

## WILHELM UND ELSE HERAEUS-STIFTUNG JAHRESBERICHT 2022

## **GREMIEN UND MITARBEITER**

### **Vorstand**

Prof. Dr. Jürgen Mlynek, Berlin (Vorsitzender)  
Ursula Heraeus, Freiburg  
Prof. Dr. Rolf-Dieter Heuer, Genf  
Prof. Dr. Dieter Röß, Hösbach (Ehrenvorsitzender)  
Prof. Dr. Joachim Treusch, Bremen (Ehrenvorsitzender)

### **Wissenschaftlicher Beirat**

Prof. Dr. Klaus Blaum, MPI für Kernphysik, Heidelberg  
Dr. Klaus Dieterich, Stuttgart  
Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus, Universität Bielefeld  
Prof. Dr. Dieter Meschede, Bonn (ex officio für DPG, bis 3/2022)  
Dr. Heike Riel, IBM Zürich  
Prof. Dr. Wolfgang Schleich, Universität Ulm  
Dr. Lutz Schröter, Wolfsburg (ex officio für DPG, ab 4/2022)  
Prof. Dr. Johanna Stachel, Universität Heidelberg  
Prof. Dr. Claudia Steinem, Universität Göttingen  
Prof. Dr. Matthias Steinmetz, Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam  
Prof. Dr. Metin Tolan, Universität Göttingen  
Prof. Dr. Roser Valentí, Universität Frankfurt  
StD Michael Winkhaus, Carl-Fuhlrott-Gymnasium Wuppertal

### **Geschäftsführer**

Dr. Stefan Jorda

### **Geschäftsstelle**

Martina Albert  
Elisabeth Nowotka  
Mojca Peklaj  
Jutta Olbrich (bis 6/2022)

### **Sitzungen des Wissenschaftlichen Beirats**

23. April 2022, Frankfurt  
1. Oktober 2022, Genf

### **Sitzungen des Vorstands**

22./23. April 2022, Frankfurt  
30. September / 1. Oktober 2022, Genf

Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung ist eine Stiftung des bürgerlichen Rechts zur Förderung der Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Naturwissenschaften. Weitere Informationen zur Stiftung sowie den einzelnen Programmen und Aktivitäten unter [www.we-heraeus-stiftung.de](http://www.we-heraeus-stiftung.de).

# INHALT

Vorwort	3
<b>1</b> Seminare	5
<b>2</b> Binationale Seminare	24
<b>3</b> Klausurtagungen	26
<b>4</b> Physikschulen	29
<b>5</b> Symposien   Tagungen   Workshops	36
<b>6</b> Dissertationspreise	44
<b>7</b> Seniorprofessuren	46
<b>8</b> Lehrerausbildung   Lehrerfortbildung	50
<b>9</b> Schülerförderung: Beispielhafte Einzelprojekte an Schulen	59
<b>10</b> Schülerförderung: Außerschulische Lernorte   Teilnahmestipendien   Wettbewerbe   Preise	65
<b>11</b> Mitgliedschaften   Verschiedenes	74
<b>12</b> Förderprogramme in Zusammenarbeit mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft	76
<b>13</b> Ausgabenstruktur	84



# VORWORT

Auch das Jahr 2022 war von der Corona-Pandemie geprägt, wenn auch glücklicherweise nicht mehr in dem Ausmaß wie zuvor. Während in den ersten Monaten Veranstaltungen generell noch überwiegend in hybrider Weise oder sogar ausschließlich online stattfinden mussten, war ab Frühjahr die schrittweise Rückkehr in den Normalbetrieb möglich. Angesichts zahlreicher nachgeholt Seminar, Physikschulen und Lehrerfortbildungen, die zum Teil bereits 2020 hätten stattfinden sollen, war denn auch der Veranstaltungskalender der Stiftung gefüllt wie nie. Dies zeigt sich unmittelbar am weiter gestiegenen Umfang dieses Jahresberichts, der gemäß dem Stiftungszweck gegliedert ist, d. h. Förderung von Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Naturwissenschaften durch unmittelbare und mittelbare Aktivitäten.

Zu den Aktivitäten im Bereich der Forschungsförderung (Kapitel 1–5) zählt wesentlich die Förderung des wissenschaftlichen Gedankenaustauschs, insbesondere durch die Organisation der Wilhelm und Else Heraeus-Seminare. Groß war die Freude darüber, dass im Physikzentrum, sei es tagsüber in den Pausen oder abends im Lichtenberg-Keller, wieder zwanglose Gespräche mit Kolleginnen und Kollegen möglich waren. Insbesondere für viele Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler waren diese Seminare die erste Gelegenheit seit Beginn der Pandemie, wieder eigene Forschungsergebnisse in Präsenz präsentieren zu können.

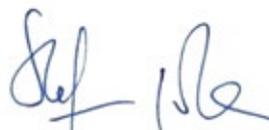
Mit ein- bzw. zweijähriger Verspätung wurden im Berichtsjahr auch zwei binationale Seminare nachgeholt, in Les Houches bzw. Krakau (Kapitel 2). Ein weiteres Seminar hat in Israel stattgefunden, und erstmals hat die Stiftung auch Veranstaltungen in den Tagungszentren in Erice (Sizilien) sowie Cargèse (Korsika) gefördert (Kapitel 4 und 5). Im Rahmen des vom Vorstandsvorsitzenden der Stiftung, Prof. Dr. Jürgen Mlynek, im Vorjahr angestoßenen

Strategieprozesses haben unsere Gremien entschieden, die Stiftungsveranstaltungen generell stärker zu internationalisieren. Insbesondere das Programm der binationalen Seminare ist nun für alle Länder offen, auch über Europa hinaus.

Bei den anderen Stiftungsaktivitäten gingen die Auswirkungen der Pandemie ebenfalls deutlich zurück. So erhielten zahlreiche Preisträger ihre Dissertationspreise wieder in Präsenzveranstaltungen (Kapitel 6), drei neu ernannte Seniorprofessoren konnten ihre Tätigkeit aufnehmen (Kapitel 7), und mehr Lehrerfortbildungen denn je fanden statt (Kapitel 8). Zahlreiche Schülerinnen und Schüler hatten zudem wieder die Möglichkeit, sich in Forschungscamps mit Gleichgesinnten zu vernetzen (Kapitel 9 und 10).

Im Berichtsjahr hat die Deutsche Physikalische Gesellschaft wieder eine große Präsenztagung im Herbst ebenso durchgeführt wie zahlreiche kleinere Veranstaltungen, sodass sich auch die gemeinsamen Förderprogramme von den pandemiebedingten Einbrüchen erholten (Kapitel 12).

Hanau, im Januar 2023



Dr. Stefan Jorda  
Geschäftsführer Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung



# 1 SEMINARE

Die seit 1975 durchgeführten „Wilhelm und Else Heraeus-Seminare“ sind das Betätigungsfeld der Stiftung mit der längsten Tradition. Die Seminare dienen dem wissenschaftlichen Austausch an der Forschungsfront, sei es in etablierten Teilgebieten der Physik oder angrenzenden interdisziplinären Gebieten, sei es in neuen, aufstrebenden Forschungsfeldern. Sie bieten neben Vorträgen und Postersitzungen reichlich Gelegenheit zur Diskussion im großen und kleinen Kreis, zum gegenseitigen Kennenlernen und zum Knüpfen von Kontakten. An den nunmehr 774 Seminaren haben insgesamt über 48000 Personen teilgenommen, davon rund 19600 (41 Prozent) aus dem Ausland.

Das Seminarprogramm hat wesentlich zur Reputation der Stiftung unter Physikerinnen und Physikern in Deutschland, aber auch im Ausland beigetragen. Der Charakter der Seminare und ihre Qualität gelten auch im internationalen Maßstab als herausragend – häufig werden die Seminare mit den renommierten amerikanischen Gordon-Konferenzen auf eine Stufe gestellt. Während bei den Gordon-Konferenzen die wissenschaftlichen Organisatoren jedoch selbst die notwendigen Mittel einwerben müssen, trägt die Stiftung bei den Seminaren die Aufenthaltskosten für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer ebenso wie Reisekostenzuschüsse für eingeladene Redner und Organisatoren sowie die Kosten der Tagungsstätte.

Mit dem Physikzentrum Bad Honnef hat das Seminarprogramm eine hervorragende Basis. Regelmäßig loben in- und ausländische Seminarteilnehmer die ausgezeichnete Infrastruktur, die mit dem im Vorjahr von der Stiftung finanzierten Konferenzsystem weiter verbessert wurde

(vgl. Jahresbericht 2021). Dieses bedeutet insbesondere für hybride Veranstaltungen einen großen Fortschritt.

Ein wichtiger Aspekt der Seminarreihe ist die Nachwuchsförderung. Postersitzungen, bei denen Master-Studierende, Doktoranden und Postdocs ihre wissenschaftliche Arbeit vorstellen, sind ebenso fester Bestandteil eines jeden Seminars wie die Prämierung der besten Poster. Darüber hinaus organisieren auch regelmäßig junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler selbst Seminare.

Der Stiftung lagen 20 Anträge auf Durchführung von Seminaren im Jahr 2022 vor. Nach eingehender Beratung im Wissenschaftlichen Beirat genehmigte der Vorstand alle, mehrere mit Auflagen und Hinweisen zur Verbesserung der Planung und/oder des Programms. Eines davon wurde angesichts der Pandemie zunächst verschoben und dann komplett abgesagt. Gleichzeitig waren 9 Seminare von 2020 und 2021 verschoben worden, sodass im Berichtsjahr insgesamt 28 Seminare stattfanden, und damit so viele wie zuletzt 2018. An diesen Seminaren nahmen rund 2200 Personen teil, 47 Prozent davon kamen aus dem Ausland (im Vorjahr hatten 27 Seminare mit rund 2100 Personen stattgefunden). Im Durchschnitt lag die Teilnehmerzahl pro Seminar bei 79 Personen mit großen Schwankungen zwischen 45 und 126.

Die Stiftung wirbt aktiv für die Beteiligung und Berücksichtigung von Frauen. Vor diesem Hintergrund wurden im Berichtsjahr elf Seminare von Frauen organisiert bzw. mitorganisiert, und 500 Frauen nahmen an den Seminaren teil (= 22 Prozent).

Insgesamt war im Berichtsjahr eine Rückkehr zur Normalität nach den pandemiebedingten Einschränkungen zu verzeichnen. So fanden zu Jahresbeginn nur noch drei Seminare als reine online-Veranstaltungen mit der Plattform MeetAnyway statt, die im Vergleich zu einer reinen Zoom-Veranstaltung deutlich bessere Präsentations- und Austauschmöglichkeiten bietet, insbesondere für die Postersitzungen. Diese Plattform hatte sich bereits im Vorjahr bewährt und wurde erneut sehr gelobt (vgl. Jahresbericht 2021). Von den anderen 25 Seminaren fanden zwei als reine Präsenzveranstaltungen und der Rest in hybrider Form statt, wobei der Anteil von online- bzw. Präsenzteilnehmenden stark variierte. Bei einigen Seminaren war nur ein Drittel der Teilnehmenden vor Ort, bei anderen war das Physikzentrum ausgebucht, und die online-Möglichkeiten wurden genutzt, um insgesamt über 120 Personen die Teilnahme zu ermöglichen. Häufig konnten auch eingeladene Sprecherinnen und Sprecher aus Asien oder Amerika aufgrund der Reisebeschränkungen nur online teilnehmen. Die erstklassige technische Ausstattung des Physikzentrums erlaubte dennoch intensive Diskussionen zwischen Sprechern und Teilnehmern, unabhängig davon, ob sie vor Ort waren oder nicht. Generell waren die Seminare für viele Teilnehmende die erste Konferenz im Präsenzmodus seit Beginn der Corona-Pandemie. Dementsprechend groß waren meist die Begeisterung und der Enthusiasmus.

Nachfolgend sind die Seminare in der zeitlichen Abfolge aufgeführt, die aufgrund zahlreicher Verschiebungen von der Reihenfolge ihrer Nummerierung abweicht. Berichte über die Seminare sind im Physik Journal zwischen März 2022 und März 2023 erschienen. Der Geschäftsführer hat an den meisten Seminaren teilgenommen und die Stiftung in einem Kurzvortrag vorgestellt. Ein wichtiges Anliegen dieser Präsentation ist es, das Stifterehepaar zu würdigen.

## ■ 757 | Non-Linear Magnetism

5.–7. Januar | hybrid | Dr. Kai Litzius, MPI für Intelligente Systems, Stuttgart; Dr. Claire Donnelly, MPI für chemische Physik fester Stoffe, Dresden (102 TN, davon 38 im Physikzentrum, 19 Frauen, 26 aus dem Ausland)

In den letzten Jahren ist Nichtlinearität als Thema zunehmend in den Fokus der Wissenschaft gerückt, da nicht nur die meisten Phänomene in der Natur von sich aus nichtlinear sind, sondern auch zunehmend Nichtlinearität in Anwendungen genutzt wird und dabei hocheffiziente und leistungsstarke Informationsverarbeitung verspricht. Dieses Seminar befasste sich mit der Nichtlinearität im Magnetismus und umfasste eine Reihe von Anwendungen, die von neuartigen Computertechnologien bis hin zu nichtlinearen Effekten in optimierten Geometrien reichen. Dabei zeichneten sich viele grundlegende sowie experimentelle Überschneidungen zwischen den verschiedenen Themengebieten ab. – Kürzlich wurden in gekrümmten dreidimensionalen Systemen neue magnetische Effekte gefunden. Nach einem Überblick dazu wurden neue dreidimensionale Spinstrukturen diskutiert und ein Einblick gegeben in die jüngsten experimentellen Ergebnisse von gezielt designten dreidimensionalen Systemen, die sowohl neue Texturen als auch dynamische Effekte offenbaren. Topologische Teilchen hingegen wurden im Kontext neuartiger Berechnungsschemata diskutiert – mit Aussichten für analoge Anwendungen mit Skyrmionen bis hin zur Realisierung neuer Hopfion-Strukturen. Entscheidend für die Zukunft dieses Bereichs sind eindeutig Fortschritte bei den experimentellen Techniken. Zahlreiche Experimentatoren präsentierten fortschrittliche Bildgebungsverfahren, die von der Abbildung der Nanostruktur chiraler Spintexturen mit Elektronenholografie bis hin zu fortschrittlichen statischen und dynamischen Bildgebungsverfahren mit Synchrotron-Röntgenstrahlen reichten. Solche Untersuchungen sind nicht auf Ferromagnete beschränkt, wie Vorträge zu Röntgenuntersuchungen an antiferromagnetischen Systemen sowie zur antiferromagnetischen Spintronik zeigten. Einen besonders spannenden Ausblick gab es zum Thema „Altermagnete“, einer neuen Untergruppe von Materialien,



Die meisten Seminare wurden 2022 als hybride Veranstaltungen durchgeführt. (Foto: PBH)

die eine Nettomagnetisierung von Null mit einer signifikanten Spinaufspaltung kombinieren und großen Fortschritt im Bereich nichtlinearer magnetischer Materialien versprechen.

### ■ 758 | From Wind and Solar Energy to Chemical Energy Storage: Understanding and Engineering Catalysis under Dynamic Conditions

10.–13. Januar | MeetAnyWay | Prof. Dr. Jan-Dierk Grunwaldt, KIT, Karlsruhe; Prof. Dr. Karsten Reuter, Fritz-Haber-Institut, Berlin; Prof. Dr. Roger Gläser, Universität Leipzig (87 TN, davon 29 Frauen, 24 aus dem Ausland)

Für die Umwandlung von Wind und Solarenergie in chemische Energieträger müssen sich Deutschland oder auch die EU positionieren, um die Nettoemissionen von CO<sub>2</sub> zu senken und Chemikalien nachhaltig zu produzieren. Dies ist sowohl für die Wissenschaft als auch für die Gesellschaft eine große Herausforderung. Daher stieß dieses Seminar auf sehr große Resonanz – obwohl es kurzfristig aufgrund stark steigender Infektionszahlen in den virtuellen Raum verlegt wurde. – Im Gegensatz zu fossilen Ressourcen schwankt die Wind- und Sonnenenergie auf einer Zeitskala von Minuten bis Tagen. Auch Katalysatoren stellen sich als extrem dynamische Materialien dar. Im Mittelpunkt standen dabei katalytische Wege zur Umwandlung energiearmer Moleküle wie Wasser und CO<sub>2</sub> in energiereiche reaktive Moleküle wie Wasserstoff,

Ammoniak und Kohlenwasserstoffe. Dazu wurden besonders Prozesse wie die Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff sowie die Umwandlung von CO<sub>2</sub> in Kohlenwasserstoffe, Methanol, Methan und CO betrachtet. – Unter den exzellenten Referentinnen und Referenten waren mehrere, die weltweit führend auf ihrem Forschungsgebiet sind. Highlights waren die Präsentationen der elektrochemischen Ammoniaksynthese, die es erlaubt, die Produktion von Kunstdünger zu dezentralisieren, sowie die Vorträge über die elektrochemische CO<sub>2</sub>-Reduktion, mit deren Hilfe sich das Treibhausgas CO<sub>2</sub> speichern und die chemische Industrie dekarbonisieren lassen. Hinzu kamen eindrucksvolle Einblicke in die spektroskopische Untersuchung von Katalysatoren unter dynamischen Bedingungen und Vorträge darüber, wie Theorie und Modellierung bei der Erforschung von energiebezogenen Materialien helfen können. Eine Abenddiskussion u. a. auch mit Max Fleischer (Siemens) und Andreas Förster (DECHEMA) drehte sich um die mögliche Zukunft unseres Energiesystems, und Stephan Schunk von HTE/BASF ging schließlich aus industrieller Sicht u. a. auf die aktuelle globale Energieproblematik ein.

---

### ■ 759 | Mesoscopic Triboelectricity – from Patches to Particles to Planets

1.–5. Februar | MeetAnyway | Dr. Philip Born, DLR Köln; Dr. Jonathan Kollmer, Dr. Jens Teiser, U Duisburg-Essen (63 TN, davon 8 Frauen, 37 aus dem Ausland)

Triboelektrizität ist das Phänomen der Ladungstrennung während des Kontakts von Festkörpern. In diesem Seminar wurde Triboelektrizität in Kontexten betrachtet, die von der Oberflächenphysik und der Mechanochemie bis hin zur Atmosphärenphysik und der Astrophysik reichen. Das Bindeglied war dabei die Physik der granularen Partikel. Trockene Granulate und Pulver sind sehr anfällig für triboelektrische Aufladung. Daher eignen sich solche makroskopischen Partikel einerseits gut für fundamentale Studien zur Triboelektrizität. Andererseits ist es von großem Interesse zu untersuchen, wie sich die Kontaktelektrizität beispielsweise auf staubige Planetenoberflächen oder interplanetare Staubwolken auswirkt. Das

große Interesse an dem Ansatz des Seminars, den wissenschaftlichen Austausch zwischen den verschiedenen Disziplinen zu stimulieren, lässt sich an verschiedenen Aspekten verdeutlichen. So konnten anerkannte Expertinnen und Experten aus den verschiedenen Fachrichtungen als Sprecher für das Seminar gewonnen werden, die weitestgehend noch nie auf einem WE-Heraeus-Seminar vorgetragen haben. Zudem fand das Seminar rein online statt, und obwohl dies zu Vortragszeiten früh am Morgen in Amerika und spät am Abend in Asien führte, waren immer mindestens zwei Drittel der registrierten Teilnehmer online und nahmen aktiv teil. Am meisten beeindruckt hat aber, dass Wissenschaftler, die zum Teil schon lange auf diesem Gebiet forschen, in diesem Seminar erstmals ein Forum zum persönlichen Kontakt und zur fachlichen Diskussion vorfanden. Ein spannender Aspekt des Seminars war auch, dass sich kein Fachgebiet als abgeschlossen präsentierte. So wurden immer wieder ähnliche fundamentale Fragen thematisiert und diskutiert: Welche Ladungsträger werden übertragen? Woher kommt die Energie dafür? Welche Rolle spielt die Relaxation der Ladung? Wie lassen sich die Prozesse statistisch erfassen? Welche Rolle spielen die umgebende Gasatmosphäre, adsorbierte Flüssigkeiten und externe Felder? Triboelektrizität wird wohl noch einige Zeit Gegenstand aktiver Forschung bleiben.

---

### ■ 739 | Molecular Physics and Physical Chemistry with Advanced Photon Sources

25.–28. Januar | hybrid | Prof. Dr. Ingo Fischer, U Würzburg; Dr. Laurent Nahon, SOLEIL, Frankreich; Dr. David L. Osborn, Sandia National Lab, USA (111 TN, davon 50 im Physikzentrum, 29 Frauen, 26 aus dem Ausland)

Lichtquellen wie Speicherringe (Synchrotronstrahlungsquellen), Freie-Elektronen-Laser (FEL), aber auch neue laborbasierte HHG-Quellen, die auf der Erzeugung hoher Harmonischer mit Kurzpulslasern basieren, liefern durchstimmbare Strahlung hoher Brillianz. Ziel dieses hybriden Seminars war es, das Potenzial dieser Lichtquellen für Molekülphysik und Physikalische Chemie zu erkunden und den gegenwärtigen Status in der Forschung

zusammenzufassen. In 21 eingeladenen Vorträgen, 12 Kurzvorträgen und zahlreichen Postern wurden Arbeiten präsentiert, in denen Photonenenergien vom THz- bis zum weichen Röntgenbereich genutzt wurden. Während einige Quellen eine hohe spektrale Auflösung für Spektroskopie in der Frequenzdomäne ermöglichen, erlauben andere, Moleküldynamik mit Femto- oder Attosekunden-Zeitauflösung zu studieren. Besonders beeindruckend war der breite Einsatzbereich, der von Molekülen in der Gasphase über Nanopartikel und Aerosole bis hin zu Flüssigkeiten und Molekülen in Flüssigkeitsstrahlen reichte und Fragen von der Grundlagenforschung bis hin zu medizinischen und materialwissenschaftlichen Anwendungen abdeckte. Einige ausgewählte Beispiele sollen diese Breite verdeutlichen: So wurde hochaufgelöste Spektroskopie am  $H_2$  vorgestellt, um damit physikalische Konstanten wie das Massenverhältnis von Proton zu Elektron mit hoher Genauigkeit zu bestimmen und im Vergleich mit astrophysikalischen Daten eine obere Grenze für eine mögliche zeitlich Drift dieses Verhältnisses zu eruieren. Auf der anderen Seite wurde gezeigt, wie Spektroskopie mit Synchrotronstrahlung bei 92 eV Einblick in die Molekülphysik von Photoresists gibt und wie sich HHG-Quellen zukünftig für die Halbleiterstrukturierung nutzen lassen. Ein weiteres eher anwendungsorientiertes Beispiel ist die Kombination aus Massenspektrometrie und IR-Strahlung mit FELs, mit der es gelang, Biomarker für Stoffwechselkrankheiten nachzuweisen und illegale Drogen aus polizeilichen Maßnahmen zu identifizieren. Weiterhin waren auch Energie- und Verbrennungsforschung sowie Atmosphärenchemie als Themen präsent. Potenzielle neue Anwendungen blitzten in den Postersitzungen mit einer Reihe innovativer Projekte auf.

---

### ■ 760 | Metamaterials – Designing Wave Propagation with a Focus on Electrodynamics

7.–11. Februar | hybrid | Prof. Dr. Matthias Günther, Fraunhofer MEVIS, Bremen; Dr. Dennis Philipp, ZARM, U Bremen und Fraunhofer MEVIS, Bremen; PD Dr. Volker Perlick, Prof. Dr. Claus Lämmerzahl, ZARM, U Bremen (49 TN, davon 21 im Physikzentrum, 14 Frauen, 28 aus dem Ausland)

Metamaterialien sind künstlich hergestellte Strukturen, die gezielt elektromagnetische, akustische oder andere Wellen und Felder beeinflussen können und breite Anwendung in der Optik, Elektrotechnik, Akustik bis hin zur Geophysik haben. Diesen Anwendungen liegen sehr ähnliche geometrische Konzepte zugrunde, die dieses Gebiet zu einem interdisziplinären Querschnittsthema machen. Bei diesem Seminar wurden u. a. allgemeine, nichtlokale und nichtlineare Strukturen diskutiert, exotische mechanische Modelle von Metamaterialien explizit konstruiert und maßgeschneiderte Effekte auf die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen beschrieben. Neben der theoretischen Beschreibung wurden viele technische, aber auch grundlagenphysikalische Anwendungen besprochen: Verbesserung der Gravitationswelleninterferometrie vermöge speziell strukturierter Spiegel, Studium von gravitativen wie auch bisher unbeobachteten quantengravitativen Effekten (Hawking-Strahlung) in analogen Fluid-Modellen, Quanten-Metamaterialien zur besonderen Manipulation z. B. kalter Atome, Anwendungen zur Signalverbesserung in der medizinischen Bildgebung mittels Magnetfeldresonanz, Radartechnik, drahtlose Kommunikation (NFC und WPT) und die Erdbebenforschung, bei der es darum geht, wie es in den Boden eingelassene Strukturen erlauben, z. B. Kraftwerke besser vor seismischen Wellen zu schützen. Das Programm umfasst auch Beiträge von eingeladenen Start-up-Unternehmen zu industriellen Anwendungen sowie einen Abendvortrag zur Energiewende aus wissenschaftlicher Perspektive, der Grundlage spannender Diskussionen im Lichtenbergkeller war.

---

### ■ 729 | Fluctuation-induced Forces

14.–17. Februar | MeetAnyway | Prof. Dr. Siegfried Dietrich, MPI für Intelligente Systeme, Stuttgart; Prof. Dr. Andrea Gambassi, SISSA, Triest, Italien; Prof. Dr. Matthias Krüger, U Göttingen; Dr. habil. Ania Maciołek, Institute of Physical Chemistry of the Polish Academy of Sciences, Warschau, Polen (69 TN, davon 13 Frauen, 46 aus dem Ausland)

Fluktuationen sind in der Natur allgegenwärtig, sei es bei Wasserwellen, der erratischen Bewegung atomarer oder

mesoskopischer Teilchen in Flüssigkeiten oder beim stochastischen Verhalten von Photonen der elektromagnetischen Strahlung. Ihre Ursachen können auf die thermische Bewegung oder die Quantenmechanik zurückzuführen sein oder sogar aus einer Teilchendynamik auf einer noch kleineren Längenskala resultieren. Obwohl diese Fluktuationen oft weder von besonderem Interesse noch von physikalischer Relevanz sind, spielen sie eine fundamentale Rolle, wenn sie räumlich korreliert sind, d. h. wenn sie mesoskopische Entfernungen im Raum überwinden. Auf dieser Skala und unter der Voraussetzung, dass sie durch die Oberflächen eingebetteter Objekte räumlich begrenzt werden, können sie physikalische Kräfte hervorrufen – die sogenannten fluktuationsinduzierten Kräfte. Diese Kräfte wurden in verschiedenen Systemen und Anordnungen auf der Mikrometerskala gemessen, und praktische Anwendungen sind derzeit in der Entwicklung. Wichtige Beispiele für räumlich korrelierte Fluktuationen sind das elektromagnetische Feld, das zum berühmten Casimir-Effekt der Quantenelektrodynamik (QED) führt, und flüssige Medien in der Nähe eines kritischen Punktes, die den sogenannten kritischen Casimir-Effekt verursachen. Während diese Fälle interessante Gleichgewichts- und Nicht-Gleichgewichts-Verhaltensweisen aufweisen, eröffnen Situationen außerhalb des Gleichgewichts, zum Beispiel aktive Materie oder Hohlraum-QED, aufgrund des generischen Auftretens von weitreichenden Korrelationen noch weitere Möglichkeiten. Für das Auftreten solcher fluktuationsinduzierter Effekte sind nur relativ wenige Zutaten erforderlich. Dementsprechend treten sie in vielen Bereichen der Wissenschaft auf, zum Beispiel auch in der Biologie, was ihre Erforschung sehr interdisziplinär macht. Dieses Seminar brachte führende Experten aus verschiedenen Forschungsbereichen zusammen und deckte erfolgreich ein breites Spektrum an fluktuationsinduzierten Effekten ab, einschließlich beeindruckender neuerer theoretischer und experimenteller Fortschritte. Es trug zweifellos dazu bei, die gegenseitige Befruchtung sowohl in Bezug auf die Phänomenologie als auch die Methodik zu fördern und die Fähigkeit zur Vorhersage, Kontrolle und Nutzung fluktuationsinduzierter Kräfte zu verbessern.

## ■ 762 | Diffraction Limited Synchrotron Light Sources and Next Generation Free Electron Lasers

7.–11. März | hybrid | Prof. Dr. Robert Feidenhans'l, European XFEL, Schenefeld; Prof. Dr. Wim Leemans, Prof. Dr. Edgar Weckert, DESY Hamburg (88 TN, davon 37 im Physikzentrum, 18 Frauen, 22 aus dem Ausland)

Dieses Seminar befasste sich mit den wissenschaftlichen Möglichkeiten, die moderne beschleunigerbasierte Lichtquellen eröffnen, sowie mit den technischen Fragen, um dieses Gebiet weiterzuentwickeln. Die Teilnehmer von Universitäten und Forschungseinrichtungen aus vielen Ländern der Welt nutzten die Gelegenheit zu einem regen Austausch. Beschleunigerbasierte Lichtquellen wie Synchrotronstrahlungs-Anlagen und Freie-Elektronen-Laser (FEL) haben sich zu unverzichtbaren Analyseinstrumenten für die moderne Wissenschaft entwickelt. Sie können extrem intensive und kollimierte Photonenstrahlen erzeugen, die sich vom sichtbaren Bereich bis zum härtesten Röntgenbereich erstrecken und bis auf Zeitskalen von wenigen Femtosekunden reichen – und die Entwicklung geht weiter. In den Sitzungen wurden die Quellen der vierten Generation mit erhöhter Brillanz und Kohärenz, wie die ESRF-EBS, sowie geplante Quellen wie PETRA IV, BESSY III und auch in Umbau befindliche FELs wie FLASH 2020+ vorgestellt. Diese geplanten neuen Quellen PETRA IV und BESSY III sind Teil der kürzlich vorgestellten „Helmholtz Photon Science Roadmap“. Sie werden revolutionäre neue Möglichkeiten mit Nanometerauflösung für alle bekannten Synchrotronstrahlungsmethoden zur Analyse komplexer Materialien und Proben zur Verfügung stellen. Bildgebende Verfahren, insbesondere von Nanopartikeln und biologischen Proben mit hoher Auflösung, waren eines der Hauptthemen, z. B. die Charakterisierung von Nanostrukturen oder Phasenkontrast-Röntgentomographie von Zellen und Geweben. Auch die Untersuchung magnetischer Ordnung oder die kohärenten bildgebenden Verfahren von dreidimensionalen magnetischen Systemen oder von Spin-Texturen im Nanometerbereich wurden diskutiert. Darüber hinaus wurde die benötigte Instrumentierung, wie neue ToF-Elektronen-Detektoren und andere Entwicklungen, sowie achromatische Röntgen- oder Mehrschicht-Laue-Linsen vorgestellt. Zunehmend

wichtiger werden Ansätze wie mathematisch basiertes maschinelles Lernen zum Verständnis oder die theoretische Berechnung elektronischer Strukturen und Röntgenspektren für XFEL-Experimente. Diese Beispiele zeigen, welche revolutionäre Phase beschleunigerbasierte Lichtquellen und Experimente an ihnen zurzeit gerade durchlaufen.

---

### ■ 763 | Optoelectronic Processes at Nanostructured Interfaces

14.–16. März | hybrid | Prof. Dr. Christian Klinke, U Rostock & U Swansea, UK; Prof. Dr. Marcus Scheele, U Tübingen (71 TN, davon 57 im Physikzentrum, 22 Frauen, 35 aus dem Ausland)

Dieses Seminar lieferte einen glänzenden Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zu den Grenzflächeneigenschaften von Materialien im Nanometerbereich. In puncto Materialien standen zweidimensionale Materialien im Fokus, insbesondere Übergangsmetall-Dichalkogenide, aber auch CdSe, PbSe, PbS, Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> oder ZnS-Nanoplättchen. Dies wurde ergänzt durch eindimensionale Nanostrukturen wie Kohlenstoff-Nanoröhrchen, ZnO- oder CdSe-Nanodrähte sowie null-dimensionale Nanopartikel und -cluster aus HgTe, CdSe/CdS, InSe, Gold und Perowskiten verschiedenster Zusammensetzung. Dass auch dreidimensionale Materialien reichlich Raum für nanostrukturierte Oberflächen bieten, wurde anhand von kovalenten organischen Gerüstverbindungen eindrucksvoll gezeigt. Große Vielfalt herrschte auch bei den gezeigten Methoden: Hier ist vor allem die optische Pump-Probe-Spektroskopie hervorzuheben, aber auch andere spektroskopische Verfahren wie orts- und zeitaufgelöste Photolumineszenz, Spektroelektrochemie, Kathodolumineszenz und Laserraster-Photostrommikroskopie. Synthetische Methoden für die Isolation hochreiner Kohlenstoff-Nanoröhrchen oder für die Darstellung von Heterostrukturen aus Übergangsmetall-Dichalkogeniden wurden gezeigt. Molekulardynamik-Simulationen und die Berechnung von Minibändern sowie Bandstrukturen von topologischen Isolatoren sorgten für Einblicke in die theoretische Beschreibung der behandelten Materialien.

Verschiedene Ansätze für ein gezieltes Gating der Nanostrukturen unterstrichen den hohen Anwendungsaspekt des Seminarthemas, wobei licht-emittierende Dioden, Feldeffekttransistoren, Laser, Photodetektoren, topologische Isolatoren und Solarzellen konkret vorgestellt und diskutiert wurden. Große Einigkeit herrschte darüber, dass das gezielte Stapeln von zweidimensionalen Heterostrukturen enormes Potenzial für solche Anwendungen hat. Als übergeordnete Kernbotschaften nahmen die Teilnehmenden mit nach Hause, dass a) Bleihalogenidperowskite furchtbar instabile Materialien sind mit herausragenden optoelektronischen Eigenschaften, die jedoch dank großer Forschungsbemühungen immer stabiler werden, dass b) zwei-dimensionale Materialien vielversprechende Kandidaten für die überüberrückste Generation von Prozessoren sind und dass c) der Schlüssel zu ultraschnellen optischen Schaltprozessen in Materialien mit gebrochener Symmetrie liegt.

