



## **GREMIEN UND MITARBEITER**

### **Vorstand**

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

### **Wissenschaftlicher Beirat**

Dr. Klaus Dieterich, Stuttgart  
Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus, Universität Bielefeld  
Prof. Dr. Dieter Meschede, Universität Bonn (ex officio für DPG)  
Dr. Heike Riel, IBM Zürich  
Prof. Dr. Wolfgang Schleich, Universität Ulm  
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. Joachim Ullrich, PTB Braunschweig  
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

### **Sitzungen des Wissenschaftlichen Beirats**

17. April 2021, Videokonferenz  
9. Oktober 2021, Hannover

### **Sitzungen des Vorstands**

16./17. April 2021, Videokonferenz  
8./9. Oktober, Hannover

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	26
<b>3</b> Klausurtagungen	28
<b>4</b> Physikschulen	30
<b>5</b> Symposien   Tagungen   Workshops	36
<b>6</b> Dissertationspreise	38
<b>7</b> Seniorprofessuren	40
<b>8</b> Lehrerausbildung   Lehrerfortbildung	43
<b>9</b> Schülerförderung: Beispielhafte Einzelprojekte an Schulen	51
<b>10</b> Schülerförderung: Außerschulische Lernorte   Teilnahmestipendien   Wettbewerbe   Preise	56
<b>11</b> Mitgliedschaften   Verschiedenes	64
<b>12</b> Förderprogramme in Zusammenarbeit mit der Deutschen Physikalischen Gesellschaft	66
<b>13</b> Ausgabenstruktur	72



## VORWORT

Auch in ihrem zweiten Jahr hat die Coronavirus-Pandemie die Stiftung herausgefordert und viele ihrer Aktivitäten mehr oder minder stark beeinträchtigt. Verglichen mit dem Vorjahr gelang es jedoch, wesentlich mehr Veranstaltungen in hybrider Form oder komplett online durchzuführen. Dies lässt sich bereits unmittelbar am wieder gestiegenen Umfang dieses Jahresberichts ablesen, der gemäß dem Stiftungszweck gegliedert ist, d.h. Förderung von Forschung und Ausbildung auf dem Gebiet der Naturwissenschaften durch unmittelbare und mittelbare Aktivitäten.

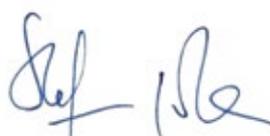
Zu den Aktivitäten im Bereich der Forschungsförderung zählt wesentlich die Förderung des wissenschaftlichen Gedankenaustauschs, insbesondere durch die Organisation der Wilhelm und Else Heraeus-Seminare. Zwar war in der ersten Jahreshälfte an Präsenzveranstaltungen nicht zu denken, und das Physikzentrum Bad Honnef blieb notgedrungen verwaist. Allerdings wurden stattdessen zahlreiche virtuelle WE-Heraeus-Seminare mit der Plattform MeetAnyway durchgeführt, die auch den informellen Austausch sowie Postersitzungen ermöglicht. Dennoch war die Freude natürlich groß, als das Physikzentrum zumindest über den Sommer wieder die Türen für hybride Seminare öffnete. Auch zahlreiche andere von der Stiftung geförderte Veranstaltungen zum wissenschaftlichen Austausch fanden wieder statt, wie die Kapitel 1–5 verdeutlichen.

Bei den Stiftungsaktivitäten zur Förderung der Ausbildung blieb das Bild gemischt hinsichtlich der Auswirkungen der Pandemie. Während die Seniorprofessoren überwiegend stark in ihrer Arbeit eingeschränkt waren (Kapitel 7), kamen mehrere Lehrerfortbildungen zustande (Kapitel 8), und viele Projekte der Schülerförderung konnten mit relativ geringen Einschränkungen durchgeführt werden (Kapitel 9 und 10).

Im Berichtsjahr hat die Deutsche Physikalische Gesellschaft virtuelle Frühjahrstagungen durchgeführt, und auch zahlreiche andere Veranstaltungen konnten stattfinden, sodass die Auswirkungen auf die gemeinsamen Förderprogramme deutlich geringer ausfielen als im Vorjahr (Kapitel 12).

Im Frühjahr hat der Vorstandsvorsitzende der Stiftung, Prof. Dr. Jürgen Mlynek, einen Strategie-Prozess angestoßen, mit dem sich die Stiftungsgremien und die Geschäftsstelle seither intensiv beschäftigen. Inzwischen wurden neue Veranstaltungsformate ebenso diskutiert wie weitere Aktivitäten zur Förderung von Schulen. Gleichzeitig wird die Stiftung natürlich erfolgreiche Programme fortführen und weiterentwickeln. Darüber wird noch ausführlicher zu berichten sein.

Hanau, im Januar 2022



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 746 Seminaren haben insgesamt fast 46 000 Personen teilgenommen, davon rund 18 700 (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 im Berichtsjahr durch ein von der Stiftung finanziertes Konferenzsystem weiter verbessert wurde. Dieses besteht aus Mikrofonen an den Sitzplätzen sowie einigen Kameras und macht das Geschehen im Hörsaal „netzwerkfähig“, was insbesondere für hybride Veranstaltungen einen großen Fortschritt bedeutet. Möchte z. B. ein Teilnehmer vor Ort einer online zugeschalteten Sprecherin eine Frage stellen, so muss ersterer nur sein Mikrofon aktivieren. Dies bewirkt, dass die entsprechende Kamera automatisch in die voreingestellte Position fährt und die Sprecherin den Fragesteller nicht nur hört, sondern auch sieht. Damit entfällt zudem das Herumreichen von Handmikrofonen.

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 25 Anträge auf Durchführung von Seminaren im Jahr 2021 vor. Nach eingehender Beratung

im Wissenschaftlichen Beirat genehmigte der Vorstand davon 23, mehrere mit Auflagen und Hinweisen zur Verbesserung der Planung und/oder des Programms. Angesichts der anhaltenden Pandemie entschieden sich die Organisatoren von 8 Seminaren dazu, ihre geplanten Veranstaltungen auf 2022 oder 2023 zu verschieben. Gleichzeitig waren 12 Seminare von 2020 auf 2021 verschoben worden, sodass trotz der Pandemie im Berichtsjahr insgesamt 27 Seminare stattfanden, und damit so viele wie vor der Pandemie. An diesen Seminaren nahmen rund 2100 Personen teil, 56 Prozent davon kamen aus dem Ausland (im Vorjahr hatten nur 10 Seminare mit 650 Personen stattgefunden). Im Durchschnitt lag die Teilnehmerzahl pro Seminar bei 78 Personen mit großen Schwankungen zwischen 38 und 124.

Die Stiftung wirbt aktiv für die Beteiligung und Berücksichtigung von Frauen. Vor diesem Hintergrund wurden im Berichtsjahr zehn Seminare von Frauen organisiert bzw. mitorganisiert, und 470 Frauen nahmen an den Seminaren teil (= 22 Prozent).

