysatoren eingesetzt werden.



Jungfräuliches Protein + Wasser = Gefaltetes Protein

Das verschlungene Stützprotein Kollagen in seinem Element: Wasser. Ohne Wasser keine Funktion.

Viele Wege führen zum Clathrat: Es entsteht über käfigartige Vorstufen oder wenn sich die Moleküle zufällig richtig anordnen.

Was kann schiefgehen bei der Proteinfaltung?

In einem Moment noch unscheinbare wurmartige Ketten, falten sie sich innerhalb von Sekunden in hochkomplizierte Gebilde: Kanäle, feste Stränge oder scheinbar unentwirrbare Knäuel. Für unseren Körper sind Proteine unersetzlich: Sie stützen Zellen, transportieren Sauerstoff und kontrahieren Muskeln. Doch sie funktionieren nur, wenn sie richtig gefaltet sind. Geht dabei etwas schief, können wir krank werden. Zusammen mit Biochemikern untersuchen Forschungsgruppen an DELTA, wie Druck, Temperatur und Umgebung das Falten beeinflussen. Mit der Synchrotronstrahlung können sie den Durchmesser der Proteine bestimmen und herausfinden, unter welchen Bedingungen sie sich falten und unter welchen nicht.

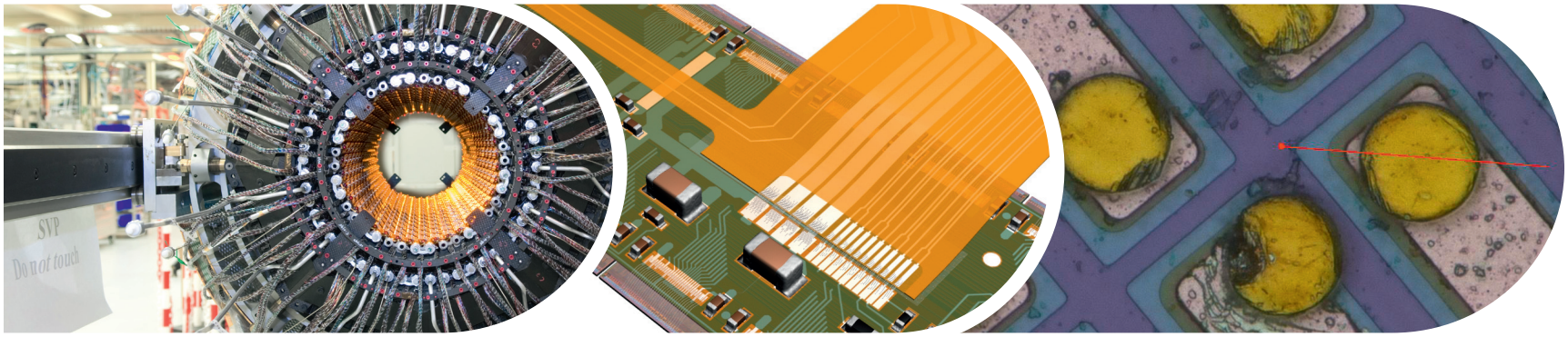
Die Kollegen aus der Festkörperphysik interessiert da eher das Drumherum. Fast überall wo Proteine zu finden sind, ist auch Wasser: in den Zellen, im Blut oder im Bindegewebe. Teile des Proteins meiden das Wasser, andere ziehen es an – in diesem Wechselspiel kann das Protein seine Funktion entfalten. Dabei bekommt das Wasser ganz besondere Eigenschaften. Selbst weit unterhalb von null Grad kristallisiert es nicht mehr. Die Dortmunder Physiker haben herausgefunden: Es ähnelt schließlich eher Glas als Eis. Statt regelmäßige Kristalle zu bilden, erstarren die Moleküle in der Bewegung.

Wie entstehen Wasserkäfige?

Man findet sie in den Tiefen der Meere, in Permafrostböden oder auch in tiefen Schichten von Gletschern: Clathrate. Käfige aus Wassermolekülen, die Gase wie Methan oder Wasserstoff einschließen. Sie entstehen bei hohem Druck und niedrigen Temperaturen. Aber welche Voraussetzungen bringen das Wasser dazu, solche Käfiggitter zu bilden? Und wie finden die „Gäste“ hinein? In Beugungsexperimenten an DELTA können die Physiker das unter kontrollierten Bedingungen beobachten. Sobald sich an der Grenzfläche von Wasser und Gas kristalline Käfige bilden, wird das an Beugungsreflexen sichtbar.

Einmal in den Käfigen eingesperrt wird mit der Magnetresonanz untersucht, wie sich verschiedene Gäste in den Käfigen bewegen. Schwingen sie zu stark, dann sind die Clathrate nicht länger stabil.

Forschen an der Weltmaschine
Dortmunder Physiker am Teilchenbeschleuniger LHC



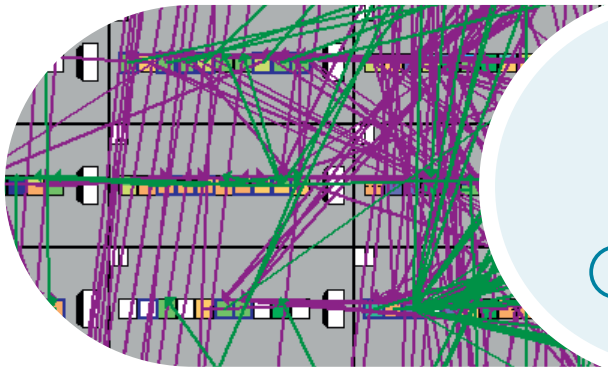
Jedes der etwa 1700 Module des Pixeldetektors besitzt rund 46.000 Pixel, die ein Teilchen registrieren können. Davon muss jedes einzelne über Kügelchen (hier gelb) mit der Elektronik verbunden werden. Funktioniert eine Verbindung nicht exakt, ist das Pixel blind.

Es gibt nur einen Urknall? Vielleicht, aber die Protonenkollisionen im Large Hadron Collider (LHC) kommen ihm so nahe wie noch nie. Auf wenigen Milliardstel Mikrometern herrschen Bedingungen wie Sekundenbruchteile nach dem Urknall. Um solche Rekordenergien auf kleinstem Raum zu bündeln, werden Protonen am LHC auf 99,9999991 Prozent der Lichtgeschwindigkeit gebracht. In den 27 Kilometern des Beschleunigerrings am Europäischen Forschungszentrum CERN in Genf kreisen die Teilchen solange, bis sie an vier Orten aufeinander prallen. Dort sitzen die großen Detektoren des LHC. Und dort sitzt so mancher Physiker der TU Dortmund, gespannt und neugierig, und hofft auf Antworten.

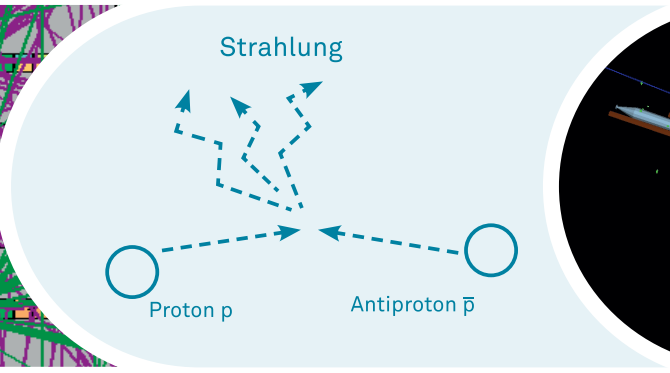
Wie bekommen Teilchen eine Masse?

ATLAS, der größte der Detektoren, ist der Teilchensucher unter ihnen. Die Forscher hoffen auf seltene und bisher unbekannte schwere Teilchen. Die entstehen aus der Energie, die bei den Protonencrashs frei wird, nach Einsteins Gesetz $E=mc^2$. Nur mit sehr großen Energien lassen sich demnach auch schwere Teilchen erzeugen. Ein heißer Kandidat ist das Higgs-Teilchen, das – laut Theorie – der Materie in unserem Weltall ihre Masse verleiht.

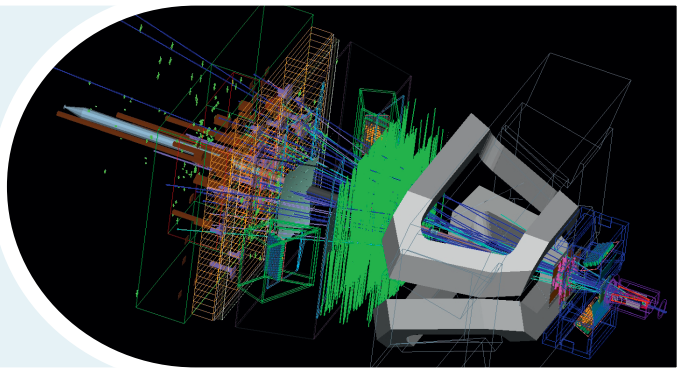
Um neu geborene Teilchen und andere Bruchstücke aus einer Kollision zu erkennen, wickeln sich einzelne Detektorsysteme zwiebelartig um den Protonenstrahl. Sie messen Flugbahn, Energie und Ladung der Teilchen und ordnen sie einem Zusammenstoß zu. Die innerste Zwiebelschicht und damit das Herzstück von ATLAS ist der Pixeldetektor. Seine über tausend Module registrieren, wenn sie ein Teilchen durchdringt und bestimmen, wo es herkommt. Der Detektor muss dabei nicht nur extrem genau und schnell messen können, sondern auch einem ständigen Teilchenhagel widerstehen. Solche Sensoren gab es bisher schlichtweg noch nicht. Ihre Entwicklung hat eine Forschergruppe der TU Dortmund geleitet und mehrere hundert Module des Pixeldetektors gebaut und getestet. Seit der LHC läuft, arbeiten sie schon an der nächsten Generation der Sensoren, die noch genauer und noch strahlenresistenter sein sollen.