---

### ■ 764 | Photonic Quantum Technologies – A Revolution in Communication, Sensing, and Metrology

17.–19. März | hybrid | Dr. Tobias Heindel, TU Berlin; Dr. Simone Luca Portalupi, U Stuttgart; Prof. Dr. Eleni Diamanti, CNRS, Sorbonne U, Frankreich (101 TN, davon 70 im Physikzentrum, 24 Frauen, 54 aus dem Ausland)

Die zweite Quantenrevolution verbindet die Grundlagenforschung in der Quantenphysik mit neuartigen Anwendungen in den Quantentechnologien. Dieses Seminar brachte den wissenschaftlichen Nachwuchs und internationale Expertinnen und Experten zusammen, um das sich rasch entwickelnde Feld der photonischen Quantentechnologien zu diskutieren. Dabei wurden die verschiedenen Teilgebiete von der Quantenkommunikation bis hin zur Quantenmetrologie ebenso beleuchtet wie übergreifende Querschnittsthemen. Die hohe Aktualität und Relevanz des Seminars, das ursprünglich für den Winter 2020 geplant war, spiegeln sich in einer erfreulich regen Teilnahme wider. Zudem freuten sich nicht wenige der eingeladenen Sprechinnen und Sprecher besonders über

ihren ersten Präsenz-Vortrag seit fast zwei Jahren. Das wissenschaftliche Programm war so vielfältig und zugleich hochqualitativ, dass es schwer fällt, einzelne Höhepunkte herauszugreifen. Schwerpunkte der eingeladenen Vorträge bildeten jüngste Entwicklungen auf den Gebieten der Quantenkommunikation, einschließlich abhörsicherer Satelliten-gestützter Quantennetzwerke, die Herstellung und Charakterisierung festkörperbasierter Quantenlichtquellen für den Einsatz in Telekommunikations-Netzwerken, bis hin zu der Entwicklung photonischer Quantencomputer und neuer metrologischer Standards. Besondere Höhepunkte stellten auch die beiden Postersitzungen sowie das von Nachwuchswissenschaftlern organisierte abendliche Wissens-Quiz im Lichtenberg-Keller des Physikzentrums dar. Hier konnten sich die Forschenden, aufgeteilt in Kleingruppen, an einem breitgefächerten Spektrum an Fragen zum Allgemeinwissen messen – mit so mancher Überraschung.

---

### ■ 742 | Evolution of Cancer – Reconstructing the Past, Predicting the Future

21.–25. März | hybrid | Prof. Dr. Johannes Berg, Prof. Dr. Martin Peifer, U Köln; Dr. Donate Weghorn, Centre for Genomic Regulation, Barcelona, Spanien (92 TN, davon 45 im Physikzentrum, 29 Frauen, 58 aus dem Ausland)

Krebs ist eine genetische Krankheit, bei der sich Populationen von Krebszellen räumlich und zeitlich verändern – zum Beispiel durch Mutationen, Wachstum und Transportprozesse. Vor dem Aufkommen der DNA-Sequenzierung waren Fragen nach der Evolution von Krebs Gegenstand theoretischer Spekulationen; heute lassen sie sich auf Grundlage empirischer Daten angehen. Die komplexe evolutionäre Dynamik von Krebszellen wird von inhärent stochastischen Beiträgen (wie zufälligen Mutationen) sowie deterministischen Komponenten (wie Selektion für schnelleres Wachstum) geprägt. Zur Analyse dieser Dynamik bedarf es also statistischer Modelle der Krebsentwicklung. – Dieses Seminar gab einen Überblick über die Krebsgenomik und ihre statistische Modellierung. Dazu kamen zwei unterschiedliche wissenschaftliche Communities

zusammen: Genomiker und klinische Forscher zur Phänomenologie sowie statistische Physiker und Mathematiker zur Modellierung. Aufgrund der gleichzeitigen Dynamik einer anderen Krankheit, Covid-19, wurden Präsenz- und online-Elemente kombiniert. Um auch online-Teilnehmer an informellen Diskussionen teilnehmen zu lassen, gab es einen „virtual fireside chat“: eine Diskussion zu zukünftigen Forschungsthemen unter online- und Präsenzteilnehmern per Zoom. Das Feedback der Teilnehmer belegt, wie das Konzept, zwei Communities zusammenzubringen, funktioniert hat: Auf der Zugfahrt von Bad Honnef zurück nach Paris haben zwei Mathematiker ein statistisches Modell zum Wachstum phylogenetischer Bäume formuliert – auf der Basis von Erkenntnissen aus Messungen an einzelnen Zellen eines Tumors, zu denen bei dem Seminar vorgetragen worden war.

---

### ■ 727 | Frontiers of Quantum Gas Microscopy

3.–8. April | hybrid | Dr. Fabian Grusdt, LMU Munich; Dr. Julian Leonard, Harvard University, USA (85 TN, davon 66 im Physikzentrum, 17 Frauen, 44 aus dem Ausland)

Ultrakalte Quantengase haben sich über die letzten zwei Jahrzehnte als eine ideale Plattform für Quantensimulationen etabliert. Dazu werden einzelne Atome mit den Instrumenten der Atomphysik zum Grundzustand gekühlt und so präzise kontrolliert, dass sich damit paradigmatische quantenmechanische Modelle anderer Disziplinen realisieren und studieren lassen, z. B. aus der Festkörperphysik oder der Hochenergiephysik. Ein Meilenstein in der Kontrolle dieser Quantensysteme war die Einbindung hochauflösender optischer Mikroskopie, die es erlaubt, jedes einzelne Atom des Quantengases zu manipulieren und abzubilden. Im Lauf der letzten Jahre wurde diese Technik immer weiter verfeinert, so dass sich heute mit atomaren Quantengasmikroskopen hochkomplexe Vielteilchenzustände erzeugen und auslesen lassen. Bei diesem Seminar wurden die Möglichkeiten und neuen Herausforderungen beleuchtet, die sich aus dieser außergewöhnlichen Kontrolle ergeben. Hierzu ist es gelungen, führende Forschende aus dem Feld

zusammen zu bringen, und einer jungen Generation von Nachwuchswissenschaftlern die einzigartige Möglichkeit zu geben, dieses spannende Feld kennenzulernen. Auf der konzeptionellen Seite wurden Methoden diskutiert, die es erlauben, komplexe Quantenzustände besser zu charakterisieren, insbesondere wie sich die relevanten Eigenschaften am effizientesten extrahieren lassen, sowie neue Methoden, um die quantenmechanische Verschränkung eines Zustands zu bestimmen. Eine besonders spannende Entwicklung besteht dabei in der Einbindung neuronaler Netze und anderer Techniken des maschinellen Lernens, mit denen sich Information auch aus kleineren Datensätzen verlässlich extrahieren lässt. Zusätzlich zur Quantensimulation hatte die Quantengasmikroskopie auch erheblichen Einfluss auf die Entwicklung von atomaren Prozessoren für die Verarbeitung von Quanteninformation, z. B. für Quantencomputer. Bei dem Seminar wurden mehrere Ansätze vorgestellt, wie sich mit atomaren Systemen Quantengatter und -algorithmen realisieren lassen, z. B. mit fermionischen Bewegungszuständen oder Rydberg-Zuständen. Es ist klar, dass die Möglichkeiten an dieser Schnittstelle groß sind und in den nächsten Jahren spannende Entwicklungen auf dem Gebiet der Quantengasmikroskopie zu erwarten sind.

---

### ■ 765 | Gravitational Wave and Multi-Messenger Astrophysics

25.–28. April | hybrid | Prof. Dr. Michèle Heurs, U Hannover; Dr. Frank Ohme, MPI für Gravitationsphysik, Hannover (96 TN, davon 76 im Physikzentrum, 32 Frauen, 52 aus dem Ausland)

Seit im September 2015 die ersten Gravitationswellen von kilometerlangen Laserinterferometern nachgewiesen wurden, haben sich die Astronomie und die Gravitationsphysik rasant verändert. Die Entdeckung verschmelzender Doppelsysteme aus Schwarzen Löchern ist mittlerweile zur Routine geworden. Auch Neutronensternverschmelzungen und die Kollision von Schwarzen Löchern und Neutronensternen wurden inzwischen beobachtet, und die Entdeckungen nehmen ständig zu.

Dieses Seminar bot eine exzellente Gelegenheit für (insbesondere junge) Forschende verschiedener Fachbereiche, die Zukunft dieser neuen Art der Astronomie zu diskutieren. Expertinnen der Technologieentwicklung für die aktuelle und nächste Generation von Gravitationswellendetektoren kamen mit Datenanalytikern, Modellierern und Astrophysikerinnen zusammen, um die Chancen und Herausforderungen der Multimessenger-Astronomie aus verschiedenen Perspektiven darzustellen und zu diskutieren. Wenn Neutronensterne in Doppelsystemen verschmelzen und dabei zumindest teilweise zerrissen werden, erschüttert das nicht nur die Raumzeit, sondern erzeugt auch eine Vielzahl elektromagnetischer Signale und sendet Neutrinos aus. Eine gemeinsame Messung all dieser Signaturen kann Aufschluss geben über das Verhalten der Materie bei extremen Dichten und stark gekrümmter Raumzeit, aber auch über die Ausdehnung und Entwicklung des Universums. – Neben Vorträgen und ausführlichen Postersitzungen luden Tutorien zum Mitmachen ein und erlaubten den Teilnehmenden, selbst Gravitationswellensignale in verrauschten Datenströmen zu finden und die Empfindlichkeit am Computer simulierter Interferometer zu analysieren. Der wissenschaftliche Fokus der Vorträge lag vor allem auf den großen Fragen der zukünftigen Astronomie und wie sich diese mit Hilfe geplanter elektromagnetischer Teleskope sowie Neutrino- und Gravitationswellendetektoren beantworten lassen. Schließlich bestand die Zuhörerschaft zum Großteil aus jungen Forschenden, die in den nächsten Jahrzehnten zu den Leitfiguren z. B. in der Analyse von LISA-Daten und beim Bau und Betrieb des Einstein-Teleskops werden können.



Im Rahmen des 766.WE-Heraeus-Seminars wurden wieder die Helmholtz-Preise verliehen, hier in der Kategorie „Anwendungen“ mit der PTB-Präsidentin Prof. Dr. Cornelia Denz. (Foto: PTB)

## ■ 766 | High-Precision Measurements and Searches for New Physics

9.–13. Mai | hybrid | Prof. Dr. Klaus Blaum, MPI für Kernphysik, Heidelberg; Prof. Dr. Dmitry Budker, HZ-Institut Mainz; Prof. Dr. Joachim Ullrich, Prof. Dr. Andrey Surzhykov, PTB Braunschweig (92 TN, davon 75 im Physikzentrum, 20 Frauen, 39 aus dem Ausland)

Die Suche nach neuer Physik und neuen Wechselwirkungen jenseits des Standardmodells (SM) der Elementarteilchenphysik ist eines der wichtigsten und aufregendsten Ziele der modernen Wissenschaft. Zwei komplementäre Strategien werden heute verfolgt, um diese Suche zu verwirklichen. Neben dem Einsatz von großen Beschleunigeranlagen, wie dem Large Hadron Collider (LHC) am CERN, werden Laborexperimente in der Atom- und Molekülphysik sowie optischen Physik bei niedrigen Energien durchgeführt. Der große Vorteil dieser eher „table-top“ Messungen ist ihre unglaublich hohe Präzision, die inzwischen dank der außergewöhnlichen Fortschritte bei der Quantenkontrolle von Materie und Licht möglich ist. Aktuelle und zukünftige hochpräzise Tests des Standardmodells bei niedrigsten Energien waren das Kernthema dieses Seminars. Insbesondere viele junge Wissenschaftler diskutierten ein breites Spektrum an ex-

perimentellen und theoretischen Entwicklungen auf diesem Gebiet. Eine Reihe von Vorträgen und Postern war z. B. der Suche nach ultraleichter dunkler Materie mit Hilfe von Quantensensoren im Labor und im Weltraum gewidmet. Besondere Aufmerksamkeit wurde auch den Tests fundamentaler Symmetrien der Natur in atomaren und molekularen Systemen gewidmet. Darüber hinaus stand die Präzisionsspektroskopie hochgeladener Ionen sowie exotischer atomarer Systeme, wie Anti- und Myonen-Atome, im Mittelpunkt mehrerer Vorträge und intensiver Diskussionen in den Kaffeepausen. – Zwischen hochpräzisen Experimenten in der Grundlagenphysik und ihren Anwendungen in der Metrologie besteht eine enge Verbindung. Um diese Verbindung zu betonen, wurde die Zeremonie zur Verleihung des Helmholtz-Preises 2022 in das Seminar integriert. Dieser Preis gilt als der prestigeträchtigste auf dem Gebiet der Präzisionsmessungen und wird in zwei Kategorien verliehen, „Grundlagen“ und „Anwendungen“. Der Preisverleihung folgte ein gemeinsames Abendessen mit Raum für informelle Diskussionen zwischen den Seminarteilnehmern, den Helmholtz-Preisträgern und den Gästen.

## ■ 767 | Science and Applications of Plasma-Based Accelerators

15.–18. Mai | hybrid | Prof. Allen Caldwell, MPI für Physik, München; Prof. Wim Leemans, Dr. Jens Osterhoff, DESY Hamburg (105 TN, davon 87 im Physikzentrum, 31 Frauen, 38 aus dem Ausland)

Plasmen haben das Potenzial, ungeahnt kompakte, neue Beschleunigeranwendungen in der Grundlagenforschung und zum Wohle der Gesellschaft zu ermöglichen. Als Besonderheit des Mediums Plasma können darin große elektrische Felder von 10–100 GV/m auftreten – drei Größenordnungen jenseits der Feldstärken, die sich in modernen, auf Metallstrukturen basierenden Radiofrequenzbeschleunigern erreichen lassen. Dadurch sind grundsätzlich plasmabasierte Teilchenbeschleunigermodule möglich, die Größenordnungen kompakter sind als traditionelle Konzepte. Die Forschung an diesen sogenannten Plasmabeschleunigern macht derzeit große Fortschritte, insbesondere seitdem Kurzpulslaser mit Petawatt-Spitzenleistungen in vielen Forschungseinrichtungen verfügbar sind. Daher sind in wenigen Jahren erste Anwendungen in der Grundlagenforschung, der Industrie und der Medizin zu erwarten. Der Zeitpunkt für dieses Seminar hätte daher kaum besser sein können. Die internationalen Teilnehmenden diskutierten die Zukunft der Technologie für plasmabasierte Elektronen- und Ionenbeschleuniger und neuartige Ansätze, um die noch ausstehenden Herausforderungen für einen breiten Einsatz zu lösen. Dabei wurden u. a. interessante Querverknüpfungen zwischen plasmabasierten Beschleunigern im Labor und als Quellen der höchstenergetischen Teilchen im Universum beleuchtet und das hohe Potenzial der Kontrolle kompakter Beschleuniger durch Konzepte des maschinellen Lernens analysiert. Das breite Anwendungsspektrum plasmabasierter Konzepte für die Hochenergiephysik, die Physik der Photonen, die industrielle Bildgebung und die Medizin wurde lebhaft diskutiert und der erstaunliche Fortschritt in den letzten Jahren breit dargestellt. Nach der langen, dem Corona-Virus geschuldeten Abstinenz von Präsenzveranstaltungen war dieses

Seminar eines der ersten Treffen für das lebendige Forschungsfeld seit mehr als zwei Jahren. Daher stand der Aspekt des Networkings für viele im Vordergrund. Die vielen neuen Verbindungen werden in Zukunft sicherlich zu einer intensiveren Kooperation der verschiedenen Experimente und Gruppen führen. Nun ist die Transformation des Feldes von der Grundlagenforschung hin zu einem erfolgreichen Einsatz von plasmabasierter Beschleunigertechnologie notwendig. Dieser Schritt signalisiert einen Paradigmenwechsel in der Community, zu dem dieses Seminar einen signifikanten Beitrag geleistet hat.

## ■ 768 | Integrable quantum many-body systems

23.–27. Mai | hybrid | Prof. Dr. Hermann Boos, Dr. Frank Göhmann, Prof. Dr. Andreas Klümper, U Wuppertal (65 TN, davon 49 im Physikzentrum, 10 Frauen, 43 aus dem Ausland)

Ein besseres Verständnis quantenmechanischer Vielteilchensysteme ist unabdingbar, um viele offene Fragen der theoretischen Physik zu beantworten, von der Formulierung fundamentaler Modelle, die den Aufbau der Materie beschreiben, über deren Niederenergieverhalten in der Kernphysik bis hin zu niedrigsten Energieskalen in der Festkörperphysik. Technisch ist immer die gleiche Frage zu beantworten: Wie berechnen wir effizient die Korrelationsfunktionen lokaler Operatoren, die in Experimenten gemessen werden? In vielen praktisch relevanten Fällen lässt sich diese Frage mit heutigen Methoden der theoretischen Physik nicht befriedigend beantworten. Integrable Vielteilchenmodelle bieten einen methodischen Rahmen und liefern, sofern sie auf das betrachtete System anwendbar sind, mit großer Sicherheit und Genauigkeit eine Antwort. Das Interesse an integrierbaren Vielteilchenmodellen reicht von der reinen Mathematik bis zur Experimentalphysik. Eine der diesjährigen Fields-Medaillen erhielt Hugo Duminil-Copin, der sich um die mathematische Beschreibung von Phasenübergängen, also von Einpunktfunktionen, in integrierbaren Modellen verdient gemacht hat. Auf der anderen Seite stehen spektakuläre experimentelle Realisierungen

integrabler Vielteilchensysteme etwa in kalten Atomgasen. Dieses Seminar hat die ganze Breite von Fragestellungen von der Mathematik bis hin zu experimentellen Anwendungen abgedeckt. Zugleich diente es dazu, die Ergebnisse der DFG-Forschungsgruppe 2316 in einen größeren Zusammenhang zu stellen und international zu diskutieren. Themen waren unter anderem die exakte Berechnung von Formfaktoren und Korrelationsfunktionen von integrablen Gittermodellen und Quantenfeldtheorien, der Einfluss von Störstellen und Rändern sowie integrable Modelle bei endlicher Temperatur und fern ab vom thermischen Gleichgewicht.

---

### ■ 769 | Novel Quantum Phases in Superconducting Heterostructures

30. Mai–2. Juni | hybrid | Prof. Dr. Elke Scheer,  
Prof. Dr. Wolfgang Belzig, U Konstanz;  
Prof. Dr. Christoph Strunk, U Regensburg  
(86 TN, davon 79 im Physikzentrum, 21 Frauen,  
43 aus dem Ausland)

Die Suche nach neuen Quantenphänomenen prägt die heutige Festkörperphysik. Sie sind eine wichtige Motivation, um neuartige Quantenphasen zu konstruieren, zu untersuchen, zu charakterisieren und zu steuern. So werden zum Beispiel zweidimensionale van der Waals-Heterostrukturen aus einer Vielfalt von zweidimensionalen Kristallen zusammengesetzt. Es entstehen synthetische Materialien mit Eigenschaften, die in einzelnen Schichten nicht vorkommen. Über den Proximity-Effekt zwischen Supraleitern und magnetischen Materialien lässt sich wahlweise eine ferromagnetische, eine antiferromagnetische oder eine nichtkollineare magnetische Ordnung in einen zweidimensionalen Supraleiter einbringen. Diese ermöglicht neue Paarungszustände der Elektronen und spinpolarisierte Supraströme. Die Spin-Bahn-Kopplung kann in diesen Materialien die fundamentalen Paarungsmechanismen kontrollieren und ungewöhnliche Ising-Supraleitung erzeugen. Generell kann an Grenzflächen eine starke Spin-Bahn-Kopplung auftreten und neuartige supraleitende Phasen erzeugen, die sich durch ungewöhnliche Eigenschaften wie beispielsweise einen paramagnetischen Meißner-

Effekt auszeichnen. Dieser und verwandte Effekte lassen sich durch ausgefeilte Methoden seit kurzem auch experimentell nachweisen. Dieses Seminar hatte zum Ziel, ein breites Spektrum von Expertinnen und Experten und jungen Wissenschaftlern zu diesem Thema in Kontakt zu bringen. Nach langer, Corona-bedingter Workshop-Abstinenz war die Resonanz sehr gut. Neben dem Vortragsprogramm sowie den gut und ausdauernd besuchten Postersitzungen war ausreichend Zeit für informelle Diskussionen gegeben. Ein besonderer Höhepunkt war der Eröffnungsvortrag von Katharina J. Franke (FU Berlin), die eine lineare Kette von 51 Fe-Atomen auf NbSe<sub>2</sub> zeigte, deren kollektive Anregungszustände mittels Rastertunnel-Spektroskopie untersucht wurden. Daneben war die Beobachtung und theoretische Erklärung von supraleitenden Gleichrichtungseffekten ein wiederkehrendes Thema vieler Sprecher.

---

### ■ 770 | Quantum Electron Optics

27. Mai–3. Juni | Nahsholim Seaside Resort,  
Israel | Prof. Dr. Peter Hommelhoff, U Erlangen;  
Prof. Dr. Nahid Talebi, U Kiel; Prof. Dr. Ady Arie,  
Tel Aviv University, Israel (67 TN, davon 11 Frauen)

Die kohärente Wechselwirkung von freien Elektronen und Licht ist ein recht junges und schnell wachsendes Forschungsgebiet, das Elektronenstrahlen, häufig in Elektronenmikroskopen, und optische Nahfelder, die mit Hilfe von Nanostrukturen erzeugt werden, vereint. Mit dem Ziel, sich über dieses Gebiet auszutauschen, trafen sich Vertreter fast aller weltweit führenden Gruppen in Israel. Die Mischung aus älteren Arbeitsgruppenleitern und jungen Teammitgliedern hat zu einer vibrierenden Atmosphäre geführt, im Hörsaal des Nahsholim Seaside Resort, aber auch am Strand von Nahsholim oder gar im Mittelmeer. Die gemeinsame israelisch-deutsche Organisation passte hier besonders gut, da viele der führenden Arbeitsgruppen aus diesen beiden Ländern stammen. So hat Wolfgang Schleich (Ulm) einen wie gewohnt lehrreichen und anregenden Vortrag gehalten, der die Verbindung der Quanten-Elektronen-Optik zur Atomoptik aufgezeigt hat; Claus Ropers (Göttingen), Ido Kaminer (Technion, Haifa) und Peter Baum (Konstanz) haben den



Das 770. WE-Heraeus-Seminar hat im Nahsholim Seaside Resort an der israelischen Mittelmeerküste stattgefunden.

aktuellen experimentellen Stand von Arbeiten in ultraschnellen Transmissions-Elektronenmikroskopen dargestellt, die die Demonstration von Q-Bits, die im Energiespektrum der Elektronen kodiert sein können, ebenso umfasst wie die Erzeugung von Attosekunden-kurzen Elektronen-Wellenpaketen sowie die korrelierte Detektion von Elektron und dem von ihm emittierten Photon, was auch Mathieu Kociak (Paris-Saclay) zeigte. Auf Theorieseite haben zudem Javier Garcia de Abajo (ICFO, Barcelona) und Avi Gover (Tel Aviv) vor allem die Kopplung von freien und speziell strukturierten Elektronenwellenpaketen an Quantensysteme diskutiert. Weiterhin kamen bei den Zuhörern besonders gut an die Vorträge von Nirit Dudovich (Weizmann, Rehovot) zum verwandten Thema der Elektroneninterferenz von Attosekunden-Elektronenpulsen sowie der von Roy Shiloh (Erlangen) zu nanophotonischen Laserbeschleunigung und kohärenter Elektronen-Licht-Kopplung in einem Raster-Elektronenmikroskop. Die Postersitzung, eingeleitet mit Flash-Präsentationen, war äußerst lebendig, und der Besuch der Ruinen der nahegelegenen römischen Hafenstadt Caesarea mit wunderbarem Abendessen dortselbst waren das nicht-wissenschaftliche Highlight.

■ **738 | New Frontiers at Heavy Ion Storage Rings: From Atomic Collisions to Many-Body Systems**

20.–24. Juni | hybrid | Prof. Dr. Klaus Blaum, Dr. Holger Kreckel, MPI für Kernphysik, Heidelberg; Prof. Dr. Stefan Schippers, Universität Gießen (66 TN, davon 60 im Physikzentrum, 11 Frauen, 35 aus dem Ausland)

Geladene Teilchen in der Form von atomaren oder molekularen Ionen sind im Universum allgegenwärtig. Das Verständnis von Interaktionen dieser Ionen auf mikroskopischer Ebene spielt eine große Rolle in einer Vielzahl von Disziplinen, von der Kern- und Atomphysik bis hin zur Bio- und Astrochemie. Laborexperimente mit atomaren und molekularen Ionen bedeuten allerdings weiterhin eine enorme Herausforderung, da einerseits Ionen wegen ihrer hohen Reaktivität von der Umgebung isoliert werden müssen und andererseits nur eine sorgfältige Präparation in kontrollierten Quantenzuständen aussagekräftige Experimente ermöglicht. In diesem Zusammenhang haben sich Schwerionen-Speicherringe (Heavy Ion Storage Rings) als unverzichtbare Instrumente für die

Untersuchung geladener Teilchen etabliert. Während die meisten Speicherringe ursprünglich für Experimente in der Hochenergie- und Kernphysik eingesetzt wurden, haben sie sich in den letzten Jahren als sehr vielseitig für die Untersuchung gekühlter Atom- und Molekülstrahlen sowie Ionen-Elektronen-Kollisionen erwiesen. Insbesondere die aktuelle Entwicklung hin zu elektrostatischen Anlagen erlaubt es, geladene Moleküle nahezu unabhängig von ihrer Masse zu speichern, und öffnet damit die Tür für Experimente mit molekularen Clustern bis hin zu biologisch relevanten Spezies. Weil sich die modernsten Speicherringe sogar bei kryogenen Temperaturen nur wenige Grad oberhalb des absoluten Nullpunkts betreiben lassen, stellen sie außerdem nahezu ideale Laborumgebungen dar für die Reproduktion von atomaren und molekularen Reaktionen im interstellaren Medium. Aktuelle und zukünftige Entwicklungen im Bereich der Schwerionenspeicherringe waren das Thema dieses Seminars, das ein breites Spektrum an experimentellen und theoretischen Entwicklungen abdeckte. Neben den Präzisionsexperimenten an magnetischen Speicherringen wurden neuartige Methoden mit überlagerten Strahlen unterschiedlichen Vorzeichens und mit neutralen Atomen präsentiert. Verschiedene Ansätze, um die Komplexität größerer Molekülonen zu behandeln, waren Gegenstand mehrerer Vorträge und Poster und intensiver Diskussionen in den Kaffeepausen.

---

#### ■ 741 | Quantum Measurement Theory: Foundations and Applications

10.–13. Juli | hybrid | Dr. Andreas Ketterer, U Freiburg;  
Dr. Roope Uola, U Genève, Schweiz (80 TN, davon  
66 im Physikzentrum, 19 Frauen, 45 aus dem Ausland)

Die Theorie der Quantenmessungen bildet einen mathematischen Rahmen für die Beschreibung dynamischer Prozesse in der Quantenmechanik, z. B. die Dynamik eines offenen Systems oder die Änderung des Zustandsvektors auf Grund einer Messung. Innerhalb dieses Rahmens dienen dynamische Abbildungen dazu, die zugehörigen Zustandstransformationen möglichst genau zu beschreiben und zu verstehen. Damit bildet die Theorie der Quanten-

messungen einen wichtigen Eckpfeiler der Grundlagen der Quantenmechanik. Viele Eigenschaften von Quantenmessungen sind aber bis heute nicht komplett verstanden und daher Gegenstand aktiver Forschung. Dieses Seminar hatte zum Ziel, dem wissenschaftlichen Nachwuchs einen Überblick über verschiedene Aspekte der Theorie der Quantenmessungen zu geben und ihm eine Plattform für den Austausch mit erfahreneren Wissenschaftler dieses Forschungsgebiets zu bieten. Die Vortragsthemen des um 1,5 Jahre verschobenen Seminars bildeten ein breites Spektrum von Grundlagenfragen bis hin zu Anwendungen ab. Im Hinblick auf die Grundlagen wurde z. B. erörtert, wie sich die nicht-klassischen Eigenschaften von Messungen, etwa die Inkompatibilität oder die Nicht-Lokalität verallgemeinerter Quantenmessungen, besser verstehen lassen. Letztere spielen eine wichtige Rolle für die Untersuchung quantenmechanischer Korrelationen und deren Anwendungen in der Quantenkommunikation. Für Anwendungen ist es auch wichtig, geeignete Messmethoden zu entwickeln, um verrauschte Quanten-Hardware, z. B. neuartige Quantenprozessoren, zu charakterisieren. Hier wurden Verallgemeinerungen von Ausleseprotokollen basierend auf zufälligen projektiven Messungen hin zu verallgemeinerten Quantenmessungen diskutiert.

---

#### ■ 761 | Entropy and the Second Law of Thermodynamics – The Past, the Present, and the Future

14.–17. Juli | hybrid | Prof. Dr. Jens Bredenbeck,  
U Frankfurt; Prof. Dr. Eric Lutz, U Stuttgart; Prof. Dr.  
Artur Widera, TU Kaiserslautern (70 TN, davon  
52 im Physikzentrum, 10 Frauen, 41 aus dem Ausland)

Die Entropie bestimmt wie keine zweite thermodynamische Variable den Ablauf thermodynamischer Prozesse und bestimmt mit dem zweiten Hauptsatz, ob Prozesse reversibel, irreversibel oder gar nicht ablaufen. Das Konzept der Entropie geht vor allem auf Rudolf Clausius zurück, der 2022 seinen 200. Geburtstag gefeiert hätte. Seine thermodynamischen Betrachtungen haben inzwischen Einzug in eine Vielzahl von Forschungsrichtungen gefunden. Zu diesen vielfältigen Anwendungen der Entropie

sowie den daraus erwachsenen Forschungserkenntnissen fand dieses Seminar statt, das sich vor allem durch die große Interdisziplinarität und thematische Breite auszeichnete. Thematisch wurden insbesondere die Schwerpunkte Entropie und Information, Nichtgleichgewichts- und Quantensysteme, Entropie in molekularen Systemen und biologische Systeme in Experiment und Theorie diskutiert. Konkret gehören dazu die Untersuchung neuartiger thermodynamischer Unschärferelationen und neuer theoretischer Methoden, wie die „Maximum Caliber Methode“. Darüber hinaus nahmen die experimentellen Untersuchungen von Nichtgleichgewichtsprozessen in levitierenden optomechanischen Systemen sowie in quantenmechanischen Ionenfallen und kalten Atomwolken großen Raum ein. Anwendungen auf biologische Systeme und aktive Materie rundeten das Programm ab. Das Konzept der Entropie öffnet dabei die Möglichkeit, neuartige Beschreibungen von Nichtgleichgewichtsprozessen zu finden und experimentelle Beobachtungen mit neuen Konzepten zu analysieren und theoretisch zu beschreiben. Neben dem Vortragsprogramm stand viel Zeit für Diskussionen zur Verfügung, etwa während der abendlichen Postersitzungen. Abgerundet wurde das wissenschaftliche Programm des Seminars von einem vorgelagerten Festakt der Universität Bonn zur Feier des 200. Geburtstages von Rudolf Clausius mit Vorträgen der Nobelpreisträger Steven Chu und Jean Marie Lehn sowie von einer Einführung in das Seminar zum Leben und zu den Arbeiten von Rudolf Clausius.

---

#### ■ 745 | Photon, Phonon, and Electron Transitions in Coupled Nanoscale Systems

19.–23. September | hybrid | Prof. Dr. Achim Kittel, Priv.-Doz. Dr. Svend-Age Biehs, U Oldenburg (66 TN, davon 55 im Physikzentrum, 9 Frauen, 37 aus dem Ausland)

In Technik und Forschung werden aktuell Nanostrukturen genutzt und untersucht, die so klein sind, dass sich die Wärmeleitung durch Photonen und Phononen sowie die elektrische Leitung durch Elektronen nur mit neuartigen Methoden untersuchen und beschreiben lassen. Dabei

kommen auch zusätzliche Oberflächenphänomene zum Tragen, die auf kurzen Distanzen einen teilweise dominierenden Beitrag zum Energie- bzw. Wärmeübertrag leisten. Mittlerweile ist es technisch möglich, die Wärmeleitung und den elektrischen Transport durch wenige oder sogar einzelne Moleküle und Atome zu messen. Im Rahmen dieses Seminars wurden vielfältige Themen dazu diskutiert. So wurde eine ganze Reihe von experimentellen Methoden vorgestellt, die auf unterschiedlichste Weise elektromagnetische Nahfelder sowie elektronischen und phononischen Wärmetransport in Nanosystemen charakterisieren. Neuartige Methoden der Rastersondenmikroskopie ermöglichen ein Studium der Verlustmechanismen in dimensionsreduzierten und nanoskopischen Systemen. Neben verschiedensten analytischen Modellen wurden Simulationen vorgestellt, die durch neue Optimierungsmethoden die Feldverteilung auch bei komplexen Geometrien wiedergeben oder die phononische Wärmeleitung bei Kopplungen auf atomaren und molekularen Skalen beschreiben können. Nach einer lange pandemiebedingten Pause freuten sich die Teilnehmenden über die sehr informative und diskussionsreiche Arbeitswoche auf hohem wissenschaftlichem Niveau.