Von den 27 Seminaren fanden 7 in hybrider Form statt (bis auf eines alle in Bad Honnef), die restlichen 20 als reine online-Veranstaltungen mit der Plattform MeetAnyWay, die dank der im Vorjahr geleisteten Vorarbeiten der Geschäftsstelle ab Jahresbeginn zum Einsatz kam. Im Vergleich zu einer reinen Zoom-Veranstaltung bietet diese Plattform deutlich bessere Präsentations- und Austauschmöglichkeiten, insbesondere für die Postersitzungen. Dazu kann man auf einer übersichtlichen grafischen Oberfläche zwischen einem Auditorium für Plenarvorträge, Tischen für Videochats in Kleingruppen und Postern hin und her wechseln. Auch wenn sich damit der zwanglose fachliche Austausch insbesondere im Lichtenberg-Keller nur teilweise ersetzen lässt, so stieß dieses digitale Format dennoch auf eine sehr gute Resonanz und führte zu vielen angeregten Diskussionen. Einige Organisatoren und Teilnehmer nannten das Format mit MeetAnyWay sogar das Beste, das sie im Laufe der Pandemie kennen gelernt haben. Nicht zuletzt hat es das online-Format auch ermöglicht, Sprecher einzuladen, die nicht nach Bad Honnef gereist wären, und insbesondere viele Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchs-

wissenschaftler waren dankbar, dass sie damit endlich wieder Gelegenheit hatten, ihre eigenen Ergebnisse auf einer internationalen Bühne zu präsentieren.

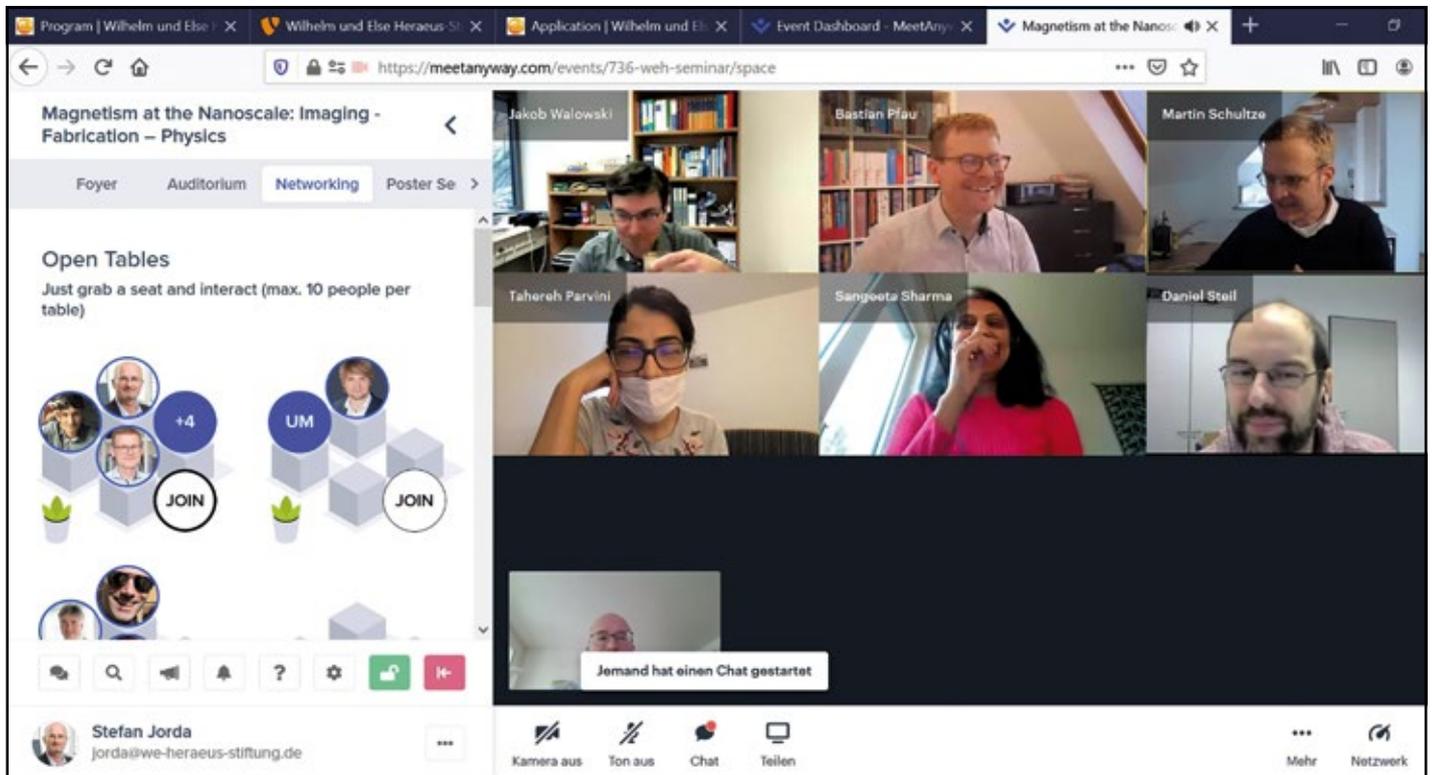
Nachfolgend sind die Seminare in der zeitlichen Abfolge aufgeführt, die aufgrund zahlreicher Verschiebungen von der Reihenfolge ihrer Nummerierung abweicht. Berichte über die Seminare sind im Physik Journal zwischen April 2021 und März 2022 erschienen. Der Geschäftsführer hat an den meisten Seminaren teilgenommen und die Stiftung in einem Kurzvortrag vorgestellt. Ein wichtiges Anliegen dieser Präsentation ist es, das Stifterehepaar zu würdigen.

---

### ■ 736 | Magnetism at the Nanoscale: Imaging – Fabrication – Physics

*6.–8. Januar | MeetAnyWay | Dr. Jakob Walowski, U Greifswald; Dr. Felix Büttner, Helmholtz-Zentrum Berlin; Dr. Bastian Pfau, Max-Born-Institut Berlin (93 TN, davon 22 Frauen, 19 aus dem Ausland)*

Die Entwicklung größerer Speicher und schnellerer Datenverarbeitungsmöglichkeiten erfordert neue technologische Ansätze. Funktionale magnetische Materialien haben dabei großes Potenzial. Der technologische Fortschritt auf diesem Gebiet hängt wesentlich von der Herstellung und Charakterisierung der Materialien und dem Verständnis grundlegender physikalischer Prozesse auf kurzen Zeitskalen und Nanometer-Längenskalen ab. Im Rahmen dieses Seminars, für das erstmals die digitale Konferenzplattform MeetAnyWay zum Einsatz kam, wurden aktuelle Fortschritte dieses Forschungsfeldes diskutiert. Den ersten thematischen Schwerpunkt bildete die Erforschung neuer nanomagnetischer Materialien. Von besonderem Interesse sind dabei weiterhin Materialien, die chirale magnetische Texturen (z. B. Skyrmionen oder Antiskyrmionen) bei Raumtemperatur stabilisieren können. In den vorgestellten Materialien entsteht Chiralität entweder in asymmetrischen Heterostrukturen oder an gekrümmten Flächen. Auch bei den Posterbeiträgen stießen gekrümmte und dreidimensionale Strukturen auf hohes Interesse. Hochauflösende Bildgebungsverfahren