Komplexer Datenfilter: Die Kommunikationswege der Elemente in einem Logikbaustein sehen vielleicht chaotisch aus, sind aber sehr effizient.



Proton und Antiproton entstehen nicht nur immer im Doppelpack. Wenn sie aufeinandertreffen, vernichten sie sich auch sofort wieder – zu Strahlung.



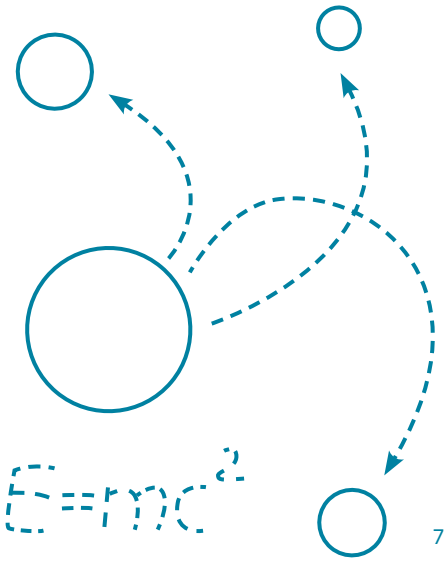
Von 40 Millionen Ereignissen pro Sekunde im LHCb-Detektor sind 39 998 000 uninteressant.

Warum bestehen wir nicht aus Antimaterie?

Der Detektor LHCb hält zwar auch nach Teilchen Ausschau, aber hauptsächlich nach bestimmten. Es geht um eines der sechs verschiedenen Quarks, das Beauty- oder Bottom-Quark. Im Universum kommt es heute nicht natürlich vor, aber kurz nach dem Urknall wimmelte es nur so von Elementarteilchen, darunter auch von Beautys. Sie können Hinweise geben bei der Frage, warum sich vor rund 14 Milliarden Jahren mehr Materie als Antimaterie gebildet hat. Denn immer wenn aus Energie ein Teilchen entsteht, kommt es im Doppelpack mit seinem Antiteilchen, das sich nur in der Ladung unterscheidet. Wo ist also die ganze Antimaterie hin? Es muss einen winzigen Unterschied zwischen den Partnern geben, sodass mehr Teilchen als Antiteilchen überlebt haben. Tatsächlich wurden solche Unterschiede zwischen Teilchen und Antiteilchen bei Beautys schon beobachtet.

Im LHCb-Experiment werden die Zerfälle der Beauty-Quarks und ihrer Antiteilchen so genau wie noch nie vermessen. Doch die interessanten Fälle aus den 40 Millionen Kollisionen in der Sekunde herauszufiltern, ist eine Herausforderung. Nur etwa 2000 davon können überhaupt gespeichert werden.

Deshalb müssen die Ereignisse extrem schnell analysiert und ausgewählt werden – innerhalb von Millionstelsekunden. Richtige Prozessoren wären dafür viel zu langsam. Aus mehreren zehntausend Kanälen des äußeren Spurkammersystems bündeln deshalb programmierbare Logikbausteine die Daten und untersuchen sie auf Fehler, bevor sie an die CERN-Rechnerfarm gehen. Wer hat's entwickelt?
Die Physiker der TU Dortmund.



Über alles Bekannte hinaus
Physik jenseits des Standardmodells

Keine Frage, der LHC beschäftigt auch die Physiker in Dortmund. Einsatz für die Wette über die Masse des Higgs-Teilchens: eine Sachertorte.

Mit einem wissenden Lächeln zitieren Wissenschaftler gerne den Professor, der Max Planck einst von einem Physikstudium abgeraten hat. In dieser Wissenschaft sei schon fast alles erforscht. Warum das Lächeln? Was wir im All sehen, ist heute im Standardmodell der Physik tatsächlich gut beschrieben. Leider sehen wir nur etwa vier Prozent, den Teil, der aus uns bekannter Materie besteht. Die restlichen 96 Prozent sind weitgehend unerforscht. Die Namensgebung dafür sagt alles: Dunkle Materie und dunkle Energie.

Das Standardmodell enthält einen Elementarteilchenzoo mit verschiedenen Quarks, Leptonen wie dem Elektron und

Neutrino sowie mehreren Austauschteilchen, die Kräfte vermitteln. Doch auf viele Fragen hat es keine Antwort parat. Zum Beispiel auf die Frage, woraus 96 Prozent des Alls bestehen. Wieso es nun genau diese Elementarteilchen mit diesen Massen gibt. Gleiches gilt für die Kräfte. Die Schwerkraft schließlich – fehlt völlig im Modell. Aber wie könnte ein neues aussehen?

Wieviel neue Physik kann der Large Hadron Collider enthüllen?

Schon allein das Wort LHC erzeugt bei Teilchenphysikern glänzende Augen. Denn bei den großen Energien und Intensitäten in dem Beschleunigerring am CERN könnten sich völlig neue Phänomene zeigen, ja sogar „Neue Physik“, die die Lücken im Standardmodell schließen könnte. Das vieldiskutierte Higgs-Teilchen steht zwar ganz oben auf der Liste der Gesuchten, doch allein mit dem Higgs wäre man, was diese Lücken angeht, noch keinen Schritt weiter.

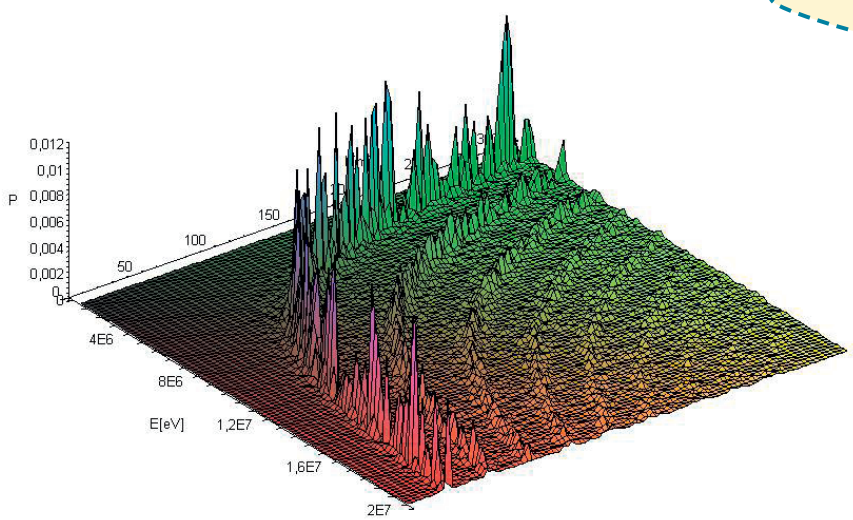
Bisher müssen Parameter im Standardmodell bis auf 34 Stellen nach dem Komma feinjustiert werden, damit es nicht zusammenbricht. Diese Schwäche könnte die Theorie der Supersymmetrie aufheben. Sie ordnet jedem Teilchen einen supersymmetrischen Partner zu. Die Effekte der Partner heben sich in Gleichungen auf, sodass die Feinabstimmung nicht mehr nötig ist. Die Theorie führt außerdem drei der vier Naturkräfte bei hohen Energien zusammen. Und: Das leichteste stabile superschwere Teilchen, unter anderem auch Neutralino genannt, ist ein vielversprechender Kandidat für die dunkle Materie. Es könnte sich im LHC zeigen, genauso wie aufgerollte zusätzliche Dimensionen aus der String-Theorie.

Wie bekommen Neutrinos ihre Masse?

Neutrinos sind schon seltsame Teilchen-Exemplare. In jeder Sekunde strömen Billionen von ihnen durch uns, durch die Erde, fast ohne eine Spur zu hinterlassen. Dabei wechseln sie ständig zwischen den Geschwisterteilchen

Was ist ein Spin? Mehr auf Seite 10

Mehr zu Neutrinos auf Seite 14



Theoretische Physik besteht nicht nur aus Formeln: Ein 3D-Graph der Wahrscheinlichkeit eines Neutrinos, sich in eines seiner Geschwisterteilchen zu verwandeln.
Bei großen Entfernungen und hohen Energien ist sie verschwindend gering.