---

#### ■ 771 | 2D Materials and Hybrids: Hybrid Quasiparticles in Quantum Materials

24.–28. September | hybrid | Prof. Dr. Ursula Wurstbauer, U Münster; Prof. Dr. Nahid Talebi, U Kiel (45 TN, davon 41 im Physikzentrum, 12 Frauen, 13 aus dem Ausland)

Quasiteilchen, deren (kollektiven) Anregungen und ihre gegenseitigen Wechselwirkungen bilden die Grundlage für Quantentechnologien und integrierte opto-/elektronische Schaltungen. Daher ist ein Verständnis der zugrunde liegenden Korrelationen einschließlich Kohärenzeigenschaften und deren Dynamik auf einer sehr grundlegenden Ebene notwendig und wesentlich. Im Rahmen dieses Seminars haben sich internationale Experten aus der Physik von zweidimensionalen Quantenmaterialien, von plasmonischen Nanostrukturen und deren Hybriden, also international sehr aktuellen Forschungsrichtungen,

getroffen und intensiv ausgetauscht. Die 2D-Materialien dienen hierbei als vielversprechende Plattform für vielfältige Quasiteilchenanregungen mit teils besonderen Spin- und Valley-Eigenschaften sowie topologisch nicht-trivialen Zuständen. Diese lassen sich mit maßgeschneiderten plasmonischen Strukturen kombinieren, um durch starke und schwache Kopplung hybride Quasiteilchen mit speziellen, technologisch interessanten Eigenschaften zu generieren. Die eingeladenen Sprecher waren international ausgewiesene Experten auf zumindest einem der beiden Gebiete und haben sich zudem durch eine Methodenvielfalt wie neuartige Rastersonden-Methoden teils mit kombinierter Optik, neuartige hochauflösende Elektronenoptik und zeitaufgelöste Photoemissionsspektroskopie ausgezeichnet. Dies ermöglichte intensive Gespräche in vielen Diskussionen: während den Pausen, abends im Lichtenbergkeller, bei Spaziergängen und in einer speziellen „Round-Table Discussion“. Beim intensiven und gewinnbringenden Austausch zwischen den Experten, Doktorandinnen und Postdocs entstanden neue Kooperationsideen, und es wurden Anforderungsprofile sowohl an die Materialplattform als auch an die (hybriden) Quasiteilchenanregungen und die Methodik definiert. Deren Umsetzung wird das Feld vorantreiben und hybride Quasiteilchen und deren Anregungen beispielsweise für die Quantentechnologie weiter nutzbar zu machen.

---

### ■ 772 | Metrology and Process Safety for Hydrogen Technologies & Applications

10.–13. Oktober | hybrid | Prof. Dr. Ulrich Maas, KIT Karlsruhe; Dr. Detlev Markus, Prof. Dr. Ravi Fernandes, PTB Braunschweig (51 TN, davon 41 im Physikzentrum, 7 Frauen, 8 aus dem Ausland)

Der „Europäische Grüne Deal“ soll einen grundlegenden Wandel zur Erreichung seiner Klimaziele bis 2030 bewirken, und zwar durch die Verpflichtung, die Emissionen um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Niveau von 1990 zu reduzieren. Dies erfordert höhere Anteile „erneuerbarer Energien“ und eine höhere Energieeffizienz. Wasserstoff als chemischer Energieträger hat das Potenzial, dies zu

ermöglichen, da er sich relativ kostengünstig aus überschüssiger elektrischer Energie durch Elektrolyse oder thermochemische Umwandlung herstellen lässt. Wasserstoff oder Wasserstoffträger in das gegenwärtige Energienetz einzubinden stellt jedoch eine große Herausforderung dar, sowohl im Hinblick auf grundlegende Aspekte (z. B. neuartige elektrochemische oder thermochemische Prozesse zur Wasserstoffherzeugung) als auch auf praktische (Sicherheitstechnik, Transport, Anpassung der Netze, Ersatz von Erdgas durch Wasserstoff). Ziel dieses Seminars war ein intensiver Austausch zwischen Wissenschaftler auf dem Gebiet der Wasserstofftechnologie, der sowohl fachübergreifend (von der Physik über die Chemie bis hin zur Verfahrenstechnik und Maschinenbau) als auch themenübergreifend (von der Wasserstoffherzeugung über den Transport und die Nutzung bis hin zu sicherheitstechnischen Fragestellungen) sein sollte. Das Seminar umfasste Vorträge von renommierten Forschenden auf dem Gebiet der Metrologie, der elektrochemischen, katalytischen und thermochemischen Wandlung (Erzeugung und Nutzung) sowie der Sicherheitstechnik. Ein reger Austausch von Ideen wurde auch durch die von Katharina Kohse-Höinghaus moderierte Podiumsdiskussion initiiert. Das Seminar war sehr produktiv und initiierte eine Vielzahl neuer Ideen und wissenschaftlichen Kooperationen.

---

### ■ 773 | Materials and Energy – New Directions for the “Energiewende”

23.–27. Oktober | hybrid | Prof. Dr. Jürgen Janek, U Gießen; Prof. Dr. Christof Schulz, U Duisburg-Essen (77 TN, davon 75 im Physikzentrum, 12 Frauen, 4 aus dem Ausland)

„Energie“ und „Materialien“ haben eine übergreifende Bedeutung für die zukünftige Entwicklung unserer Gesellschaft. Sie sind auf vielfältige Weise miteinander verbunden, von der Grundlagenforschung bis hin zu realen Anwendungen. Im Rahmen dieses Seminars standen die großen technologischen Herausforderungen der Energiewende im Vordergrund. Materialien spielen eine zentrale Rolle in unserem zukünftigen Energiesystem: für

die Energiespeicherung, die Energieumwandlung, den Energietransport, aber auch bei den besonders energiereichen Baumaterialien Stahl und Zement. Um neuartige, hocheffiziente Werkstoffe und Verfahren im industriellen Maßstab verfügbar zu machen, ist es zentral, Stoffkreisläufe zu schließen und Recycling zu erleichtern. Aus wissenschaftlicher Sicht kommt es bei Werkstoffen im Energiebereich auf die Leistungsfähigkeit von Oberflächen, Grenzflächen und Morphologie, die Kontrolle von Phasenübergängen und das Verhältnis dieser Eigenschaften zu den oft anspruchsvollen Bedingungen in Anwendungen an. Ein übergreifendes Thema, das in vielfältiger Weise aufgegriffen wurde, ist das Verständnis der grundlegenden Funktionalitäten und ihrer Stabilität unter Anwendungsbedingungen, das Entdecken, Bewerten und Entwickeln neuer Materialsysteme. Dabei gewinnen Materialien nur dann Relevanz, wenn es gelingt, die technologischen Fähigkeiten zu entwickeln, um neue Materialien und grundlegende Ansätze vom Labor auf die Systemebene zu übertragen. Dies erfordert ein Verständnis aller Prozesse entlang der Systemintegrationskette und ihrer gegenseitigen Abhängigkeiten, um die bisher schrittweise und oft langwierige Entwicklung von der Entdeckung neuer Ansätze bis zu deren Realisierung im System zu überwinden. Hierzu versprechen Hochdurchsatzmethoden – auch über die bisher oft begrenzte disziplinäre Forschung hinweg – und datenwissenschaftliche Ansätze ein großes Potenzial. Zur beschleunigten Entwicklung von Technologien im Kontext der Energiewende gilt es also, Akteure zu vernetzen, von der Grundlagenforschung bis zur Systemintegration, aber auch über die vielfältigen Bereiche der Funktionsmaterialien und der Materialverarbeitung hinweg, um Synergien zu identifizieren und zu nutzen. In diesem Sinne hat das dieses Seminar erfolgreich zur Netzwerkbildung beigetragen.

---

#### ■ 747 | Molecular Functionality at Surfaces: Self-Assembly, Manipulation, Reactivity and the Role of Decoupling

30. Oktober – 4. November | hybrid |  
Prof. Dr. Sabine Maier, U Erlangen-Nürnberg;  
Prof. Dr. Meike Stöhr, U Groningen, Niederlande;  
Prof. Dr. Markus Lackinger, Deutsches Museum  
und TU München (96 TN, davon 77 im Physikzentrum, 18 Frauen, 42 aus dem Ausland)

Seit drei Jahrzehnten ermöglichen die Methoden der Raster-Sonden-Mikroskopie faszinierende Einzelmolekülexperimente. Obschon das Forschungsfeld der Moleküle auf Oberflächen also auf eine längere Tradition zurückblickt, bezeugten die Qualität und Originalität der bei diesem Seminar präsentierten Wissenschaft eine vitale und zunehmend diverse Entwicklung. Neue Resultate demonstrieren eindrucksvoll eine zunehmend raffiniertere Kontrolle über Translation und Rotation von Einzelmolekülen, die atomare Präzision der Einzelmolekülchemie und innovative Ansätze zur gezielten Präparation angeregter Zustände. Die Forschung an ausgedehnten molekularen Aggregaten steht dem in nichts nach, und hat neue Phänomene wie exotische Phasenübergänge und tiefere Einsichten in den Ladungstransfer zu bieten. Voranschreitende Entwicklungen bei den Analyse- und Präparationstechniken verbreitern das Anwendungsfeld, bis hin zur Untersuchung von realen Materialien wie Polymeren. Präzedenzlose konjugierte und magnetische organische Nanostrukturen wurden vorgestellt, die ausschließlich mit den Ansätzen der Oberflächensynthese zugänglich sind. Oftmals entfaltet sich ihre Funktionalität erst nach Entkopplung vom Metallsubstrat, wie wir an ausgewählten Modellsystemen lernen durften. Wichtige Grundpfeiler des Seminars waren auch die Theorie und Modellierung, wobei die neuen Möglichkeiten der KI, aber auch bestehende Herausforderungen aufgezeigt wurden. Trotz der faszinierenden Grundlagenforschung gerieten die Anwendungsperspektiven im Bereich der kontrollierten Katalyse nicht aus den Augen. Die enthusiastisch wahrgenommenen Möglichkeiten, zwanglos Kontakte zu knüpfen, sich intensiv persönlich auszutauschen, Pläne zu schmieden

und exklusiv Zeit miteinander zu verbringen, haben die pandemiebedingte Verschiebung zu Gunsten einer Präsenzveranstaltung gerechtfertigt.

---

■ **774 | Kilonova:  
Multimessenger and Multiphysics**

28. November–1. Dezember | hybrid |  
Prof. Dr. Almudena Arcones, TU Darmstadt;  
Prof. Dr. Camilla Juul Hansen, U Frankfurt; Prof. Dr.  
Kenta Hotokezaka, U of Tokyo, Japan; Prof. Dr.  
Thomas Stöhlker, U Jena (58 TN, davon 48 im  
Physikzentrum, 16 Frauen, 22 aus dem Ausland)

Im Jahr 2017 begann mit dem ersten Gravitationswellennachweis bei der Verschmelzung zweier Neutronensterne (GW170817) und den reichhaltigen elektromagnetischen Folgeerscheinungen die Ära der Multimessenger-Astronomie. Das spannendste elektromagnetische Gegenstück zu GW170817 war die Kilonova. Diese liefert eine Antwort auf die seit langem gestellte Frage, wie und wo im Universum schwere Elemente entstehen. Das neutronenreiche Material, das bei der Neutronensternverschmelzung ausgestoßen wird, durchläuft einen r-Prozess (Rapid Neutron Capture Process), der schwere Elemente produziert und Energie erzeugt, die als Kilonova abgestrahlt wird. Daher kann man die Kilonova als direkte Beobachtung der bei Verschmelzung ausgestoßenen Materie nutzen und etwas über die extremen Bedingungen erfahren, die bei diesen Ereignissen auftreten. Dies erfordert die Kombination von Simulationen in Allgemeiner Relativitätstheorie mit modernster Mikrophysik für Neutrinos und die Zustandsgleichung bei hoher Dichte, Nukleosyntheseberechnungen mit extremen und noch unbekanntem neutronenreichen Kernen, Strahlungstransportmodellen für die Kilonova mit detaillierten Informationen aus der Atomphysik und Multimessenger-Beobachtungen. Dieses interdisziplinäre Seminar brachte eine Gruppe von Experten aus verschiedenen Bereichen zusammen. Ein besonderer Schwerpunkt lag auf der Zusammenarbeit zwischen Atom- und Astrophysik (atomare Astrophysik) nach dem erfolgreichen Beispiel der nuklearen Astrophysik. Das Seminar

kombinierte lange Vorträge mit ausführlichen Einführungen und anschließenden Diskussionen sowie kürzere Vorträge von Nachwuchswissenschaftlern und eine sehr interaktive Postersitzung. Ein wichtiger Teil des Seminars waren die drei langen Diskussionen am Ende der Tage. Diese profitierten stark von der Anwesenheit von Experten und enthusiastischen Nachwuchsforschern aus den Bereichen Theorie, Experiment, Beobachtung, Astrophysik, Kernphysik und Atomphysik.

---

■ **775 | Towards Comprehension  
of Chiral Induced Spin Selectivity**

5.–8. Dezember | hybrid | Prof. Dr. Carmen Herrmann,  
U Hamburg; Prof. Dr. Jonas Fransson, U Uppsala,  
Schweden (57 TN, davon 53 im Physikzentrum; 11 Frauen,  
43 aus dem Ausland)

Chiral induzierte Spin-Selektivität (CISS) ist ein Phänomen, das seit etwa 30 Jahren experimentell erforscht wird. Dabei hängt die Wahrscheinlichkeit eines Elektrons, durch ein chirales Molekül oder einen chiralen Festkörper transportiert zu werden, von der Ausrichtung seines Spins ab. Interessanterweise beobachtet man dies in geschlossenschaligen, also nichtmagnetischen Molekülen und Festkörpern. Eine Erklärung hierfür ist die Spin-Bahn-Kopplung, kombiniert mit dem Bruch von Inversions- und Zeitumkehrsymmetrie. Allerdings erstaunt es, dass die Spin-Selektivität so groß ist (bis ca. 80 Prozent), obwohl die intrinsische Spin-Bahn-Kopplung der beteiligten Systeme oft klein ist (zum Beispiel DNS und Peptide, die aus leichten Atomen aufgebaut sind). Hierfür gibt es aktuell keine allgemein akzeptierte Erklärung. Ziel dieses Seminars war es, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Theorie und Experiment zusammenzubringen, um in Richtung einer solchen Erklärung Fortschritte zu machen. Die Vorteile eines besseren Verständnisses wären immens – neben dem grundsätzlichen Interesse und biologischer Relevanz kann CISS unter anderem Elektrokatalyse (und damit Wasserstoffproduktion) günstiger machen und wird für die Initialisierung und das Auslesen von Qubits diskutiert. Aktuell tappt man aber im Dunkeln, was das gezielte Design von

geeigneten Systemen für solche Anwendungen angeht. Im Rahmen des Seminars wurden viele Aspekte von CISS angesprochen, darunter aktuelle Übersichten über Elektronenleitungs- und Photoelektronen-Experimente, die Synthese interessanter chiraler Systeme, erreichte und mögliche neue Anwendungen. Hinzu kamen neue theoretische Entwicklungen wie ein Mechanismus für die Spinpolarisierung der Elektronenstruktur durch CISS, die Bedeutung der Elektron-Phonon-Kopplung, die Aharonov-Casher-Phase oder die Bedeutung der Grenzfläche zwischen Molekül und Elektrode. Es wurde klar, wie vielfältig CISS im Experiment ist. So hängt der Effekt zum Beispiel je nach System und Bedingungen unterschiedlich von der Temperatur ab, und ist es nicht immer trivial, hier den Einfluss der Temperatur auf die Spin-Selektivität von ihrem Einfluss auf den Ladungstransport an sich zu trennen. Ebenfalls wurde klar, dass ein besseres Verständnis neue Arten von Experimenten erfordert, unter anderem bei tiefen Temperaturen und unter Verwendung von Kern- und Elektronenspinresonanz sowie Rastertunnelmikroskopie. Hierzu wurden interessante neue Entwicklungen vorgestellt.

---

■ **777 | Ultracold Quantum Matter:  
Basic Research and Applications**

12.–16. Dezember | hybrid | Priv.-Doz. Dr. Axel Pelster, TU Kaiserslautern; Prof. Dr. Carlos Sá de Melo, GATECH Atlanta/USA (126 TN, davon 77 im Physikzentrum, 22 Frauen, 80 aus dem Ausland)

Für viele der Teilnehmer war dieses Seminars zur Physik ultrakalter Quantenmaterie die erste Präsenztagung nach der Pandemie. Das wissenschaftliche Programm bestand aus 25 eingeladenen Vorträgen internationaler Experten, sechs Präsentationen engagierter Nachwuchswissenschaftler sowie knapp 50 Postern. Die Diskussionen im Plenum, während der Pausen oder aber bei den Mahlzeiten waren dabei äußerst lebhaft. Ein Schwerpunkt des Seminars bestand darin, die aktuelle Grundlagenforschung ultrakalter Quantengase zu beleuchten. So wurde kürzlich geklärt, dass die Fluktuationen eines atomaren Bose-Einstein-Kondensats in einer harmonischen

Falle eher durch ein mikrokanonisches als durch ein kanonisches Ensemble beschrieben werden. Bei dipolaren Bose-Gasen gelang es erstmals, Wirbel durch ein rotierendes Magnetfeld zu erzeugen. Außerdem wurde nachgewiesen, dass paradoxerweise thermische Fluktuationen die Erzeugung eines dipolaren Supersolids erleichtern können. Ein weiterer Durchbruch bestand darin, ein dreidimensionales Gas von heteronuklearen Molekülen durch Mikrowellenabschirmung soweit abzukühlen, dass erstmalig Quantenentartung erzielt wurde. Ferner zeigten aufwändige numerische Untersuchungen von Fermionen in optischen Gittern, dass sowohl Wechselwirkung als auch Unordnung unter Umständen eine topologische Phase induzieren. Zudem wurden in eindimensionalen Polariton-Exzitonen-Experimenten Nichtgleichgewichtseigenschaften von photonischen Kondensaten beobachtet. Mit Hilfe eines Datenkollapses wurde gezeigt, dass aufgrund von Phasenfluktuationen die räumliche Kohärenz von Korrelationsfunktionen trotz vorhandener Superfluidität schneller als algebraisch zerfällt. Im Rahmen des Seminars wurde aber auch diskutiert, wie sich ultrakalte Quantengase aufgrund ihrer extrem guten Kontrollierbarkeit beispielsweise in der Quantenmetrologie oder als Quantensimulator anwenden lassen. So erlauben es optische Gitteruhren aufgrund von Vielteilchenwechselwirkungen, die Gravitationsrotverschiebung im Bereich von einem Millimeter aufzulösen, was einer relativen Genauigkeit von  $7,6 \times 10^{-21}$  entspricht. Des Weiteren gelang es durch Raman-Kopplung zweier Bose-Einstein-Kondensate, eine topologische Eichtheorie zu simulieren, bei der durch explizite Brechung der Galilei-Invarianz Chiralität auftritt. Hier besteht die faszinierende Perspektive, künftig anyonische Anregungen untersuchen zu können, die weder einer Bose-Einstein- noch einer Fermi-Dirac-Statistik genügen.

## 2 BINATIONALE SEMINARE

Wissenschaft ist international und setzt den freien Austausch von Ideen und Köpfen voraus. Angesichts einer immer weiter verbreiteten Skepsis gegenüber der europäischen Integration gerät diese Selbstverständlichkeit aber häufig in Vergessenheit. Die Gremien der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung haben daher 2017 beschlossen, mit einer neuen Veranstaltungsreihe, den binationalen WE-Heraeus-Seminaren, ein Zeichen zu setzen (vgl. Jahresbericht 2019). Gemeinsame Veranstaltungen mit den Nachbarländern Frankreich, England und Polen sollen insbesondere dazu dienen, existierende Kooperationen zu stärken oder neue zu initiieren. In Absprache mit der DPG, die zu den Physik-Fachgesellschaften dieser Länder enge Beziehungen pflegt und mit ihnen gemeinsam Preise verleiht, sollen grundsätzlich die Preisträgerinnen und Preisträger der bilateralen Preise als wissenschaftliche Organisatoren gewonnen werden. Im Berichtsjahr haben zwei binationale Seminare stattgefunden (die Preisträger sind hervorgehoben). Darüber hinaus haben die Gremien beschlossen, dieses Veranstaltungsformat künftig auf alle Länder auszuweiten und es auch für alle Wissenschaftler zu öffnen.

### ■ French-German WE-Heraeus-Seminar: Outstanding Challenges in Nonlinear Dynamics

20.–25. März | *Ecole de Physique des Houches* | Prof. Dr. Theo Geisel, MPI für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen; Prof. Dr. Hugues Chaté, CNRS-CEA Saclay, Gif-sur-Yvette, Frankreich (52 TN, davon 25 aus Deutschland und 20 aus Frankreich, 6 Frauen)

Das dritte Seminar in der deutsch-französischen Serie fand – pandemiebedingt um ein Jahr verschoben – an der *École de Physique* in Les Houches in Frankreich statt.

Nach zwei Jahren der Pandemie war es eine der ersten Veranstaltungen überhaupt, die dort wieder stattfinden konnten. Dementsprechend groß war die Begeisterung gerade auch bei jüngeren Teilnehmern. – Angesichts der inzwischen erreichten Breite und Diversifizierung der nichtlinearen Dynamik, die heute in ganz verschiedenen Disziplinen von der Physik bis zur Medizin und den Sozialwissenschaften Anwendungen findet, wird leicht übersehen, dass diese Anwendungen oftmals vor ähnlichen Herausforderungen stehen. Ein prominentes Beispiel ist die kollektive nichtlineare Dynamik von Netzwerken oder auf Netzwerken, die eine Rolle in vielen Disziplinen spielt. Leider können die in der Physik entwickelten Vielteilchentechniken wegen vorhandener Nichtlinearitäten hierfür meist keine Hilfe bieten. Beispielhaft zeigt sich das u. a. in der kollektiven Dynamik feuernender Neurone. Der Titel „outstanding challenges“ war bewusst zweideutig gewählt. In dem Seminar sollten einerseits anstehende Herausforderungen diskutiert werden; andererseits sollten die Sprecher durch diesen Titel auch animiert werden, sich auf besonders prominente Herausforderungen zu konzentrieren. So standen neben allgemeinen Themen der System-Identifikation und System-Charakterisierung, z. B. mit Methoden des maschinellen Lernens, bei zahlreichen Vorträgen besonders die Herausforderungen der Netzwerkdynamik im Vordergrund. Auch Synchronisationsphänomene waren ein zentrales Thema, während Strömungsphänomene und Turbulenz einen anderen Schwerpunkt bildeten. Welche erstaunlichen Fortschritte mit modernen Methoden der nichtlinearen Dynamik in Theorie und Anwendungen möglich sind, wenn die Herausforderungen angenommen werden, zeigten Vorträge zur Messung, detaillierten Modellierung und Steuerung der Herzdynamik.



Nach mehrfachen Verschiebungen fand das zweite polnisch-deutsche WE-Heraeus-Seminar in Krakau statt und hatte die Multimessenger-Astronomie zum Inhalt.

### ■ Polish-German WE-Heraeus-Seminar: The Variable Multi-Messenger Sky

22.–25. November | Forest Hotel Krakau | Prof. Dr. Werner Hofmann, MPI für Kernphysik, Heidelberg; Prof. Dr. Stefan Wagner, Zentrum für Astronomie, Landessternwarte, Heidelberg; Prof. Dr. Michal Ostrowski, Prof. Dr. Lukasz Stawarz, Jagiellonian University, Krakau, Polen; Prof. Dr. Tomasz Bulik, U Warschau, Polen (52 TN, davon 19 aus Deutschland und 33 aus Polen, 13 Frauen)

Mit dem Ziel, die Kontakte zwischen den Communities in den beiden Ländern zu intensivieren, fand in Krakau das zweite polnisch-deutsche WE-Heraeus-Seminar statt. Das breit gefasste Thema betraf ein hochaktuelles Gebiet der modernen Astrophysik: die Untersuchung transienter Phänomene im Universum über elektromagnetische Strahlung, kosmische Neutrinos, Gravitationswellen und kosmische Strahlung. Transiente Prozesse – wie kosmische Explosionen – geben durch die zeitvariable Emission wichtige Informationen über die inhärenten Zeitskalen und den Teilchen- und Strahlungstransport. Elektromagnetische Strahlung und neuerdings Gravitationswellen erlauben es, den Ausgangszustand und den Übergang zu charakterisieren; mithilfe elektromagnetischer Strahlung thermischen und nichtthermischen Ursprungs sowie Neutrinostrahlung ist es möglich, den Endzustand und insbesondere die nichtthermischen

Teilchenbeschleunigungsprozesse zu untersuchen, welche typischerweise Prozesse in der Umgebung Schwarzer Löcher, bei kosmischen Explosionen und in relativistischen Materieflüssen begleiten. Die Vorträge deckten unter anderem Präzisionsmessungen zur Gravitation mit dem Schwarzen Loch im Zentrum unserer Galaxie und mit Pulsaren ab, die Suche nach Schwarzen Löchern durch Mikrolensing und umgekehrt die Nutzung von Gravitationslinsen als kosmische Teleskope; die Fortschritte in der Modellierung von Pulsaren und der Modellierung der Teilchenbeschleunigungsprozesse, die Untersuchung von Transienten von verschiedenen Bereichen des Spektrums; die Astronomie mit Gravitationswellen, mit Neutrinos und mit ultrahochenergetischen Photonen und die Nutzung höchstenergetischer kosmischer Teilchen, um Verletzungen der Lorentz-Invarianz bei Skalen im Bereich der Planck-Masse einzugrenzen. Ein breites Spektrum kürzerer Vorträge und eine Postersitzung ergänzten die eingeladenen Übersichtsvorträge, deren Qualität durchweg hoch war. Pausen und gemeinsame Mahlzeiten boten viel Gelegenheit zu Diskussion und Austausch. Beim Abschluss waren sich alle Teilnehmenden darin einig, dass das Seminar mehr Gelegenheit geboten hat, über den Tellerrand der eigenen Forschung zu schauen als übliche fachspezifische Konferenzen, und dass es nicht nur neue Verbindungen zwischen den Communities der beiden Länder aufgezeigt und geschaffen hat, sondern auch innerhalb der jeweiligen Länder.

## 3 KLAUSURTAGUNGEN

Der mehrtägige Rückzug auf eine Hütte in den Bergen oder eine vergleichbare Einrichtung in schöner Umgebung erlaubt den intensiven fachlichen Austausch ohne Zeitdruck, eingebettet in gemeinsame soziale Aktivitäten. Viele zündende Ideen und fruchtbare Kooperationen haben ihren Ursprung in solchen wissenschaftlichen Klausuren. Da deren Finanzierung jedoch häufig ein Problem ist, hat die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung 2013 das Förderprogramm WE-Heraeus-Klausurtagungen („Hüttenseminare“) aufgelegt. Dieses hat sich zunächst vornehmlich an Arbeitsgruppen jüngerer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler gerichtet, die im Bereich der Physik forschen, auch an mehrere, eng miteinander kooperierende Gruppen. Nach einem entsprechenden Gremienbeschluss 2018 steht es inzwischen aber auch etablierten Arbeitsgruppen offen. Im Berichtsjahr wurden zahlreiche zuvor verschobene Klausurtagungen nachgeholt, sodass insgesamt 20 stattgefunden haben mit 391 Teilnehmerinnen und Teilnehmern.

---

### ■ **Computational Astrophysics: Particle and Grid Methods**

14.–16. März | Haus Matschwitz, Montafon |  
Dr. Christoph Schäfer, Anna Penzlin, U Tübingen  
(16 TN)

---

### ■ **Advanced Optical Microscopy in Biology: Bridging the Gap between Applications and Development**

29. März–1. April | Jugendherberge  
Tambach-Dietharz | Prof. Dr. Christian Eggeling,  
Dr. Katharina Reglinski, IPHT und U Jena;  
Prof. Dr. Christian Franke, U Jena  
(24 TN)

---

### ■ **Free-energy Landscapes of Bio-Hybrid Materials Systems**

26. Juni–1. Juli | COOEE Alpin Hotels Dachstein  
in Gosau | Prof. Dr. Robert Meißner, TU Hamburg  
Harburg; Prof. Dr. Dirk Zahn, U Erlangen-Nürnberg;  
Prof. Dr. Lucio Colombi Ciacchi, U Bremen  
(29 TN)

---

### ■ **Scanning Probe Seminar auf der Hütt'n**

1.–4. Juli | Straubinger Haus |  
Prof. Dr. Franz J. Giessibl, U Regensburg  
(13 TN)

---



Astrophysiker der Universität Tübingen trafen sich im Montafon zu einer Klausurtagung. (Foto: AG Schäfer & Kley, U Tübingen)

■ **Klausurtagung der Abteilung Medizinphysik am Universitätsklinikum Freiburg**

4.–8. Juli | Hanauer Hütte |  
Prof. Dr. Michael Bock, Universitätsklinikum  
Freiburg – Radiologie, Medizinphysik  
(20 TN)

---

■ **Antimaterie: Positronen in der Grundlagenforschung und Materialphysik**

5.–8. Juli | Dresdner Hütte |  
Prof. Dr. Christoph Hugenschmidt,  
TU München (18 TN)

---

■ **Statistical Physics of Complex Systems**

8.–10. Juli | Jugendherberge Mirow |  
Prof. Dr. Benjamin Lindner, Prof. Dr. Igor M. Sokolov,  
HU Berlin (9 TN)

---

■ **Dynamics of Quantum Matter**

13.–15. Juli | Hanauer Hütte |  
Prof. Dr. Johannes Knolle, TU München (10 TN)

---

■ **Magnetresonanz mit gekoppelten Spin-Systemen in der Onkologie**

1.–5. August | Warnsdorfer Hütte |  
Dr. Leif Schröder, Dr. Andreas Korzowski,  
Dr. Steffen Görke, DKFZ Heidelberg (12 TN)

---

■ **Optische Strukturbiologie**

1.–3. August | Kurhaus Trifels |  
Prof. Dr. Mike Heilemann, U Frankfurt  
(18 TN)

---

■ **Designing the Next Generation of Silicon Detectors**

14.–20. August | Hanauer Hütte |  
Dr. Simon Spannagel, DESY-FH-ATLAS;  
Dr. Lennart Huth, DESY-FH-FTX (24 TN)

---

■ **Correlations at elevation**

24.–26. August | Hanauer Hütte |  
Prof. Dr. Jan van Delft, Dr. Björn Sbierski,  
LMU München (18 TN)

---

■ **Elektrochemische Energiewandler**

5.–9. September | Kaltenberghütte |  
Prof. Dr. Volker P. Schulz, DHBW Mannheim  
(14 TN)

---

■ **KI & MRT in Neurowissenschaften und  
neuroradiologischer Diagnostik**

14.–18. September | Jugendherberge  
Lenggries | PD Dr. Christine Preibisch,  
Dr. Afra Wohlschläger, Klinikum rechts der Isar,  
TU München (26 TN)

---

■ **Ultrafast Phenomena in Solids:  
Fundamentals and Future Visions**

18.–23. September | Gasthof Partenerhof,  
Partenen | Prof. Dr. Martin Aeschlimann,  
TU Kaiserslautern (24 TN)

---

■ **Statistische Physik von sozial-ökologisch-  
technologischen Multiebenensystemen**

26.–30. September | Schloss Mansfeld, Harz |  
Dr. Jonathan F. Donges, Dr. Jobst Heitzig,  
PIK Potsdam (16 TN)

---

■ **Röntgenphasenkontrastbildgebung**

26.–29. September | Landhotel Drei Kronen,  
Adelsdorf | Prof. Dr. Stefan Funk, U Erlangen-  
Nürnberg (14 TN)

---

■ **2D Materials and Ultra-high Doped  
Semiconductors: Electronics, Photonics  
and Sensing**

4.–6. Oktober | Jugendherberge Görlitz |  
Prof. Dr. Artur Erbe, Dr. Shengqiang Zhou,  
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (41 TN)

---

■ **Solid State Physics at the University of Bremen:  
Current Status and Prospects**

4.–9. Oktober | Marburger Haus, Kleinwalsertal |  
Prof. Dr. Jens Falta et al., U Bremen (34 TN)

---

■ **Struktur-Eigenschafts-Beziehungen  
in epitaktischen organischen Dünnschichten  
und zweidimensionalen Materialien**

10.–12. Oktober | Haus Rosenbaum,  
Siegmundsburg | Prof. Dr. Torsten Fritz, U Jena  
(11 TN)

---

## 4 PHYSIKSCHULEN

Die Stiftung organisiert oder fördert jährlich nationale oder internationale Physikschulen, in denen aktuelle Forschungsgebiete, zu denen es in der Regel noch keine Lehrbücher gibt, in Form von Blockvorlesungen aufbereitet werden. Die Schulen richten sich vornehmlich an fortgeschrittene Studierende, Doktoranden und Postdoktoranden. Sie bieten den Teilnehmerinnen und Teilnehmern die Möglichkeit, sich auf sehr effektive Weise durch kompetente Referenten in neue Arbeitsgebiete der Physik einzuarbeiten. Nach sechs Physikschulen im Vorjahr haben im Berichtsjahr zehn mit insgesamt rund 670 Teilnehmenden (inkl. Dozenten bzw. Redner) stattgefunden. Darunter waren sechs „Bad Honnef Physics School“, die von der DPG ausgerichtet, aber von der Stiftung finanziert werden. Zum wiederholten Mal hat die Stiftung auch eine Physikschule an der École de Physique des Houches finanziert und zum ersten Mal eine am Institut d'Études Scientifiques in Cargèse, Korsika.