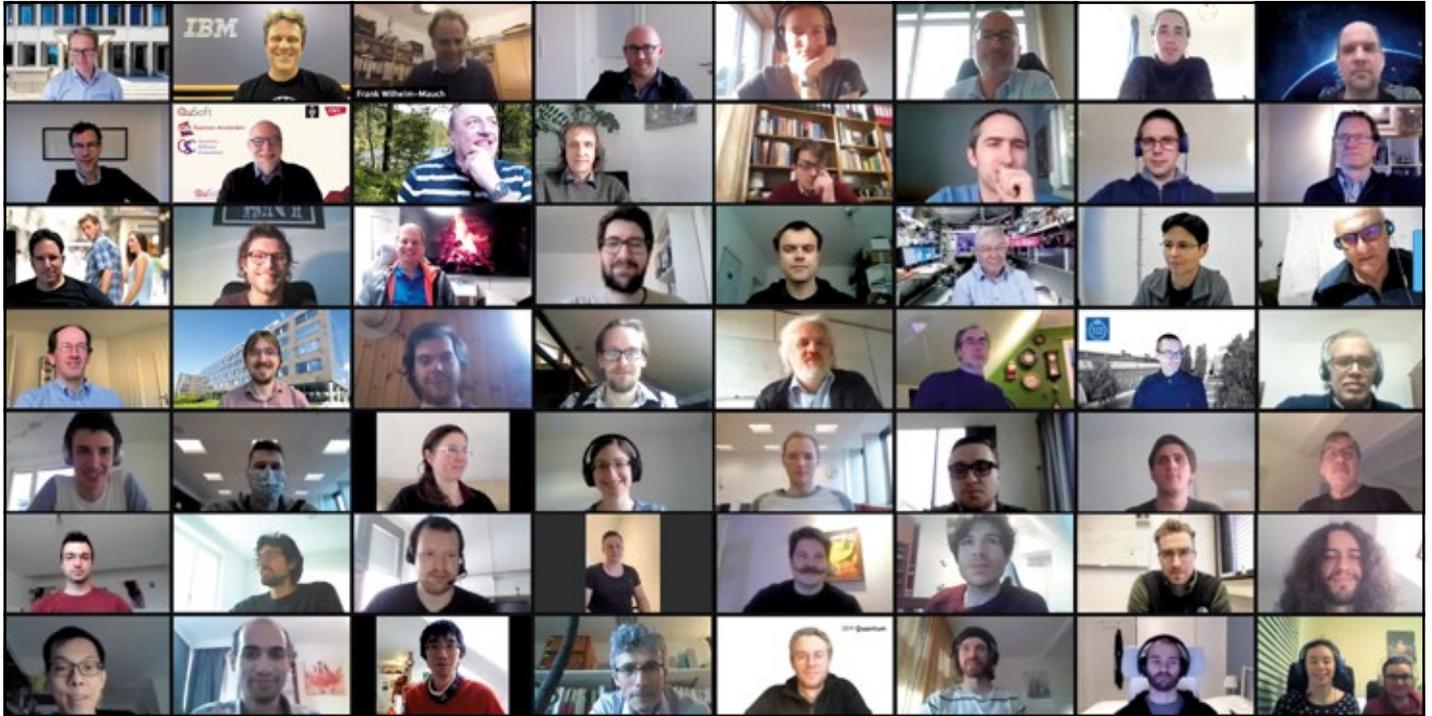
Die Plattform MeetAnyWay hat sich erstmals im Januar 2021 beim 736.WE-Heraeus-Seminar bewährt.

spielen im Bereich des Nanomagnetismus eine zentrale Rolle. Präsentiert wurden beeindruckende technische Fortschritte bei den laborbasierten Rasterverfahren (MFM, STM, NV-Mikroskopie), die zu höherer Sensitivität führen (z. B. Messungen an Antiferromagneten), präzise quantitative Messungen der Magnetisierung erlauben oder lokale Spinwellen-Spektroskopie ermöglichen. Die Röntgenmikroskopie hat sich in den letzten Jahren zum wichtigsten Werkzeug für die zeitaufgelöste Abbildung von mobilen Spinstrukturen entwickelt und hat nun mit 3D-Aufnahmen des Magnetisierungsfeldes eine neue technische Revolution erlebt. Den Abschluss bildeten Beiträge zu ultra-schnellen Magnetisierungsprozessen. Hier standen verschiedene experimentelle Nachweise des erst kürzlich vorhergesagten OISTR-Prozesses (optically induced intersite spin transfer) im Mittelpunkt.

### ■ 737 | Advances in Scalable Hardware Platforms for Quantum Computing

11.–13. Januar | MeetAnyWay | Prof. Dr. Stefan Filipp, Walther-Meissner-Institut, Garching; Dr. Andreas Fuhrer, IBM Zürich, Schweiz; Prof. Dr. Frank Wilhelm-Mauch, U des Saarlandes; Dr. Maud Vinet, CEA-Grenoble, Frankreich (105 TN, davon 14 Frauen, 70 aus dem Ausland)

Schon heute, in der sog. NISQ-Ära (Noisy Intermediate-Scale Quantum), ermöglichen es Quantenrechner, kleine spezifische Aufgaben zu meistern und die grundlegende Funktionsweise einer Vielzahl von Algorithmen aufzuzeigen, ohne jedoch vollständige Fehlerkorrektur bieten zu können. Dieses Seminar brachte viele führende Wissenschaftler aus Universitäten und Industrie zusammen, die mit unterschiedlichen Qubit-Implementierungen an



Bei den online-Seminaren wie dem 737. werden die Vorträge in einem „Zoom-Hörsaal“ gehalten.

skalierbaren Quantensystemen forschen. Der Hauptfokus lag auf den drei Plattformen gefangene Ionen, supraleitende Qubits und Spin-Qubits in Quantenpunkten. Anhand Ionen-basierter Quantensysteme wurde auf die Wichtigkeit von skalierbaren Charakterisierungsmethoden für den zuverlässigen Betrieb eines Quantencomputers ebenso hingewiesen, wie Fehlerkorrekturalgorithmen gezeigt und Mikrowellengatter mit hoher Güte präsentiert wurden. Zudem wurde die Verschränkung von weit entfernten Ionen zur besseren Skalierung diskutiert. Bei den Plattformen mit inzwischen bis zu 50 (!) supraleitenden Qubits gelang es, erste Anzeichen eines Quantenvorteils anhand eines Zufallsalgorithmus sowie die Stabilität eines logischen Qubits zu zeigen, beides wichtige Schritte in Richtung Anwendungsorientierung und praktischer Nutzbarkeit von Quantenprozessoren. Experimente zur Störung durch Materialdefekte oder die kosmische Höhenstrahlung weisen den Weg zu einer weiteren Verbesserung. Zu den deutlich kleineren, auf klassischer Siliziumtechnologie basierten

Spin-Qubits wurden erste Resultate von Chips gezeigt, die mit herkömmlichen Fabrikationsprozessen hergestellt wurden. Diese Systeme lassen sich ohne große Kohärenzverluste auch bei höheren Temperaturen betreiben, wie die vorgestellten Ergebnisse von Lochspin-Qubits bei 4,2 K zeigen. Diese Einblicke in den Stand der Hardwaretechnologie ergänzte Charles Marcus (Kopenhagen und Microsoft) mit einem Überblick in den Entwicklungsstand von topologischen Quantensystemen ideal. Als wichtiger Skalierungsaspekt wurden zudem theoretische Konzepte zur verbesserten Kontrolle der Quantensysteme vorgestellt, die Herausforderungen von Kontrollelektronik bei tiefen Temperaturen diskutiert sowie beeindruckende Weiterentwicklungen auf der Ebene der Algorithmen gezeigt. Wenn es auch noch einige Hürden auf dem Weg zu einer praktischen Anwendung zu nehmen gilt, so zeigte das Seminar doch das stetig steigende Interesse an Quantencomputern und die großen Fortschritte.