Elektron-, Myon- und Tauon-Neutrino, auch Flavours genannt, hin und her. Unter den Fermionen, also den Teilchen mit halbzahligem Spin, ist das Neutrino das einzige ohne Ladung und mit sehr großem Abstand das leichteste. Als Forscher entdeckt haben, dass es überhaupt eine Masse besitzt, hat das eine Revolution in der Teilchenphysik ausgelöst. Denn der kleine Sonderling könnte der Schlüssel zu einigen entscheidenden Fragen sein. Gibt es zusätzliche Dimensionen? Warum gibt es mehr Materie als Antimaterie?

Auf der Suche nach Antworten gehen die Theoretiker an der TU Dortmund den grundlegendsten Fragen nach: Wie bekommen Neutrinos überhaupt ihre Masse? Und warum ist sie so winzig? Laut einer Theorie könnten sie sich in zusätzlichen Dimensionen aufhalten und dort Masse „verlieren“. Eine andere besagt, das Neutrino erhält seine Masse, indem es sich sehr selten kurzzeitig in ein superschweres Partnerteilchen verwandelt. Dazu borgt es sich Energie aus dem Vakuum. Das schwere Neutrino könnte sich weiter in ein Anti-Neutrino verwandeln und damit das Standardmodell völlig über den Haufen werfen. Ein Hinweis, was aus der fehlenden Antimaterie im All geworden ist? Die Theoretiker der TU wollen es herausfinden. Natürlich mithilfe von experimentellen Daten.

Wie setzt man das Flavour-Puzzle zusammen?

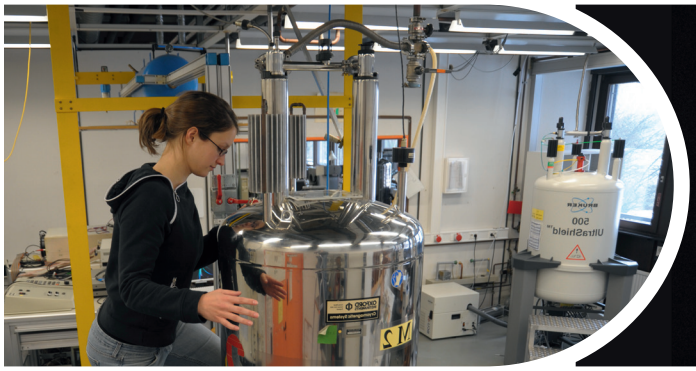
Nicht nur Neutrinos, auch Quarks existieren in verschiedenen Sorten, den Flavours: Top und Bottom, Up und Down, Charm und Strange. Und sie können ebenfalls ihre Flavours ändern und mischen. Warum?

Die Flavours sind unterschiedlich schwer, mit mal extremen, mal weniger großen Massendifferenzen. Welcher Regel folgen sie?.

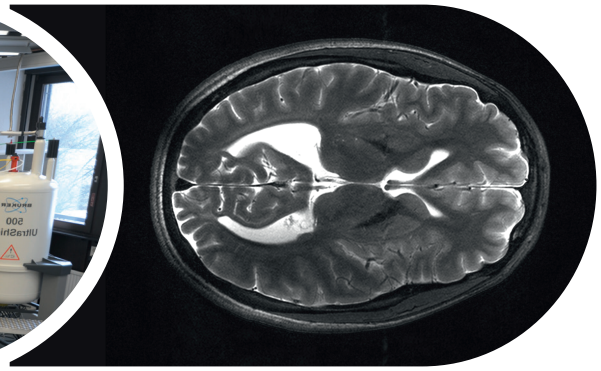
Man kann die bekannten Teilchen in drei Generationen einsortieren, in denen sich die Flavours in ihrer elektrischen Ladung ergänzen. Warum gerade drei? Und welche Teilchen fehlen noch?

Wie die Puzzleteile aussehen, weiß man aus experimentellen Daten. Aber wie sie zu einer größeren vereinheitlichten Theorie zusammenpassen, ist weiterhin ein Rätsel. Theoretikerteams an der TU Dortmund wollen es lösen.

Phänomen und Trumpf im Ärmel: Magnetismus
Von starken Feldern und tanzenden Teilchen



Die „kleinen“ Exemplare des Magnetensembles der TU. Beide Magneten sind rund 200 000 Mal stärker als das Erdmagnetfeld. Mit flüssigem Helium werden sie ständig auf -269°C gekühlt.



Eine Kernspin-Aufnahme der Metaboliten im Gehirn sieht auf den ersten Blick nicht viel anders aus als eine gewöhnliche. Nur macht sie andere Stoffe sichtbar.

Wer sich vorzustellen versucht, wie der Spin eines Teilchens aussieht, dem kann schnell schwindlig werden. „Es ist, als würde sich das Teilchen um die eigene Achse drehen, in eine bestimmte Richtung“, hört man. Erscheint schwierig bei einem punktförmigen Elektron? Es geht noch weiter. „Der Spin ist eine Quantenzahl, die ein Teilchen beschreibt. Bei Elektronen kann er plus oder minus ½ ergeben.“ Aber das hieße dann, dass sich das Elektron zweimal um die eigene Achse drehen muss, bis es einem Betrachter wieder die selbe Seite zeigt. So unfassbar der Spin auch ist, fest steht: Auch ohne Porträtbild kann man ihn für verschiedenste Bereiche der Physik nutzen, da er die magnetischen Eigenschaften von einzelnen Teilchen und ganzen Materialien bestimmt.

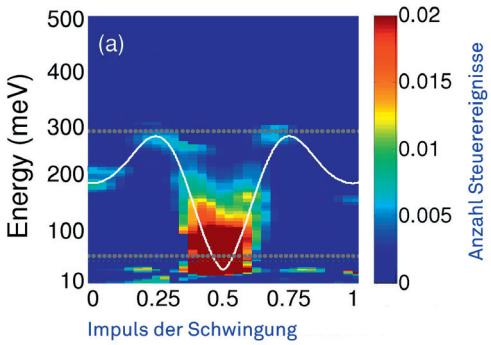
Wie geht eine Operation am magnetischen Spin?

Heute können Ärzte problemlos ohne Knochensäge und Rippenspreizer in den menschlichen Körper hineinsehen. Röntgengeräte zeigen unser Skelett, Kernspintomographen verschiedene Gewebe wie Fett, Muskeln und Organe. In Zukunft soll der Tomograph noch mehr Informationen liefern. Klassisch zeigt eine Aufnahme alle wasserstoffkern-reichen Gewebe. Für Diagnosen sind aber oft nur bestimmte Substanzen entscheidend: zum Beispiel Metabolite, die beim Stoffwechsel entstehen. Im Gehirn kann ihre Verteilung etwa auf Alzheimer oder Multiple Sklerose hinweisen. Aber das Signal der interessanten Metabolite aus vielen herauszufiltern, ist eine wahre Kunst.

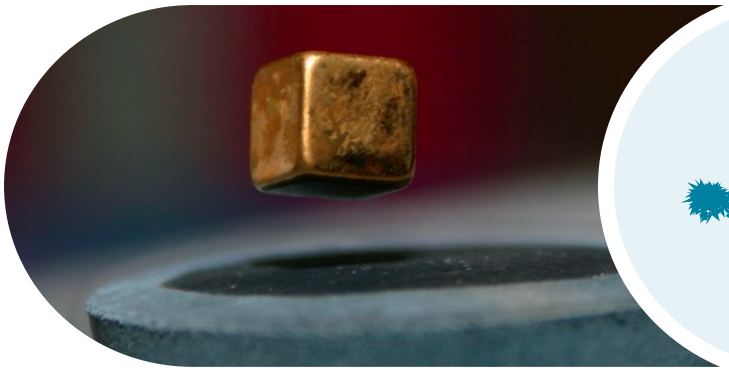
Für eine normale Kernspin-Aufnahme werden die Spins von Wasserstoffkernen in einem starken Magnetfeld ausgerichtet und zum Kreiseln angeregt. Bis das Kreiseln abklingt, dauert es in unterschiedlichen Gewebearten unterschiedlich lang. Im Bild werden diese Unterschiede in hell und dunkel oder in Farben übersetzt. Physiker der TU entwickeln nun Methoden, die nur die Spins der Wunsch-Metabolite anregen und sichtbar machen – mit genau abgestimmten Radiopulsen. Man nennt das auch Operation am Spinsystem. Getestet wird das Ergebnis in Magnetfeldern, die bis zu 300 000 Mal stärker sind als das der Erde, im Magnetresonanzzentrum auf dem Campus.

Wer ist der heißeste Kandidat für Supraleitung?