### ■ Les Houches – WE Heraeus Physics School: Fermi Surface, Novel Quantum Phases, and Superconductivity in Strongly Correlated Electrons Systems

27. März–1. April | École de Physique des Houches, Frankreich | Prof. Dr. Gertrud Zwicknagl, TU Braunschweig; Prof. Dr. Joachim Wosnitza, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf; Dr. Pierre Rodière, Dr. Marie-Aude Méasson, U Grenoble-Alpes & CNRS, Frankreich; Dr. Sebastien Burdin, U de Bordeaux, Frankreich (67 TN)

Die Erforschung, das Verständnis und die Beschreibung von Materialien mit starken elektronischen Coulomb-Korrelationen gehören nach wie vor zu den großen Herausforderungen der modernen Festkörperphysik. Bekannte Beispiele für solche Systeme sind Übergangsmetalloxide, Metalle, die Lanthanid- oder Aktinidatome enthalten, und organische Leiter. Bei niedrigen Temperaturen zeigen diese Materialien neuartige Phänomene wie Metall-Isolator-Übergänge, schwere Fermionen, unkonventionelle Supraleitung, ungewöhnlichen Magnetismus, streifenförmige und nematische Ordnungen sowie ausgeprägte Abweichungen vom typischen universellen Metallverhalten. Das Ziel dieser Physikschule war es, das Verständnis der Physik korrelierter Quantenmaterialien, insbesondere ihrer supraleitender Zustände, zu vertiefen. Dabei sollten die Teilnehmer, die überwiegend aus Frankreich und Deutschland kamen, einen umfassenden Überblick über die grundlegenden Ideen, den aktuellen Stand, die jüngsten Entwicklungen und die Perspektive dieses Gebiets erhalten. Das Programm umfasste 16 ein- oder zweistündige Vorträge zu Schlüsselfragen im Zusammenhang mit Fermi-Flächen und ihrer Rolle in Systemen mit starken elektronischen Korrelationen. Die Vorträge gaben einen Überblick über wichtige Materialien und ihre

Herstellung, aktuelle Messtechniken sowie die Theorie und das Verständnis der grundlegenden Konzepte. Die Nachwuchswissenschaftler diskutierten viel miteinander und mit den Referenten und konnten ihre eigenen Ergebnisse in einer Postersitzung präsentieren. Dies ermöglichte einen intensiven wissenschaftlichen Austausch.

---

■ **WE-Heraeus Summer School:  
SMEFT'2022: Theory and Phenomenology  
of the Standard Model EFT**

11.–15. Juli | Universität Siegen | Dr. Jason Aebischer, U Zürich, Schweiz; Prof. Dr. Thomas Mannel, U Siegen; Dr. Javier Virto, MIT und TU München (61 TN)

Das Ziel dieser Sommerschule war es, die teilnehmenden Doktoranden sowie Postdocs mit der effektiven Theorie des Standardmodells der Teilchenphysik (SMEFT) bekannt zu machen sowie schon vorhandenes Wissen zu vertiefen. Nach einer Einführungsvorlesung über allgemeine effektive Feldtheorien erhielten sie dazu einen umfangreichen Überblick über die SMEFT sowie deren vielfältige Anwendungen in der Top-Physik oder elektroschwachen Physik. Themen waren auch die Renormierung der schwachen effektiven Feldtheorie sowie neueste Computer tools. Die Teilnehmenden zeigten von Anfang an großes Interesse an den vermittelten Inhalten, sodass während den Vorlesungen, den Pausen sowie den Übungsstunden am Nachmittag viel (und manchmal auch heftig) über die SMEFT diskutiert wurde und ein reger Austausch zwischen den Tutoren und den Teilnehmenden herrschte. Die große Anzahl an Anmeldungen im Vorfeld der Schule sowie die positiven Rückmeldungen seitens der Vorlesenden sowie Teilnehmenden bestätigen die Aktualität des Themengebiets.

■ **WE-Heraeus Summer School for Graduate Students: Foundations and New Methods of Theoretical Physics**

29. August–9. September | Klosterhof zur Post, Bayrischzell | Prof. Dr. Laura Covi, U Göttingen; Prof. Dr. Arthur Hebecker, U Heidelberg; Prof. Dr. Olaf Lechtenfeld, U Hannover; Prof. Dr. Ivo Sachs, LMU München; Prof. Dr. Stefan Theisen, Albert-Einstein-Institut Potsdam (25 TN)

Ziel dieser Sommerschule ist es, die Ausbildung im Hinblick auf eine Postdoktoranden-Phase zu verbreitern in den Gebieten Quantenfeldtheorie, Teilchenphysik und Gravitation, sowie an neue Methoden, Techniken und mathematische Hilfsmittel heranzuführen, die wegen der starken Vernetzung der modernen theoretischen Physik für eine akademische Karriere nutzbringend sind. An der 28. Auflage der Doktorandenschule, die wegen Personalmangels kurzfristig vom Spessart nach Bayrischzell ausweichen musste, nahmen 2 Doktorandinnen und 18 Doktoranden teil, die überwiegend von deutschen Institutionen kamen, aber auch aus Niederlande, Italien, Slowenien, Mexiko und Australien. Der thematische Schwerpunkt lag in diesem Jahr auf „Quantenfeldtheorie“. Das Programm umfasste fünf Kurse zu den Themen „Spontaneous symmetry breaking and Nambu-Goldstone bosons“ (Tomas Brauner, Stavanger), „Conformal field theory“ (Stefan Fredenhagen, Wien), „Phase transitions in the early universe“ (Marieke Postma, Amsterdam), „String-inspired methods and the worldline formalism“ (Christian Schubert, Morelia, Mexiko), „Modern methods for scattering amplitudes (Lorenzo Tancredi, München). Die Synergieeffekte zwischen den Vorlesungen gipfelten in einem gemeinsamen Übungsnachmittag der Dozenten Schubert und Tancredi, an dem eine physikalische Größe mit Hilfe zweier unterschiedlicher Techniken zu berechnen war. Die üblichen vormittäglichen Vorlesungen wurden nachmittags ergänzt durch vierstündige Übungssitzungen, in denen unter Betreuung eines Dozenten in Kleingruppen eine Reihe von Übungsaufgaben zu bearbeiten und anschließend zu diskutieren war. Traditionell (bei seltenen Ausnahmen) wird an der Tafel vorgetragen, und die Doktorandinnen und Doktoranden



*Bereits zum wiederholten Mal hat die Stiftung eine Physikschule in der École de Physique des Houches am Fuß des Montblancs gefördert.*



*Im Tagungszentrum in Cargese an der korsischen Mittelmeerküste hat erstmals eine von der Stiftung geförderte Sommerschule stattgefunden.*

arbeiteten mit hoher Motivation und großem Einsatz an den Übungen. Der gute Kontakt zu den Dozenten und die informelle Atmosphäre eines abgeschiedenen Hotels tragen mit bei zum Erfolg der Schule, der sich auch in diesem Jahr wieder in einer sehr positiven studentischen Evaluation zeigte.

---

### ■ WE-Heraeus Summer School: Active Matter and Complex Media

26. September–7. Oktober | Institut d'Études Scientifiques Cargèse, Korsika, Frankreich | Prof. Dr. Walter Zimmermann, U Bayreuth; Prof. Dr. Chaouqi Misbah, U Grenoble Alpes, Grenoble, Frankreich (78 TN)

Das Gebiet der aktiven Materie entwickelt sich mit seiner Themenvielfalt rasant und nimmt weiter zunehmend Raum bei den internationalen Tagungen ein. Einem Teilbereich widmete sich diese zweiwöchige Sommerschule, mit der die Stiftung erstmals eine Veranstaltung am renommierten Institut d'Études Scientifiques de Cargèse auf Korsika in Frankreich gefördert hat. Zu den Themen zählten u. a. die Dynamik von chemisch interagierenden Bakterien oder künstlichen Mikroschwimmern, schwimmenden Tropfen, aktiven Nematoden, asymmetrisch (nicht-reziprok) wechselwirkende (dissipative) Teilchensysteme oder der Dynamik von (Krebs-)Zellen. Auf die Rolle von Trägheitseffekten, von Defekten in aktiver Materie oder von intelligenten Analysen experimenteller Daten zur Aufklärung der Dynamik aktiver Materie wurde ebenso eingegangen. Lassen sich die faszinierenden Selbstorganisationsprozesse in aktiver Materie mit bekannten universellen nichtlinearen Gesetzmäßigkeiten charakterisieren oder sind Verallgemeinerungen erforderlich? Auch dies war Gegenstand der intensiven Diskussionen. Die Faszination dieser Themen, zu denen jeweils Sprecher eingeladen waren, führte zu mehr als doppelt so vielen sehr guten Bewerbungen aus nahezu allen Kontinenten, als aus Platzgründen angenommen werden konnten. Mehr als ein Drittel der 78 Teilnehmenden waren Nachwuchswissenschaftlerinnen, ein Drittel – und damit ein bemerkenswert hoher Anteil – waren Postdoktoranden

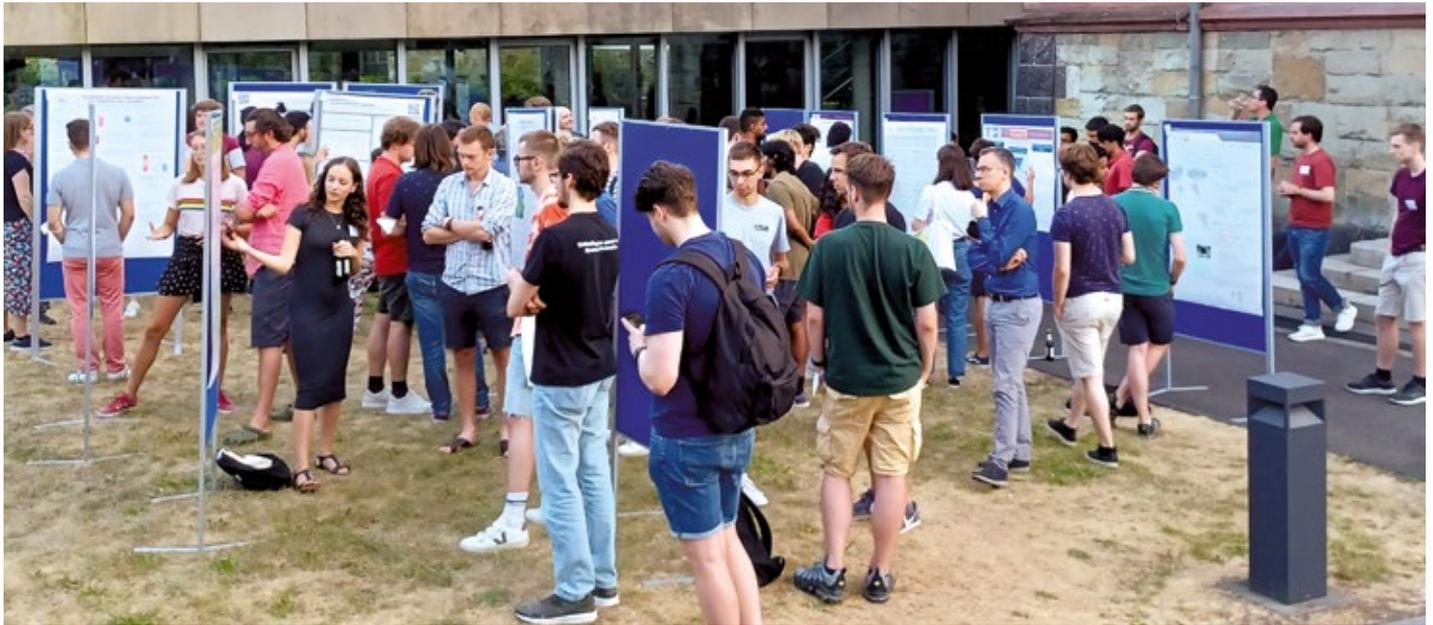
und Seniors, von denen auch einige die Schule zu einer Neuorientierung nutzten. Das begeisterte Teilnehmerfeld und die diskussionsfreudigen Sprecher, die zu grundlegenden wie zu speziellen Themen vortrugen, erzeugten eine inspirierende, wissenschaftliche Atmosphäre während der gesamten Schule. 20 ausgewählte „contributed talks“ trugen ebenso dazu bei wie die immer gut besuchten Poster.

---

### ■ Bad Honnef Physics School: Atmospheric Physics: Experiment Meets Modelling

3.–8. Juli | Physikzentrum | Prof. Dr. Christian von Savigny, U Greifswald; Prof. Dr. Justus Notholt, U Bremen (68 TN, davon 13 Referenten)

Diese Sommerschule hat sich zur Aufgabe gemacht, einen breiten Überblick über aktuelle Methoden zur Atmosphärenbeobachtung sowie zur Erforschung von chemischen und physikalischen Prozessen in der Atmosphäre zu geben. Das einwöchige Programm umfasste Vorlesungen zu Fernerkundung der Atmosphäre, Messung der Zusammensetzung der Atmosphäre, Prozessen in der Stratosphäre, Meteorologie, Physik der mittleren und oberen Atmosphäre und Thermodynamik des Erdsystems. Zu Beginn wurden die meistgenutzten Fernerkundungstechniken eingeführt, beginnend im UV/VIS Bereich mit der DOAS (Differenzielle Optische Absorptionsspektroskopie), gefolgt von IR-Messungen mit FTIR (Fourier Transformations Infrarot Spektroskopie) und Fernerkundung mit Mikrowellen. Darauf folgten Techniken zur Messung der Atmosphärenzusammensetzung vom Satelliten, mit LIDAR und durch Messungen in situ. Zusammenfassend lassen sich mit diesen Techniken Aerosole, Spurengase und für das Wetter wichtige Parameter der Atmosphäre vom Boden, aus der Luft und aus dem Weltraum messen. Ein weiterer Vortrag behandelte den Einfluss von großen Vulkaneruptionen auf die Stratosphäre. Hier spielt die Größenverteilung der Aerosole eine entscheidende Rolle, um den Einfluss solcher Eruptionen auf das Klima abzuschätzen. Es folgten eine Einführung in die Modellierung der Stratosphäre, mit



Im heißen Sommer 2022 haben die Postersitzungen häufig im Freien stattgefunden. (Foto: PBH)

besonderem Fokus auf der Erholung des Ozonlochs, sowie ein Ausblick aus der Modellierungsperspektive auf zukünftige Auswirkung von Wetterextremen. Die oberen Atmosphärenschichten wurden im Kontext von Airglow, der Wechselwirkung kosmischer Partikel mit der Atmosphäre und der Ionosphärenphysik, erläutert. Zuletzt wurde noch auf die Thermodynamik des Erdsystems eingegangen und dies anhand eines Beispiels zur Effizienz eines Offshore-Windparks diskutiert. Den wissenschaftlichen Austausch zwischen den Teilnehmenden haben eine Postersitzung und eine Plenardiskussion zum Thema Geoengineering weiter angeregt.

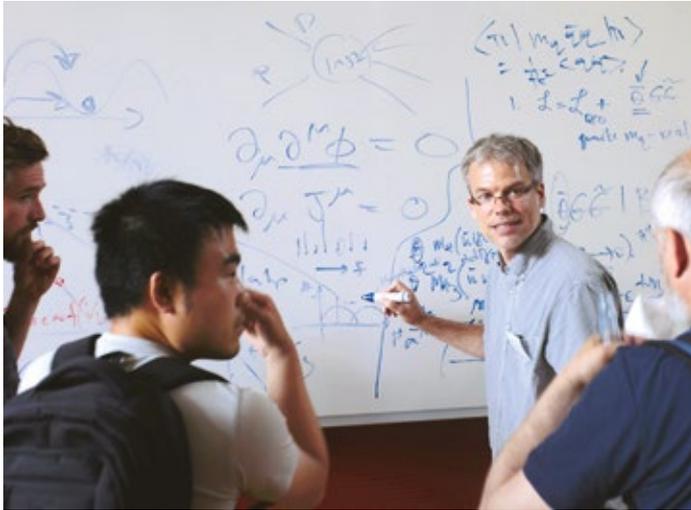
---

■ **Bad Honnef Physics School:  
As thin as it gets: Physics of 2D Materials  
and Heterostructures**

24.–29. Juli | Physikzentrum | Prof. Dr. Marika Schleberger, Prof. Dr. Martin Mittendorff, U Duisburg-Essen (68 TN, davon 15 Referenten)

Das Feld der ultradünnen Schichten hat sich seit den ersten Arbeiten zu Graphen 2004 stetig weiterentwickelt und angesichts einer überaus aktiven Community zu zahlreichen neuen Erkenntnissen geführt. Diese Physikschule war daher überfällig und bot sowohl für Neueinsteiger als

auch für alte Hasen attraktive Inhalte. Nach einem einführenden Überblick in die verschiedenen zweidimensionalen Materialien sowie in die Herstellung von Feldeffekttransistoren daraus wurden Herstellungsmethoden von 2D-Materialien, etwa die chemische Gasphasenabscheidung, vorgestellt. Nahtlos folgte das Thema selbstorganisiertes Wachstum von Monolagen mit der Frage, wie man dies ausnutzen und mit externen Stimuli wie Zugverspannung und Stauchung die (opto-)elektronischen Eigenschaften beeinflussen kann. Großen Raum nahmen auch die Raman- und Photolumineszenz-Spektroskopie als Charakterisierungsmethode von Einzellagen sowie Heterostrukturen ein. Einem Vortrag über Exzitonen und den Einfluss von Störstellen in der dielektrischen Umgebung folgte ein weiterer über die Einflüsse der Dotierung von 2D-Materialien. Später gab es lebhafte Diskussionen über optische Rasternahfeldmikroskopie als Methode, um Oberflächenplasmon-Polaritonen in 2D-Materialien zu erzeugen. Schließlich wurde die Theorie hinter magnetischen Eigenschaften in Einzellagen und von chemisch/katalytischen Eigenschaften ebenso diskutiert wie die biologischen Aspekte und der Einfluss winziger Nanopartikel auf lebende Organismen. Vincent Bouchiat, CEO von Grapheal, brachte abschließend die Forschung ins reale Leben. Dem Startup gelang es, Coronaschnelltests mit FETs aus Graphen zu realisieren.



Viel Zeit für ausführliche Diskussionen ist ein Markenzeichen der Physikschulen im Physikzentrum. (Foto: A. Wickenbrock)

### ■ Bad Honnef Physics School: Ultralight Dark Matter

1.–5. August | Physikzentrum | Prof. Dr. Arne Wickenbrock, Prof. Dr. Dmitry Budker, U Mainz; Prof. Derek Jackson Kimball, California State University, USA (73 TN, davon 18 Referenten)

In unserer Galaxie übersteigt die Masse der Dunklen Materie die der normalen Materie deutlich. Daher ist die Frage nach der Natur der Dunklen Materie eine der drängendsten in der Physik. Angesichts der Tatsache, dass die schwach wechselwirkenden massiven Teilchen (WIMPs), die jahrzehntelang als Hauptkandidaten für Dunkle Materie galten, bislang nicht nachgewiesen wurden, besteht ein großes Interesse an alternativen Konzepten, insbesondere an ultraleichten bosonischen Feldern. Dieses Forschungsgebiet „sprudelt“ vor neuen Ideen, sowohl bei der Theorie als auch hinsichtlich neuer experimenteller Konzepte. Ziel dieser Sommerschule war es daher, Neulingen auf diesem Gebiet, insbesondere Doktoranden und Post-Docs, eine Orientierungshilfe zu geben und zusätzlich zu den Vorträgen Gelegenheit zu informellen Gesprächen mit einigen der führenden Wissenschaftler zu bieten, die an der Spitze der Forschung über ultraleichte

bosonische Dunkle Materie, insbesondere Axionen stehen. Ein besonderes Highlight der Sommerschule war das ausgeklügelte Lotteriesystem, welches die Teilnehmer für jede Frage mit einem Lotterieticket belohnte. Besonders hervorzuheben sind auch ein Abendvortrag über MOND (Modified Newtonian Dynamics), der eine hitzige Diskussion entfacht hat, sowie die audiovisuellen Simulationen von Dunkler Materie.

---

### ■ Bad Honnef Physics School: Deciphering with Chaos: Modeling and Understanding Complex Phenomena with Chaos Theory

7.–12. August | Physikzentrum | Prof. Dr. Sergey Denisov, Oslo Metropolitan University, Norwegen; Prof. Dr. Jürgen Kurths, PIK Potsdam (46 TN, davon 11 Referenten)

Diese Physikschule brachte den Teilnehmenden die Konzepte der Chaostheorie und neueste Forschungsergebnisse dazu näher. Das Programm begann mit zwei einleitenden Vorträgen über die Bedeutung von Chaos in der Quantenmechanik, denen sich Präsentationen über die neuesten Ergebnisse zum Auftreten von Chaos in offenen Quantensystemen mit Quantendissipation anschlossen. Auch auf Netzwerkforschung wurde eingegangen; so kommen bei Interaktionen höherer Ordnung Ereignisse zum Vorschein wie die explosive Desynchronisation. Zu den vorgestellten realen Anwendungsbereichen der Chaostheorie gehört die „Delay Differential Analysis Methode“, mit der sich Schizophrenie und epileptische Anfälle vorhersagen lassen. Das Standardbeispiel für Chaos, das Klima, wurde präsentiert und mit dem letzten Physik-Nobelpreis im Bereich der komplexen Systeme verknüpft. Auch die Industrie wendet die Chaosforschung an, um z. B. aus Daten von Windturbinen vorherzusagen, wann deren Wartung erforderlich ist. Zu diesen Methoden gab es auch Aufgaben, sodass die Teilnehmenden einige Ergebnisse selbst nachvollziehen konnten. Die spannenden Diskussionen setzten sich auch nach den Vorträgen fort und sorgten schnell für eine starke Vernetzung zwischen Teilnehmenden und Sprechern, sodass sich eine familiäre Atmosphäre einstellte.

---

### ■ Bad Honnef Physics School: Quantum Computing

14.–19. August | Physikzentrum | Prof. Dr. Andris Ambainis, U of Latvia, Riga, Lettland; Prof. Dr. David Gross, U Köln; Prof. Dr. Michael Walter, U Bochum (100 TN, davon 15 Referenten)

An dieser Sommerschule zu den theoretischen Grundlagen von Quantencomputern nahmen Nachwuchswissenschaftler aus Physik, Mathematik und Informatik teil. Quantenalgorithmen basieren auf den Prinzipien der Superposition und der Verschränkung quantenmechanischer Zustände. Um potenzielle Vorteile gegenüber ihren klassischen Gegenstücken zu quantifizieren, gab es eine Einführung in die Komplexitätstheorie inklusive Einblicke in aktuelle Forschung. Dabei fehlten natürlich weder Deutsch-Josza-, Grover- noch Shor-Algorithmus, gleichzeitig gab es auch eine moderne Sichtweise auf Quantenalgorithmen wie bei den physikalisch motivierten Quantum Random Walks oder der jüngsten Vereinheitlichung der Quantenalgorithmen mit Hilfe von Argumenten der linearen Algebra. Im Rahmen einer Postersitzung überzeugte die hervorragende Präsentation einer Arbeit über variationelle Quantenalgorithmen für Vielteilchenprobleme in der Chemie die Jury. Die Sommerschule wurde durch ein abwechslungsreiches und inspirierendes Rahmenprogramm abgerundet. Im Rahmen eines „langsamen Speeddatings“ gab es einen angeregten Austausch der Teilnehmerinnen mit führenden Frauen in Wissenschaft und Industrie im Bereich Quantentechnologie. In einer Paneldiskussion wurden Chancen, Herausforderungen, aber auch die Unterschiede zwischen Industrie- und akademischer Forschung heiß diskutiert.

---

### ■ Bad Honnef Physics School: Black Holes

4.–9. September | Physikzentrum | Prof. Dr. Domenico Giulini, U Hannover; Prof. Dr. Eva Hackmann, Prof. Dr. Claus Lämmerzahl, U Bremen (82 TN, davon 25 Referenten)

Diese Sommerschule bot ein umfassendes Bild von Schwarzen Löchern im Licht der aktuellen Forschung und spannte einen Bogen von Beobachtung und Experiment über Theorie und mathematische Physik zu philosophischen Aspekten. Dies ermöglichte es, inhaltliche oder methodische Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Themenfeldern zu entdecken. Das Programm enthielt eine passende Mischung aus pointierten Übersichtsvorträgen sowie kürzeren Vorträgen zu neuesten Forschungsergebnissen. Die Inhalte waren didaktisch aufbereitet und schlossen gut an das Vorwissen der Teilnehmenden an. Beginnend mit dem Eröffnungsvortrag rückten die Beobachtungsmöglichkeiten Schwarzer Löcher durch LIGO/Virgo, GRAVITY und das Event Horizon Telescope als verbindendes Element immer wieder in den Fokus. Thematisiert wurden u. a. die Signatur eines dritten Körpers im Gravitationswellensignal zweier kompakter Objekte, die Stabilität von Schwarzen Löchern und horizontlosen Objekten sowie die Modellierung des polarisierten Strahlungsanteils von Akkretionsscheiben Schwarzer Löcher; darüber hinaus, weshalb ein Jet von Sgr A\* entlang unserer Blickrichtung vermutet wird und wie man mithilfe von Neutrinos Galaxien mit zwei supermassiven Schwarzen Löchern identifizieren könnte. Ein Beitrag zu Experimenten in Wassertanks, die in einer Laborumgebung Schwarze Löcher imitieren, sorgte für angeregten Austausch. Auch fortgeschrittene Aspekte zur Vereinheitlichung von Quanten- und Gravitationstheorie spiegelten sich im Programm wider, mit Vorträgen über Vakuumpolarisation in der Nähe von Singularitäten und denkbaren Übergängen von Schwarzen zu Weißen Löchern. Die Diskussionsrunden als integraler Bestandteil führten zu lebhaften Debatten, etwa ob ein Schwarzes Loch durch eine Ringsingularität tauchen könnte oder welche Entwicklung das Forschungsfeld künftig nehmen wird.

---

## 5 SYMPOSIEN | TAGUNGEN | WORKSHOPS

Über die etablierten Veranstaltungsreihen der Seminare, Klausurtagungen und Physikschulen hinaus fördert die Stiftung im Rahmen der Aktivitäten zur wissenschaftlichen Kommunikation auch andere Formate wie Symposien, Tagungen und Workshops. Im Rahmen des 2021 durchgeführten Strategieprozesses wurde mit den „WE-Heraeus Fast-Track Workshops“ ein neues Veranstaltungsformat ins Leben gerufen, das es bei aktuellen und kontroversen wissenschaftlichen Themen ermöglichen soll, auf kurzer Zeitskala 20 bis 30 Experten zusammenzubringen, um im Detail über experimentelle und theoretische Aspekte dieses Themas zu diskutieren. Im Berichtsjahr hat die erste solche Veranstaltung stattgefunden. Darüber hinaus hat die Stiftung auch erstmals eine Veranstaltung am Ettore-Majorana-Zentrum in Erice, Sizilien, teilfinanziert.

### ■ WE-Heraeus Fast-Track Workshop: Charge Noise in Semiconductor Spin Qubits

9./10. Juni | IBM Zürich | Dr. Andreas Fuhrer,  
IBM Research Europe – Zürich; Prof. Dr. Guido Burkard,  
U Konstanz (30 TN)

Ladungsrauschen ist eine der größten Herausforderungen bei der Skalierung von Halbleiter-basierten Spin-Qubits zu größeren Quantensystemen. Während der Spin-Zustand von Elektronen und Löchern weitgehend von deren Ladungsfreiheitsgrad isoliert ist, erfordert die Manipulation von Spin-Qubits mit Gatespannungen eine Form der Spin-Ladungs-Kopplung. Diese Kopplung lässt sich entweder durch eine dem Material intrinsische Spin-Bahn-Wechselwirkung oder durch lokale magnetische Feldgradienten realisieren. Die Kopplung des Spins mit der Ladung macht das Qubit jedoch empfindlich gegenüber unkontrollierten Ladungs- oder Feldfluktuationen in den Substratmaterialien, an den Grenzflächen und durch elektrisches Rauschen

an den Gates. Bislang gibt es keinen klaren Konsens in dem Gebiet, wie das Ladungsrauschen am besten zu charakterisieren oder das Problem zu umgehen ist, und viele Gruppen haben ihre eigenen Rezepte. Um solche aktuellen Themen zeitnah zu diskutieren, gibt es das neue Format des „Fast Track Workshops“. So gelang es, mit sehr kurzer Vorbereitungszeit (drei Monate von Antragseinreichung bis Durchführung) eine eindrucksvolle internationale Auswahl an Forschenden auf dem Gebiet zusammenzubringen, um über dieses wichtige Thema intensiv und zielführend zu diskutieren. Schon der erste Vortrag führte mit einer Liste provokativer Fragen zu einer angeregten Diskussion über den Zusammenhang zwischen Material- respektive Transporteigenschaften von SiGe-Heterostrukturen (z. B. deren Mobilität) mit dem Ladungsrauschen in darauf basierenden Qubits. Generell haben viele Sprecher den Zusammenhang zwischen amorphen Materialien (Oxide und Prozessierungsrückstände), Interfacetraps und atomaren Verunreinigungen mit dem Ladungsrauschen hergestellt. Neben den mikroskopischen Quellen des Ladungsrauschens wurden auch die zugehörigen Messmethoden diskutiert. Ein besonders interessanter Aspekt war die Frage, ob man die Qubits gegenüber dem Ladungsrauschen unempfindlich machen kann, d.h. ob es also „sweet spots“ gibt, an welchen man das Qubit zwar gut kontrollieren kann, das Ladungsrauschen jedoch nicht an das Qubit koppelt. Hierzu gab es vor allem für den Lochspin in MOS-Qubits sowohl von der Theorie als auch vom Experiment her interessante neue Resultate. Der Austausch während und zwischen den Vorträgen sowie bei den Kaffeepausen wurde so rege genutzt, dass die angedachten „geleiteten“ Diskussionen zwischen den Vortragsblöcken überflüssig wurden. Hierzu hat mit Sicherheit auch der fokussierte Rahmen des WE Heraeus Fast Track Workshops beigetragen. Das Feedback der Teilnehmer und Teilnehmerinnen zu dem neuen Format des Workshops war durchwegs äußerst positiv.



Mit einem Workshop über aktive Materie hat die Stiftung erstmals eine Veranstaltung im Ettore-Majorana-Zentrum in Erice, Sizilien, gefördert.

### ■ Erice – WE-Heraeus Workshop: Artificial and Intelligent Living Matter

27.–30. Juni | Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture, Erice, Italien | Prof. Amin Doostmohammadi, U Kopenhagen, Dänemark; Dr. Marco Mazza, Dr. Tyler Shendruk, U Loughborough, UK; Prof. Dr. Holger Stark, TU Berlin (67 TN)

Aktive Materie hat sich in den letzten zwei Dekaden zu einem der führenden Forschungsgebiete der statistischen Mechanik, der kondensierten Materie und der biologischen Physik entwickelt, das vor allem auch in die Nachbardisziplinen ausstrahlt. Herden von Tieren, Vogelschwärme, Kolonien von Ameisen, Bakterien im Mikrokosmos und künstliche Mikroschwimmer bewegen

sich in koordinierter Weise, vermittelt durch hydrodynamische Wechselwirkungen, sterische Kräfte, chemische Felder, aber vor allem auch durch visuelle Wahrnehmung in der makroskopischen Welt. Dieser Workshop in Erice hat den Stand der Dinge des Feldes exemplarisch in eingeladenen Vorträgen und Kurzbeiträgen Revue passieren lassen. Insbesondere sind hier künstliche Fortbewegungsmechanismen zu nennen wie aktive Emulsionen und Janusteilchen, die durch die erzeugte anisotrope Umgebung angetrieben werden. Eine Vielzahl von kollektiven Bewegungsformen treten auf, in denen auch nicht-reziproke Wechselwirkungen eine wichtige Rolle spielen, die im Nichtgleichgewicht auftreten und nicht dem dritten Newtonschen Gesetz ( $actio = reactio$ ) genügen. Neue Aspekte der aktiven Turbulenz unter geometrischer Einschränkung wurden diskutiert, also eine



Der Vorstandsvorsitzende der Stiftung Prof. Dr. Jürgen Mlynek begrüßte die Teilnehmenden des Wilhelm und Else Heraeus-Symposiums „Breakthrough in Physical Sciences“. (Foto: Falling Walls Foundation)

Turbulenz, die bei kleinen Reynolds-Zahlen ohne Trägheit und nur aufgrund der aktiven Spannungen auftritt. Die derzeit untersuchten Systeme werden komplexer. Dazu gehören Biofilme, ein Hybridmaterial aus Bakterien und Polymeren, und die Rheologie aktiver Suspensionen in viskoelastischen Flüssigkeiten, wie sie typischerweise in der Biologie auftreten. Neuere, im Workshop diskutierte Entwicklungen im Experiment und in der Theorie verwenden soziale Wechselwirkungen, wie Kräfte mit zeitlicher Retardierung oder ein eingeschränktes Blickfeld (vision cone), um die kollektive Bewegung in belebter Natur mit künstlichen Mikroschwimmern nachzubilden. Zunehmend wird auch maschinelles Lernen verwendet, um mit unbelebten Objekten/Agenten die Lernerfahrung von Leben zu imitieren. Beispiele sind die Navigation von Insekten mit Hilfe von Geruchswahrnehmung oder von Segelfliegern in Windströmungen. Schließlich wurde auch die Synthese einer künstlichen Zelle besprochen, die mit seiner Umgebung interagieren kann. Das

heißt, es geht darum, belebte, intelligente Natur mit künstlichen Zellen und Agenten/Mikroschwimmern zu imitieren. Zum Beispiel kann man Mikroschwimmer für Transport-Prozesse in komplexer Umgebung, wie die Blutbahnen im menschlichen Körper, verwenden.