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

18.–22. Januar | Prof. Dr. Klaus Blaum, Dr. Holger Kreckel, MPI für Kernphysik, Heidelberg; Prof. Dr. Stefan Schippers, Universität Gießen | Dieses Seminar wurde auf Juni 2022 verschoben.

---

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

25.–28. Januar | Prof. Dr. Ingo Fischer, U Würzburg; Dr. Laurent Nahon, SOLEIL, Frankreich; Dr. David L. Osborn, Sandia National Lab, USA | Dieses Seminar wurde auf Januar 2022 verschoben.

---

### ■ 740 | Experimental Tests and Signatures of Modified and Quantum Gravity

1.–5. Februar | MeetAnyway | Dr. Christian Pfeifer, U Tartu, Estland; Prof. Dr. Claus Lämmerzahl, ZARM, Bremen (91 TN, davon 18 Frauen, 67 aus dem Ausland)

Ein wichtiges Ziel dieses Seminars war es, verschiedene Ansätze und Sichtweisen von Quanten- und modifizierten Gravitationstheorien zu einer vollständigeren Übersicht über dieses aktuelle Forschungsgebiet zusammen zu bringen. Das Programm mit 32 eingeladenen Vorträgen und 42 Postern zog mehr Teilnehmerinnen und Teilnehmer an als ursprünglich in Bad Honnef erwartet. Innerhalb der MeetAnyway-Plattform machten insbesondere die Tische für die Diskussion in kleinen Gruppen ein lockeres Beisammensein zum Austausch untereinander möglich und brachten etwas reale Seminar-Atmosphäre in die online-Welt. Die thematische Breite des Seminars zeigt sich in folgenden Vorträgen: Nick Mavromatos (King's College) zeigte, wie sich aus der Stringtheorie, einem der fundamentalen Ansätze zur Quantengravitation, Abweichungen von der Lokalen Lorentz-Invarianz und eine durch Torsion modifizierte Beschreibung der Gravitation ableiten lassen. Clifford Will (U Florida) arbeitete heraus, dass

Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie und deren mögliche Erweiterungen extrem präzise im schwachen Gravitationsfeld des Sonnensystems überprüft werden können, während Lijing Shao (Beijing) Tests mit Pulsaren in starken Gravitationsfeldern vorgestellt hat. Jutta Kunz (U Oldenburg) erklärte, wie verschiedene Gravitationstheorien die Eigenschaften kompakter astrophysikalischer Objekte beeinflussen. Schließlich beschrieb Ivette Fuentes (U Southampton), wie sich neue Quantentechnologien zur präzisen Vermessung von Gravitationsfeldern eignen. Die Ergebnisse des Seminars sollen als Tagungsband Doktoranden und Postdocs einen umfassenden Zugang zu dem Thema bereitstellen.

---

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

30. März–1. April | Dr. Andreas Ketterer, U Freiburg; Dr. Roope Uola, U Genève, Schweiz | Dieses Seminar wurde auf Juli 2022 verschoben.

---

### ■ 719 | Understanding Transport Processes on the Nanoscale for Energy Harvesting Devices

8.–9. März | MeetAnyway | Prof. Dr. Gabi Schierning, U Bielefeld; Prof. Dr. Roland Schmechel, U Duisburg-Essen (48 TN, davon 16 Frauen, 19 aus dem Ausland)

Auch wenn MeetAnyway den Lichtenberg-Keller und die gemeinsamen Mahlzeiten nicht ersetzen kann, gab es bei diesem Seminar doch lange und tiefgreifende Diskussionen, nicht nur nach den Vorträgen, sondern auch in den Postersitzungen, deren virtuelles Format in gelungener Weise kleine Gesprächsrunden zuließ. Das Seminar spannte den Bogen von thermomagnetischen über thermoelektrischen bis zu pyroelektrischen Bauelementen. Schon der Eröffnungsvortrag von Sebastian Fähler (IFW Dresden) setzte Maßstäbe, führte in die spannende Welt thermomagnetischer Phänomene ein und lieferte eine Abschätzung ihrer Potenziale zum Energy Harvesting. Luana Caron (U Bielefeld) legte nach und beleuchtete die spannenden Aspekte magnetokalorischer Materialien. Die erste

Pause mit „Mingling“ – einer Art wissenschaftlichem Speed Dating – sorgte für Auflockerung und gegenseitigem Kennenlernen. Der zweite Tag stand stärker im Zeichen der Materialien, deren Synthese und Charakterisierung. Hier war der Vortrag von Dave Johnson (U of Oregon) sicher einer der Leuchttürme, aber auch der abschließende Beitrag von Lane Martin (UC Berkeley) über pyroelektrische Effekte und deren Potenzial für die Energiewandlung und Sensorik bestach durch innovative Ansätze und bildete eine inhaltlich Klammer zu den Eröffnungsvorträgen am Vortag. In Erinnerung bleiben wird der Abendvortrag von Jeff Snyder (Northwestern University) zur Rolle von Grenzflächen auf elektrischen und thermischen Transport. Der im Vorfeld aufgezeichnete und mit Untertiteln versehene Vortrag war von einer Prägnanz, von der viele auch nach einem Jahr Performance als „Youtuber“ nur träumen. Die sich anschließende Diskussion über die Rolle von Defekten, Ladungen, Streuprozessen und Tunnelprozessen erfasste fast die gesamte Seminarrunde. Dabei zeigte sich, dass das morgendliche Theorie-Tutorium von Dietrich Wolf (U Duisburg-Essen) hierfür eine sehr gute Vorlage geliefert hatte – offenbar auch bei vielen Teilnehmern in den USA um 4 Uhr Ortszeit.

---

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

15.–19. März | Prof. Dr. Johannes Berg, Prof. Dr. Martin Peifer, U Köln; Dr. Donata Weghorn, Centre for Genomic Regulation, Barcelona, Spanien | Dieses Seminar wurde auf März 2022 verschoben.

---

### ■ 733 | Nanobiotechnology for cell interfaces

17.–18. März | MeetAnyway | Asst. Prof. Dr. Eva Sevcsik, TU Wien, Österreich; Prof. Dr. Sebastian Springer, Jacobs University Bremen (100 TN, davon 50 Frauen, 70 aus dem Ausland)