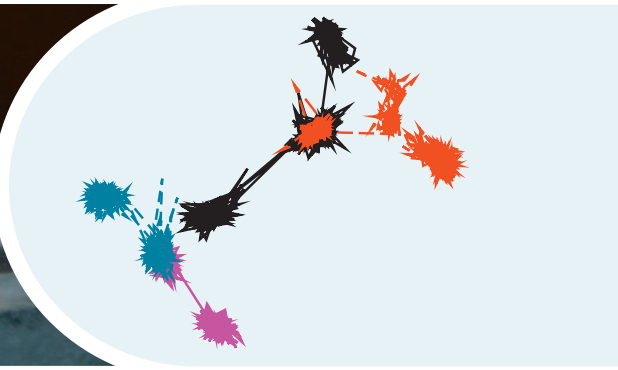
Gemeinsam schafft man mehr als alleine. Das gilt auch für Elektronen. Spannende Phänomene wie Magnetismus und Supraleitung ergeben sich erst aus ihrem Zusammenspiel. Klassische Supraleiter sind Metalle, die bei extrem niedrigen Temperaturen Strom ohne Widerstand also auch ohne Energieverlust leiten. Gitterschwingungen in ihrem Innern bringen die Elektronen dazu, sich gemeinsam fortzubewegen – anstatt sie zu bremsen. Die dadurch gesparte Energie wird allerdings durch



Die magnetischen Schwingungen in Kupferoxid-systemen sichtbar gemacht: Je geringer ihre Energie, desto stärker streuen sie Neutronen, mit denen sie beschossen werden.



Ein unglaubliches Phänomen: Ein Magnet schwebt über einem Supraleiter. Auf das Magnetfeld reagiert der Leiter mit einem entgegengesetzten Feld, das den Magneten abstößt.

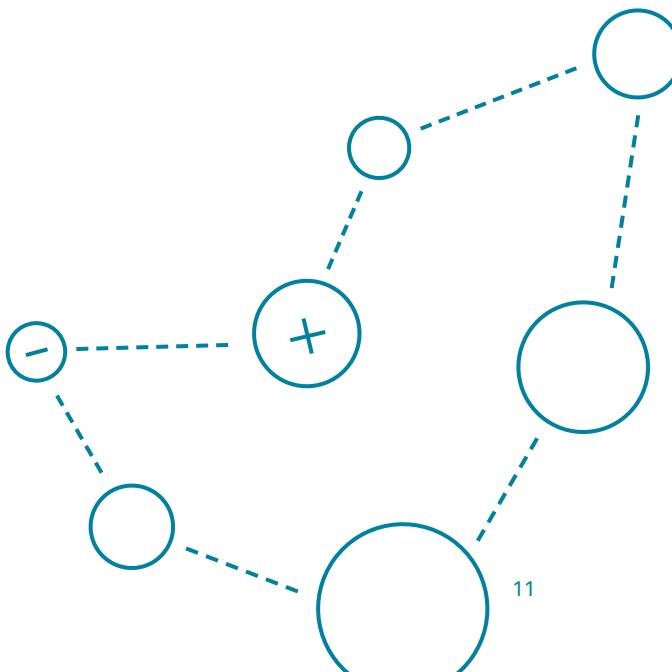


Viel Gezappel, wenige Sprünge: Lithium-Ionen zittern um ihren Platz herum.

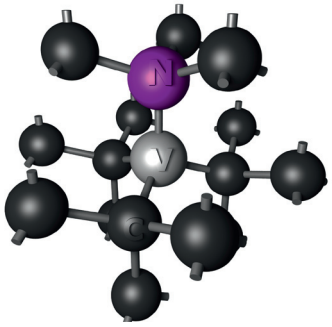
die aufwändige Kühltechnik mehr als aufgefressen. Daher suchen Forscher ständig nach Stoffen, die auch in wärmerer Umgebung widerstandslos leiten, so genannte Hochtemperatur-supraleiter. „Heiße Kandidaten" sind solche, die Schichten aus Kupferoxid enthalten. Sie kommen schon mit gemütlichen minus 200°C aus. Bekannt ist, dass diese Schichten stark magnetisch sind. Daher liegt es nahe, dass auch hier der Austausch von magnetischen Schwingungen die Supraleitung möglich macht. Das aber im Detail zu zeigen, ist sehr schwierig. Die Theoretiker müssen ran. Denn je besser sie den Mechanismus verstehen, desto näher rückt die Möglichkeit von Supraleitern, die tatsächlich Energie sparen. Zum Beispiel als Kabel, die verlustfrei Strom transportieren.

Wie bewegen sich Ionen in Batterien?

Sie versorgen Handy, Laptop und sogar Autos mit Strom. Dabei ist gar nicht genau bekannt, was in ihrem Innern vor sich geht. So viel ist klar: In Lithium-Ionen-Akkus werden beim Aufladen positiv geladene Lithium-Ionen aus einer Metalloxid-Elektrode gesaugt. Wenn dann ein Stromabnehmer angeschlossen wird, hüpfen sie zurück, während die negativen Elektronen den Weg über den Abnehmer einschlagen und ihn so antreiben. Um herauszufinden, wie die Lithium-Ionen genau von Platz zu Platz hüpfen, haben Physiker der TU Dortmund eine Methode entwickelt, die dafür ebenfalls den Spin nutzt – diesmal den der Ionen. Durch kleinste Änderungen ihrer Kreisel-bewegungen zeigen sie an, wie die Ladungen wandern. Mit dieser Technik untersuchen die Wissenschaftler auch den Ladungstransport in Kristallen und Gläsern. Und finden so vielleicht neue Materialien für Elektroden in Batterien.



Entwickeln der Superrechner
Quantencomputer, mal im Diamant, mal im Nanogefängnis



Reine Zuchtdiamanten werden dotiert: Zwei Nachbar-Kohlenstoffatome (C) werden durch ein Stickstoffatom (N) und eine Lücke (V) ersetzt.

Das Wundermaterial Zuchtdiamant ist nicht nur ultrahart und extrem rein, fast alle Kohlenstoffatome besitzen keinen Spin, der die Qubits stören könnte.

Mögliche Eingaben bei 2 Qubits:
00, 01, 10, 11 → 2^2 = 4 parallele Rechnungen

bei 3 Qubits:
000, 001, 010, 100, 011, 101, 110, 111 → 2^3 = 8 parallele Rechnungen

32 Qubits: → 2^{32} = 4.294.967.296 parallele Rechnungen

Sie werden wohl nie unseren klassischen Heimcomputer ersetzen. Sie werden nicht einmal besser Schach spielen. Und doch arbeiten Wissenschaftler auf der ganzen Welt an der Entwicklung der berüchtigten Quantencomputer. Denn manche Aufgaben werden sie eben doch besser oder schneller erledigen, etwa Datenbanken durchsuchen oder heute weit verbreitete Codes knacken. Aber was noch viel wichtiger ist: Falls unsere Elektronik weiterhin rasant und ständig kleiner wird, könnte sie in 10 bis 20 Jahren Skalen erreichen, in denen Quanteneffekte überwiegen und ihre Funktion entscheidend beeinträchtigen. Die elegante Lösung der Physiker: Diese Effekte nutzen. Denn was könnte Quantensysteme besser simulieren, als ein System, das selbst eines ist?

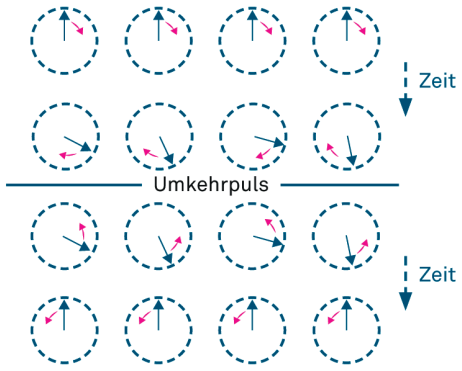
Wie baut man einen Quantencomputer?

Auch die Sprache der Quantenrechner besteht aus Einsen und Nullen. Nur kann ein Quantenbit, auch Qubit genannt, nicht nur entweder den Zustand Eins oder Null, sondern auch beide gleichzeitig einnehmen. Mit solchen überlagerten Zuständen können Qubits mehrere Rechnungen parallel ausführen. Das macht sie so schnell. Ein Team der TU untersucht einen vielversprechenden Kandidaten für einen Qubit-Träger: einen Diamanten. Dessen regelmäßiges Kohlenstoffgitter wird durchlöchert und zum Teil mit Stickstoffatomen aufgefüllt. Rund um die Lücken sammeln sich Elektronen an, deren Spins mit Radiowellen gleich ausgerichtet werden können.

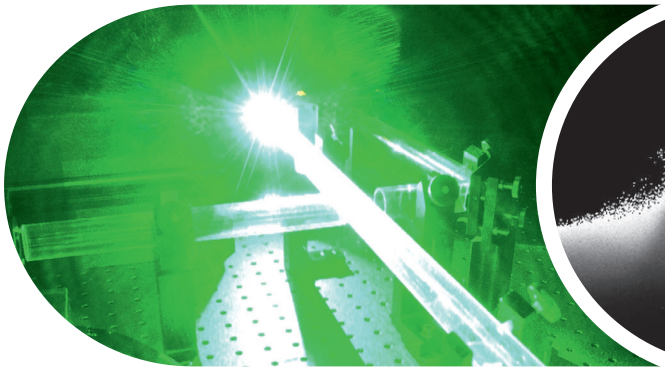
Sie nehmen dann überlagerte Spinzustände zwischen aufwärts (1) und abwärts (0) ein und funktionieren wie Qubits. Wie man die Spins am besten ausrichtet und vor allem das Ergebnis eines einzelnen Spins abliest, daran wird in Dortmund gearbeitet.

Wie speichert man Informationen auf Qubits?