#### ■ WE-Heraeus-Symposium: Breakthroughs in Physical Sciences

8. November | Hotel Amano East Side, Berlin |  
Prof. Dr. Oliver Benson, HU Berlin; Prof. Dr. Thomas  
Elsässer, Max-Born-Institut Berlin & Falling Walls  
Foundation (45 TN)

Im Berichtsjahr hat die Stiftung im Rahmen der Falling Walls-Veranstaltungen zum zweiten Mal ein Symposium finanziert, dessen Sprecherinnen und Sprecher die Finalisten für die Auszeichnung „Breakthrough in Physical



Sciences“ waren. Im Vorfeld hatte die Falling Walls Foundation Wissenschaftsorganisationen weltweit um Nominierungen gebeten, und eine internationale Jury hatte daraus die zehn Finalisten ausgewählt (vgl. Kapitel 12). Die Themen deckten ein sehr breites Spektrum ab, von topologischen Lasern und Quantenmaterialien über die erste Abbildung eines Schwarzen Lochs bis hin zu neuartigen Katalysatoren für die Wasserstofftechnologie oder die Laserfusion. Mit dem „Breakthrough 2022“ wurde Nathalie Picqué (MPI für Quantenoptik, Garching) ausgezeichnet für ihre Arbeiten zur optischen Interferometrie mit zwei Frequenzkämmen, die zum Beispiel hochpräzise Molekülspektroskopie ermöglicht. An dem halbtägigen Symposium nahmen auch rund 30 Nachwuchswissenschaftler teil, die über die Max-Planck-Gesellschaft nominiert worden waren. Diese hatten die Gelegenheit, in „Speakers Corners“ mit den Vortragenden zu diskutieren und zum Teil auch ihre eigenen Arbeiten kurz vorzustellen. Die Stiftung hat das Symposium finanziert und

es den Nachwuchswissenschaftlern ermöglicht, an dem gesamten Programm der Falling Walls-Veranstaltungen teilzunehmen.

---

■ **WE-Heraeus-Symposium:  
Recent Progress in Quantum Computing**

3. November | Berlin Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin | Prof. Dr. Oliver Benson, HU Berlin; Prof. Dr. Rainer Blatt, U Innsbruck, Österreich; Dr. Walter Riess, IBM Research, Zürich, Schweiz (82 TN)

Dieses in die Berlin Science Week eingebettete Symposium befasste sich mit den aktuellen Fortschritten in der Quantentechnologie, speziell im Bereich des Quantencomputing. In den letzten Jahren wurden hier erhebliche wissenschaftliche und technologische Fortschritte in



Bezug auf Effizienz und Skalierbarkeit in sehr unterschiedlichen physikalischen Plattformen erzielt. Vertreter dieser Plattformen präsentierten ihre Sicht auf bestehende Aktivitäten, aktuelle Projekte, die jüngsten Fortschritte und neuartige Ideen. In Anbetracht der auch in der breiten Öffentlichkeit sehr gut wahrgenommenen Fortschritte mit supraleitenden Computern bei IBM und Google sowie mit den photonischen sowie Neutralatom-Quantensimulatoren wurde sehr gut herausgearbeitet, welche konkreten Probleme sich schon jetzt oder in naher Zukunft mit Quantencomputern sinnvoll angehen lassen. Die erfolgreiche und effektive Implementierung von Fehlerkorrektur würde hier einen entscheidenden Durchbruch liefern. Dennoch ist die Arbeit mit den ersten NISQ-Prozessoren (Noisy Intermediate-Scale Quantum) äußerst wichtig, um das grundlegende Zusammenwirken von klassischen und quantenmechanischen Algorithmen zu verstehen. Auch auf der technischen Seite sind die

unterschiedlichen Hardware-Ebenen, d.h. die physikalische Implementierung der Quantensysteme, deren automatisierte Ansteuerung sowie die Schnittstelle zu klassischen Rechnerarchitekturen parallel zu entwickeln. Hier wurden sehr beeindruckende Fortschritte mit supraleitenden Systemen, aber auch mit Ionenfallen vorgestellt. Als wichtiges Résumé lässt sich festhalten, dass Quantencomputing noch einen großen Anteil an Grundlagenforschung enthält und auch enthalten muss, um für die zukünftigen – vielleicht auch noch unbekannt – Anwendungen optimalen Nutzen zu erbringen. Ein besonderes Highlight war die Kooperation mit dem Künstler Roman Lipski, der zusammen mit Physikern die Quantum-Blur-Technik entwickelt hat. Er stellte exklusiv auf dem Symposium einige seiner neuen Werke vor, die einen ganz neuen Blickwinkel auf die faszinierenden Aspekte der Quantenphysik ermöglichten.



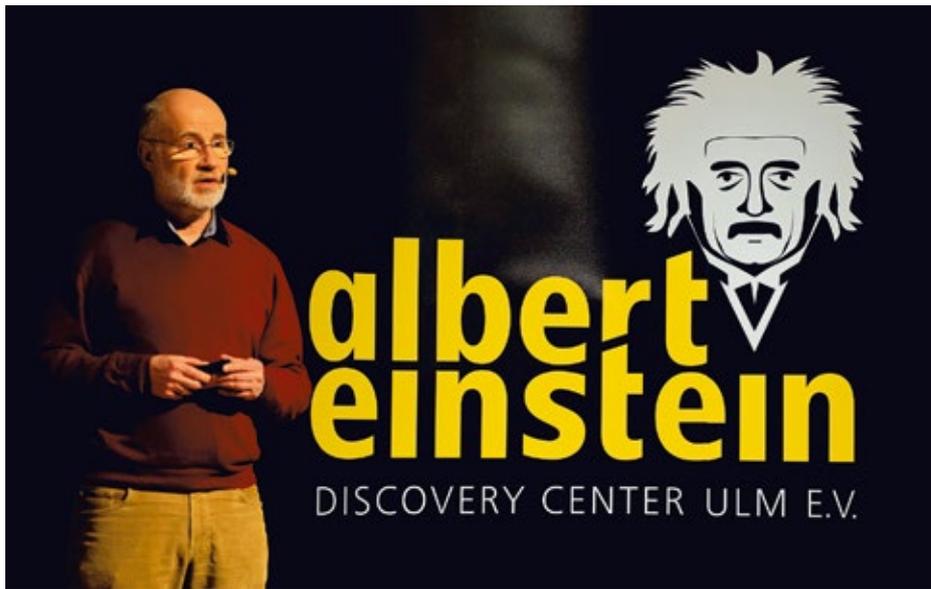
*Im Rahmen der Berlin Science Week fand in der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften ein Symposium zu den ersten Ergebnissen des James-Webb-Weltraumteleskops statt. (Foto: Leon Kuegeler, photothek.de)*

### ■ WE-Heraeus-Symposium: The Emergence of Galaxies and their Supermassive Black Holes as Seen by JWST in Concert with other Observatories

10. November | Berlin Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin | Prof. Dr. Matthias Steinmetz, Leibniz-Institut für Astrophysik, Potsdam; Prof. Dr. Günther Hasinger, ESA Madrid, Spanien (94 TN)

Das James-Webb-Weltraumteleskop (JWST) mit seinem 6,5-m-Spiegel wird in den kommenden Jahrzehnten die wichtigste weltraumgestützte Beobachtungsplattform für die Astronomie sein. Nach mehr als 25 Jahren der Vorbereitung und Konstruktion hat nun die wissenschaftliche Nutzung seiner einzigartigen Fähigkeiten begonnen. Zentrales Thema dieses Symposiums, das im Rahmen der Berlin Science Week stattfand, waren die ersten Ergebnisse von JWST zur Entwicklung von Galaxien. Die neuen Daten

wurden anhand von zwei großen, noch laufenden Beobachtungskampagnen aus dem ersten Beobachtungszyklus präsentiert. Auch wenn viele der präsentierten neuen Einblicke in den Aufbauprozess von Galaxien erst von vorläufiger Natur sind, so machen sie doch die atemberaubenden Möglichkeiten, die JWST mit seiner um Faktoren verbesserten Auflösung und Sensitivität ermöglicht, im wahrsten Sinne des Wortes unmittelbar ersichtlich. Diese Vorträge wurden ergänzt um aktuelle Übersichten zu Ergebnissen aus Beobachtungsprogrammen mit anderen Teleskopen über einem weiten Wellenlängenbereich, vom optischen und dem nahen Infrarot bis in den sub-mm-Bereich, sowie zu Ergebnissen aktueller Simulationsrechnungen mit Supercomputern zur Strukturbildung und Galaxienbildung. Im zweiten Teil des Symposiums standen künftige Entwicklungen mit neuen internationalen Groß-Observatorien am Boden wie im Weltraum im Vordergrund, einschließlich der neuen



Beim Symposium anlässlich des 100. Jubiläums von Einsteins Nobelpreis hielt Harald Lesch in Ulm einen Vortrag über den Photoeffekt. (Foto: Petra Boeger, Albert Einstein Discovery Center Ulm e.V.)

Perspektiven, die das sich herausbildende Feld der Gravitationswellenastrophysik bieten wird. Das Symposium wurde abgeschlossen mit einem Blick auf das neue Deutsche Zentrum für Astrophysik, das in den nächsten Jahren in Görlitz entstehen wird.

### ■ Symposium: Century Celebration

23. Mai & 19. November | Stadthaus Ulm |  
Dr. Nancy Hecker-Denschlag, Albert Einstein  
Discovery Center Ulm e.V.

Anlässlich des 100. Jubiläums von Albert Einsteins Physik-Nobelpreis 1921 hat das Albert Einstein Discovery Center Ulm e.V. ein für die interessierte Öffentlichkeit bestimmtes Symposium geplant mit hochkarätigen Sprecherinnen und Sprechern. Aufgrund der Corona-Pandemie musste das Symposium jedoch kurzfristig abgesagt werden, und letztlich haben im Berichtsjahr statt des Symposiums mehrere Vortragsabende stattgefunden, die alle ausverkauft waren. Reinhard Genzel hat dabei über seine vierzigjährige Forschungsreise bis hin zum Nachweis des Schwarzen Lochs im Zentrum der Milchstraße berichtet, Harald Lesch hat über den Photoeffekt, für dessen Beschreibung Einstein den Nobelpreis erhielt, und seine Bedeutung bis heute referiert, und Susan Neiman

hat über die politische und moralische Weltanschauung von Einstein vorgetragen. Ziel des antragsstellenden Vereins ist es, in Einsteins Geburtsstadt Ulm ein Zentrum zu errichten, das gleichermaßen über Einsteins Leben und Werk informiert wie es zum Experimentieren einlädt. Die Stiftung hat das Symposium finanziert.

### ■ Workshop: Open Research Data – Opportunities and Challenges

7. November | Berlin Brandenburgische Akademie  
der Wissenschaften, Berlin | Prof. Dr. Thomas Elsässer,  
Max-Born-Institut Berlin

Diese Veranstaltung diente der Vorstellung von Konzepten für den öffentlichen Zugang zu digitalen Forschungsdaten in den Natur-, Geistes-, Sozial- und Wirtschaftswissenschaften und der Diskussion der Randbedingungen für eine breite Umsetzung. Erik Schultes, Go Fair Foundation, Leiden, führte die grundlegenden Prinzipien und Praktiken einer öffentlichen Bereitstellung von Forschungsdaten im Internet ein und verdeutlichte übergreifende Konzepte. Matthias Scheffler, Berlin, diskutierte Herausforderungen der Umsetzung in Physik und Materialwissenschaften und stellte als praktisches Beispiel die NOMAD-Datenbank vor. Frauke Kreuter, München, widmete sich in ihrem Vortrag der Verlässlichkeit und

Reproduzierbarkeit von Daten aus Umfragen und untersuchte Anwendungen in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften. Reinhold Kliegl und Alexander Czmiel präsentierten die Aktivitäten der BBAW im Forschungsdatenmanagement und bei der Bereitstellung von Forschungsergebnissen im Internet. Die anschließende Podiumsdiskussion mit Franziska Böhm, Karlsruhe, Ralf Ludwig, Rostock, Matthias Scheffler, Andreas Witt, Mannheim und Thomas Elsässer, Berlin, (Moderation) war Fragen der praktischen Umsetzung, der rechtlichen Rahmenbedingungen und der Finanzierung gewidmet. Es wurde klar, dass datenzentriertes wissenschaftliches Arbeiten sich in Methodik und Umgang mit Information von den hergebrachten Praktiken unterscheidet. Datensätze zu erzeugen, aufzubereiten und zu publizieren stellen genuine Leistungen dar, die bei der Bewertung wissenschaftlicher Arbeit zu berücksichtigen sind. Gleichzeitig sind die Wissenschaftsfreiheit und Prioritätsansprüche von Wissenschaftlern zu wahren. Eine Umsetzung von Open-Data-Konzepten erfordert es zum einen, die jeweiligen internationalen Fachgemeinden zu beteiligen, sowie zum anderen, verlässliche rechtliche, organisatorische und finanzielle Randbedingungen für lange Zeiträume zu schaffen.



Ein Mitschnitt der Veranstaltung ist über die Mediathek der BBAW verfügbar.

### ■ The Transatlantic Big Science Conference

31. Oktober–1. November | Washington D.C., USA | Prof. Dr. Helmut Dosch, DESY Hamburg

Das Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY hat in enger Abstimmung mit der HelmholtzGemeinschaft und zusammen mit der US-amerikanischen Carnegie Institution for Science die Initiative zu dieser Konferenz gestartet, die von der Idee getragen ist, dass die transatlantischen Wissenschaftsbeziehungen neu auszurichten und zu stärken sind, um besser auf die spezifischen globalen Herausforderungen zu reagieren: Impact der Klimakrise, Umgang mit Pandemien, mangelndes Vertrauen in Wissenschaft sowie die Auswirkungen der geopolitischen Spannungen auf die Wissenschaft, insbesondere der Umgang mit autoritären Regimen sowie der Erhalt der Technologiesouveränität. Die hochrangige Konferenz hat rund 130 führende Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Industrie und Politik aus den USA und Europa zusammengebracht, um in einem neuen geopolitischen Kontext eine transatlantische Wissenschafts-Roadmap für die nächsten Dekaden zu entwerfen. Die Sitzungen haben sich mit den Themen „Basic Science“, „Challenges & Threats in Big Science“, „Challenges of Digital Transformation“, „Demystifying Science Through Public Participation“, „Science & Diplomacy“ sowie „Moon and Mars Shots“ befasst. Zusätzlich gab es acht „Thematic Tables“. Die Stiftung hat die Veranstaltung gefördert und war dort mit zwei Vorstandsmitgliedern vertreten.

■ **Reisestipendien EuroScience Open Forum**

Das alle zwei Jahre stattfindende EuroScience Open Forum ist die größte gesamteuropäische interdisziplinäre Wissenschaftskonferenz, die sich an Wissenschaftler ebenso wendet wie an Politiker, Journalisten und Lehrer. Für die Tagung im Juli 2022 in Leiden, die in einem hybriden Format stattfand, hat die Stiftung einigen wenigen Nachwuchswissenschaftlern die Teilnahme vor Ort oder online durch Stipendien ermöglicht. Für die Teilnehmer bot die Tagung die Möglichkeit, sich auch mit aktuellen Forschungsfeldern jenseits der Physik zu beschäftigen und Kontakte auf europäischer Ebene zu knüpfen.

### ■ Teilnahmestipendien FINESS 2022

Nach mehreren pandemiebedingten Verschiebungen hat Anfang Mai der Workshop „Finite Temperature Non-Equilibrium Superfluid Systems“ (FINESS) in St. Martin an der Weinstraße stattgefunden, zum zweiten Mal in Deutschland. Die Stiftung hat die Veranstaltung mit einem kleineren Betrag gefördert, um die Teilnahme von Doktoranden zu ermöglichen.

## 6 DISSERTATIONSPREISE

Die DPG, Stiftungen und zahlreiche andere Institutionen zeichnen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit hochkarätigen Preisen aus für Leistungen, die sie im Laufe ihrer Forscherkarriere erbracht haben. Preise für den wissenschaftlichen Nachwuchs, der davon in seiner Entscheidung für eine wissenschaftliche Karriere bestärkt würde, gibt es jedoch an vielen Universitäten entweder gar nicht oder nur fächerübergreifend. Seit 2019 finanziert die Stiftung daher insgesamt 16 Dissertationspreise an 17 Fachbereichen (Düsseldorf und Wuppertal erreichen

nur gemeinsam die Voraussetzung von mindestens 20 Dissertationen pro Jahr). Die Stiftung finanziert das Preisgeld von 4 000 Euro und beteiligt sich an den Kosten für die Preisverleihung. Im Berichtsjahr haben alle teilnehmenden Fachbereiche die Preise verliehen, in der Regel wieder bei Präsenzveranstaltungen. Die nachfolgende Tabelle zeigt die beteiligten Fachbereiche, die gewählten Preisbezeichnungen sowie die Namen der Preisträgerinnen und Preisträger 2022.

Universität	Preis	Preisträger
Bochum	Dissertationspreis der Fakultät für Physik und Astronomie an der Ruhr-Universität Bochum	Dr. Katharina Laake, geb. Grosse
Bonn	Promotionspreis der Stiftung Physik und Astronomie in Bonn in Kooperation mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung	Dr. Konstantinos Migkas
Dortmund	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis der Fakultät Physik	Dr. Fabian Eickhoff
Dresden	Dresdner Promotionspreis Physik	Dr. Erjuan Guo Dr. Marta Urbanska
Düsseldorf + Wuppertal	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Manuel Escobedo
Göttingen	Born-Franck-Dissertationspreis	Dr. Daniel Reichelt
Hannover*	Wilhelm und Else Heraeus Young Physicists Award	Dr. Philip K. Schwartz Dr. Kai Konrad Voges
Heidelberg*	Heidelberger Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis für Physik und Astronomie	Dr. Martin Braß Dr. Lennart Volz
Jena*	Friedrich Hund Dissertationspreis	Dr. Martin Gebhardt Dr. Kim Alina Lammers
Köln	Ernst-Ising-Dissertationspreis Physik	Dr. Leonardo Chataignier
Mainz	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Abhinav Naga
Marburg	Alfred-Wegener-Preis	Dr. Felix Widdascheck
LMU München	Theodor-Haensch-Promotionspreis	Dr. Joannis Koepsell
Regensburg	Dissertationspreis der Fakultät für Physik	Dr. Tobias Grünbaum
Stuttgart	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Steffen Both
Würzburg	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Andreas Paul Gottscholl

\* Preis wird geteilt oder kann geteilt werden



Dr. Marta Urbanska hat den Dresdner Promotionspreis Physik 2022 aus den Händen des Dekans Prof. Dr. Carsten Timm (links) sowie des Vorsitzenden der Preiskommission Prof. Dr. Roland Ketzmerick erhalten. (Foto: TU Dresden).



Dr. Kim Alina Lammers wurde von der Physikalisch-Astronomischen Fakultät der Universität Jena mit dem Friedrich-Hund-Dissertationspreis in der Kategorie Grundlagenforschung ausgezeichnet.



Dr. Manuel Escobedo (2. v. r.) hat den Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis erhalten, den die Physikfakultäten der Universitäten Wuppertal und Düsseldorf gemeinsam vergeben. Mit ihm freuen sich (v. l.) Prof. Dr. Reinhard Hentschke (U Wuppertal), Prof. Dr. Harmut Löwen (U Düsseldorf) sowie Stiftungsgeschäftsführer Dr. Stefan Jorda. (Foto: HHU, Alexander Schneider)

*Im Rahmen seiner Seniorprofessur  
hat Ilja Rückmann ein neues  
Experiment zum Rubin-Laser entwickelt.  
(Foto: I. Rückmann)*

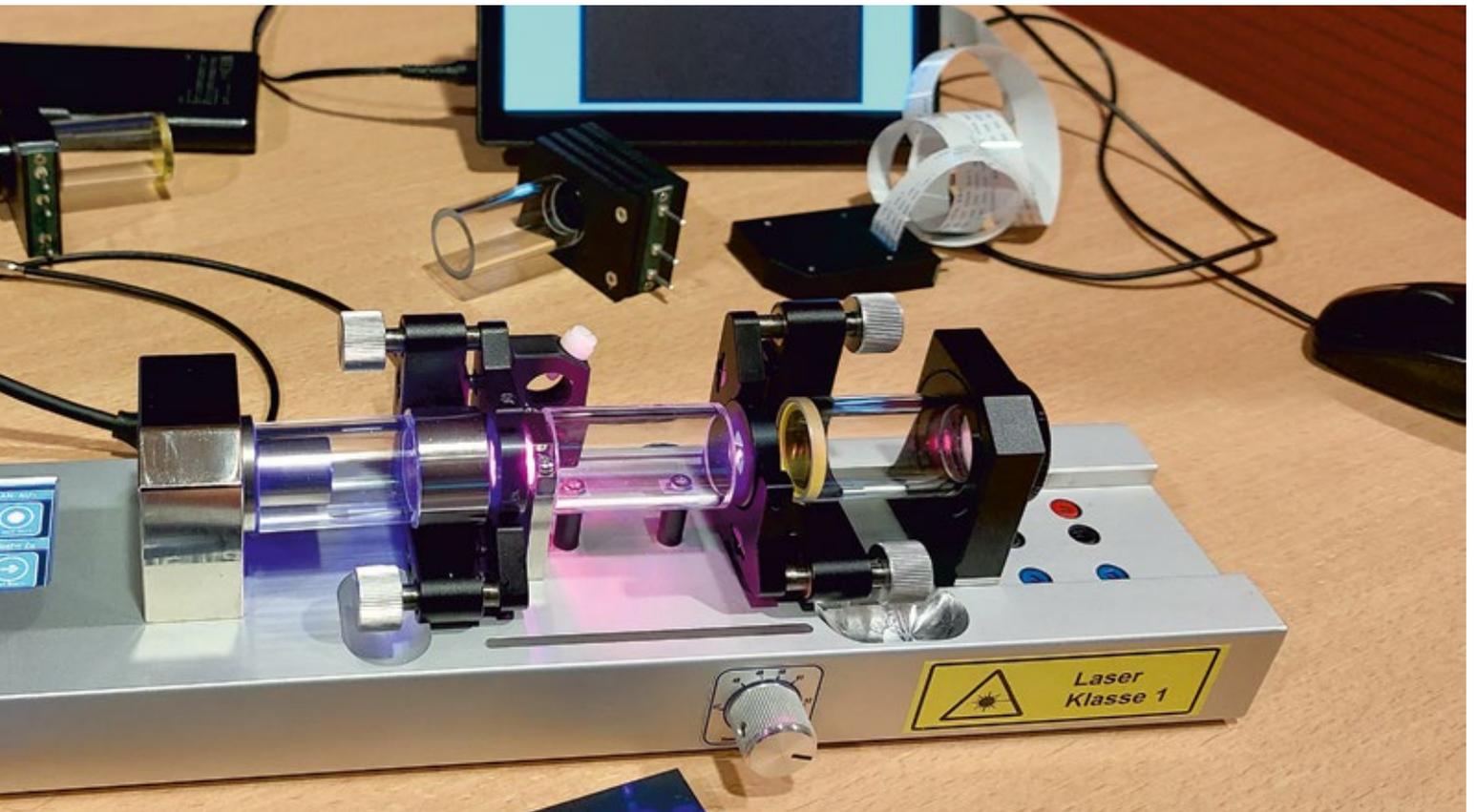


## 7 SENIORPROFESSUREN

Eine Wilhelm und Else Heraeus-Seniorprofessur wird an erfahrene Fachwissenschaftler aus der Physik vergeben, welche die hohe Bedeutung der Ausbildung des Nachwuchses, insbesondere der Ausbildung zukünftiger Lehrer, erkannt haben und sich aktiv für deren Verbesserung einsetzen. Ideale Kandidaten sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit hoher fachlicher Reputation, langjähriger Erfahrung in der Lehre, Akzeptanz in ihrer Fakultät und überzeugendem Engagement in Fragen der Lehrerausbildung und des Schulunterrichts. Mit einer Wilhelm und Else Heraeus-Seniorprofessur sollen das Ansehen des Inhabers innerhalb seiner Fakultät und auf Universitätsebene gestärkt sowie seine Bemühungen um eine bessere Physikausbildung aufgewertet werden. Die Auszeichnung soll nur dort vergeben werden, wo sichergestellt ist, dass ein Fachbereich den Stelleninhaber bei seiner Arbeit unterstützt. Die Seniorprofessur ist auf drei Jahre befristet (Verlängerungen sind möglich) und mit einem Honorar in etwa der Höhe der Differenz zwischen Ruhestandsgehalt und Gehalt zu aktiver Zeit dotiert. Im Berichtsjahr gab es folgende aktive Seniorprofessuren.

### ■ Prof. Dr. Annette Zippelius, Universität Göttingen, seit Oktober 2017

Im Mittelpunkt des Arbeitsprogramms von Frau Zippelius, deren Seniorprofessur im Berichtsjahr zu Ende ging, standen die Umsetzung und Erprobung des Themas „Aktuelle Biophysik“ im Lehramtsstudium sowie im Schulunterricht. Dazu hat sie zunächst eine Wahlpflichtveranstaltung über „Weiche Materie und Biophysik“ im dritten Studienjahr entwickelt, eine vierstündige Vorlesung mit Seminar, die sie mehrfach angeboten hat. Dazu liegt ein Skript ebenso vor wie Präsentationen der Studierenden sowie einige Bachelorarbeiten, insbesondere zum zeitlichen Verlauf einer Epidemie sowie den Möglichkeiten ihrer Eindämmung auf der Grundlage des sogenannten SIR-Modells. Zu diesem Thema wurde auch ein sechsstündiger Kurs entwickelt, der mit dem Physik-Leistungskurs eines Göttinger Gymnasiums am XLAB durchgeführt und sehr positiv evaluiert wurde. Zusammenfassend ist es gelungen, Lehramtsstudierende an aktuelle Forschungsthemen heranzuführen. Die Biophysik eignet sich hierfür besonders, da zum einen nur recht elementare Mathematikkenntnisse notwendig sind



und zum anderen die Studierenden die interdisziplinären Verbindungen attraktiv finden. Frau Zippelius möchte die Zusammenarbeit mit dem XLAB fortführen, während die Erprobung und Umsetzung im Schulunterricht nun in den Händen ihrer Studierenden liegen.

---

■ **Prof. Dr. Ilja Rückmann,**  
**Universität Bremen, seit Januar 2018**

Herr Rückmann hat auch im Berichtsjahr seine Aktivitäten zur Entwicklung neuer Experimente fortgeführt. So hat er den von ihm entwickelten Schulversuch „Fluoreszenzabklingen eines metastabilen Laserniveaus und Rubin-Spektroskopie“ mit Oberstufenschülern einer Bremer Schule erprobt. Die Schüler kommen dafür einen Tag pro Woche an die Universität, wo sie auch das physikalische Praktikum intensiv nutzen. Die Stiftung hat auch Mittel bewilligt, um eine Kleinserie von fünf Exemplaren dieses Experiments zu bauen. Diese Exemplare werden nun u. a. am Carl-Fuhlrott-Gymnasium Wuppertal und dem XLAB in Göttingen evaluiert. Der in den Vorjahren

entwickelte Komplettersuch zur Bestimmung der spezifischen Elektronenladung mithilfe der Faraday-Rotation wird inzwischen u. a. in der Lehrerbildung an der Universität Oldenburg genutzt. Herr Rückmann entwickelt weiter innovative Experimente, z. B. einen cw-Rubinlaser. Darüber hinaus arbeitet er in der AG Physikalische Praktika der DPG sowie der Lehrmittelkommission mit und hat an dem Workshop „Innovative Experimente für den Physikunterricht“ in Salzburg teilgenommen.

---

■ **Prof. Dr. Joachim Stolze,**  
**Technische Universität Dortmund, seit April 2019**

Im Mittelpunkt des Arbeitsprogramms von Herrn Stolze steht die Entwicklung eines Elitestudiengangs Lehramt Physik mit dem Ziel, auf der Grundlage eines fachlich fundierten Physik-Bachelors eine sinnvolle und kompakte Ausbildungsstufe anzuschließen, die zur Befähigung für das Lehramt mit den Unterrichtsfächern Physik und Mathematik führt. Das Ergebnis ist der Vorschlag für einen Masterstudiengang, der an alle bestehenden Varianten

des Bachelorstudiengangs Physik anknüpft und insbesondere Module zur Mathematik und zu den Fachdidaktiken Physik und Mathematik sowie das Praxissemester enthält. Im Zuge der Diskussion hat sich gezeigt, dass die ursprünglich vorgesehenen radikalen Streichungen im Bereich der Didaktik als unüberwindliches Hindernis für eine Akkreditierung angesehen werden. Daraus entstand die Idee für einen fünfsemestrigen Masterstudiengang, der u. a. sämtliche Inhalte der beiden Fachdidaktiken des Lehramtsstudiengangs enthält und für den das Rektorat der TU Dortmund bei der Landesregierung eine Ausnahmegenehmigung anstrebt. Das von Herrn Stolze entwickelte Stipendienprogramm, das sehr guten Absolventen des Masterstudiengangs oder einer Promotion die Umorientierung auf das Lehramt mithilfe eines einjährigen Aufbaustudiums ermöglichen soll, wird in Dortmund nicht weiter verfolgt aufgrund einer inzwischen deutlich erkennbaren ablehnenden Haltung des Ministeriums zum Seiteneinstieg. Schließlich hat Herr Stolze auch an dem Handbuch zum Treffpunkt Quantenmechanik weiter gearbeitet.

---

■ **Prof. Dr. Walter Zimmermann,  
Universität Bayreuth, seit April 2022**

Walter Zimmermann fördert bereits seit vielen Jahren begabte Schülerinnen und Schüler und führt sie an Forschungsprojekte heran. Er koordiniert die Schülerforschung an und im Umfeld seiner Universität und leitet den GYPT-Standort Bayreuth, an dem in den vergangenen Jahren regelmäßig Teilnehmer des IYPT-Nationalteams betreut wurden. Im Rahmen seiner Seniorprofessur möchte Walter Zimmermann insbesondere über den GYPT-Wettbewerb einen innovativen Beitrag zur Gewinnung von besonders talentierten jungen Leuten für das Fach Physik sowie zur Aus- und Fortbildung von Physiklehrerinnen leisten. Dazu sollen z. B. GYPT-Aufgaben so aufbereitet und vorgehalten werden, dass Schülerinnen und Schüler sie im Rahmen von Seminararbeiten bearbeiten können. Geplant ist auch ein Lehrernetzwerk, um interessierte Lehrkräfte an den Wettbewerb heranzuführen.

---

■ **Prof. Dr. Thomas Filk,  
Universität Freiburg, seit Juni 2022**

Im Rahmen seiner Seniorprofessur beabsichtigt Thomas Filk, eine speziell für Lehramtsstudierende konzipierte Vorlesung „Ausgewählte Kapitel der modernen Physik“ zu entwickeln, durchzuführen und dafür Materialien zu erstellen. Damit sollen Lehramtsstudierende die Möglichkeit erhalten, ihr Wissen in spezifischen schulrelevanten Themenbereichen der modernen Physik (z. B. Kosmologie, Relativitätstheorie, Astrophysik, Quantenphysik in der Schule, Klimaphysik, bildgebende Verfahren etc.) zu vertiefen. Diese Vorlesung hat im Berichtsjahr als Prototyp einmal stattgefunden. Thomas Filk, der sich an der Universität Freiburg schon lange für die Ausbildung von Lehramtsstudierenden engagiert, erstellt Materialien zu der Vorlesung, die es einer Lehrkraft erlauben sollen, sich rasch einen guten Überblick zu verschaffen, und gleichzeitig Ansätze für eine Elementarisierung aufzeigen.

---

■ **Prof. Dr. Claus Lämmerzahl,  
Universität Bremen, seit Juni 2022**

Claus Lämmerzahl ist an der Universität Bremen seit vielen Jahren für die Lehre der Theoretischen Physik für das Lehramt ebenso verantwortlich wie für das Modul Astrophysik im Masterstudiengang Physik. Im Rahmen seiner Seniorprofessur wird er die Lehre insbesondere im Hinblick auf die neuen Quantentechnologien weiterentwickeln. So soll die Quantenmechanik-Vorlesung für die Lehramtsausbildung unter Einbeziehung der Quantentechnologien neu konzeptioniert werden. Im Berichtsjahr hat sich Claus Lämmerzahl auch engagiert bei der Einrichtung des europäischen Masterstudiengangs MASS (Master of Astrophysics and Space Sciences, gemeinsam mit Nizza, Rom und Belgrad) sowie der Vertiefungsrichtung „Physics of the Universe“ des Masterstudiengangs Physik in Bremen.

---



Im Rahmen seiner Seniorprofessur wird Prof. Dr. Walter Zimmermann (2. v.l.) an der Universität Bayreuth insbesondere die Schülerforschung fördern. Zur Ernennung gratulierten ihm (v.l.) der Dekan der Fakultät Prof. Dr. Volker Ulm, der Vorstandsvorsitzende der Stiftung Prof. Dr. Jürgen Mlynek sowie der Universitätspräsident Prof. Dr. Stefan Leible. (Foto: Dr. Simeon Völkel)



Prof. Dr. Thomas Filk (rechts, gemeinsam mit Stiftungsgeschäftsführer Dr. Stefan Jorda) wird sich als Seniorprofessor insbesondere dafür einsetzen, dass Lehramtsstudierende eine bessere Ausbildung zur modernen Physik erhalten. (Foto: Andreas Woitzik, U Freiburg)



Im Rahmen seiner Seniorprofessur wird Prof. Dr. Claus Lämmerzahl (links, gemeinsam mit Stiftungsgeschäftsführer Dr. Stefan Jorda) die Lehre an der Universität Bremen insbesondere im Hinblick auf die neuen Quantentechnologien weiterentwickeln. (Foto: U Bremen)

## 8 LEHRERAUSBILDUNG | LEHRERFORTBILDUNG

Die Lehreraus- und -fortbildung wurde im Berichtsjahr wieder mit mehreren Aktivitäten gefördert, wobei zum Teil auch verschobene Veranstaltungen nachgeholt wurden. Die Stiftung fördert insbesondere mehrtägige Lehrerfortbildungen, die von langjährigen Partnern wie der Heisenberg-Gesellschaft oder dem Haus der Astronomie durchgeführt werden. Zudem erleichtert sie aktiven Lehrkräften, Referendaren und Lehramtsstudierenden die Teilnahme an den DPG-Fortbildungen, indem sie einen gestaffelten Zuschuss zu den Kosten für Übernachtung und Verpflegung gewährt. Bei den fünf im Berichtsjahr durchgeführten DPG-Fortbildungen kamen 152 Lehrkräfte und 59 Referendare bzw. Studierende in den Genuss dieser Förderung. Lehrerfortbildung fördert die Stiftung auch im Rahmen des von ihr finanzierten DPG-Programms „Fobi-phi“ (vgl. Kapitel 12).