Große Fortschritte in der Technik auf der Mikro- und Nanoskala haben es in den letzten Jahren ermöglicht, Oberflächen zu schaffen, die spezifische physikalisch-

chemische Eigenschaften der natürlichen zellulären Mikroumgebung simulieren, die aber auch die Manipulation der zellulären Organisation und der Signalprozesse mit einer noch nie dagewesenen Präzision ermöglichen. Das betrifft vor allem die lithografische Strukturierung und die Verarbeitung von Dünnschichtmaterialien, die Polymer-selbstorganisation und die DNA-Origami-Nanotechnologie zusammen mit neuen Mikroskopietechniken. Solche Grenzflächen herzustellen und anzuwenden erfordert eine interdisziplinäre und enge Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Ingenieuren aus Physik/Elektrotechnik, Materialwissenschaften/Chemieingenieurwesen und Biochemie/Biotechnologie/Zellbiologie. Die Arbeit über traditionelle disziplinäre Grenzen hinweg setzt auch die Entwicklung einer gemeinsamen Sprache und komplementärer Perspektiven voraus. Die Plattform MeetAnyway erwies sich als sehr geeignet und erlaubte den Teilnehmerinnen und Teilnehmern Interaktionsmöglichkeiten, die in Präsenz-Veranstaltungen so nicht üblich sind: So konnten die Vortragenden Fragen aus dem Publikum im Nachhinein schriftlich beantworten, und sie standen an „Speaker Tables“ für jeden zu sehr intensiven Diskussionen bereit. Durch die zeitliche Straffung gab es zeitweise parallele Vorträge, wobei ein störungsfreier Wechsel zwischen den zwei virtuellen Seminarräumen sehr einfach war. Sehr wertvoll war auch, dass die zahlreichen Poster für die Dauer des gesamten Seminars verfügbar waren, und auch hier war der fachliche Austausch sehr effizient. Besonders prominent unter den präsentierten wissenschaftlichen Ergebnissen waren die starke Ausweitung der Verwendung von Nukleinsäuren (als DNA-Origami, aber auch als Sensoren und Strukturelemente), die Fortschritte in der Mikro- und Nanostrukturierung von Oberflächen und neue Resultate zur Zelladhäsion sowie der Aktivierung von T-Zellen. Das Programm umfasste neun lange und neun kurze eingeladene Vorträge, drei Kurzvorträge, die aus den Posterabstracts ausgewählt wurden, sowie eine Postersitzung mit 37 Beiträgen.

---

### ■ 743 | Process Integration, Chemical and Thermal Energy Storage for the Energy Transformation

22.–24. März | MeetAnyway | Prof. Dr. Burak Atakan, U Duisburg-Essen; Prof. Dr.-Ing. Johannes Janicka, TU Darmstadt (59 TN, davon 13 Frauen, 14 aus dem Ausland)

Dieses Seminar befasste sich mit den Möglichkeiten der Energiespeicherung und deren Bewertung. Aufgrund der großen Herausforderungen der Energiewende und des Klimawandels, aber auch der unterschiedlichen Sichtweisen der Disziplinen, waren Ingenieur-, Natur- und Wirtschaftswissenschaftler sowie Industrievertreter zum Austausch eingeladen. Einig waren sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer darin, dass es einen zunehmenden Bedarf an Energiespeichermöglichkeiten geben wird, dieser jedoch ausreichend Energie aus CO<sub>2</sub>-armen Energiequellen voraussetzt, was bisher nicht absehbar ist. Besonders vorteilhaft wäre der Ersatz aktuell genutzter CO<sub>2</sub>-intensiver Prozesse. Neben der Elektrolyse von Wasserstoff, der sich zu verschiedenen weiteren Energieträgern hoher Energiedichte wie etwa Kohlenwasserstoffen oder Ammoniak umwandeln lässt, standen alternative Möglichkeiten im Zentrum des Interesses. Als Beispiel sei die Nutzung von Eisen-Eisenoxid-Zyklen erwähnt; hierbei könnte bestehende Infrastruktur (z. B. Kohlekraftwerke) weiter genutzt und eine verhältnismäßig hohe Effizienz erzielt werden, bei vergleichsweise geringen Risiken. Zusätzlich zu den Möglichkeiten der Energiespeicherung in Ammoniak und dessen Rekonversion in Verbrennungssystemen gibt es auch interessante Überlegungen und detaillierte Untersuchungen zur Nutzung von Schwefeloxiden oder Calciumhydroxid als Energieträger, deren hohe Energiedichte ebenfalls den Transport aus anderen Weltregionen erleichtern würde. Methoden der Entscheidungsanalyse, wie sie beispielsweise für das Land Niedersachsen angewandt wurden, in den Natur- und Technikwissenschaften aber kaum verbreitet sind, stellen umfassende Kataloge von Bewertungsparametern bereit, die über rein energetische Kennzahlen hinausgehen und in der Lebenszyklusanalyse auch weitere ökologische Parameter heranziehen. Diese können Entscheidungsträgern für eine fundierte Wahl bestimmter Energiespeichersysteme

dienen. Wie die Energiesystemanalyse aufzeigte, gibt es aktuell eine Diskrepanz zwischen dem gesellschaftlichen Energiespeicherbedarf und der Möglichkeit, hiermit Erträge zu erzielen. Im Hinblick auf die CO<sub>2</sub>-Neutralität sollten zur Bewertung alle Optionen betrachtet werden, inklusive der CO<sub>2</sub>-Abscheidung, Nutzung oder Speicherung. Ob solche – häufig günstigen – Optionen realisiert werden, muss jedoch im gesellschaftlichen Konsens entschieden werden.

### ■ 744 | Towards Storage Ring Electric Dipole Moment Measurements

29.–31. März | MeetAnyway | Dr. Michael Lamont, CERN, Schweiz; Prof. Dr. Jörg Pretz, FZ Jülich und RWTH Aachen; Priv.-Doz. Dr. Andreas Wirzba, FZ Jülich (72 TN, davon 12 Frauen, 43 aus dem Ausland)

Nach unserem heutigen Verständnis entstand das Universum im Urknall mit Materie und Antimaterie im Gleichgewicht. Nur aufgrund von Symmetrieverletzungen in den fundamentalen Wechselwirkungen hat sich der Anteil, den wir Materie nennen, durchgesetzt. Dabei kommt der CP-Verletzung eine entscheidende Bedeutung zu. Da diese im Standardmodell der Teilchenphysik jedoch um Größenordnungen zu klein ist, um die heutige Dominanz von Materie zu erklären, wird nach neuartigen CP-verletzenden Wechselwirkungen gesucht. Solche Wechselwirkungen könnten sich in permanenten elektrischen Dipolmomenten (EDMs) subatomarer Teilchen manifestieren, die Spin tragen und nicht ihre eigenen Antiteilchen sind. Trotz vieler Suchen und immer höherer Empfindlichkeit gelang es bisher nicht, ein permanentes elektrisches Dipolmoment eines atomaren oder subatomaren Teilchens zu beobachten. Zu den bisher untersuchten Systemen gehören Neutronen, Myonen, Atome und Moleküle. Dieses Seminar konzentrierte sich auf die direkte Messung von EDMs geladener Hadronen und leichter Kerne (z. B. Proton, Deuteron, <sup>3</sup>He) an Beschleunigern. Solche Messungen sind bisher noch nie durchgeführt worden. Sie erfordern den Betrieb einer neuen Art hochpräziser Speicherringe, die elektrische statt magnetische Felder verwenden. Ziel des Seminars war es, Experten aus der

Experimental-, Beschleuniger- und theoretischen Physik zusammenzubringen, um die nächsten Schritte zum Bau eines solchen Präzisionsspeicherrings zu diskutieren. Insgesamt wurden 29 Vorträge gehalten. Darunter waren 9 Theoriebeiträge, die auch weitere mögliche Observablen, wie die Suche nach Axionen, Dunkler Materie und Dunkler Energie sowie Effekte der Allgemeinen Relativitätstheorie in Speicherringexperimenten, beleuchteten. Etwa 15 Vorträge beschäftigten sich mit dem Design eines neuartigen Speicherrings bzw. stellten wichtige Meilensteine vor, die bereits am existierenden Speicherring COSY am Forschungszentrum Jülich erzielt wurden und in das Design eines neuartigen Beschleunigers einfließen werden. Vorträge zu Ergebnissen anderer Experimente, die sich auf permanente elektrische und magnetische Dipolmomente bzw. auf weitere explizite Brechungen fundamentaler Symmetrien bezogen, rundeten das Programm ab.