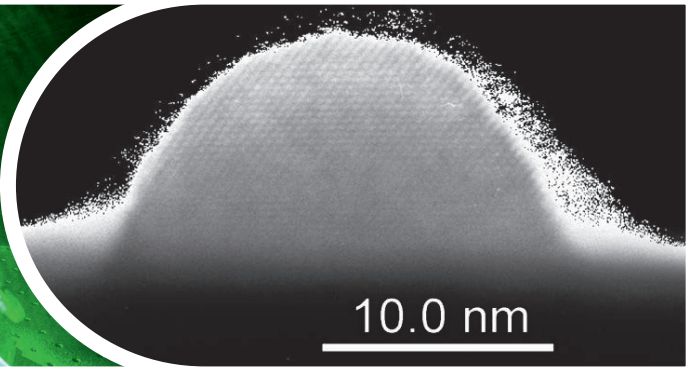
Leider sind überlagerte Zustände ein kurzes Vergnügen. Sie werden sofort zerstört, sobald ein Qubit mit seiner Umgebung in Berührung kommt. Ziel der Forschung ist es daher, diese Wechselwirkung besser zu verstehen, um möglichst gut abgeschirmte und langlebige Qubits zu produzieren. Das Problem: Schon die Atome der Gitter, in denen die Bits als Spin sitzen, üben



Spins kreiseln unterschiedlich schnell in den Magnetfeldern der nahen Atome. Egal wie weit die Spins schon abgedriftet sind – ein Radiopuls schickt sie zurück – dann kreiseln sie weiter.



Mit hochintensiven Lasern können die Physiker die Ausrichtung der Spins in ihren Nanogefängnissen ablesen und steuern.



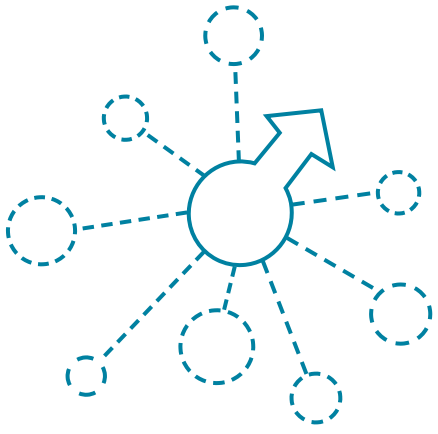
So kann ein Quantenpunkt aussehen: Etwa 100.000 Gallium-, Indium- und Arsenatome umschließen ein einziges Elektron. Dessen Spin ist das Qubit.

oft ein schwankendes Magnetfeld auf den Spin aus. Nach kurzer Zeit verliert der seine Quanteneigenschaften: Er fängt an zu kreiseln und bewegt sich mehr oder weniger schnell in Richtung 0 oder 1, verwandelt sich sozusagen in ein klassisches Bit. Diesen Übergang von der Quantenwelt in die „klassische“ können die Theoretiker der TU sehr genau berechnen.

Regelmäßige Radiopulse der richtigen Frequenz können die Spins ständig in ihren ursprünglichen Zustand zurückschicken. Sie drehen die Spins um, sodass sie zurück kreiseln. Die Theoretiker der TU haben herausgefunden, dass diese Technik noch weitaus besser funktioniert, wenn die Pulse nicht regelmäßig, sondern in genau berechneten Abständen gesendet werden. Experimentatoren weltweit haben die Taktik ausprobiert und tatsächlich: die Qubits leben deutlich länger.

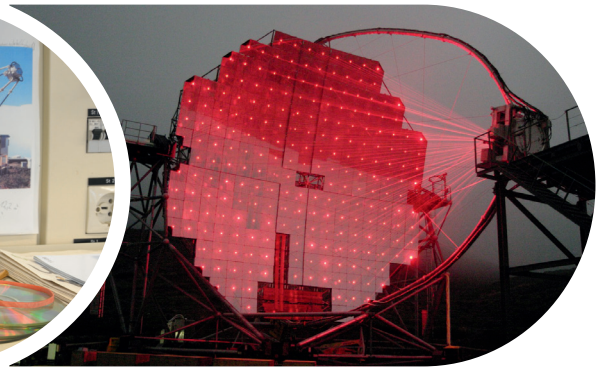
Wie steuert man Qubits?

Warum sich nur auf ein Qubit konzentrieren, wenn man viele haben kann?, hat sich ein anderes Forscherteam gefragt. Statt ein Qubit zu steuern, arbeiten sie mit rund einer Million Kopien. Der Vorteil: Die millionenfach verstärkten Signale sind wesentlich leichter abzulesen. Ein Qubit ist hier ebenfalls ein Spin, diesmal der eines Elektrons in einem Milliardstel Meter großen Gefängnis, einem so genannten Quantenpunkt. Mit einem starken Magnetfeld und Temperaturen nahe dem Nullpunkt werden Störungen aus- und die Elektronen eingesperrt. Mit ultrakurzen Laserpulsen werden sie ausgerichtet und gedreht. Da ein Qubit in einem Quantenpunkt nur etwa eine Millionstel Sekunde lebt, muss dieses Umschalten extrem schnell gehen. Die Dortmunder Physiker haben es in einer Billionstel Sekunde geschafft. Also könnten sie eine Million mal schalten, bevor das Qubit seine Eigenschaften verliert.



Die Entdeckung des unsichtbaren Himmels
Teilchenspäher von den Kanaren bis zum Südpol

Souvenir-Ensemble: Von ihren Reisen zu den MAGIC-Teleskopen auf den Kanaren bringen die Dortmunder Astrophysiker nicht nur Daten mit.



Da sich die Spiegel der Teleskope in Hitze und Witterung leicht verziehen, werden sie mit Lasern immer neu ausgerichtet.

Es gab eine Zeit, da bestand der Himmel selbst für Astronomen nur aus Sternen und Planeten. Sie studierten ihre Bewegungen und Helligkeiten und berechneten Umlaufbahnen und Entfernungen. Hätte man ihnen erzählt, wieviel mehr als nur das sichtbare Licht im Weltraum umherschwirrt, sie wären buchstäblich aus allen Wolken gefallen. Oder hätten kein Wort geglaubt. Dabei ist die Liste lang: Von kosmischer Hintergrundstrahlung hin zu hochenergetischer Gammastrahlung, von Neutrinos bis zu dunkler Materie. Doch gerade, was für das Auge unsichtbar ist, kann uns viel von fernen und Jahrmilliarden alten Galaxien erzählen, von der Vergangenheit unseres Alls und seiner Zukunft. Nur muss man die scheuen Boten erst einmal einfangen.

Was passiert in den größten Teilchenbeschleunigern der Welt?

Irgendwann werden die meisten, wenn nicht alle Galaxien von ihrem eigenen Zentrum aufgesaugt. Schwarze Löcher in ihrer Mitte verschlingen nach und nach alle Materie in ihrer Umgebung. Doch ein kleiner Teil entkommt, in einem gewaltigen Strahl: den Jets, begleitet von ihrem Nebenprodukt, der hochenergetischen Gammastrahlung. Als weitere kosmische Teilchenbeschleuniger haben die Forscher Supernova-Explosionen und ältere Sternleichen ausgemacht. Nun wollen sie herausfinden, welche physikalischen Gesetze in diesen ungeheuerlichen Erscheinungen herrschen. Die hochenergetischen Teilchen geben dabei gute Zeugen ab.

Zwei Späher müssen sie dafür aber erst einmal finden: Sie heißen MAGIC I und MAGIC II und stehen in gut 2000 Metern Höhe auf der Kanarischen Insel La Palma. Wissenschaftler aus ganz Europa – darunter auch Dortmunder Physiker – richten ihre jeweils 240 m^2 Spiegel in Stereo auf den Nachthimmel. Die gesuchte Gammastrahlung kann nur mit einem Trick gesehen werden: Sobald sie auf unsere Atmosphäre trifft, gibt sie ihre Energie an Kaskaden aus Elektronen, Positronen und Photonen ab. Über sehr kurze blaue Blitze, das Cherenkov-Licht, werden diese Teilchen für die Teleskope sichtbar. Richtung und Energie des Lichts geben den Physikern Hinweise, wie und wo die Gammastrahlung entstanden ist.

Wie fängt man ein Geisterteilchen?

Neutrinos stellen nicht nur das Standardmodell der Teilchenphysik auf den Kopf, sie sind auch exzellente Boten weit entfernter Galaxien. Sie werden in gewaltigen kosmischen Ereignissen wie in aufeinanderprallenden Galaxien oder zusammen mit Gammastrahlung im Materiestrudel um schwarze Löcher erzeugt. Und fliegen dann wie ein Geist ungehindert Milliarden Lichtjahre durchs All bis zu uns. Da sie keine Ladung besitzen, werden sie nicht von interstellaren Magnetfeldern abgelenkt

Mehr zum Standardmodell auf Seite 8

So könnte ein Ereignis in Ice Cube aussehen: Ein Neutrino kommt von unten, hat also die Erde bereits durchflogen und löst das bläuliche Cherenkov-Licht aus – die Kugel-Sensoren zeichnen es auf.