---

### ■ WE-Heraeus Summer School: Astronomy from four Perspectives: Exoplanets

5.–8. September | Haus der Astronomie, Heidelberg | Dr. Markus Pössel, HdA Heidelberg (48 TN)

Entsprechend dem Konzept der deutsch-italienischen Fortbildung trafen sich Teilnehmende aus Schule und Studium aus Heidelberg, Jena, Padua und Mailand zu einem intensiven Austausch über Exoplaneten, also der Suche nach und der Charakterisierung von Planeten um andere Sterne als die Sonne. Die Heidelberger Institute decken alle für die Schule relevanten Nachweismethoden und insbesondere auch die spannende Frage nach der Suche nach Leben auf anderen Planeten ab. In mehreren Vorträgen wurden die verschiedenen Methoden zum Nachweis ausführlich und verständlich dargestellt (Transit-, Radialgeschwindigkeit-, Microlensing-Methode ebenso wie direkte Abbildung und künftig die astrometrische Methode). Besonders spannend war ein Vortrag über Exoplaneten-Atmosphären und die Bestimmung ihrer chemischen Zusammensetzung. Hier gibt es einen direkten Bezug zu der für Schülerinnen und Schüler besonders spannenden Frage der Suche nach Leben auf Exoplaneten. In weiteren Beiträgen ging es direkt um die didaktische Aufbereitung, z. B. praktische Demonstrationsmodelle für Unterrichtseinheiten zu Exoplaneten oder die Einsatzmöglichkeiten von Spektroskopie im Schulunterricht. Wie in diesem Format üblich gab es an jedem Tag außerdem ein Tutorium mit Aufgaben, welche die vier Gruppen an ihren Standorten vorab vorbereitet hatten. Die auf Schulniveau zugänglichen Grundlagen der Exoplanetenforschung sollen als Proceedings allgemein zugänglich gemacht werden.

---



Bereits zum zehnten Mal fand die bundesweite Lehrerfortbildung zur Astronomie am Haus der Astronomie in Heidelberg statt.  
(Foto: Haus der Astronomie)

### ■ WE-Heraeus-Lehrerfortbildung: Astronomie und Astrophysik

22.–24. September | Magnus-Haus Berlin |  
Prof. Dr. Ludger Wöste, FU Berlin; Prof. Dr. Wolfgang  
Eberhard, Magnus-Haus Berlin; OStR Christian  
Strube, Robert-Havemann-Gymnasium Berlin;  
Prof. Dr. Michael Vollmer, TH Brandenburg (81 TN)

Nach zweimaliger pandemiebedingter Verschiebung konnte diese Lehrerfortbildung, die auf einen der für Schüler attraktivsten Bereiche der Naturwissenschaften zielte, im Berichtsjahr stattfinden. Um eine breite Öffentlichkeit mit Astronomie und Astrophysik vertraut zu machen, muss man bereits in der Schule beginnen. Lehrer wollen dies auch, jedoch fehlen ihnen dafür häufig entsprechende naturwissenschaftliche Kenntnisse über die neuesten Entwicklungen – Entwicklungen, die auch in der Region Berlin-Brandenburg mit einem Schwerpunkt in der Astronomie, z. B. am AIP Potsdam, erarbeitet werden. Das Programm umfasste zehn Vorträge, die sich erstens mit unserem Sonnensystem befassten, z. B. der Geschichte der Raumfahrt, Analysen des zur Erde

gebrachten Mondgesteines, der Entdeckung der Planeten und auch Sonnen- und Mondfinsternissen. Weitergehende astrophysikalische Themen über Exoplaneten, Galaxienentstehung sowie Relativitätstheorie und Gravitationswellen bildeten einen zweiten Themenblock, während drittens schulnahe Themen zum Unterricht auch nicht fehlten. Dazu gehörte auch der Besuch der von der Stiftung geförderten Schulsternwarte am Einstein-Gymnasium in Neuenhagen. Am dritten Tag standen praktische Übungen zu den Themen „Raketenphysik“ und „Aufbau des Sonnensystems“ auf dem Programm. Die vorgestellten Experimente konnten die Teilnehmenden für die eigene Schulsammlung mitnehmen, um sie auch im Unterricht durchführen zu können.

## ■ Bundesweite WE-Heraeus-Lehrerfortbildung zur Astronomie

12.–14. November | Haus der Astronomie Heidelberg | PD Dr. Olaf Fischer, Haus der Astronomie Heidelberg (90 TN)

Auch bei der 10. Auflage dieser Lehrerfortbildung war die Nachfrage ungebrochen, und nach den beiden Pandemie Jahren konnte wieder deutlich mehr Lehrern die Teilnahme ermöglicht werden. Die bewährte Programmstruktur hat an den Vormittagen erneut Fachvorträge zu aktuellen wie auch grundlegenden Themen vorgesehen, z. B. zu Schwarzen Löchern, Zwerggalaxien und Dunkler Materie, der GAIA-Mission oder dem chinesischen Radioteleskop FAST. An den Nachmittagen wurden fachdidaktische Erfahrungen in mehreren parallel laufenden Veranstaltungen ausgetauscht, wobei die Teilnehmer selbst die Beiträge dazu lieferten und auch Schüler ihre Projekte vorstellten. Die Abende und etliche Pausen dienten dem Austausch und der Vernetzung der Teilnehmer, dem Kennenlernen und dem jährlichen Treffen des bundesweiten Lehrer-Netzwerks zur Astronomie (Partnerschulen des Hauses der Astronomie). Dieses Netzwerk ermöglicht einen schnellen wechselseitigen Informationsfluss zu allen Fragen der Schulastronomie. Wie das sehr positive Feedback gezeigt hat, ist diese Fortbildung für viele Teilnehmer ein jährlicher Höhepunkt. Die Teilnehmenden kamen aus nahezu allen Teilen Deutschlands, wobei die Nachfrage im Westen, Nordosten und Südosten nach wie vor höher sein könnte.

## ■ WE-Heraeus-Fortbildung für Lehramtsstudierende, Studienreferendare und Lehrkräfte: Physik und Technik

13.–17. November | Physikzentrum Bad Honnef | Prof. Dr. André Bresges, U Köln; Prof. Dr. Gunnar Friege, U Hannover (56 TN)

Physiklehrkräfte sind auch in technischen Fragen als kompetente Ansprechpartner gefordert, da Physik und Technik von Lernenden oft nicht als unterschiedliche Bereiche

wahrgenommen werden und die in außerunterrichtlichen Aktivitäten wie AGs behandelten Themen in der Regel interdisziplinäre, komplexe Probleme mit naturwissenschaftlichen und technischen Bezügen beinhalten. Zudem nehmen naturwissenschaftliche Entdeckungen wie Transistoren oder Laser in der Regel den Weg über technische Produkte in den Alltag der Menschen. Bei dieser Fortbildung wurde daher konkrete technische Anwendungen wie Elektromotoren für den Physikunterricht, aber auch aktuelle Themen wie Nachhaltigkeit, technische Neuerungen (Drohnen, autonomes Fahren, KI und maschinelles Lernen) mit Relevanz für Physikunterricht und Physiklehrkräfte behandelt. Jeder Tag begann mit einem kurzen Warm-up zu unter anderem einem praktisch zu lösendem Technik-Problem oder einem Buzzer-Quiz zu den Highlights der Wissenschaft. In Vorträgen und Podiumsdiskussion erschlossen sich die Teilnehmenden und Referenten die Gemeinsamkeiten zwischen Physik und Technik, verbunden mit der Frage, ob man sich beides überhaupt getrennt vorstellen kann. Als einer der Höhepunkte der Veranstaltung konnten die Teilnehmer unter der Anleitung von Fritz Heidorn, einem Schriftsteller mit naturwissenschaftlichem Hintergrund, gemeinsam einen Science Fiction als Rollenspiel entwickeln und durchführen, der das Thema „technische Gestaltung der Zukunft auf naturwissenschaftlichen Grundlagen“ auf den Punkt brachte. Bis dahin wurden die Teilnehmenden mit einer Reihe von Workshops für das technische Denken und Handeln qualifiziert. Unter anderem lernten sie auch ein Planspiel für die Sekundarstufe I zur Wartung einer Turbinenschaufel kennen, programmierten Drohnen für eine Drohnen-Ralley, erkundeten das Potenzial des „Internet of Things“ für den Bau nachhaltiger Städte oder gingen experimentell der Frage auf den Grund, ob man mit Wasser-Raketen die Erdumlaufbahn erreichen kann (es geht nicht – trotz einiger ernsthafter Bemühungen). Eine Zaubershow des Magiers und Coaches Klaus-Peter Pfeiffer im Rahmen der Abendveranstaltung rundete das Programm ab und verwischte die Grenzen zwischen Physik, Technik und Magie.

### ■ DPG-Lehrerfortbildung: Creative Days

10.–13. April | Physikzentrum Bad Honnef |  
Prof. Dr. Susanne Heinicke, Rosalie Heinen,  
Peter Westhoff, U Münster (39 TN)

Jeder Mensch denkt in Mustern und Bildern – und kann visualisieren und zeichnen! Dieses Potenzial kann im Physikunterricht helfen, den Lernerfolg und das Interesse zu steigern. Diese Fortbildung über kreative Lehr- und Lernmethoden begann mit kurzen Input-Vorträgen u. a. zur didaktischen Bedeutung der Visualisierung, Baron-Cohens Theorie über systematisierend bzw. emphatisierend denkende Menschen, das analytische und konstellative Denken sowie die Methode „visual summary“, bevor zahlreiche Workshops angeboten wurden. Die Teilnehmenden trainierten Körpersprache, Gestik und Mimik beim Theaterworkshop. Ein facettenreiches Stimmtraining zeigte mit Artikulations- und Atemübungen, wie sich Sprache nicht nur klar und deutlich, sondern auch insbesondere stimmschonend einsetzen lässt. Ein Workshop zu Rollenverteilungen im Unterricht stellte das Erprobte in einen alltagsnahen Sinnzusammenhang: Besonders wütenden und aufgebracht Kindern sollte man bewusst einfühlsam und leise begegnen. Weitere Angebote zielten mit Lern- und Präsentations- sowie Organisations- und Strukturierungstechniken auf das Potenzial visueller Darstellung ab. Statt PowerPoint können z. B. interaktive Plakate Lerninhalte buchstäblich „greifbar“ machen. Auch in der digitalen Welt bieten sich durch H5P-Elemente und Learning-Apps neue, kreative Lernmöglichkeiten.

### ■ DPG-Lehrerfortbildung: Klima(wandel) im Physikunterricht

18.–21. Mai | Physikzentrum Bad Honnef | Prof. Dr. Thorid Rabe, U Halle-Wittenberg; Michael Sach, U Frankfurt und Studienseminar Bad Vilbel; Prof. Dr. Susanne Heinicke, U Münster; Prof. Dr. Dietmar Höttecke, U Hamburg (61 TN)

Auf welchen Wegen sich der Klimawandel im Physikunterricht und darüber hinaus interdisziplinär behandeln lässt, war Gegenstand dieser Fortbildung. Zum Auftakt

legte Harald Lesch dar, wie ein persönlicher Bezug zum abstrakten Phänomen Klimawandel gelingt: Schlüssel sind dabei die vielgestaltigen Veränderungen, etwa FS-ME-Diagnosen im Januar, die den Klimawandel unmittelbar erfahrbar machen. Darüber das Klimabewusstsein und -handeln zu (be)fördern – das kann und muss Schule leisten! An den darauffolgenden Vormittagen beleuchteten die Referierenden den Komplex Klimawandel aus fachlicher, unterrichtlicher und bildungspolitischer Sicht. Dazu gehörte der neueste Stand der Klimaforschung ebenso wie die Frage, welche Medien und Kommunikationskompetenzen bei den Lernenden im Unterricht für eine souveräne Auseinandersetzung mit dem Klima(wandel) zu fördern sind, oder der Bereich „Klimakompetenz / Schülervorstellungen“. Ein breites Angebot an Workshops lud dazu ein, methodisch-didaktische Zugänge zu erproben: So lernten die Teilnehmenden den „Klimakoffer“ kennen und anwenden und wurden in die Nutzung der eigens entwickelten „Wunderbooks“ eingeführt (vgl. Kapitel 9). Das Potenzial von Mysterys für den Physikunterricht wurde aufgezeigt, während in einem weiteren Workshop der aktuell entstehende Orientierungsrahmen für die Sekundarstufe II mit dem Themenbeispiel Treibhauseffekt im Physikunterricht im Mittelpunkt stand. In diesem Spannungsfeld von Theorie und Praxis sammelten die Teilnehmenden wertvolle (Er-)Kenntnisse, die für den Unterrichtsbetrieb einen unmittelbaren Zugewinn versprechen. Aus der Fortbildung heraus ist ein Positionspapier entstanden mit der Forderung an die einschlägigen Gremien, allen voran die KMK, die nötigen Rahmenbedingungen zu schaffen, innerhalb derer das Lernen rund um den Klimawandel im Curriculum prominent verankert und im Schulbetrieb verwirklicht wird.



Im Oktoberheft 2022 des Physik Journal  
ist ein Meinungsbeitrag zum Klimawandel im  
Physikunterricht erschienen.

■ **DPG-Lehrerfortbildung:**  
**Quantenphysik in der Schule: Sprache,  
Modelle, Konzepte & Experimente**

18.–22. Juli | Physikzentrum Bad Honnef |  
Dr. Philipp Bitzenbauer, U Erlangen-Nürnberg;  
Dr. Malte Ubben, U Münster (60 TN)

Der quantenmechanische Messprozess, etwa bei Superposition und Verschränkung, deutet laut Einstein auf die Nichtlokalität der Quantenmechanik hin, von deren Unvollständigkeit er bis zuletzt überzeugt war: Die Quantenmechanik sollte in einer späteren lokalen Theorie der Quantenphänomene als Grenzfall enthalten sein wie die Strahlen- in der Wellenoptik. Eine lokale Theorie der Quantenphänomene erfüllt die Hardy-Ungleichung. Experimentelle Daten, die zum Auftakt dieser Lehrerfortbildung präsentiert wurden, widerlegen dies jedoch. Die Quantenmechanik scheint demnach eine vollständige Theorie der Quantenphänomene zu sein. Zur Anwendung der Quantenmechanik in der Quantenkryptographie wurde eine Unterrichtsreihe vorgestellt, die virtuelle Schülerexperimente („quvis“) nutzt. Beim BB84-Protokoll dienen polarisierte Einzelphotonen zum Schlüsselaustausch. Dieses Protokoll nutzt das No-Cloning-Theorem, nach dem es unmöglich ist, einzelne Photonen und somit eine Nachricht zu kopieren, ohne dabei durch den quantenmechanischen Messprozess im statistischen Mittel Fehler zu erzeugen. Ein weiterer Vortrag stellte eine Möglichkeit vor, die zeitliche Dynamik von Zwei-Niveau-Systemen, wie den Tunneleffekt oder die Oszillation zwischen Elektron- und Myon-Neutrino, mittels der Bloch-Kugel zu veranschaulichen. Im weiteren Verlauf ging es um die Darstellung und das Begreifen verschränkter Zustände im Hilbert-Raum mithilfe von Papierstreifen. Abgerundet wurde die Fortbildung mit praktischen Tipps, um kostengünstig Experimente, etwa Interferometer, mit dem 3D-Drucker herzustellen. Deren Empfindlichkeit ist mit teuren Varianten aus dem Handel vergleichbar.

---

■ **DPG-Lehrerfortbildung:**  
**Festkörperphysik**

14.–18. Oktober | Physikzentrum Bad Honnef |  
Dr. Kerstin Fehn, Ohm-Gymnasium Erlangen;  
Prof. Dr. Axel Lorke, U Duisburg-Essen (33 TN)

Im Vorjahr hatte die Stiftung Mittel bewilligt, um Materialien für 50 Experimentierkoffer zu beschaffen, mit denen sich einfache und eindrucksvolle Versuche zu spannenden Aspekten der Festkörperphysik durchführen lassen. Zu den Versuchen gehört z. B. die spontane Emission nach Anregung einer Folie, die Demonstration der Curie-Temperatur mit einer Gadolinium-Folie oder der Nachweis des Meißner-Effekts. Diese Experimentierkoffer sowie die parallel erarbeiteten Handreichungen für Lehrkräfte standen im Mittelpunkt dieser Fortbildung. Die Teilnehmenden erwartete ein Mix aus Vorträgen und Workshops zu den vier Themen: Grundlagen der Festkörperphysik, Halbleiter, Supraleitung/Magnetismus und aktuelle Quantentechnologien. Die Herausforderung für die Vortragenden bestand darin, den Lehrkräften einerseits ursprünglich vorhandenes Universitätswissen wieder ins Gedächtnis zu rufen und andererseits neue Entwicklungen darzulegen. Die zweite – individuelle – Aufgabe der Teilnehmenden ist es nun, ausgewählte erlernte akademische Inhalte für die schulische Arbeit didaktisch aufzuarbeiten. Insbesondere bedeutet das die Herausforderung, Inhalte der Festkörperphysik etwa durch vielfältige Anwendungen in der Schule zu vermitteln, ohne Kenntnisse der Quantenphysik seitens der Schüler voraussetzen zu können. Da die Festkörperphysik im Alltag der Jugend in vielfältigster Art angekommen ist, könnte sie zweifellos einen Beitrag zur höheren Attraktivität der Physik in der Schule leisten.

---



Die Lehrerfortbildung zu Microcontrollern und 3D-Druck bot viele Möglichkeiten, das Erlernete selbst auszuprobieren.  
(Foto: PBH)

### ■ DPG-Lehrerfortbildung: Make it physics – Microcontroller und 3D-Druck im Physikunterricht

21.–25. November | Physikzentrum Bad Honnef |  
Dipl. Wirt.-Ing. Silke Frye, TU Dortmund; Dr. Alexander  
Pusch, U Münster (60 TN)

Ein Schwerpunkt dieser Fortbildung war die praktische und selbstständige Anwendung der Inhalte in diversen Workshops. Verschiedene 3D-Drucker unterschiedlichster Preisklassen, von Teilnehmenden zur Verfügung gestellt, luden zum Ausprobieren ein. Bereitgestellte Microcontroller nebst Zubehör ermöglichten es, direkt zu experimentieren; auch die Lötstation kam zum Einsatz. Besondere Highlights waren die Projekte, bei denen der Microcontroller ein physikalisches Experiment steuerte: Bei der „Ultraschall-Levitation“ werden z. B. Styroporkügelchen in einer stehenden Welle zwischen zwei Ultraschallsendern zum Schweben gebracht. Das Vortragsangebot umfasste kenntnisreiche Einführungen in die

Programmierung von Microcontrollern und verschiedene CAD-Programme, von einfach zu bedienenden Online-Lösungen bis zu professioneller Software mit gewaltigem Funktionsumfang, für die Konstruktion von 3D-Modellen für den 3D-Druck. Die Eignung für den Einsatz im Unterricht sowohl in Hinblick auf die Handhabung als auch auf die Datensicherheit wurde thematisiert und diskutiert. Nicht zu kurz kamen die Einblicke in die Unterrichts- und Lehrpraxis mit Erfahrungsberichten und Beispielen: der Magnet-gehaltene Zirkel für die Tafel, Nützliches für die Ordnung auf dem Schreibtisch, der zusammensteckbare Segelfluggleiter, kostengünstige Kraftmesser und Interferometer. Hochinteressante Exkurse betrafen die Organisation von Schülerfirmen, Konzepte für Makerspaces an Schulen und Hochschulen sowie die Möglichkeiten zum Recyceln von für den 3D-Druck verwendeten Kunststofffilamenten. Obwohl die Voraussetzungen der Teilnehmenden sehr unterschiedlich waren, waren alle pausenlos mit den verschiedenen Aktivitäten beschäftigt; die Hilfsbereitschaft untereinander und die Austauschfreudigkeit waren groß. Am Ende der



Die Lehrerfortbildung der Heisenberg-Gesellschaft zu Quantenphysik an der Schule hat im Schloss Lautrach bei Memmingen stattgefunden.  
(Foto: Heisenberg-Gesellschaft)

Fortbildung sind alle mit ausgedruckten 3D-Modellen, selbst gebauten Experimenten, Microcontrollern und vielen Anregungen und Erlerntem abgerüst.

### ■ Lehrerfortbildung: Quantenphysik an der Schule

15.–17. Juli | Schloss Lautrach bei Memmingen |  
Prof. Dr. Reinhold Rückl, U Würzburg;  
Dipl.-Phys. Helmut Fink, U Erlangen-Nürnberg,  
für die Heisenberg-Gesellschaft (55 TN)

Bei diesem bewährten Wochenendformat der Heisenberg-Gesellschaft mit dem Ziel, ein modernes physikalisches Weltbild stärker in der Schule zu verankern, hat sich erneut gezeigt, dass neben den Vorträgen und Diskussionen die persönlichen Begegnungen zwischen Teilnehmenden und Referenten sehr wertvoll sind. Nach einer profunden Einführung quantentheoretischer Grundbe-

griffe am Freitagabend war der Samstag zunächst den Unmöglichkeitsbeweisen für die Zuschreibung klassisch-realistischer Eigenschaften in verschränkten Zuständen sowie Zufallskonzepten und Wahrscheinlichkeit in der Physik gewidmet. Mit zwei Vorträgen über den möglichen Einsatz von Escape Rooms im Hinblick auf Quantenphysik sowie die Anwendung von Rechenprogrammen zur Quantenchemie im Unterricht war der Nachmittag eher durch unkonventionelle Themen geprägt. Einen besonderen Schwerpunkt bildete die Vorstellung und Erläuterung von vier Thorlabs-Experimenten, welche die Heisenberg-Gesellschaft zum Verleihen an Schulen angeschafft hat: Quantenradierer, Spektrometer, „Knallertest“ und Quantenkryptographie. Durch solche Aufbauten lassen sich grundlegende Konzepte der Quantenphysik schulgerecht veranschaulichen. Aufgeteilt in zwei Gruppen konnten sich die Teilnehmer mit den verschiedenen Experimenten und ihren jeweiligen Erklärungen vertraut machen. Am Sonntag standen der



Zum Auftakt der Bundeskonferenz Schule MIT Wissenschaft hatte der bayerische Kultusminister Prof. Dr. Michael Piazzolo (Mitte) zum Staatsempfang mit einer Podiumsdiskussion geladen. (Foto: Matthias Balk)

Quantencomputer, die Hintergründe des Stern-Gerlach-Experiments sowie das Nobelpreisthema Klimamodellierung auf dem Programm.



Link zu den Vorträgen der  
Lehrerfortbildung

### ■ Bundeskonferenz Schule MIT Wissenschaft

11.–13. November | Deutsches Museum München |  
Rainer Linden, MIT Club of Germany e.V., Düsseldorf  
(112 TN vor Ort)

Seit 2014 veranstaltet der MIT Club of Germany e.V. als  
Vereinigung der in Deutschland lebenden Alumni des

Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA, jedes Jahr die Bundeskonferenz Schule MIT Wissenschaft (SMW). Unter dem Leitmotiv „Begeisterer begeistern“ nehmen jeweils gut hundert Lehrkräfte der MINT-Fächer aus dem gesamten Bundesgebiet an dieser mehrtägigen Fortbildung mit Vorträgen und Workshops teil, die aktuelle Forschung mit naturwissenschaftlichem Unterricht verknüpft. Renommiertere Wissenschaftler – unter ihnen jedes Mal Nobelpreisträger und MIT-Professoren – vermitteln den Teilnehmern Forschungsergebnisse aus erster Hand. SMW möchte so besonders engagierte Lehrkräfte darin unterstützen und bestärken, mehr Kinder und Jugendliche für naturwissenschaftliche Berufe zu begeistern. Die Stiftung hat nach dem Vorjahr erneut Mittel bewilligt für diese hybrid durchgeführte Lehrerfortbildung. Zum Auftakt gab es die Möglichkeit, das Deutsche Museum oder das Campeon von Infineon zu besuchen, bevor der bayerische Kultusminister am Abend zu einem Staatsempfang in die Staatskanzlei einlud. Das

eigentliche Fortbildungsprogramm hatte einen Schwerpunkt in der Physik mit Vorträgen der beiden Nobelpreisträger Reinhard Genzel und Wolfgang Ketterle als Highlights sowie weiteren Beiträgen über z. B. Quantencomputer oder das James Webb-Weltraumteleskop. Als Ergänzung dazu wurden Workshops angeboten über z. B. bühnenreife Experimente, die App phyphox oder die Frage, wie man auf Ideen kommt für Jugend-forscht-Projekte.



Link zu einem Video  
der Lehrerfortbildung

### ■ Lehrerfortbildung Teilchenphysik

3.–5. November | XLAB Göttingen | Dr. Almut Popp,  
XLAB Göttingen

Nach der pandemiebedingten Online-Durchführung dieser etablierten und bereits mehrfach von der Stiftung geförderten Lehrerfortbildung im Vorjahr konnten im Berichtsjahr wieder neun Lehrerinnen und Lehrer vor Ort ihre Kenntnisse in der Teilchenphysik erweitern. Der zentrale Rutherford'sche Streuversuch wurde mit wenig Material als Handversuch ebenso veranschaulicht wie mit einem weiteren Experiment gezeigt wurde, warum das Auffinden kleinerer Strukturen höhere Energien benötigt – beide Versuche sind sehr gut für den Unterricht geeignet. Weitere Vorträge erläuterten das Standardmodell der Elementarteilchen, die Darstellung von quantenmechanischen Prozessen mit Feynman-Graphen sowie  $\beta$ -Zerfall und Elektroneneinfang auf Quarkebene. Als Höhepunkt bauten die Teilnehmer selbst eine kontinuierliche Nebelkammer für ihre Schulen, mit der sich Spuren der natürlichen Radioaktivität im Unterricht beobachten lassen.

### ■ Lehrerfortbildungen der Physikanten

Bei diesen Fortbildungen werden effektvolle naturwissenschaftliche Bühnen-Experimente so vorgestellt, dass sie sich mit geringem Aufwand selbst im Unterricht, vor allem als Demonstrationsexperimente, einsetzen lassen. Zudem werden Präsentations- und Kommunikationstechniken aus Wissenschaftsshows vermittelt, um Experimente ansprechend zu präsentieren. Weiterhin werden einige Basis-Theatertechniken trainiert und Tricks vorgestellt, mit denen sich die Aufmerksamkeit des Publikums fokussieren lässt. Nach dem starken Einbruch aufgrund der Pandemie haben im Berichtsjahr wieder sieben Basisfortbildungen und drei Aufbau-tage stattgefunden mit insgesamt 108 Teilnehmern (2021: 46, 2020: 37, 2019: 381).

## 9 SCHÜLERFÖRDERUNG: BEISPIELHAFTE EINZELPROJEKTE AN SCHULEN

Bei der Schülerförderung konzentriert sich die Stiftung auf die Unterstützung innovativer Projekte, die zum Ziel haben, entweder den Physikunterricht selbst oder außerunterrichtliche Aktivitäten wie Projektkurse attraktiv und modern zu gestalten. Dazu zählen die Ausrüstung von Schülerlaboren an Schulen und Schulsternwarten ebenso wie die Förderung von Unterrichtsmaterialien. Zur Schülerförderung führt die Stiftung gemeinsam mit der DPG auch das Programm „Physik für Schülerinnen und Schüler“ durch (vgl. Kapitel 12).

### ■ Schülerlabor GITUMA am Armin-Knab-Gymnasium Kitzingen

Mit Unterstützung der Stiftung und der EU (im Rahmen der Initiative Leader+) ist das GITUMA-Labor (Gießereitechnik und Materialien) am Armin-Knab-Gymnasium in Kitzingen seit 2017 zum Schwerpunkt eines Schülerlabors geworden, in dem die Schüler verschiedener Wahlkurse die Techniken nicht nur anwenden, sondern auch die Physik, Chemie und Informatik dahinter verstehen und anderen Schülern mit einfachen Versuchen erklären können. Im Jahr 2021 hatte die Stiftung einen weiteren Antrag bewilligt mit u. a. dem Ziel, das Thema Radioaktivität/Kernphysik aufzugreifen, das eine wichtige Rolle im Lehrplan der 9. und 10. Klassen in Physik und Chemie spielt. Daher wurden im Berichtsjahr Experimentierkästen „Science Lab Radioaktivität“, deren Kernstück ein Großflächenzählrohr ist, ebenso beschafft wie Knopfstrahler aus Uranglas oder ein Geiger-Müller-Zähler. Der Leiter des Schülerlabors hat zu ausgewählten Themen öffentlich zugängliche Arbeitsblätter geschrieben, die er auch in Fortbildungen für Kolleginnen und Kollegen verwendet und in die sich die Messwerte direkt einlesen lassen.



Das Schülerlabor am Armin-Knab-Gymnasium hatte die Gießereitechnik zum Ausgangspunkt, geht inzwischen inhaltlich aber weit darüber hinaus. (Foto: M. Schwab, AKG Kitzingen)

### ■ MINT-Projektkurs am Annette-von-Droste- Hülshoff-Gymnasium Münster

Im Berichtsjahr hat die Stiftung für den MINT-Projektkurs am Annette-von-Droste-Hülshoff-Gymnasium in Münster erneut Mittel bewilligt mit dem Ziel, insbesondere den Projektkurs auf alle MINT-Fächer auszuweiten, neue Simulationssoftware zu implementieren und neue Sensoren (Vernier Go) zu beschaffen. Damit einher geht eine deutliche inhaltliche Aufweitung des Projektkurses, dessen Fokus zunächst auf dem öffentlichen Nahverkehr und erneuerbarer Energie lag, hin zu Themen wie



Am Theodor-Heuss-Gymnasium Waltrop beschäftigen sich Schülerinnen und Schüler mit verschiedenen Aspekten der Energiewende.  
(Foto: D. Schulz, THG Waltrop)

dem Recycling von Seltenen Erden oder der mathematischen Simulation von Verkehrsflüssen. Die Ergebnisse dieser Projekte sind nicht nur bei Wettbewerben wie Jugend forscht erfolgreich (im Berichtsjahr war das Annette-Gymnasium die beste Jugend-forscht-Schule in NRW), sie strahlen auch auf den Regelunterricht in den MINT-Fächern aus. Hier gibt es vielfältige Anknüpfungspunkte zu den in den Kernlehrplänen in Physik und Chemie vorgesehenen Themen. Gemeinsam mit Partnerschulen und im Rahmen des Zukunftschulnetzwerks DIGITAL-Science NRW entwickelt das Annette-Gymnasium auch Unterrichtsmodelle und Konzepte zum Einsatz digitaler Messwerterfassung und bildet Kolleginnen und Kollegen fort.

### ■ Projekt Elektromobilität am Theodor-Heuss-Gymnasium Waltrop

Nach zwei Mittelbewilligungen für Projekte zur Aerodynamik sowie zur Energiewende im Rahmen des MINT-Projektkurses am Theodor-Heuss-Gymnasium Waltrop hat die Stiftung im Berichtsjahr zusätzliche Mittel für ein Projekt zur Elektromobilität bewilligt. Hierbei geht es um Energieumwandlungsketten und Speicherung erneuerbarer Energien ebenso wie um Wirkungsgrade und den Vergleich verschiedener Energiearten. Mit den beschafften Materialien und Bausätzen können die

Schülerinnen und Schüler z. B. echte batterieelektrische Elektrofahrzeuge bauen, die mit Solarstrom betrieben werden, oder als Alternative mit Elektrolyseuren und Brennstoffzellen experimentieren. Diese Materialien wurden in verschiedenen Klassenstufen und Projekten eingesetzt und auch erfolgreich bei Wettbewerben präsentiert.

### ■ Schülerversuche zur Röntgenphysik an der Evangelischen IGS Wunstorf

Im Berichtsjahr hat die Stiftung der Evangelischen Gesamtschule IGS in Wunstorf Mittel bewilligt für ein Schulröntgengerät mit Erweiterungsmaterialien zur Radiographie, Strukturanalyse und Dosimetrie, sowie zur Materialanalyse. Diese Ausstattung soll einerseits der Breitenförderung in der Sekundarstufe I dienen durch Schülerversuche zur Röntgenabsorption. Andererseits ist Spitzenförderung in der Sekundarstufe II beabsichtigt durch Einsatz des Geräts zur Röntgenfluoreszenzanalyse im Wahlpflichtkurs „Experimentieren im Schülerlabor“ für Projektarbeiten und Jugend-forscht-Arbeiten ebenso wie für experimentelle Facharbeiten. Aufgrund von Lieferverzögerungen ist das Gerät erst kurz vor Jahresende geliefert worden, sodass es erst 2023 zum Einsatz kommen wird.



Mitte Oktober wurde am Schubart-Gymnasium in Ulm die neue Sternwarte eingeweiht, deren Montierung die Stiftung finanziert hat. (Foto: Lars Schwerdtfeger, SWP)

### ■ Sanierung der Schulsternwarte am Schubart-Gymnasium Ulm

Angesichts des baufälligen Zustands seiner Sternwarte verfolgte das Schubart-Gymnasium in Ulm schon länger das Ziel einer Sanierung. Nachdem die Stadt in den letzten Jahren die Mittel zu einer Sanierung des Kuppelgebäudes auf dem „Astronomieturm“ bereitgestellt hat, hat die Vector-Stiftung in Stuttgart ein Spiegelteleskop (PlaneWave CDK 17") finanziert und die Stiftung die Montierung des Herstellers 10 Micron. Im Berichtsjahr wurde die Sternwarte nach mehreren Verschiebungen offiziell eingeweiht. Die Sternwarte soll künftig eine zentrale Rolle für den Regelunterricht sowie die bestehenden Astronomie- und Technik-AGs spielen – von einfachen Himmelsbeobachtungen bis hin zu Wettbewerbsarbeiten. Sie soll aber auch anderen Ulmer Schulen sowie weiteren regionalen Bildungseinrichtungen offenstehen.