---

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

12.–16. April | Prof. Dr. Achim Kittel, Priv.-Doz. Dr. Svend-Age Biehs, U Oldenburg | Dieses Seminar wurde auf September 2022 verschoben.

---

#### ■ 746 | Koopman Methods in Classical and Classical-Quantum Mechanics

19.–23. April | MeetAnyway | Prof. Dr. Denys I. Bondar, Tulane University, New Orleans, USA; Prof. Dr. Irene Burghardt, U Frankfurt; Prof. Dr. François Gay-Balmaz, CNRS und École Normale Supérieure, Paris, Frankreich; Prof. Dr. Igor Mezic, UC at Santa Barbara, USA; Prof. Dr. Cesare Tronci, University of Surrey, UK, und Tulane University, USA (69 TN, davon 6 Frauen, 59 aus dem Ausland)

Zu diesem Seminar trafen sich internationale Vertreterinnen und Vertreter von Chemie, Mathematik und Physik zu einem umfangreichen Programm aus 25 eingeladenen und 14 weiteren Vorträgen sowie einer Postersitzung. Ausgehend von den Beiträgen der „Gründerväter“ (Diósi,

Kapral, Gerasimenko) standen zum Auftakt verschiedene quanten-klassische Theorien im Mittelpunkt. Die von D. Bondar geleitete Diskussion war sehr gut besucht und drehte sich hauptsächlich um quanten-klassische Hybridmethoden. Am zweiten Tag kam eine breite Mischung von Aspekten zur Sprache, von relativistischer Dynamik zur Molekulardynamik und Plasmaphysik. Zu den vorgestellten neuen Konzepten gehörte die Anregung von I. Joseph, Koopman-Wellenfunktionen zu verwenden, um mithilfe von Quantenrechnern klassische Simulationen durchzuführen. Diesen Gedanken griff später D. Giannakis auf. Die Postersitzung fand breites Interesse und deckte vor allem diverse quanten-klassische Hybridformulierungen sowie offene Quantensysteme ab. Der Schnittstelle zwischen Chemie und Mathematik war der dritte Tag gewidmet, illustriert etwa durch die komplementären Beiträge von C. Lasser und I. Burghardt. Quanten-klassische Beschreibungsformen in der „Mathematischen Chemie“ besitzen großes Anwendungspotenzial – und ein hohes Potenzial für Synergie –, selbst wenn die beiden Forschungsfelder häufig nicht in direktem Kontakt miteinander stehen. Die von I. Mezic geleitete Diskussion deckte Aspekte der quanten-klassischen Kopplung und die von I. Joseph herausgestellte Rolle klassischer Phasen ab. Der vierte Seminartag begann mit Beiträgen aus der Mathematischen Physik, gefolgt von Vorträgen aus der Chemie und über dynamische Systeme; dabei hielt N. Črnjarič-Žic einen Spezialvortrag über die Anwendung von Koopman-Operatoren. Die von E. Gross geleitete Diskussionsitzung befasste sich schwerpunktmäßig mit Fragen aus der Chemie und Festkörperphysik. Am Abschlusstag stand wieder die quanten-klassische Dynamik im Vordergrund, mit Ausnahme der Beiträge von S. Ius und I. Franco aus der Mathematik bzw. Chemie. Abschließend wurden nochmals Fragen zur quanten-klassischen Formulierung im Rahmen der Koopman-Theorie erörtert. C. Tronci konnte verschiedenen Einwänden begegnen und stellte heraus, dass konsistente Koopman-Hybridsysteme den grundlegenden Erhaltungsgesetzen genügen.

### ■ 723 | **Advanced Physical and Computational Techniques to Investigate Protein Dynamics**

26.–28. April | MeetAnyway | Prof. Dr. Christian Freund, Prof. Dr. Frank Noé, Dr. Esam Abualrous, FU Berlin (91 TN, davon 22 Frauen, 45 aus dem Ausland)

Ziel dieses Seminars war es, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Experiment und Theorie zusammen zu bringen, um die neuesten Entwicklungen auf dem Feld der Protein-Dynamik darzustellen und zu diskutieren. So wurden methodische Entwicklungen in spektroskopischen Verfahren, z. B. NMR- und EPR-Spektroskopie, ebenso dargestellt wie Fortschritte in der Röntgenkristallographie oder der Elektronenmikroskopie. Computergestützte Methodenentwicklungen zielten insbesondere darauf, neue Lernalgorithmen zur Analyse der strukturellen und dynamischen Eigenschaften biologisch relevanter Makromoleküle oder Prozesse zu verwenden. Als zentral stellte sich die Frage heraus, wie es gelingt, die wesentlichen Eigenschaften atomistisch beschriebener Makromoleküle in komplexere Systeme zu integrieren, ohne eben die atomistische Beschreibung im Detail beizubehalten. Cecilia Clementi (Berlin), Rommie Amaro (San Diego), Bert de Groot (Göttingen) und Gianni De Fabritiis (Barcelona) wiesen hier interessante Lösungsmöglichkeiten auf, die invariante und erlernte Eigenschaften kombinieren, um entsprechende Funktionen zu definieren, die das Verhalten von miteinander wechselwirkenden Eiweißen beschreiben. Dabei wurden dann experimentelle Systeme einbezogen oder simuliert, für die experimentelle Parameter vorlagen, z. B. aus Einzelmolekül-Mikroskopie-Verfahren oder thermodynamischen Experimenten. Diese Rückkopplung von theoretischen Simulationen mit experimentellen Daten war ein durchgängiges Thema des Seminars. Die Nutzung großer Datenmengen erlaubt dabei in Kombination mit neuen Modellierungs-Ansätzen zunehmend Voraussagen auch zu größeren biologischen Systemen, sog. Multi-Protein-Komplexen. Die atomare Beschreibung großer makromolekularer Systeme ist auch in den experimentellen Vorträgen ein Hauptthema gewesen, wobei insbesondere die neuen elektronenmikroskopischen Verfahren zu einer Explosion neuer Strukturen führten, die sich oft

auch in verschiedenen Zuständen charakterisieren lassen. Eindrucksvolle Beschreibungen der mitochondrialen Teilung, der bakteriellen Transkription oder bakterieller Toxine wurden gezeigt. Um die Dynamik von Eiweißen in wässriger Umgebung atomar zu beschreiben, ist die NMR-Methode nach wie vor von großer Bedeutung und ergänzt sich gut mit mikroskopischen Messungen, wie Birthe Kragelund (Kopenhagen) und Ben Schuler (Zürich) zeigten. Die sehr dynamischen Eigenschaften intrinsisch ungefalteter Proteine lassen sich dabei eingrenzend beschreiben, und man beginnt, ihre Bedeutung in der Biologie zu verstehen, wie auch Julie Forman-Kay (Toronto) in einem eindrucksvollen Vortrag zeigte.

---

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

26.–30. April | Prof. Dr. Sabine Maier, U Erlangen-Nürnberg; Prof. Dr. Meike Stöhr, U Groningen, Niederlande; Prof. Dr. Markus Lackinger, Deutsches Museum und TU München | Dieses Seminar wurde auf November 2022 verschoben.