Ab in die Tiefe: Ein Kabel wird in einen geschmolzenen Kanal hinabgelassen. Alles muss perfekt sitzen, denn das ewige Eis gibt – einmal festgefroren – so schnell nichts mehr frei.

und zeigen direkt in Richtung ihres Ursprungs. Das macht sie so wertvoll für das Orten solcher energiereichen Ereignisse. Und so schwer zu fangen.

Denn durch Detektoren fliegen sie genauso unbeeindruckt wie durch das All. Erst gigantische Experimente bekommen überhaupt einige wenige von ihnen zu fassen. Gute Chancen hat da IceCube, der rund ein Kubikkilometer große Neutrinofänger im Eis am Südpol. Prallt ein Neutrino dort auf eines der Atome im Eis, entsteht ebenfalls Cherenkov-Strahlung. Im besonders reinen Eis breitet sich das Licht mehr als hundert Meter weit aus und wird von rund 5000 elektronischen Augen in Glaskugeln erfasst. Jedes Auge besitzt die Intelligenz eines kompletten Computers, sie wurden an der TU Dortmund mitentwickelt. Wie auf Perlenketten sind die Detektoraugen (kurz DOMs) auf Kabeln aufgereiht. Kabel für Kabel versenken die Dortmunder zusammen mit Teams aus der ganzen Welt im antarktischen Eis. Derzeit ist schon ein Großteil an seinem Platz, bis 2011 sollen alle 86 Kabel festgefroren sein. Dann erwarten die Forscher etwa 50 000 Neutrinos pro Jahr im Perlennetz von IceCube. Doch nur etwa 50 davon sind Fernreisende; die große Mehrheit stammt aus Teilchenkollisionen in unserer Atmosphäre – und ist damit für die Astrophysiker uninteressant. An der TU Dortmund arbeiten sie deshalb an besseren Filtern für die interessanten Vertreter.

Aus dem IceCube-Blog von

Doktorandin Laura Gladstone, Uni Wisconsin:

December 14, 2009

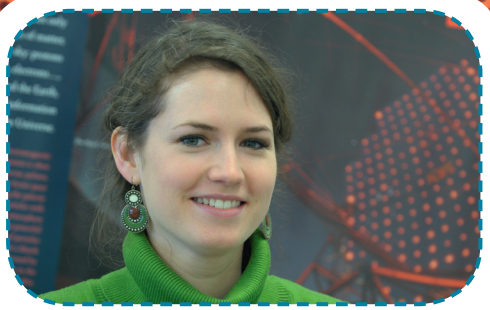
And so the work begins. Despite the fact that my snow gear makes it look like I'm ready to battle alien forces and my eyelashes are frosted over, I'm having a lot of fun.

The actual work was setting up DOMs in the tent and connecting them to the testing hub. Karen suggests holding the cables like snakes: right behind the head to they can't bite or trip you. I'm told that if I get snow in a connector, it's too cold just to blow on it: I need to get a heat gun from the drill camp to melt it.

The community here is tightly knit: the forklift driver was also one of the teachers at the Salsa lesson in the evening. We only recognized each other from the planning emails, since she didn't get out of the forklift seat and I didn't take off my mask. Fantastic Salsa class, by the way.

Mehr lesen auf: blog.icecube.wisc.edu

Warum gerade in Dortmund studieren? Was die Studierenden zu sagen haben



Marlene Doert

Doktorandin seit September 2009

Vertiefung: Astroteilchenphysik, Astronomie

In meiner Doktorarbeit untersuche ich Mrk 421, eine aktive Galaxie mit einem supermassiven schwarzen Loch im Innern. Wenn das Loch Masse in seiner Umgebung aufsaugt, sendet es Gamma-Strahlen aus, die uns etwas darüber erzählen, wie das genau passiert. Ich kann selbstständig forschen, aber mein Doktorvater unterstützt mich, wo er kann. Wir besprechen jeden Tag wie's läuft und er schickt mich zu Konferenzen, damit ich andere Forscher kennenlerne. Weil der Lehrstuhl dort beteiligt ist, durfte ich zu den MAGIC-Teleskopen auf die Kanaren und die Instrumente steuern. Tagsüber schlafen, nachts durch tausend Spiegel den Weltraum beobachten.

Lars Kreilkamp

9. Semester (Diplom)

Vertiefung: Elektronik / Halbleiter-Optik, BWL

Geködert hat mich die Samstagsvorlesung „Brötchen und Borussia" von Professor Tolan, da hat uns unsere Physiklehrerin hingeschleppt. Es ging damals um die Physik in James Bond-Filmen, glaube ich. Die hat schließlich auch meine Facharbeit inspiriert: über die Physik bei Spiderman. Ich habe nachgerechnet, ob Szenen aus dem Film physikalisch möglich sind (sind sie eigentlich nicht). Am Studium gefällt mir besonders das Konzept des integrierten Kurses. Das heißt, ein Theoretiker und ein Experimentator halten gemeinsam eine Vorlesung. Wo man sonst in zwei Kursen viel doppelt hört, bekommen wir beide Sichtweisen gleichzeitig mit. Und natürlich hat das auch Unterhaltungswert, wenn die Profs ein bisschen frotzeln à la ‚Der Kollege macht das so, aber ich zeig Ihnen jetzt mal, wie das wirklich geht'.

Sebastian Knoche

7. Semester (Diplom)

Vertiefung: Theoretische Festkörperphysik, Mathematik

An unserer Fakultät gefällt mir besonders die Vernetzung der Physik mit anderen Wissenschaften. In Seminaren habe ich mich mit weicher Materie, Biophysik und sogar Musik beschäftigt. Jetzt weiß ich, was die Akustik eines guten Konzertsaals ausmacht. Guter Kontakt zu den Professoren wird schon in den ersten Semestern durch das Mentorenprogramm geschaffen. Man trifft sich in kleinen Gruppen regelmäßig mit einem Professor, der für alle Probleme an der Uni einen Rat weiß – von Studienverlauf bis Zukunftsaussichten. Auch sonst stehen die Türen der Professoren immer offen (bei einigen sogar wörtlich). Feste Sprechstunden gibt es keine, man schaut einfach vorbei.

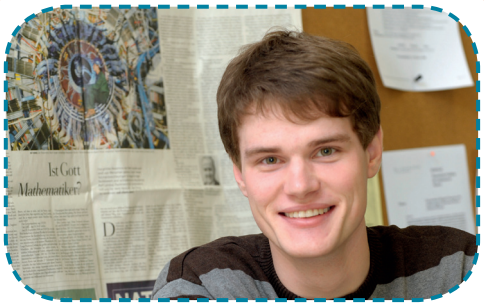
Julia Rietenbach

3. Semester (Bachelor)

Nebenfach: Informatik

Die Atmosphäre und Betreuung an der TU Dortmund ist schon etwas Besonderes. Die höheren Semester kümmern sich um die Jüngeren, suchen den Kontakt und helfen gerne, wenn es mal Probleme gibt. Studierende aus dem dritten Semester halten Tutorien, in denen man wie in den Übungen seine Fragen loswerden kann. Auch der Mentor, ein Professor, den man im ersten Semester zugeteilt bekommt, ist eine große Hilfe. So hat man einen direkten Ansprechpartner wenn es mal Probleme gibt. Auch die Fachschaft ist sehr herzlich – und die Fachschaftsfeiern mehrmals im Semester immer ein voller Erfolg. Ich habe mich sofort willkommen gefühlt.

TU Dortmund

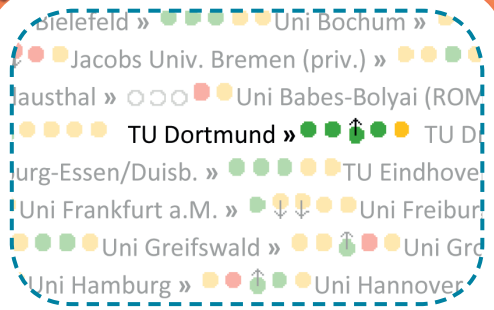


Arnd Behring

9. Semester (Diplom)

Vertiefung: Quantenelektrodynamik, Funktionalanalysis

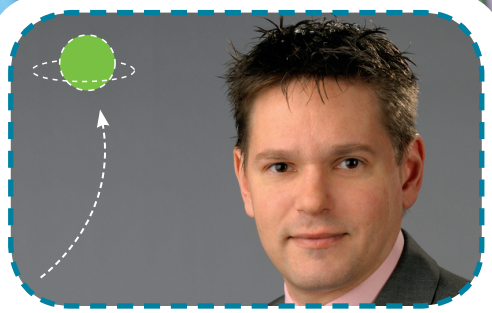
Die Betreuung in der Fakultät ist richtig gut. Professoren und Mitarbeiter sind eigentlich fast immer ansprechbar und helfen sofort weiter. Ich hatte immer den Eindruck dass sie sich freuen, wenn man mit Fragen zu ihnen kommt. Die Fachschaft ist auch sehr aktiv: Für die Erstis gibt es eine Kennenlernfahrt, die ich nur jedem empfehlen kann. Man sitzt dann oben am Berg zusammen, grillt, kocht, trinkt und beschnuppert sich. Außerdem gibt es Tutorien, in denen Drittsemester mit Erstis über den Stoff sprechen und Aufgaben rechnen. Mir hat das sehr weitergeholfen und den einen oder anderen Freund aus anderen Semestern eingebracht.