### ■ Astronomie für Schüler und Lehrer am Carl-Fuhlrott-Gymnasium in Wuppertal

Im Rahmen dieses Projekts stellt die Stiftung Mittel bereit für astronomische Kursveranstaltungen am Carl-Fuhlrott-Gymnasium in Wuppertal. Ziel ist es dabei, den Betrieb der Schülersternwarte und des Astronomie-Schülerlabors als Außenstelle des BSL-Schülerlabors

Physik (Bergische Science Labs) an der Universität Wuppertal dauerhaft abzusichern. Dabei werden Veranstaltungen im Rahmen von Lehramtsstudiengängen über Lehraufträge der Universität abgesichert, während ein umfangreiches Angebot für die Schülerinnen und Schüler des CFG (inzwischen für alle Klassenstufen) über das Stundendeputat des Gymnasiums abgedeckt sind. Die Förderung durch die Stiftung erlaubt es darüber hinaus insbesondere, Astronomie-Kurse für Schüler und Lehrkräfte der Region anzubieten. Im Berichtszeitraum (hier: 9/21 bis 8/22) fanden 36 solche Veranstaltungen statt (von insgesamt 77 Veranstaltungen am Schülerlabor) und damit wieder deutlich mehr als in den Pandemie Jahren. Der Großteil der Veranstaltungen richtete sich an Grundschulen, mehrere Gymnasialklassen kamen aber auch zu Tageskursen zur Astrofotografie oder Sternspektroskopie nach Wuppertal.

### ■ Digitaler Quanten-Experimentierkoffer

Dieses an der Universität Heidelberg durchgeführte Projekt verfolgt ebenfalls das Ziel, die Grundlagen der Quantenphysik in der Schule zu vermitteln, allerdings setzt es dabei im Gegensatz zu dem zuvor beschriebenen Projekt auf digitale Experimente. Der „Digitale Quanten-Experimentierkoffer“ basiert im Wesentlichen auf Erklärvideos, interaktiven Konzeptfragen und Animationen



Das Projekt Miniphänomenta umfasst auch Nachbautage für die Experimentierstationen, die zum selbstständigen Forschen einladen. (Foto: Sven Sommer, Miniphänomenta)

der physikalischen Modelle. Diese Materialien sollen sowohl in Lehrveranstaltungen für Lehramtsstudierende eingesetzt werden als auch Schulen zur Verfügung stehen. Aus dem Physik-Bildungsplan wurden vier Experimente ausgewählt: Photoeffekt,  $e/m$ -Bestimmung der Elementarladung, Franck-Hertz-Versuch sowie Millikan-Versuch. Im Berichtsjahr wurde die abgeschlossene Videoreihe zum Photoeffekt sowohl Lehrkräften präsentiert als auch einer Gruppe von Doktoranden und Studierenden; außerdem wurden die Videos für die anderen Experimente gedreht.

### ■ Mobiles Schülerlabor Astrophysik am Reichswald-Gymnasium Ramstein-Miesenbach

Dieses mobile Schülerlabor Astrophysik ist eine Alternative zu den üblichen stationären Schulsternwarten. Grundlage dafür ist ein neu entwickeltes, kompaktes und schnell einsatzfähiges Instrument für die Astrospektroskopie und -fotografie, das sich in der Schule genauso aufbauen lässt wie im Garten einer Schülerin zur Erstellung einer Facharbeit. Das Schülerlabor bildet die experimentelle Grundlage eines unterrichtsbegleitenden Aufbaukurses Astrophysik für die gymnasiale Oberstufe am Reichswald-Gymnasium. Die Ziele dieses Kurses sind u. a., Konzepte und Methoden der Astrophysik zu erlernen, astrophysikalische Projekte selbstbestimmt durchzuführen

sowie einen komplexen Messaufbau stufenweise beherrschen zu lernen. Im Berichtsjahr waren die Schülerinnen und Schüler zunächst längere Zeit damit beschäftigt, sich die notwendigen Fertigkeiten für den Auf- und Abbau der Stationen sowie die Justage anzueignen. Danach wurden erste Aufnahmen von Planeten zu Testzwecken gemacht. Im Jahr 2023 soll ein erstes Projekt zur Spektroskopie als Facharbeit durchgeführt werden; auch eine schulinterne Fortbildung innerhalb der Fachschaft Physik ist geplant.

### ■ Miniphänomenta

Die Miniphänomenta ist ein Projekt, das erfahrungsfördernde Experimentierstationen in Schulflure von überwiegend Grundschulen bringt und Lehrkräfte fortbildet mit dem Ziel, Schülerinnen und Schüler für Naturwissenschaften zu begeistern. Das Projekt ist im Verein „Phänomenta e.V.“ mit Sitz in Flensburg angesiedelt. Der didaktische, pädagogische Kern hinter der Miniphänomenta besteht darin, dass Schülerinnen und Schülern selbstständig, ohne Einmischung der Lehrkräfte und nach eigenem Interesse, an einer Sammlung von 20 bis 40 Exponaten im Schulflur arbeiten können. Dabei sollen sie selbsttätig beobachten, Fragen entwickeln und Hypothesen zur Lösung der Phänomene einbringen. Gleichzeitig sollen die Lehrkräfte angeregt werden, Inhalte und Methoden der Ausstellung in ihren Unterricht zu integrieren. Im Jahr 2021



An der Universität Bochum wurde der Quantenkoffer im Rahmen des RUB Teachers Day vorgestellt. (Foto: H. Krabbe, U Bochum)

hat die Stiftung umfangreiche Mittel für ein mehrjähriges Projekt bewilligt, das zahlreiche Fortbildungen für Lehrkräfte ebenso vorsieht wie Ausleihen der Exponate an Schulen sowie Nachbautage. Im Berichtsjahr haben in Wanzleben (Sachsen-Anhalt) sowie in Bad Hersfeld (Hessen) zweitägige Fortbildungen stattgefunden, an denen 34 Lehrkräfte teilgenommen haben, überwiegend von Grundschulen. Im Anschluss daran wurden die Exponate zwei Wochen lang an 13 Schulen verliehen, an denen nachfolgend auch Nachbautage stattgefunden haben. Im Rahmen dieser halbtägigen Veranstaltung haben die Lehrkräfte die Möglichkeit, zehn Exponate nachzubauen, die dauerhaft an den Schulen bleiben.

### ■ Effektvolle Experimentiervideos und Workbookportal

Dieses Projekt ist eine Kooperation zwischen dem Institut für Didaktik der Physik der Universität Münster und den Physikanten. Sein Ziel besteht darin, einen modernen und experimentbezogenen Unterricht zu unterstützen. Dazu ist an der Universität Münster ein Portal entstanden zur Adaption und Erstellung innovativen Lehr-Lernmaterials (digitally enhanced Workbooks) unter Einbindung realer Experimente und digitaler Medien. Darüber hinaus stellen die Physikanten fachlich professionelle, effektiv präsentierte

Experimentiervideos mit großer Strahlkraft bereit, die an den Lehrplan anknüpfen und das Potenzial der Effekte zeigen. Damit knüpft das Projekt an jahrelange Vorarbeiten in Münster und die von der Stiftung geförderten Lehrerfortbildungen der Physikanten an (vgl. Kapitel 8). Das Ziel besteht in einem bundesweit sichtbaren Workbookportal WunderBooks für leicht adaptierbares Unterrichtsmaterial mit einer Vielzahl möglicher digitaler Erweiterungen sowie einem Katalog hochwertiger Videos, die Lehrenden und Lernenden das Experimentieren erleichtern und auf unterhaltsam-informative Weise Interesse an Physik fördern. Seit dem Berichtsjahr steht der Editor für das Workbookportal voll funktionsfähig zur Verfügung. Zehn Projektpartner haben das Portal genutzt und bei einer Evaluation angegeben, dass es ein benutzerfreundliches und zeitgemäßes digitales Werkzeug für das Erstellen und Teilen von Unterrichtsmaterial ist. Aufgrund von personellen Veränderungen bei den Physikanten muss deren Teilprojekt jedoch nach vier statt geplant zwanzig Videos vorzeitig abgebrochen werden. Für eine langfristige Verstetigung des Wunderbooks-Editors sowie die Erweiterung der Datenbank müssen laufende Kosten gedeckt werden, die nicht von der Universität Münster bezahlt werden können. Daher soll ein gemeinnütziger Verein gegründet werden, der sich langfristig über Mitgliedsgebühren trägt. Für die bis dahin notwendige Übergangsphase hat die Stiftung im Berichtsjahr weitere Mittel bewilligt.



Während einer Projektwoche zur Quantenphysik konnten Schülerinnen und Schüler des Käthe-Kollwitz-Gymnasiums Berlin mit dem Quantenkoffer von der Humboldt-Universität experimentieren. (Foto: Didaktik der Physik, HU Berlin)

## ■ Schulexperimente mit einzelnen Photonen

Mit der „zweiten Quantenrevolution“ beginnt derzeit das Zeitalter der Quantentechnologien, denen ein disruptives Innovationspotenzial und hoher gesellschaftlicher Nutzen zugeschrieben wird. In der Oberstufe ist die Quantenphysik zwar seit Jahrzehnten ein etabliertes Thema in der Oberstufe, allerdings sind typische Experimente wie Strahlteiler mit einzelnen Quantenobjekten an den Schulen bislang nicht möglich. Die Stiftung hat daher im Jahr 2020 zwei miteinander abgestimmte Anträge bewilligt von Physikdidaktikern der Ruhr-Universität Bochum sowie der Humboldt-Universität Berlin, die Schulnetzwerke und ein kostenloses Verleihsystem für Strahlteiler-Experimente mit einzelnen Photonen aufbauen möchten. Dazu wurde an beiden Standorten der Quantenkoffer der Firma Qutools angeschafft. Nachdem die Pandemiejahre genutzt worden waren, um sich mit den Koffern vertraut zu machen und umfangreiches didaktisches Material zu erstellen, wurden die Quantenkoffer im Berichtsjahr an beiden Standorten in vielfältiger Weise eingesetzt, sei es bei Lehrkräftefortbildungen, sei es bei Experimentiertagen an Schulen oder Schülerlaboren. Nach den bisherigen Erfahrungen gelingt es den Schülerinnen und Schülern, die Experimente nach entsprechender Vorbereitung gut zu erfassen und als Bereicherung des Unterrichts zu erleben. Auch können die Lehrkräfte den vorjustieren

Quantenkoffer weitgehend allein im Unterricht einsetzen. Ein nicht unerheblicher Betreuungsaufwand bleibt aber bestehen.

---

## ■ Experimentierkoffer mit Mini-Wolkenkammern

Als Ergänzung zu einer Lehrerfortbildung „Klima und Energie“ hatte die Stiftung im Jahr 2020 Mittel bereitgestellt für den Bau von 20 Mini-Wolkenkammern, die Seniorprofessor Ludger Wöste in Auftrag gegeben und im Anschluss an die Fortbildung an besonders engagierte Lehrkräfte abgegeben hatte. Bei der Nutzung ergaben sich die Vorschläge, die Kammer einerseits so zu ergänzen, dass keine weiteren Leihgeräte notwendig sind, und andererseits alles in einen Koffer zu verstauen. Die Stiftung hat daher zusätzliche Mittel bereitgestellt, um zehn besonders engagierten Lehrkräften die Wolkenkammer zum Experimentierkoffer zu ergänzen. Die Wolkenkammer erlaubt eindrucksvolle Experimente zu Kondensation sowie Nebel- und Wolkenbildung und passt daher genau zum Thema „Klima, Atmosphäre, Umwelt“ in den Rahmenlehrplänen, für das es bislang keine Schulexperimente gibt.

---

# 10 SCHÜLERFÖRDERUNG: AUßERSCHULISCHE LERNORTE | TEILNAHMESTIPENDIEN | WETTBEWERBE | PREISE

Zur Schülerförderung der Stiftung zählen auch die Unterstützung außerschulischer Lernorte bei der Entwicklung neuer Angebote sowie die direkte Förderung von Schülerinnen und Schülern beim Besuch solcher Lernorte. Seit vielen Jahren fest etabliert im Förderprogramm der Stiftung sind die finanzielle Unterstützung mehrerer MINT-Schülerwettbewerbe und die Vergabe von Sonderpreisen bei „Jugend forscht“. Darüber hinaus werden mehrere Aktivitäten, die zu dieser Kategorie zählen, gemeinsam mit der DPG durchgeführt (vgl. Kapitel 12).

---

## ■ Jutron – Experimentelle Beschleunigerphysik für junge Menschen

Der aktuelle Lehrplan für Physik, Sekundarstufe II, sieht u. a. in NRW sowohl für Grund- als auch für Leistungskurse Inhalte vor, bei denen sich Teilchenbeschleuniger als möglicher Kontext anbieten. Bislang gab es jedoch keine Möglichkeit, entsprechende Experimente durchzuführen. Die Stiftung hat daher ein auf mehrere Jahre angelegtes Projekt am Schülerlabor JuLab des Forschungszentrums Jülich unterstützt, das sowohl die Entwicklung von Experimentierangeboten für Schülerinnen und Schüler (als Tagesveranstaltung oder Forscherwoche) als auch Fortbildungen für Lehrkräfte zum Ziel hat. Im Berichtsjahr wurde das geplante Programm erstmals mit Schülerinnen und Schülern ausprobiert. Dabei wurden insbesondere die Arbeit mit den mechanischen Modellen und der Blick in den echten Forschungsbetrieb im Institut für Kernphysik als besonders wertvoll erlebt. Mit dem Lernzyklotron selbst lässt sich nun ein Teilchenstrahl produzieren und messen; die Bedienoberfläche der Ansteuerung ist für Schüler aber angesichts der zur Verfügung stehenden Zeit noch zu komplex. Da im JuLab zum Verständnis des Zyklotrons mehr Experimente zur Verfügung stehen als in einem Vormittag zu schaffen sind und auch die Arbeit am Zyklotron mehr Aufmerksamkeit verdient, soll das Angebot ausgedehnt werden auf zwei bis drei Tage, die interessierte Schüler auch in den Ferien buchen können.

---



Bei der partiellen Sonnenfinsternis am 25. Oktober kam die neue Astronomieausrüstung am Schülerforschungszentrum Hamburg zum Einsatz. (Foto: SFZ Hamburg)

### ■ Ausstattung Astronomie am Schülerforschungszentrum Hamburg

Am Schülerforschungszentrum Hamburg gibt es seit dem Schuljahr 2020/21 eine Astronomie-AG, die jedoch zunächst keine Möglichkeiten zur Beobachtung hatte. Die Stiftung hat daher im Berichtsjahr Mittel für zwei Teleskope inkl. Zubehör, eine hochwertige Montierung, eine Kamera sowie einen Spektrographen bewilligt. In unmittelbarer Nähe des SFZ steht seit Herbst 2022 ein Standort auf dem Dach eines Hochhauses der Universität zur Verfügung. Aufgrund der Lichtverschmutzung in der Innenstadt setzen Projekte mit lichtschwachen Objekten aber einen Standort mit dunklem Himmel voraus. Daher ist die gesamte Ausstattung transportabel, um auch Exkursionen ins Umland zu ermöglichen. Die partielle Sonnenfinsternis am 25. Oktober bot eine hervorragende Gelegenheit für erste Sonnenbeobachtungen. Derzeit arbeitet sich eine Schülergruppe in die Grundlagen von Kameratechnik, Bildbearbeitung und Spektroskopie ein mit dem Ziel, eigene Projektarbeiten in Angriff zu nehmen. Außerdem zeichnet sich ab, dass das SFZ Hamburg zum Anlaufpunkt für an Astronomie interessierte Schülerinnen und Schüler in ganz Hamburg sowie deren Lehrkräfte wird.

### ■ Optik-Baukästen für Thüringer Schülerforschungszentren

In den letzten Jahren wurden am Leibniz-Institut für Photonische Technologien (IPHT) in Jena Baukästen zur Optik entwickelt, die aus kostengünstig im Spritzgussverfahren hergestellten Standardwürfeln mit verschiedenen Linsen bestehen und mit denen sich unterschiedliche optische Instrumente realisieren lassen. Damit fördern diese openUC2-Kästen (You See Too) niedrigschwellig das Verständnis für Aufbau und Wirkungsweise von z. B. einem Mikroskop. Im Berichtsjahr hat die Stiftung Mittel bereitgestellt, mit denen die Stiftung für Technologie, Innovation und Forschung Thüringen (STIFT) die zehn Thüringer Schülerforschungszentren mit jeweils 25 Baukästen ausstattet. Die Kästen werden einerseits direkt an den SFZs für Kurse genutzt, können aber auch von Schulen im Unterricht genutzt werden. Dank des quellenoffenen Ansatzes

laden sie zudem zur Ergänzung durch eigene Module für spezifische Anwendungen in Schülerprojekten ein. Das Projekt umfasst auch Mittel für die Erstellung von didaktischem Begleitmaterial.

### ■ Schülerforschungscamps am Erlanger Schülerforschungszentrum (ESFZ)

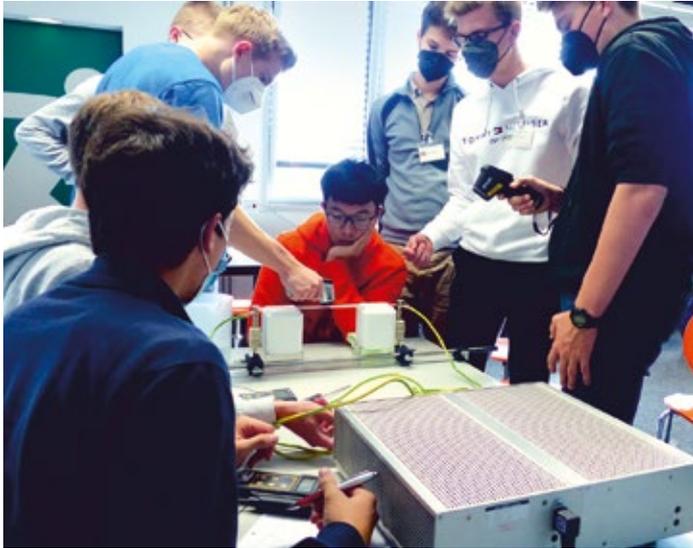
Die Schülerforschungscamps des ESFZ richten sich an Schüler ab 14 Jahren, die sich für Naturwissenschaft und Technik interessieren; der Schwerpunkt liegt dabei auf Projekten aus der Physik. Dabei setzt das ESFZ voll und ganz auf die Initiative und Kreativität der Teilnehmer: Die Schüler kommen während der Schulferien für eine Woche zu einem Forschungscamp nach Erlangen und führen in dieser Zeit Projekte durch, die sie sich selbst ausgedacht haben; häufig geht es dabei um Projekte für „Jugend forscht“ oder das GYPT (vgl. Kapitel 12). Nach der pandemiebedingten Pause konnten im Berichtsjahr wieder zwei Camps in den Sommer- bzw. Herbstferien stattfinden, an denen 22 Schüler teilgenommen haben, etwas mehr als ein Drittel davon Mädchen. Bei den Projekten ging es u. a. um eine Feinstaubmessung oder ein GYPT-Problem zu einem thermoakustischen Motor.

### ■ MINTernational Workshops in Physik und Chemie an der Jacobs University Bremen

Mit den „MINTernational Workshops“ bietet die Jacobs University Bremen regelmäßig im Januar Schülerinnen und Schüler aus Bremen und Umgebung die Möglichkeit, ihrer Leidenschaft für die Physik bzw. Chemie nachzugehen. Trotz der Pandemie konnten die Workshops im Berichtsjahr wieder in Präsenz stattfinden, wenn auch mit einigen Einschränkungen. An dem Physik-Camp nahmen vier Schülerinnen und zwölf Schüler teil, an dem Chemie-Camp elf Schülerinnen und neun Schüler von insgesamt fünf Schulen in der Region. Das Physikprogramm umfasste Vorlesungen zur Solarenergie – angefangen von der Astrophysik der Sonne über die Analyse der Atmosphäre bis hin zu Solarzellen –, Workshops und Laborbesuche.



Am Henfling-Gymnasium in Meiningen hatte der Physik-Leistungskurs Gelegenheit, mit den Optik-Baukästen UC2 zu experimentieren. (Foto: STIFT)



Zum wiederholten Male förderte die Stiftung am XLAB Schülercamps zur Physik realer Systeme ...

### ■ Schülercamp „Physik realer Systeme“ am XLAB Göttingen

Mit finanzieller Unterstützung der Stiftung konnte dieses Camp im Oktober erneut stattfinden, mit zehn Teilnehmern. Vier Tage lang erhielten sie in diesem interdisziplinären Camp zu Physik, Mathematik und Informatik einen Einblick darin, wie numerische Simulationen es ermöglichen, auch komplexe Systeme ausgehend von den Grundgesetzen der Physik zu beschreiben. Mithilfe von „jupyter notebooks“ sowie COMSOL Multiphysics wurden u. a. die ein- und zweidimensionale Wärmeleitungsgleichung, Systeme gekoppelter Pendel sowie Beugungs- und Interferenzphänomene mit Mikrowellen behandelt. Das Programm orientierte sich bewusst an naturwissenschaftlichen Studiengängen, um einen Einblick in universitäre Arbeitsweisen zu vermitteln.

---



... sowie zur Laserphysik. (Fotos: XLAB)

### ■ Schülercamp „Laserphysik“ am XLAB Göttingen

Im Januar fand am XLAB zum wiederholten Mal ein von der Stiftung gefördertes viertägiges Schülercamp zur Laserphysik statt. Im Mittelpunkt dieses Camps steht die Idee, anhand des für Schülerinnen und Schüler interessanten Themas „Laser“ zentrale physikalische Begriffe aus den Bereichen Optik, Wellenphysik, Atomphysik und Quantenphysik zu vermitteln. Das verbindende Element dabei ist das Basiskonzept „Energie“. Die teilnehmenden vier Schülerinnen und acht Schüler erarbeiteten sich zunächst die theoretischen und experimentellen Grundlagen u. a. zu Absorption, Emission und Fluoreszenz, zu Beugung und Interferenz sowie zur mathematischen Modellierung des Laserprozesses. Im Mittelpunkt standen dann der Aufbau eines Pr:YLF-Lasers sowie weiterführende Experimente damit, z. B. zur Interferometrie oder zur Erzeugung höherer Harmonischer. Die Stiftung hat zusätzliche Mittel bereitgestellt für zwei weitere Pr:YLF-Festkörperlaser, damit mehr Schüler zeitgleich experimentieren können.

---



Im August fand am Internat Louisenlund ein Forschungscamp statt für die Landessieger von „Schüler experimentieren“ in der Kategorie Physik. (Foto: plus-MINT, Sven Meier)

### ■ Forschungscamp für Top-Talente von „Schüler experimentieren“ im Internat Louisenlund

Der Wettbewerb „Schüler experimentieren“ wird ebenso wie „Jugend forscht“ von der gleichnamigen Stiftung durchgeführt. Im Gegensatz zu letzterem gibt es aber bei ersterem nur einen Landes- und keinen Bundeswettbewerb. Daher hat die Stiftung dem Verein zur MINT-Talentförderung (plusMINT) Mittel bewilligt für einen „Sonderpreis für Kreativität in der Physik“ für die Landesieger von „Schüler experimentieren“ in der Kategorie Physik. Verbunden mit dem Preis ist neben einem Preisgeld die Teilnahme an einem sechstägigen Forschungscamp, das Anfang August im Internat Louisenlund stattgefunden hat. Die zwölf teilnehmenden Schülerinnen und

Schüler hatten dabei ausführlich Gelegenheit, Gleichgesinnte kennenzulernen und gemeinsam zu experimentieren, u. a. zu Lissajous-Figuren, Lithium-Ionen-Akkus oder der Akustik von selbstgebauten Musikinstrumenten.

---

### ■ Schülersymposium am Science College Overbach

Im Berichtsjahr hat die Stiftung erneut ein Symposium am Science College Overbach in Jülich-Barmen finanziell unterstützt. Anfang November fand das zwölfte Schülersymposium unter dem Titel „Biowissenschaften – Wegbereiter unserer Zukunft“ statt; in hybrider Form mit rund 50 Schülerinnen und Schülern vor Ort sowie einigen

Auslandsschulen per Zoom. Der ehemalige WE-Heraeus-Seniorprofessor Christoph Buchal war erneut für das Programm verantwortlich, das einen weiten Bogen spannte von Biochemie über Bioinformatik zu Biotechnologie und viel Zeit für Diskussionen sowie Workshop-Phasen vorsah.

---

### ■ Energie für (m)eine Stadt – Planspiel zur Energiewende an der Berliner Hochschule für Technik

An der Berliner Hochschule für Technik wurde ein Planspiel entwickelt, bei dem Schülerinnen und Schüler ein neues System zur Versorgung einer imaginären Kleinstadt mit Strom und Wärme entwickeln können. Dazu müssen sie technische Optionen für die Energieversorgung auswählen (z. B. Wind, Solarenergie, Kraft-Wärme-Kopplung, Wärmepumpen, Speicher) und auf den CO<sub>2</sub>-Ausstoß und die Kosten ebenso achten wie darauf, dass die Menschen nicht im Dunkeln sitzen oder frieren. Im Berichtsjahr wurden die letzten neun von der Stiftung finanzierten Durchführungen des Spiels realisiert, überwiegend an Berliner Gymnasien, aber auch in der Langen Nacht der Wissenschaften.

---

### ■ Astronomisches Sommerlager der VEGA e.V.

Die Vereinigung für Jugendarbeit in der Astronomie e.V. (VEGA) führt seit 1999 jährlich ein Sommerlager durch, bei dem die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zwischen 14 und 24 Jahren Vorträge hören, Workshops und Beobachtungen durchführen und Gleichgesinnte treffen können. Im Berichtsjahr konnte das Sommerlager erstmals wieder in Präsenz und in voller Größe stattfinden. Ende Juli trafen sich dazu 63 Teilnehmer und 11 Leiter im Schulandheim Riepenburg bei Hameln, um sich zwei Wochen lang mit Astronomie, Astrophysik, Mathematik und vielen weiteren spannenden Themen zu beschäftigen. Die täglichen Arbeitsgruppen deckten z. B. spezielle Relativitätstheorie oder Sternphysik ebenso ab wie Python für Einsteiger oder LaTeX, und auch für astronomische Beobachtungen sowie ein attraktives Freizeitprogramm war viel Zeit vorhanden.

### ■ Vermittler-Workshop Netzwerk Teilchenwelt

Das Netzwerk Teilchenwelt hatte im Februar in Fulda erneut einen dreitägigen Workshop zur Vermittlung von Teilchenphysik geplant. Aufgrund der Pandemie konnte dieser allerdings nur online stattfinden, und zwar an drei aufeinanderfolgenden Montagen statt als Blockveranstaltung. Daran nahmen 24 Vermittler (von Studienanfängern bis Doktoranden) von 12 Standorten teil. Diese führen im Rahmen von Netzwerk Teilchenwelt Astroteilchen- oder Teilchenphysik-Masterclasses durch, betreuen Experimente zur Astroteilchenphysik oder unterstützen Jugendliche bei der Erstellung von Facharbeiten. Der Workshop umfasste Impulsreferate von externen Referenten und vermittelte praktisches Handwerkszeug, wobei der Fokus vor allem auf Interaktivität und Anschaulichkeit lag. Darüber hinaus gab es einen Austausch zu Best-Practice und Informationen zu Aktivitäten im Netzwerk Teilchenwelt.

---

### ■ „Jugend forscht“ – WE-Heraeus-Sonderpreis und Sponsorpool

Die Stiftung finanziert seit vielen Jahren im Rahmen des Bundeswettbewerbs „Jugend forscht“ den „Sonderpreis der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung“ für drei Arbeiten auf den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Der Preis besteht aus einem Geldbetrag von 1500 Euro je Projekt und der Einladung zur kostenfreien Teilnahme an der jeweils nächsten GDNÄ-Jahresversammlung einschließlich eines Reisestipendiums. Der Bundeswettbewerb 2022 fand erstmals nach der Pandemie wieder in Präsenz statt, und zwar in Lübeck. Die Sonderpreise erhielten Viola Weiskopf (16), Otto-Schott-Gymnasium Mainz-Gonsenheim, für ihr Projekt „Gravitation in der Praxis: das Swing-by-Manöver“, Jannik Hedel (18), Schulzentrum Carl von Ossietzky, Bremerhaven, für sein Projekt „Entwicklung eines Prüfstands zur Raketentreibsatz-Schubrichtungs-Abweichungsanalyse“, sowie Elisabeth Nitz (16), Staatliches Gymnasium Albert Schweitzer und SFZ Erfurt, für ihr Projekt „Es werde Licht! – Und es ward Schokolade. Die Phosphoreszenz weißer Schokolade“. Im Rahmen des von der



Beim Bundeswettbewerb „Jugend forscht“ überreichte Stiftungsgeschäftsführer Dr. Stefan Jorda drei Sonderpreise an (v.l.) Viola Weiskopf, Jannik Hedel und Elisabeth Nitz. (Foto: Stiftung Jugend forscht)

Stiftung geförderten Sponsorpools Hessen wurden u. a. Projekte zur Anwendung einer Mikrokapsel mit Ferrofluiden in der Medizin, zu Interferenzen von elektromagnetischer Strahlung oder zur Sauerstoffgewinnung auf dem Mars unterstützt.

### ■ Schülerwettbewerb „Physik im Advent“ (PIA)

„Physik im Advent“ bietet vom 1. bis 24. Dezember täglich eine experimentell zu lösende physikalische Aufgabe, die als Film auf YouTube gestellt wird. Initiator und Leiter ist Arnulf Quadt (Universität Göttingen). Mit etwas über 70 000 Teilnehmenden (Vorjahr ca. 67 000) aus 65 Ländern weltweit, fast 1,2 Millionen Besuchen auf der Webseite [www.physik-im-advent.de](http://www.physik-im-advent.de) und rund 1,2 Millionen Klicks auf die entsprechenden Filme auf YouTube war die Resonanz nochmal deutlich höher als im Vorjahr. Rund 90 Prozent der Teilnehmer sind Schülerinnen und

Schüler, aus rund 6 500 Klassen an 1 800 Schulen. Über 1 000 Preise wurden an die Teilnehmerinnen und Teilnehmer vergeben, überwiegend als Sachspenden. Darunter waren auch Besuche von Forschungseinrichtungen (DESY, PSI, FZJ, KIT, HZDR) sowie, mit Unterstützung von Dirk Nowitzki, eine Reise nach Dallas zu zwei NBA-Spielen. Zahlreiche technisch orientierte Wirtschaftsunternehmen haben den besten Schulklassen spezielle Führungen in ihren Unternehmen angeboten.

### ■ Schülerwettbewerb „Beamline for Schools“

In die faszinierende Welt der Teilchenphysik eintauchen und sich ein einfaches und kreatives Experiment überlegen – das ist die Essenz des internationalen Schülerwettbewerbs „Beamline for Schools“, den das CERN durchführt mit dem Ziel, Neugier auf Wissenschaft zu wecken und einschlägige Kenntnisse zu vermitteln. Dazu



Anfang Oktober konnten sich die Gremienmitglieder der Stiftung mit den Gewinnerteams des Wettbewerbs „Beamline for Schools“ vor Ort in Genf austauschen. (Foto: CERN)

können Schülerteams aus der ganzen Welt Projekte für Experimente an einem Beschleuniger vorschlagen; eine Jury wählt dann Teams à max. zehn Teilnehmer aus, die das vorgeschlagene Experiment vor Ort durchführen können. Aufgrund des Umbaus der Beschleuniger am CERN hat der Wettbewerb 2019 bis 2021 am DESY in Hamburg stattgefunden. Inzwischen ist der Wettbewerb zwar grundsätzlich ans CERN zurückgekehrt, angesichts der hohen Zahl von 304 Team-Bewerbungen aus 84 Ländern wurden im Berichtsjahr aber erstmals drei Gewinnerteams ausgewählt, von denen zwei am CERN und eines am DESY empfangen wurden. Das französische Team „Supercooling“ von der École du Sacré-Coeur in Reims hat Anfang Oktober am DESY untersucht, ob sich hochenergetische Teilchen dadurch nachweisen lassen, dass sie in unterkühltem Wasser einen Phasenübergang in den eisförmigen Zustand auslösen. Das spanische Team vom Club de Física Enrico Fermi in Vigo hat zeitgleich am CERN die Ladung untersucht, die beim Durchgang eines ultra-relativistischen geladenen Teilchens durch

sog. MRPC-Detektoren induziert wird, während sich das ägyptische Team von der Elsewedy Technical Academy in Kairo mit der Effizienz solcher Detektoren beschäftigt hat, wenn diese mit einem alternativen, umweltfreundlichen Gas gefüllt werden. Die Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung hat in diesem Jahr die Durchführung am DESY gefördert. Da die Herbstsitzungen der Stiftungsgremien Anfang Oktober in Genf stattfanden, konnten sich die Gremienmitglieder vor Ort ein Bild von dem Wettbewerb machen und sich mit den Teams austauschen.