---

### ■ 748 | **Nanoscale Physics of Electrochemical and Biological Media**

10.–12. Mai | MeetAnyway | Prof. Dr. Peter Berg, U of Alberta, Kanada; Prof. Dr. Michael Eikerling, RWTH Aachen und FZ Jülich; Prof. Dr. Barbara Wagner, Weierstrass-Institut Berlin (57 TN, davon 16 Frauen, 28 aus dem Ausland)

Das Hauptaugenmerk dieses Seminars lag im Erkunden gemeinsamer Fragestellungen, physikalischer Phänomene und theoretischer Beschreibungen in den Gebieten der elektrochemischen und biophysikalischen Materialwissenschaften. Auf der Nanoskala oder darüber lassen sich spannende thematische Schnittstellen beider Gebiete ausmachen. Die Themen weiche Biomaterialien, Nanofluidik, Grenzflächenphänomene in der Elektrokatalyse sowie stochastische und thermodynamische Aspekte

wurden hierbei in den Fokus gerückt und sowohl von experimenteller als auch theoretischer Seite beleuchtet. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Europa, Nord- und Südamerika, Israel und China steuerten 22 Vorträge und 23 Poster bei. In einer abschließenden Diskussion identifizierten die Teilnehmer folgende Punkte als Schlüsselthemen und -fragen sowohl des Seminars als auch des Forschungsfeldes insgesamt: 1) Es existiert ein ausgesprochener Bedarf an experimentellen Daten hinsichtlich der Ladungsregulation (charge regulation) an kolloidalen Teilchen und in Polyelektrolyten. Darüber hinaus ist die genaue Wechselwirkung zwischen Ladungsregulation und Transporteigenschaften von Nanokanälen nur ungenügend verstanden. 2) Inwieweit das Entweichen des elektrischen Feldes (dielectric leakage) in die umliegenden Domänen (Wände und Porenöffnungen) den Ionen-transport in Nanokanälen beeinflusst, ist eine offene Frage. Was genau bestimmt die Größe dieser globalen Elektroneutralitätsverletzung einer Nanodomäne? 3) In der Elektrokatalyse besteht ein Mangel an realistischen Grenzflächensimulationen mit konstanten Potentialen und präzisen Beschreibungen von Ladungs- und Dipoleffekten an geladenen Oberflächen. Zudem ist der Einfluss des magnetischen Feldes auf die elektrische Doppelschicht und elektrochemische Prozesse (magneto-electrochemistry) kaum verstanden. 4) Die Grenzen von Kontinuumsmodellen bei der Beschreibung von elektrischen Doppelschichten bleiben weiterhin nur vage definiert. Wie lassen sich molekulare Modelle und Kontinuumsmodelle koppeln? Auch hier besteht ein ausgesprochener Bedarf an experimentellen Daten, um die Vielzahl an gekoppelten Phänomenen zu entflechten. Dies gilt auch für polyelektrolytische Gele in ionischen Bädern.

---

## ■ 716 | 2D Materials for Photonic Quantum Technologies

27.–28. Mai | MeetAnyway | Dr. Klaus Jöns, Albanova University Centre, Stockholm, Schweden; Dr. Andreas W. Schell, U Hannover; Dr. Vincenzo D'Ambrosio, U Neapel, Italien (104 TN, davon 24 Frauen, 52 aus dem Ausland)

Die Welt der zwei-dimensionalen Materialien und deren optischen Eigenschaften ist ein sich rasch entwickelndes Forschungsfeld der Quantenoptik. Besonders interessant sind diese Materialien für mögliche Anwendungen in der Quantentechnologie. Mit dem Ziel, die Forscherinnen und Forscher auf diesem recht neuen Gebiet zu vernetzen und den wissenschaftlichen Austausch zu ermöglichen, fand dieses Seminar online statt, was dem Interesse der Teilnehmer und den angeregten Diskussionen jedoch keinen Abbruch tat: Insgesamt 19 eingeladene Vortragende aus Australien, Nordamerika, Asien und Europa präsentierten die neuesten Erkenntnisse über beispielsweise die optischen und elektronischen Eigenschaften von 2D-Materialien, über neuartige periodische Strukturen, die auf dem Moiré-Effekt basieren, sowie über die Anwendbarkeit dieser Materialien für photonische Quantentechnologien. Insbesondere die unterschiedlichen theoretischen und experimentellen Arbeiten zu neuartigen Quantenlichtquellen führten zu lebhaften Diskussionen. Die Teilnehmer unterschiedlichster Erfahrungsstufen, von Bachelorstudierenden bis zu Professorinnen, folgten den Vortragenden online und nutzten die kurzen Pausen zu intensiven Diskussionen, um neue Ideen zu entwickeln und neue Kooperationen zu schmieden. Der rege Austausch wurde in der am Abend veranstalteten Postersitzung bis weit über die geplante Zeit hinaus vertieft. Ein weiteres Highlight des Seminars war der Vortrag über die aktuelle Geschlechterungleichheit in MINT-Forschungsfeldern, mit speziellem Fokus auf Quantentechnologien. Dabei wurde eindrücklich vermittelt, welche Auswirkungen eine solche Ungleichheit auf die Kreativität und Innovationsfähigkeit hat. Insbesondere die Wichtigkeit von Rollenvorbildern wurde dabei deutlich.

---



*Auch im Jahr 2021 kam die hervorragende Infrastruktur des Physikzentrums leider viel zu selten zum Einsatz.*

## ■ 725 | Magnetic Small Angle Neutron Scattering – from Nanoscale Magnetism to Long-Range-Magnetic Structures

31. Mai–3. Juni | MeetAnyway | Dr. Sabrina Disch, U Köln; Prof. Andreas Michels, U Luxembourg; Dr. Sebastian Mühlbauer, TU München (58 TN, davon 23 Frauen, 37 aus dem Ausland)

Fokus dieses Seminars war die Technik der magnetischen Kleinwinkel-Neutronenstreuung (SANS), welche als eine der wichtigsten Methoden zur Bestimmung der magnetischen Mikrostruktur in der Festkörperphysik und in den Materialwissenschaften gilt. Gegenwärtig lässt sich die magnetische SANS-Gemeinschaft grob in zwei größere Gruppen unterteilen: Die erste Gruppe untersucht Materialien mit einer intrinsischen strukturellen Inhomogenität auf der Nanoskala, z.B. Permanentmagnete, magnetische Stähle, Nanoteilchen oder Ferrofluide. Die zweite Gruppe befasst sich mit strukturell homogenen Materialien, die aufgrund von elektronischen Korrelationen und Instabilitäten nanoskaligen Magnetismus aufweisen, z.B. Skyrmionen-Kristalle und topologische Spinstrukturen oder Vortex-Gitter in Supraleitern. Das Ziel des Seminars – diesen beiden Gruppen eine gemeinsame Plattform zu bieten und so den intra- und interdisziplinären Austausch zu fördern – stellte im pandemiebedingt virtuellen Rahmen eine besondere Herausforderung dar. Das Seminar umfasste 19 eingeladene Vorträge sowie die Präsentation von 25 Postern. Die vielfältigen Interaktionsmöglichkeiten, z.B. das „Mingling“ gleich zu Beginn oder die „Speakers Tables“ im Anschluss an die Vorträge, trugen dazu bei, auch virtuell neue Kontakte zu knüpfen und die beiden Gruppen einander näher zu bringen. Das Seminar wurde aus den unterschiedlichsten Zeitzonen besucht und zeichnete sich durch eine sehr hohe Qualität der Beiträge aus. Lebhaftige Diskussionen folgten u. a. den Vorträgen von C. Pfleiderer (TUM) zu Skyrmion-Strukturen, C. Leighton (U Minnesota) zu Nanoteilchen, K. Everschor-Sitte (U Duisburg-Essen) zur Anwendung von Skyrmionen im „unconventional computing“ oder von A. Wildes (ILL), der die Verbindung zwischen der magnetischen SANS und der diffusen magnetischen Streuung herstellte.