Nr. 1 im Hochschulranking

Die Fakultät kann mit Recht stolz auf ihr Studium sein: Der Bachelorstudiengang Physik der TU Dortmund belegt Platz 1 im Hochschulranking des Centrums für Hochschulentwicklung CHE und der ZEIT. In den Kategorien Studiensituation allgemein, Betreuung, Laborausstattung und Zitationen liegt der Studiengang in der Spitzengruppe – also in vier von fünf Kategorien. Von allen rund 70 Hochschulen in und um Deutschland, die Physik anbieten, hat das keine andere geschafft. Konzepte wie das Mentorenprogramm, der integrierte Kurs und eine außerordentliche Ausstattung mit sogar einem eigenen Beschleuniger auf dem Campus scheinen sich zu lohnen, kurz: Den Studierenden gefällt's.

Wo soll das alles hinführen?
Alumni erzählen von ihren Berufen



Armin Hauke

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Am DLR-Standort Oberpfaffenhofen stelle ich mit meinen Kollegen sicher, dass Daten, die Satelliten und Raumsonden aussenden, unser Kontrollzentrum erreichen und Kommandos den umgekehrten Weg ins All nehmen können. Zurzeit arbeite ich an einer neuen Steuerungssoftware, die dafür die Antennen der Bodenstationen sauber ausrichtet und die Signale der Satelliten richtig dekodiert. Die Verknüpfung von Stationshardware und dem Betrieb einer Weltraummission macht meine Arbeit sehr abwechslungsreich. Und, dass meine Gruppe eine bunte Mischung aus Chemikern, (Geo-)Physikern und Informatikern ist. Das Zusammenspiel vieler Menschen und Elemente ist wichtig. Wie bei meiner Promotion an der TU Dortmund beim BaBar-Experiment am SLAC-Beschleuniger in Kalifornien.

Julia Becker

Juniorprofessorin für Hochenergie-Astroteilchenphysik an der Ruhr-Universität Bochum

Seit einigen Jahren darf ich mich auch beruflich den Fragen widmen, die mich schon während des Studiums beschäftigt haben: Wie ist die Welt im Kleinsten aufgebaut? Woher kommt die dunkle Energie? Als Juniorprofessorin erforsche ich, woher die kosmische Strahlung kommt und lehre Kosmologie, Astroteilchenphysik und Quantenmechanik. Bisher war ich an Unis in Schweden, den USA und eben in Dortmund – für meine Doktorarbeit über theoretische Vorhersagen von Neutrinoflüssen. Dort hat mir besonders gefallen, welchen hohen Stellenwert die Lehre für die Fakultät hat. Im wöchentlichen Kolloquium kann man neuesten Ergebnissen von internationalen Forschern lauschen, samstags morgens bekommt man bei „ Brötchen und Borussia“ Alltagsphysik für jeden verständlich erklärt.

Henning Sternemann

Patentanwaltskandidat in Düsseldorf

Nach meiner Promotion wollte ich unbedingt einen Berufsweg einschlagen, der weiterhin etwas mit Physik und Technik zu tun hat und der abwechslungsreich ist. Seit 2008 mache ich in der Düsseldorfer Kanzlei Cohausz & Florack eine Ausbildung zum Patentanwalt. In diesem Beruf ist es wichtig, den Kern einer Erfindung schnell zu erfassen und zu beschreiben. Technische Zusammenhänge erkennen und komplexe Probleme zerlegen sind kein Problem für mich. Das kenne ich schließlich noch aus dem Physikstudium. Für Dortmund hatte ich mich damals vor allem wegen des integrierten Kurses entschieden - und habe es auch nicht bereut. Ich fand das Studium sehr teamorientiert und merke immer wieder, wie wichtig das ist.

Hartmut Löwen

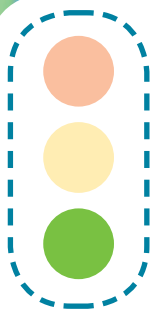
Professor für Theoretische Physik an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Mein Fachgebiet an der Uni Düsseldorf ist die Physik von Kolloiden, das sind in einem Medium fein verteilte Teilchen oder Tröpfchen. Das können Fetttröpfchen in Wasser wie bei Milch sein oder auch feste Farbpartikel in Tinte. Dabei faszinieren mich besonders Phänomene wie Gefrieren, Schmelzen und Glasbildung. Außerdem bin ich mit Begeisterung in der Lehre aktiv. So kann ich das weitergeben, was ich an der TU Dortmund gelernt habe. Bis `86 habe ich dort ein Blitzstudium von knapp sieben Semestern absolviert. Das war vor allem möglich, weil ich im integrierten Kurs Theorie und Experiment gleichzeitig lernen und so Zeit sparen konnte. In Dortmund habe ich auch promoviert, bin dann für die Habilitation nach München und Lyon gegangen und schließlich wieder in die Nähe der Heimat zurückgekehrt.

Jörg Seehafer

Wissenschaftlicher Angestellter bei der Medizintechnikfirma medres

Ich arbeite in einer kleinen Firma, die Zubehör für experimentelle Magnetresonanz-Tomographie (MRT) entwickelt. Dort entwickle ich Spulen und Monitore für MRT, baue und vermarkte sie anschließend selber. In so einem kleinen Betrieb hat man eben viele Aufgaben. Am Max-Planck-Institut für neurologische Forschung in Köln arbeite ich parallel an meiner Promotion. Ich entwickle neue Methoden für die funktionelle MRT, die aktive Regionen im Gehirn zeigt. Beide Berufe sind sehr abwechslungsreich, anwendungsorientiert, nah am Menschen und erfordern viel Kommunikation. Was mir besonders wichtig ist: Neben Theorie und Wissenschaft kann ich auch handwerklich und kreativ arbeiten.



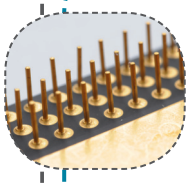
Deine Ampel steht auf **TU-Grün**

Gefragt auf dem Arbeitsmarkt

Dass die Arbeitslosenquote von Physikabsolventen bei nur etwa drei Prozent liegt, kommt nicht von ungefähr. Physiker sind oft auch jenseits ihres Fachgebiets begehrt, übernehmen dann Aufgaben eines Informatikers oder Ingenieurs, gehen ins Management. Laut einer Arbeitsmarktanalyse des Instituts der deutschen Wirtschaft aus dem Jahr 2010 soll der Bedarf an Physikern in Zukunft noch steigen: Neben der Entwicklung der Gesamtwirtschaft werden in den nächsten Jahren mehr und mehr Physiker in Rente gehen. Weiterer Pluspunkt: Physiker sind im Schnitt zufriedener mit ihrer Studienwahl. In der erwähnten Studie sagten 87 Prozent aller befragten Physikabsolventen, sie würden ihr Fach wieder studieren, im Vergleich zu 66 Prozent der Absolventen aller Fächer.

Was erwartet mich im Studium?
So sieht‘s aus

Bachelor



Physik

„Alles vom freien Fall bis zur Quantentheorie“

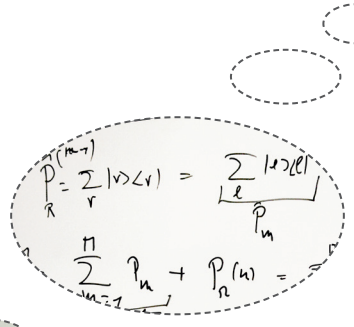
Integrierter Kurs Physik I- IV / Theoretische und experimentelle Physik

Physikalische Praktika I & II

Semester 1-4

Mathematik

Höhere Mathematik I bis IV und Numerische Mathematik



Nebenfach

Chemie oder Informatik

Semester 1-2

Chemie: Vorlesungen und Laborpraktikum

Informatik: Vorlesungen und Programmierpraktikum

Semester 5-6

Physikalisches Vertiefungsgebiet

Festkörperphysik, Elementarteilchenphysik, Thermodynamik

Physikalisches Praktikum III

z.B. Beschleunigerphysik, Höhere Quantenmechanik, Elektronik, Kosmologie...