---

#### ■ Schüler-Teilnahmestipendien: GDNÄ-Versammlung

Bereits seit rund 20 Jahren ermöglicht die Stiftung Schülern und Schülerinnen aus naturwissenschaftlichen Leistungskursen die Teilnahme an Kongressen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ). Damit soll jungen Menschen ein Einblick in den Wissenschafts-



Bei der GDNÄ-Jahresversammlung in Leipzig hatten über 100 Schülerinnen und Schüler unter anderem die Gelegenheit, sich mit Nobelpreisträger Prof. Dr. Reinhard Genzel (Bildmitte) auszutauschen. (Foto: MIKA-fotografie, Berlin)

betrieb und eine Orientierungshilfe bei der Wahl ihres Studienfachs gegeben werden. Nach der pandemiebedingten Pause fand die 132. Versammlung vom 8. bis 11. September in Leipzig statt. Sie stand unter dem Motto „Wissenschaft im Bild“ und war zugleich die 200-Jahr-Feier der Gesellschaft. Aus diesem Anlass wurde das Schülerprogramm deutlich ausgeweitet. Bereits im Juni trafen sich etwa die Hälfte der rund 150 von ihren Schulen nominierten Teilnehmern zu Workshops in Leipzig, um auf Basis der 17 Nachhaltigkeitsziele der UN Fragen zu den sechs Fachgebieten der GDNÄ zu formulieren, die im Rahmen der Festsitzung mit ausgewählten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern diskutiert wurden. Gemeinsam mit den anderen Teilnehmern wurde dann am Vortrag der Versammlung eine Frage pro Fachgebiet ausgewählt. Die Physik-Gruppe entschied sich für die allgemeine Frage zur Wissenschaftskommunikation „Wie kann die Wissenschaft es erreichen, die dringendsten Probleme so verständlich zu kommunizieren, dass sie zu direkten Handlungen führt?“, die sie mit Katharina Kohse-Höinghaus, bis Ende

2022 Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der Stiftung, diskutierte. Zum Schülerprogramm zählten darüber hinaus das Vortragsprogramm (u. a. mit Nobelpreisträger Reinhard Genzel), der Science-Slam „Wissenschaft in fünf Minuten“, ein Wissenschaftsmarkt sowie eine Studienberatung. Die positiven Rückmeldungen der Stipendiaten machen deutlich, dass der Besuch hochkarätiger wissenschaftlicher Vorträge, der Kontakt zu hochkarätigen Wissenschaftlern und interessierten Gleichaltrigen für die Stipendiaten ein herausragendes Erlebnis war.

# 11 MITGLIEDSCHAFTEN | VERSCHIEDENES

Die Stiftung verwirklicht den in der Verfassung festgeschriebenen Zweck der „Förderung von Forschung und Ausbildung in den Naturwissenschaften“ durch weitere Maßnahmen und Projekte, die sich nicht in die vorherigen Abschnitte einordnen lassen. Dazu zählen u. a. die Förderung von Veranstaltungen sowie die Mitwirkung an Strategien zur Stärkung des MINT-Unterrichts.

---

## ■ Falling Walls

Die Falling Walls Foundation gGmbH veranstaltet seit 2009 jährlich am Tag des Mauerfalls (9. November) in Berlin eine Konferenz, bei der führende Expertinnen und Experten in 15-Minuten-Vorträgen Durchbrüche auf ihrem Fachgebiet mit weitreichenden Perspektiven darstellen und anschließend mit dem Publikum diskutieren. Im Berichtsjahr hat die Veranstaltung erneut in hybrider Form stattfinden mit rund 1200 Personen vor Ort. Erneut wurden auch weltweit Wissenschaftsakteure wie Universitäten oder Forschungsinstitute dazu aufgerufen, ihre neuesten wissenschaftlichen Durchbrüche mit dem Potenzial, die Welt zu verändern, für die Auszeichnung „The Breakthroughs of the Year“ zu nominieren. In zehn verschiedenen Kategorien haben Jurys die Gewinner ermittelt, die z.T. zu Symposien am 8. November eingeladen wurden (vgl. Kapitel 5). Darüber hinaus umfasst das Programm auch Kurzvorträge von Nachwuchswissenschaftlern (Falling Walls Lab), Präsentationen von Start-ups (Falling Walls Venture) und Expertendiskussionen zu Fragen der Wissenschaftsstrategie (Falling Walls Circle). Die Stiftung hat Falling Walls erneut mit einem größeren Betrag unterstützt. Im Gegenzug wurde zahlreichen Nachwuchswissenschaftlern die Teilnahme an den Veranstaltungen ermöglicht.

---



Anlässlich des 450. Geburtstags von Johannes Kepler hat sich die Stiftung an der Finanzierung der Wanderausstellung „himmelwärts“ beteiligt (Foto: picture alliance/dpa, Bernd Weißbrod)

### ■ Nationales MINT-Forum

Das Nationale MINT-Forum (NMF) bietet eine Plattform für Gedankenaustausch, breite Vernetzung und öffentliche Wahrnehmung bei allen Stiftungsaktivitäten, die auf Verbesserungen im MINT-Bereich abzielen. – Im Berichtsjahr fand am 1. Juni der „10. Nationale MINT-Gipfel“ statt, bei dem die beiden Sprecher des NMF mit Entscheidern aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft u. a. über die Frage diskutierten, wie es gelingen kann, mehr junge Menschen für einen Beruf mit MINT-Schwerpunkt zu begeistern. Darüber hinaus fanden am 7. April sowie am 23. September die 21. bzw. 22. Mitgliederversammlung statt.

### ■ Helmholtz-Fonds e.V.

Im Fokus des 1912 gegründeten Helmholtz-Fonds e.V. stehen der Austausch und die enge Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im Bereich der Messtechnik. Der Fonds verleiht Prämien und Auszeichnungen für metrologische Spitzenleistungen von Wissenschaftlern, Doktoranden und Auszubildenden, darunter den international renommierten Helmholtz-Preis. Die Stiftung unterstützt den Helmholtz-Fonds mit einer jährlichen Spende.

### ■ Kepler-Ausstellung „himmelwärts“

Am 27. Dezember 2021 jährte sich der Geburtstag von Johannes Kepler zum 450. Mal. Aus diesem Anlass hat das 5. Physikalische Institut der Universität Stuttgart gemeinsam mit der Kepler-Gesellschaft und weiteren Kooperationspartnern die Ausstellung „himmelwärts“ konzipiert mit dem Ziel, das Werk des großen Gelehrten in all seinen Facetten zu würdigen. Daher greift die Ausstellung neben Keplers Arbeiten zu Astronomie, Mathematik und Optik seine Lebensstationen und Reisen ebenso auf wie die Themen Religion zu seiner Zeit oder Astrologie. Die Ausstellung wurde 2021 konzipiert und als Wanderausstellung realisiert. Zum Auftakt war die Ausstellung vom 14. bis 26. Februar im Haus der Wirtschaft in Stuttgart zu sehen; danach folgten weitere Stationen in Regensburg, wo Kepler starb, sowie seinem Geburtsort Weil der Stadt.

### ■ Zusammenkunft aller Physik-Fachschaften (ZaPF)

Im Berichtsjahr hat die Stiftung eine Bundesfachschaftentagung Physik (ZaPF = Zusammenkunft aller Physik-Fachschaften) in Hamburg mit einer Geldzuwendung gefördert.

# 12 FÖRDERPROGRAMME IN ZUSAMMENARBEIT MIT DER DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

Die Stiftung führt seit vielen Jahren sehr erfolgreiche Förderprogramme gemeinsam mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft durch, darunter das Reisestipendienprogramm zum Besuch der DPG-Frühjahrstagungen („Kommunikationsprogramm“) und das Förderprogramm „Physik für Schülerinnen und Schüler“. Zu den gemeinsamen Aktivitäten gehören auch Schülerwettbewerbe („exciting physics“ sowie GYPT/IYPT) oder das Leadership-Programm „Leading for Tomorrow“. Daneben unterstützt die Stiftung Aktivitäten der DPG sowie der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin (PGzB), die im Magnus-Haus (Berlin) durchgeführt werden, sowie weitere Aktivitäten von einzelnen Gruppierungen innerhalb der DPG. Die von der Stiftung finanzierten „Bad Honnef Physics Schools“ sind in Kapitel 4 zu finden, die geförderten DPG-Lehrerfortbildungen in Kapitel 8.

## ■ Kommunikationsprogramm

Dieses 1989 eingerichtete Förderprogramm zur wissenschaftlichen Kommunikation ermöglicht jungen Physikern und Physikerinnen die Teilnahme an DPG-Frühjahrstagungen. Damit sollen Nachwuchswissenschaftler in einer frühen Phase ihrer wissenschaftlichen Ausbildung (Master-/Diplom-/Doktorarbeit) die Gelegenheit erhalten, eigene Arbeitsergebnisse vor einem kritischen Fachpublikum vorzustellen. Voraussetzungen für eine Förderung sind ein Beitrag zur Tagung (Vortrag oder Poster) und DPG-Mitgliedschaft. Nach den pandemiebedingten Ausfällen fanden im Frühjahr des Berichtsjahrs wieder drei Tagungen online und im Herbst die große Tagung der Festkörperphysik in Präsenz in Regensburg statt. Rund 800 Nachwuchswissenschaftler erhielten eine Förderung für die Präsenztagung, die normalerweise 50 Prozent von den anrechnungsfähigen Übernachtungs- und Reisekosten sowie von Tagegeld und Tagungsgebühr beträgt. Weitere rund 570 Nachwuchswissenschaftler erhielten für die online-Tagungen eine Förderung, welche die vollständige Erstattung der Tagungsgebühr umfasste.

## ■ Physik für Schülerinnen und Schüler

Die Stiftung und die DPG führen seit 2000 gemeinsam das Förderprogramm „Physik für Schülerinnen und Schüler“ durch. Damit sollen zum einen musterhafte Projekte zur Steigerung der Attraktivität des Physikunterrichts an Schulen gefördert werden, zum anderen werden Physik-Fachbereiche unterstützt, die Vorlesungs- und Praktikumsangebote für Schüler organisieren. Dieses



Das deutsche Team aus (v.r.) Kapitän Florian Bauer, Hakim Rachidi, Tarek Bečić, Arthur Wittwer und Antonia Macha erreichte mit ihrem Betreuer Michael Steck beim IYPT in Rumänien mit dem sechsten Platz eine Silbermedaille. (Foto: DPG)

Programm ist in den Schulen und innerhalb der Fachbereiche sehr gut etabliert. In der Regel betrifft etwa ein Drittel der Anträge jährlich wiederkehrende Schülerprogramme von Physik-Fachbereichen an Universitäten, die anderen zwei Drittel sind originäre Projektvorschläge unterschiedlichster Art von Lehrerinnen und Lehrern. Im Rahmen des Programms können auch Mittel zur Bearbeitung der GYPT-Aufgaben beantragt werden. Seit 2020 übernimmt die Stiftung die Kosten für das Programm komplett (wie das auch bei Fobi-Phi der Fall ist). Im Berichtsjahr wurden 50 neue Anträge gestellt und 8 aus dem Vorjahr übertragen. Von diesen 58 Anträgen wurden 43 bewilligt und bis auf 3 abgerechnet, 7 Anträge wurden abgelehnt, die restlichen waren zum Jahreswechsel noch in Bearbeitung und wurden auf 2023 übertragen.

### ■ Fobi-phi

Dieses Programm ist ähnlich wie das Förderprogramm „Physik für Schülerinnen und Schüler“ organisiert, hat aber Lehrerfortbildungen zum Inhalt („Fortbildung in Physik“). Im Berichtsjahr hat die Nachfrage erneut nachgelassen: So wurden nur 5 Anträge neu gestellt (Vorjahr: 6), 9 Anträge waren aus dem Vorjahr übertragen worden.

Von den 14 Anträgen wurden alle bewilligt, aber nur 8 vollständig abgerechnet. Es bleibt abzuwarten, ob die Zahl der Anträge nach dem Ende der Pandemie wieder ansteigt.

### ■ German & International Young Physicists' Tournament (GPT/IYPT)

Seit 2013 finanziert die Stiftung den Aufbau sowie die Durchführung des deutschen Auswahlwettkampfs German Young Physicists' Tournament (GYPT) sowie die Teilnahme des deutschen Teams am International Young Physicists' Tournament (IYPT). Die DPG übernimmt dabei seit 2017 die Mittelverwaltung. Beim GYPT bearbeiten die Schülerinnen und Schüler bereits die IYPT-Probleme, und die Wettbewerbsregeln sind ähnlich. Nachdem der langjährige Wettbewerbsleiter Florian Ostermaier das GYPT-Team Ende 2021 verlassen hat, hat Michael Steck die Leitung übernommen – damit ist die Kontinuität gewährleistet. Mit 182 Anmeldungen blieb die Teilnehmerzahl der neunten Durchführung hinter dem Vorjahr zurück, wofür sicher die Pandemie verantwortlich ist. Diese führte auch zu ungewöhnlichen Randbedingungen: Während das GYPT erneut virtuell durchgeführt werden



Beim Schülerwettbewerb „exciting physics“ geht es unter anderem darum, sich eine möglichst kreative Kettenreaktion auszudenken.  
(Foto: Highlights der Physik, Offer)

musste, konnten die anschließenden Workshops und Trainings ebenso in Präsenz stattfinden wie das IYPT selbst. Beim GYPT am 5. und 6. März haben Verona Miftari (16) und Florian Bauer (15) vom Hans-Thoma-Gymnasium in Lörrach mit ihrem Team „æGYPT“ bei ihrer erst zweiten Teilnahme den Wettbewerb gewonnen. Bei dem spannenden Turnier qualifizierten sich 10 der Teilnehmenden für den Workshop, bei dem das fünfköpfige Nationalteam ausgewählt wurde. Anfang April holten sich eine Schülerin sowie zwei Schüler aus Berlin, Lörrach und Weiden in der Oberpfalz beim Physikwettbewerb AYPT in Österreich die Bronzemedaille. Beim IYPT, das Mitte Juli in Timisoara/Rumänien stattfand, konnte das deutsche Team aufgrund coronabedingter Rückschläge und eingeschränkter Vorbereitungszeit zwar nicht an die Ergebnisse der Vorjahre anschließen, landete mit dem sechsten Platz aber in der Spitzengruppe und erhielt eine Silbermedaille.

### ■ Schülerwettbewerb „exciting physics“ – Highlights der Physik

Im Berichtsjahr hat das Wissenschaftsfestival „Highlights der Physik“ in Regensburg stattgefunden. Im Rahmen dieser Veranstaltung fand erneut der Schülerwettbewerb „exciting physics“ statt, zu dem sich 294 Schülerinnen und

Schüler angemeldet haben; zum Finale erschienen dann tatsächlich 200 mit etwa 50 Lehrkräften und Begleitpersonen. Damit war die Beteiligung erneut geringer als vor der Pandemie. Die große überregionale Bekanntheit des Wettbewerbs zeigte sich daran, dass über Bayern hinaus Teams aus sieben weiteren Bundesländern teilgenommen haben. Für den Wettbewerb konnten die Schülerinnen und Schüler aus sechs verschiedenen Aufgaben auswählen, die so formuliert waren, dass sich grundsätzlich alle Altersklassen angesprochen fühlen sollten (Papierbrücke, Tauchboot, Kettenreaktion, Schneckenrennen, Sisyphus, Sortiermaschine; weitere Infos unter [www.exciting-physics.de](http://www.exciting-physics.de)). Die Jury zeigte sich beeindruckt von den originellen Lösungen vieler Teilnehmer, die zu 54 Prozent den Klassen 5 bis 9 und zu 46 Prozent den Klassen 10 bis 13 angehörten. Besonders attraktiv an diesem Wettbewerb ist, dass die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit erhalten, ihre eigenen Exponate allen anderen öffentlich vorzustellen und ausführlich erklären zu können. Die Stiftung finanziert den Schülerwettbewerb „exciting physics“ seit dem Jahr 2005. Insgesamt fand das Festival als hybride Veranstaltung statt mit rund 40000 Besuchern vor Ort und weiteren 5000 online-Teilnehmern.



Das britische Siegerteam des Wettbewerbs PLANCKS gemeinsam mit Prof. Dr. Reinhard Genzel sowie Mitgliedern von Jury und Organisationsteam. (Foto: DPG, Heitz)

## Wettbewerb PLANCKS

Der internationale Wettbewerb PLANCKS (Physics League Across Numerous Countries for Kick-ass Students) hat im Berichtsjahr in Deutschland stattgefunden. Dabei treten internationale Teams aus Bachelor- und Masterstudierenden gegeneinander an, um von Professorinnen und Professoren erstellte Aufgaben aus der theoretischen Physik zu lösen. Vom 5. bis 8. Mai kamen rund 150 junge, physikbegeisterte Studierende in 40 Teams und aus 28 Ländern nach München zu dem Wettbewerb, den die junge DPG organisiert und die Stiftung finanziert hat. Neben dem Wettbewerb selbst gab es ein umfangreiches Rahmenprogramm mit Vorträgen (u. a. von Reinhard Genzel und Harald Lesch), Laborbesichtigungen, Workshops und Ausflügen. Den Wettbewerb entschied das britische Team „Dark Fermi Gang 2.0“ für sich, das deutsche Team „Oachkatzlschwoaf“ erreichte den zweiten Platz.

## Physikalische Praktika der AGPP

Neben den wissenschaftlich ausgerichteten Physikschulen führt die DPG jährlich eine von der Stiftung finanzierte Schule durch mit dem Schwerpunktthema Physikalische

Praktika. Da diese Praktika ein essenzieller Bestandteil des Physikstudiums und vieler anderer Studiengänge sind, ist ein kontinuierliches Fortbildungsangebot für die Verantwortlichen und Mitarbeiter notwendig. Im Berichtsjahr fand die Schule vom 20. bis 23. Februar mit 36 Teilnehmern im Physikzentrum statt, die behandelten Themen waren u. a. Experimente zur Atom- und Molekülphysik im Praktikum, Messen und Messtechnik im adre-satenspezifischen Kontext, Ausbildung und Einsatz von Betreuerinnen und Betreuern.

## Take-off-Workshop für Dozierende

Für frisch berufene Professorinnen und Professoren gibt es in anderen Ländern sogenannten „new faculty workshops“. In Deutschland sind solche Workshops bislang aber nicht verbreitet, und falls sie überhaupt angeboten werden, dann nicht spezifisch für die Physik. Dieser Lücke sollte dieser von der Stiftung finanzierte Workshop schließen und dafür jungen Hochschullehrerinnen und -lehrern aus der Physik die Möglichkeit bieten, die mit ihrer neuen Rolle verbundenen Erwartungen zu reflektieren, sich mit Kolleginnen und Kollegen in ähnlicher Situation auszutauschen und zu vernetzen sowie Beispiele guter Praxis in der Lehre kennenzulernen und

sich mit neuen Lehrmethoden auseinanderzusetzen. Der Workshop fand am 13. und 14. Januar mit 19 Personen im Physikzentrum statt (pandemiebedingt gab es einige kurzfristige Absagen). Das Programm umfasste neben einigen wenigen Vorträgen eine Podiumsdiskussion, Workshops zur Kommunikations-Perfomanz bzw. zu Kohärenz und Visualisierung sowie viel Zeit zum Netzwerken. Die positive Resonanz zeigte den Bedarf nach einer solchen physikspezifischen Veranstaltung.

---

### ■ **Workshop: Forschungsdaten im Physikstudium**

Auch als Folge der Digitalisierung werden in der Forschung immer größere Datenmengen erhoben und mit immer ausgefeilteren Methoden verarbeitet. Dies verändert die Wissenschaft nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ, indem es neue wissenschaftliche Methoden, Ansätze und Fragestellungen ermöglicht. In besonderem Maße gilt dies für die Physik. Dennoch spielen die Themen Digitalisierung, Datenmanagement, Computerphysik, Maschinelles Lernen in den universitären Physik-Curricula bisher kaum eine Rolle und selbst elementare Computer- und Programmierkenntnisse werden von Universität zu Universität sehr unterschiedlich vermittelt. Diese Diskrepanz war der Ausgangspunkt für diesen von der Stiftung geförderten Workshop, der vom 20. bis 22. April mit 35 Teilnehmenden im Physikzentrum stattfand. Der Workshop war gedacht als erster Schritt zur Erarbeitung einer Studie, die das Thema „Forschungsdaten und Programmieren im Physikstudium“ umfassend aufarbeitet sowie Handlungsempfehlungen geben soll. Damit möchte die DPG auch einen Beitrag zur Umsetzung der NFDI-Initiative (Nationale Forschungsdateninfrastruktur) des BMBF leisten.

---

### ■ **Klausurtagung: Physikdidaktik – Quo vadis?**

Auf Initiative des DPG-Fachverbands Didaktik der Physik und gefördert von der Stiftung trafen sich vom 8. bis 11. Juni 40 Professorinnen und Professoren für Physikdidaktik aus Deutschland, Österreich und der Schweiz sowie vier Vertreter nicht professoral besetzter Standorte zur Klausur-

tagung „Physikdidaktik – Quo vadis? Zukunftsperspektiven physikdidaktischer Forschung“ im Tagungszentrum Reinhardswaldschule bei Kassel. Der Präsenztagung war eine mehrjährige Vorbereitungsphase vorausgegangen, die zu einem „Quo vadis-Prozess“ mit drei zentralen Phasen führte: Analyse, Zukunftsperspektiven und konkrete Schritte. In moderierten Kleingruppen zeigten sich die hohe Bereitschaft und das große Engagement aller Teilnehmenden zur offenen und wertschätzenden Diskussion. Zentrales Ergebnis der Tagung sind sieben Arbeitsgruppen zu Zukunftsthemen der Physikdidaktik: Hochschuldidaktik, neue Tagungsformate, Portal „Leifi“-Physikdidaktik, Lehr-Lern-Wege zur Physik, Interessensforschung, Graduiertenprogramme, Quo vadis MINT-Didaktik?

---

### ■ **Heinrich-Gustav-Magnus-Preis für Physik-Lehrkräfte (PGzB)**

Im Berichtsjahr hat die PGzB zum achten Mal den von der Stiftung finanzierten „Heinrich-Gustav-Magnus-Preis“ für hervorragende Physiklehrerinnen und -lehrer an Berliner oder Brandenburger Schulen vergeben. Gewürdigt werden soll „herausragendes Engagement, den Physikunterricht modern und begeisternd zu gestalten“. Vorschläge müssen von der jeweiligen Schulleitung befürwortet werden. Die Jury, darunter zwei Vertreter der Stiftung, wählte aus den Nominierungen die vier Preisträger Chrystian Altenkirch (Droste-Hülshoff-Gymnasium Berlin), Matthias Franke (Bettina-von-Arnim-Schule, Berlin), Sebastian Lenk (Lilienthal-Gymnasium Berlin) sowie Steffen Stelter (Neue Gesamtschule Babelsberg). Die Preisträger erhalten ein Preisgeld von 500 Euro, ihre Schule eine Gerätespende in Höhe von 1500 Euro für ihre Lehrmittelsammlung.

---

### ■ **Lehrmittelkommission der Arbeitsgruppe Physikalische Praktika (AGPP)**

Die Lehrmittelkommission der AGPP innerhalb des DPG-Fachverbands „Didaktik der Physik“ hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Qualität der experimentellen Physikausbildung durch zeitgemäße Praktikums- und



Prof. Dr. Stefan Eisebitt (links) überreichte den Heinrich-Gustav-Magnus-Preis an (von rechts) Sebastian Lenk, Matthias Franke sowie Steffen Stelter. Da der vierte Preisträger, Christian Altenkirch, verhindert war, nahm eine Kollegin den Preis stellvertretend in Empfang. (Foto: PGzB)

Demoversuche zu verbessern. Dazu zählen einerseits die Entwicklung innovativer Experimente, die neue Technologien aufgreifen und widerspiegeln, und andererseits die Modernisierung klassischer Experimente. Im Rahmen eines mehrjährigen Projekts fördert die Stiftung diese Arbeit. Im Juni fand in Salzburg der 11. Workshop der Lehrmittelkommission mit 32 Teilnehmenden in Präsenz statt. Dabei wurden u. a. Experimente zur optischen Interferometrie mit dem Fabry-Perot- und Michelson-Interferometer, zur Ultraschallphysik und deren Umsetzung in Lehrmittel für den Klassenraum oder ein Analogieexperiment zur Detektion von Gravitationswellen vorgestellt.

### ■ Leading for Tomorrow – das DPG-Leadership-Programm für Physikerinnen und Physiker

Physikerinnen und Physiker sind in unzähligen Branchen und Berufsgruppen gefragt. Sie werden auch in Führungs-

und Managementpositionen aufgrund hoher Problemlösekompetenz eingesetzt, allerdings bereitet das Studium der Physik wenig auf Personalführung und Management vor. Diese Lücke soll „Leading for Tomorrow“ schließen. Dieses Leadership-Programm für Physikerinnen und Physiker während der Promotion und in der Post-Doc-Phase (aber auch Berufseinsteiger aus Industrie und Wirtschaft) hat als Zielgruppe künftige Führungskräfte in Industrie und Wirtschaft ebenso wie Wissenschaftsmangerinnen und -manager. Das Programm setzt auf die Vermittlung von Grundkompetenzen sowie die Reflexion des Gelernten und der eigenen Stärken. Für den sechsten Durchgang gingen etwas weniger Bewerbungen ein als für den fünften (96 statt 102). Die Auswahlkommission wählte daraus 30 Männer und 15 Frauen (weitere 3 bevorzugten eine neutrale Anrede) zwischen 25 und 38 Jahren aus, die zu 52 Prozent Doktoranden und zu 21 Prozent Postdocs waren sowie zu 27 Prozent Industrie und Wirtschaft bzw. sonstigen Bereichen zuzuordnen waren.

Im Gegensatz zu den Vorjahren konnten Auftakt-, Abschlussveranstaltung und Workshops wieder in Präsenz im Magnus-Haus Berlin stattfinden. Die Stiftung hat das Programm komplett finanziert.

### ■ DPG-Jubiläum 175 Jahre

Für das 175-jährige Gründungsjubiläum der DPG war im Juni 2020 eine große Festveranstaltung im Rahmen der Berliner „Langen Nacht der Wissenschaft“ geplant, für welche die Stiftung eine Finanzierungszusage gemacht hatte. Mit einer Verspätung von zwei Jahren konnte die Veranstaltung in kleinerem Rahmen am 11. Juni 2022 im Magnus-Haus Berlin stattfinden. Unter dem Motto „Physik und Gesellschaft“ machte sie insbesondere die Bedeutung physikalischer Forschung für die Gesellschaft deutlich. In zwei Festvorträgen vertieften der Verfassungsrechtler und ehemalige Richter am Bundesverfassungsgericht Udo Di Fabio sowie der Nobelpreisträger Klaus von Klitzing dieses Motto. Udo Di Fabio widmete sich unter dem Titel „Zur Freiheit der Wissenschaft“ dem gesetzlichen Rahmen der Forschung, insbesondere im Hinblick auf die im Grundgesetz verankerte Wissenschaftsfreiheit. Klaus von Klitzing hingegen diskutierte die Frage, inwieweit hinsichtlich der Klimakrise Fakten überzeugen können. Die Vorträge sind ebenso wie ein anlässlich des Jubiläums erstelltes und von der Stiftung finanziertes Video auf dem Youtube-Kanal der DPG zu finden.



Link zum Youtube-Kanal der DPG mit unter anderem dem Jubiläumsvideo.

### ■ Vortragsreihen im Magnus-Haus Berlin

Seit 1995 unterstützt die Stiftung die DPG bei der Durchführung von Veranstaltungen im Magnus-Haus Berlin (Vorträge, „Industriegespräche“, Podiumsdiskussionen, Arbeitstreffen). Im Berichtsjahr fanden sieben wissen-

schaftliche Abendvorträge, neun Veranstaltungen des Formats „Physics & Pizza“, zwei Industriegespräche und eine Podiumsdiskussion statt, alle in hybrider Form. Aus den Fördermitteln der Stiftung werden Bewirtungskosten, Druck- und Versandkosten für die Einladungen sowie Reisekosten für die eingeladenen Referenten beglichen.

### ■ Berliner Physikalisches Kolloquium (PGzB)

Seit 1998 unterstützt die Stiftung die von der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin (PGzB) initiierte und gemeinsam von den drei Berliner Universitäten und der Universität Potsdam organisierte zentrale Berliner Veranstaltungsreihe „Berliner Physikalisches Kolloquium“ im Magnus-Haus. Sie gibt damit dem Bemühen der Berliner Physiker, das Magnus-Haus für Begegnungen von Physikern zu nutzen, eine finanzielle Basis. Die Reihe ist im Programm des Magnus-Hauses fest etabliert. Insbesondere für junge Wissenschaftler hat sich die Veranstaltungsreihe zu einem wichtigen Forum der Kontaktaufnahme entwickelt. Im Berichtsjahr haben acht Kolloquien stattgefunden, pandemiebedingt zwei nur online, die anderen sechs aber hybrid oder als reine Präsenzveranstaltungen. Die Themen waren wie in der Vergangenheit breit gestreut und umfassten u. a. Neutrinophysik, topologische Isolatoren und Morphogenese.

### ■ Physik-Studienpreis (PGzB)

Der Physik-Studienpreis der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin (PGzB) wird jährlich für herausragende Absolventinnen und Absolventen des Master-Physikstudiums ausgelobt. Auswahlkriterium ist dabei nicht nur ein exzellenter Abschluss, sondern auch ein konsequent durchgeführtes Studium. Der Preis soll auch dazu dienen, die Absolventen für eine Karriere in der Forschung zu gewinnen. Im Wettstreit zwischen den fünf Universitäten BTU Cottbus-Senftenberg, FU Berlin, HU Berlin, TU Berlin und U Potsdam werden am Ende eines jeden Sommersemesters acht Preise vergeben. Nachdem die Stiftung den Preis bereits bis 2011 finanziert hatte, haben die Gremien



Bei der verspäteten Jubiläumsveranstaltung der DPG hielt der Physik-Nobelpreisträger Prof. Dr. Klaus von Klitzing einen Festvortrag zu den physikalischen Fakten einer klimagerechten Energiewende. (Foto: G. Samulat, DPG)

nun einer erneuten Förderung zugestimmt. Die drei Preisträgerinnen und fünf Preisträger 2022 erhielten ihre Auszeichnung im Rahmen einer Festveranstaltung Mitte Juli im Magnus-Haus.

### ■ Raumlufreinigung Physikzentrum

Im Berichtsjahr hat die Stiftung Mittel bereitgestellt für die Beschaffung von vier Geräten zur Raumlufreinigung für das Physikzentrum. Das Physikzentrum hat bereits kurz nach Beginn der Corona-Pandemie ein umfassendes Hygienekonzept implementiert, dessen Schwachstellen aber die längeren Aufenthalte der Gäste im Speisesaal und im Lichtenberg-Keller waren. Insbesondere die langen Abende im Lichtenberg-Keller dienen dem persönlichen und wissenschaftlichen Austausch der Teilnehmenden in einer entspannten Atmosphäre und sind integraler Bestandteil

der WE-Heraeus-Seminare und anderen von der Stiftung geförderten Veranstaltungen. Die beschafften Geräte „Soluva Air“ von Heraeus Noblelight entkeimen die Luft mit UV-C-Licht und erhöhen damit die Sicherheit der Gäste des Physikzentrums, ohne dass diese auf den Austausch unter Kolleginnen und Kollegen verzichten müssen.

# 13 AUSGABENSTRUKTUR

Nach dem starken pandemiebedingten Einbruch der Ausgaben sind die Ausgaben 2022 erneut deutlich gestiegen und lagen über den Ausgaben 2019. Die Aufwendungen für Stiftungszwecke im Rahmen der regulären Programme einschließlich Verwaltungskosten beliefen sich im Berichtsjahr auf rund 4,4 Millionen Euro. Die folgende Tabelle zeigt die Struktur der Mittelverwendung. Förderprogramme mit der DPG, die der Lehrerausbildung oder der Schülerförderung dienen, wurden entsprechend

zugeordnet, obwohl sie im Jahresbericht im Kapitel 12 aufgeführt sind. Daneben wurde auch 2022 wieder Risikovorsorge in Form von Freier Rücklage gemäß § 58 Nr. 7a AO getroffen.

	2022	2021
Seminare inkl. binational	28,3 %	19,6 %
Klausurtagungen	2,0 %	0,9 %
Physikschulen	9,0 %	6,5 %
Symposien   Arbeitstreffen   Workshops	4,5 %	3,3 %
Dissertationspreise	1,8 %	2,3 %
Seniorprofessuren	2,9 %	4,7 %
Lehrerausbildung   Lehrerfortbildung	4,6 %	4,3 %
Schülerförderung: Beispielhafte Einzelprojekte ...	7,2 %	17,1 %
Schülerförderung: Außerschulische Lernorte ...	13,3 %	15,4 %
Mitgliedschaften   Verschiedenes	3,1 %	4,1 %
Förderprogramme mit DPG	14,9 %	12,3 %
Verwaltungskosten	8,4 %	9,5 %

## IMPRESSUM

### **Herausgeber**

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung  
Kurt-Blaum-Platz 1 | 63450 Hanau

Telefon +49 6181 92325-0

Fax +49 6181 92325-15

[info@we-heraeus-stiftung.de](mailto:info@we-heraeus-stiftung.de)

[www.we-heraeus-stiftung.de](http://www.we-heraeus-stiftung.de)

### **Redaktion**

Dr. Stefan Jorda

### **Bildnachweise**

Titel oben links: Viel Zeit für ausführliche Diskussionen ist ein Markenzeichen der Physikschulen im Physikzentrum.

(Foto: A. Wickenbrock)

Titel oben rechts: Im August fand am Internat Louisenlund ein Forschungscamp statt für die Landessieger von „Schüler experimentieren“ in der Kategorie Physik. (Foto: plus-MINT, Sven Meier)

Titel unten links: Dr. Marta Urbanska hat den Dresdner Promotionspreis Physik 2022 aus den Händen des Dekans Prof. Dr. Carsten Timm (links) sowie des Vorsitzenden der Preiskommission Prof. Dr. Roland Ketzmerick erhalten. (Foto: TU Dresden)

Titel unten rechts: In der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften fand ein Symposium zu den ersten Ergebnissen des James-Webb-Weltraumteleskops statt. (Foto: Leon Kuegeler, photothek.de)

### **Grafische Gestaltung**

Andrea Reuter | Annweiler am Trifels

### **Druck**

Offsetdruckerei E. Sauerland GmbH | Gelnhausen

März 2023