Allgemeines Vertiefungsgebiet

z.B. Chemie, Elektrotechnik, Astronomie, Wirtschaftswissenschaften

Bachelorarbeit

(6. Semester)

Master

Physik

Semester 1-3

Festkörper-/Teilchentheorie,
Physikalisches
Hauptseminar

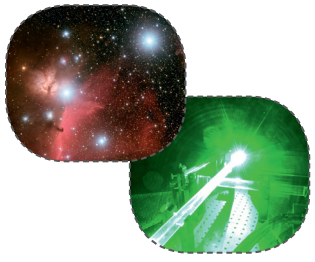
Fortgeschrittenen-Praktika

Forschungspraktikum

Physikalisches Vertiefungsgebiet

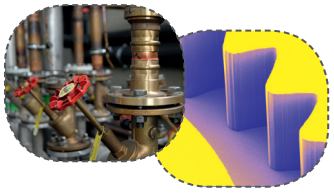
Semester 1-2

wie im Bachelor



Allgemeines Vertiefungsgebiet

wie im Bachelor



Masterarbeit

4. Semester)

Promotion

Berufsleben

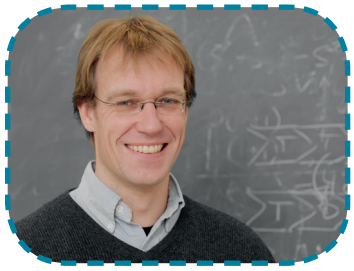
Wer erwartet mich im Physikstudium?
Die Professoren der Fakultät

Festkörperphysik

Theorie

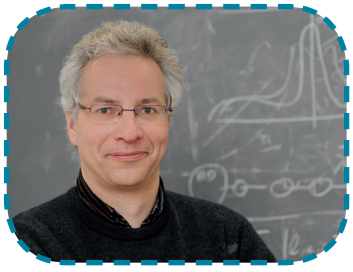
T I. Elektronische Korrelationen und Weiche Materie

Götz Uhrig

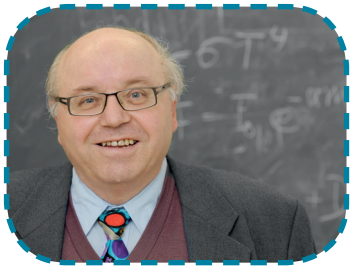


Jan Kierfeld

T II. Quantendynamik von Vielteilchensystemen



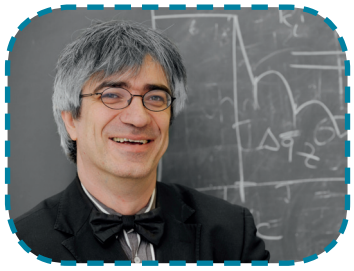
Frithjof Anders



Werner Weber

Experimentell

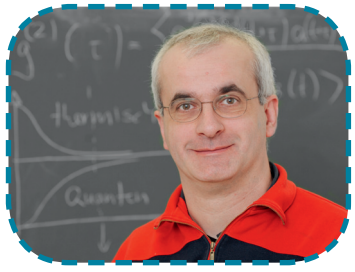
E I. Synchrotronstrahlung



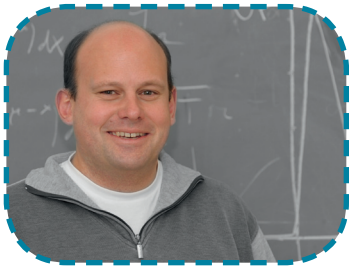
Metin Tolan

Carsten Westphal

E II. Ultraschnelle Optik an Halbleitern

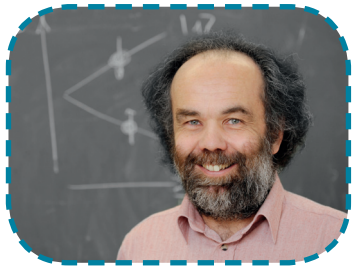


Manfred Bayer

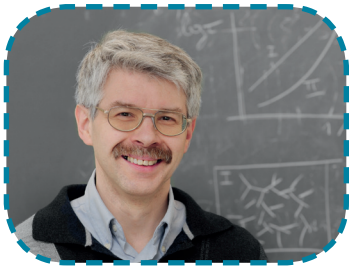


Markus Betz

E III. Dynamik von Festkörpern und Flüssigkeiten



Dieter Suter

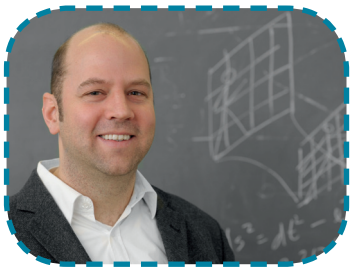


Roland Böhmer

Teilchenphysik

Theorie

T III. Neutrinos und neue Teilchenphysik



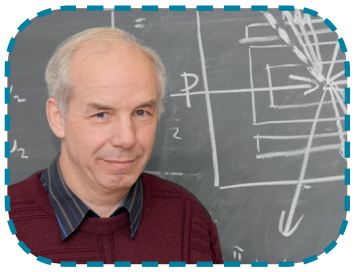
Heinrich Päs

T IV. Flavourphysik und Supersymmetrie

Gudrun Hiller

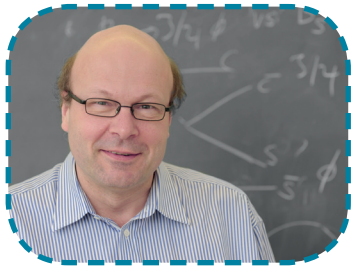
Experimentell

E IV. ATLAS am Cern und Neutrinos



Claus Gößling

E V. LHCb am Cern und Astroteilchenphysik

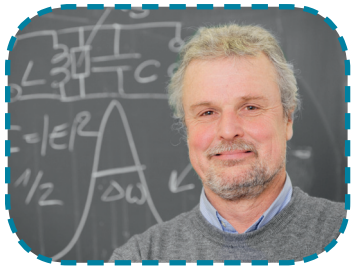


Bernhard Spaan

Wolfgang Rhode

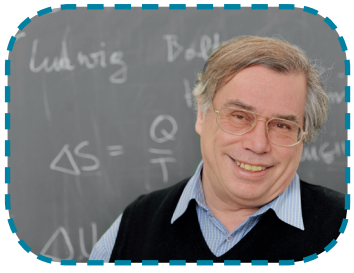
Beschleunigerphysik

Shaukat Khan



Thomas Weis

Didaktik



Alfred Pflug

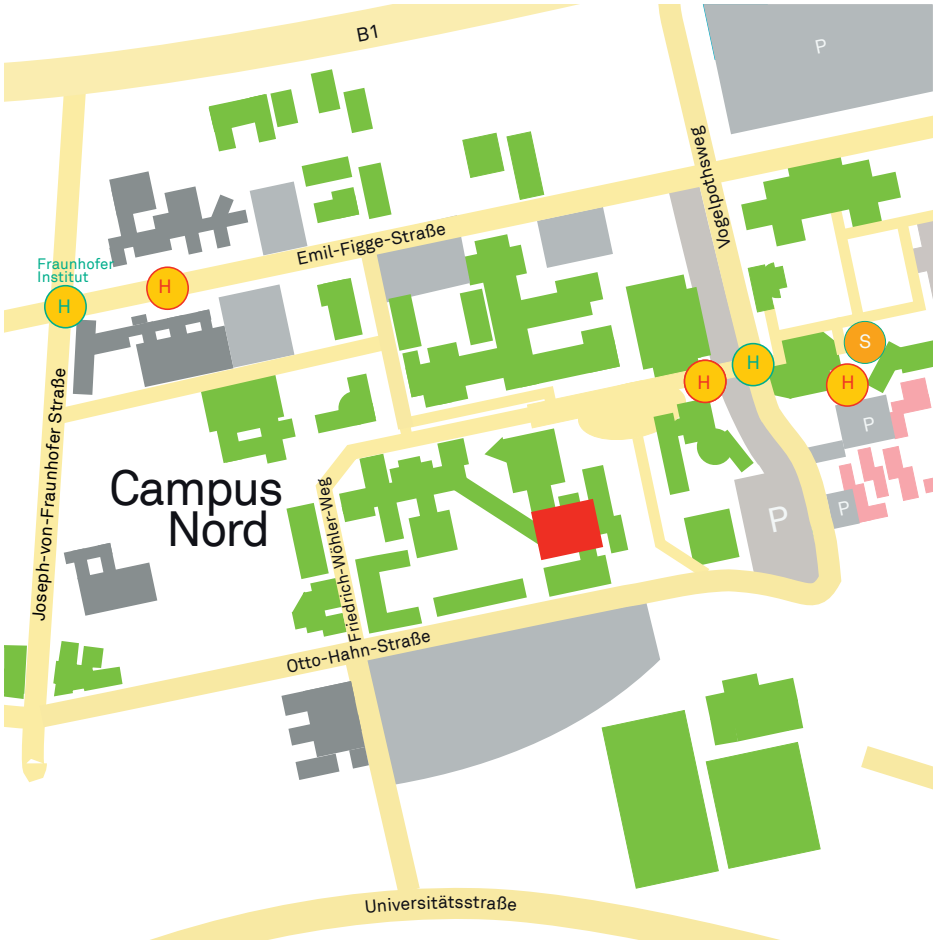
Kontakt

Fakultät Physik

Otto-Hahn-Str. 4
44227 Dortmund
Dekanat Tel. 0231 755 3503
www.physik.tu-dortmund.de

Studienberatung
Prof. Dr. Joachim Stolze
Tel. 0231 755 3552

Priv.-Doz. Dr. Ute Löw
Tel. 0231 755 3502
studienberatung@physik.tu-dortmund.de



TU Dortmund

Text: Sophie Stigler
Fotos: Herr Huhn
Gestaltung: IT & Medien Centrum 2010