## ■ 749 | Photonic Links for Quantum Technology Platforms

31. Mai–3. Juni | MeetAnyway | Dr. Nicholas Lambert, Prof. Harald Schwefel, U of Otago, Neuseeland; Prof. Dr. Johannes Fink, IST Österreich (84 TN, davon 10 Frauen, 67 aus dem Ausland)

Noch ist nicht entschieden, welche Quantentechnologien sich durchsetzen werden. Photonen lassen sich mit geringsten Verlusten transportieren, Spin-Qubits oder Atome eignen sich besser, um Quanteninformation zu speichern, und supraleitende Qubits für schnelle logische Gatter. Dieses Seminar brachte international führende Physiker aus Universitäten und der Industrie zusammen, die an den erforderlichen Schnittstellen arbeiten, um solch unterschiedlichen Quantensysteme miteinander zu verbinden. Das Ziel dabei ist eine hybride Quantentechnologie, die von den einzigartigen Vorteilen jedes Einzelsystems profitieren kann. An vier Tagen bot die MeetAnyway-Plattform einen idealen Rahmen für 16 eingeladene Vorträge sowie 35 Poster. Die Teilnehmer kamen aus Neuseeland, Australien, China, Nord- und Südamerika, UK, Europa und Asien. Trotz der schwierigen Zeitzoneverteilung waren die Vorträge sehr gut besucht, und an den virtuellen Posterwänden fanden lebhaftige Diskussionen statt. – Ein Hauptthema war die rauschfreie Frequenzumwandlung zwischen Mikrowellen und optischen Signalen. Die große Bandbreite an dafür untersuchten Systemen ist beeindruckend. Angefangen vom optomechanischen Strahlungsdruck, Elektro-Optik, Magnonen und Seltene-Erden-Spins, werden auch Rydberg-Atome verwendet, um Mikrowellen-Photonen kohärent in optische Photonen umzuwandeln. Aufgrund der notwendigen Rauschfreiheit werden die Systeme zum Teil bei mK-Temperaturen betrieben. Weitere Schwerpunkte waren die nichtlineare Optik und die integrierte Photonik, mit denen Schnittstellenelemente für Quantenrechner bei Raumtemperatur entwickelt werden. Diese basieren auf Halbleiter-Quantenpunkten, gefangenen Ionen, neutralen Atomwolken oder Fehlstellen in Diamant. Da diese Systeme typischerweise nicht bei Telekom-Wellenlängen arbeiten, ist auch hier die effiziente Frequenzumwandlung der optische Signale eine

zentrale Herausforderung, um Quantennetzwerke mit großer Reichweite zu entwickeln. Weitere Ansätze waren Quantennetzwerke, die gänzlich auf kalte Temperaturen setzen und mehrere supraleitende Qubits mittels supraleitenden Wellenleitern zu einem Quantennetzwerk verbinden. Damit gelang es, erste deterministische Verschränkungs- und Kommunikationsprotokolle zwischen einem und zehn Metern zu zeigen. Das Seminar zeigte den rasanten Fortschritt in allen drei Teilbereichen und gab einen guten Einblick in die vielen Facetten und Herausforderungen der hybriden Quantentechnologien.

---

### ■ 721 | Light Dark Matter Searches

8.–11. Juni | MeetAnyway | Prof. Patrick Achenbach, Dr. Luca Doria, U Mainz; Prof. Marco Battaglieri, INFN Genua, Italien (59 TN, davon 14 Frauen, 24 aus dem Ausland)

Eines der größten physikalischen Rätsel unserer Zeit ist die unsichtbare Dunkle Materie. Aus was besteht sie? Viele Beobachtungen sprechen dafür, dass das Universum mit noch unbekanntem Elementarteilchen ausgefüllt ist, die etwa fünfmal so viel Masse aufbringen wie die gewöhnliche Materie. Die langjährige Suche nach Teilchen mit Massen deutlich oberhalb der Protonenmasse blieb bislang erfolglos. Daher wird in den letzten Jahren vermehrt nach leichteren Teilchen Ausschau gehalten, die Teil eines Dunklen Sektors der Teilchenphysik sein könnten. Ebenso wie es im Standardmodell der Teilchenphysik sowohl Materieteilchen als auch Vermittlerteilchen verschiedener Kräfte gibt, stehen im Dunklen Sektor bisher unentdeckte Teilchen untereinander mit neuen Kräften in Wechselwirkung. Im Seminar, das wegen der weit auseinander liegenden Zeitzonen der Redner und Rednerinnen während einer Kernzeit am Nachmittag stattfand, wurden viele verschiedene Ideen und Methoden der experimentellen Überprüfung ausgetauscht, auch weil mögliche Teilchen eines Dunklen Sektors an einer Vielzahl von Beschleunigern energetisch zugänglich sind. Zum Forschungsfeld gehören z. B. Messungen an den Beschleunigeranlagen MAMI in Mainz, DAΦNE in Frascati/Italien, Thomas Jefferson Lab in Virginia/USA, J-PARC in

Tokai/Japan, Suchen an den Elektron-Positron-Experimenten Belle-II am KEK/Japan, BaBar am SLAC/USA, BESIII in Peking/China und, nicht zuletzt, mehrere laufende und zukünftige Projekte am CERN. Manche Vorschläge werden erst noch umgesetzt, darunter auch am zukünftigen Beschleuniger MESA in Mainz. Ergänzt werden diese beschleuniger-basierten Ansätze durch neue technologische Entwicklungen, um die vorhergesagte Wolke aus Teilchen der Dunklen Materie in unserer Milchstraße durch deren Stöße mit empfindlichen Detektoren in Untergrundlaboren wie unter dem Gran Sasso nachzuweisen. Ein Schwerpunkt des Seminars widmete sich Dunklen Photonen, den hypothetischen Ebenbildern der Quanten der bekannten elektromagnetischen Wechselwirkung. Diese Dunkle Strahlung ist allerdings nur ein mögliches Portal, durch welches Teilchen des Dunklen Sektors wirken könnten. Während die meisten Experimente Ausschlussgrenzen liefern, wurden Hinweise auf ein X17 genanntes Teilchen kontrovers diskutiert.

---

### ■ 750 | Defects in Two-dimensional Materials

14.–18. Juni | Dr. Arkady V. Krasheninnikov, Dr. Stefan Facsko, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, Dresden; Prof. Dr. Thomas Michely, U Köln; Prof. Dr. Marika Schleberger, U Duisburg-Essen, Duisburg | Dieses Seminar wurde auf Mai 2023 verschoben.

---

### ■ 717 | Curvilinear Condensed Matter: Fundamentals and Applications

24.–26. Juni | MeetAnyway | Dr. Denys Makarov, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf; Prof. Dr. Denis D. Sheka, National University of Kyiv, Ukraine (69 TN, davon 19 Frauen, 50 aus dem Ausland)

Ziel dieses Seminars war es, Experten mit unterschiedlichem theoretischem und experimentellem Hintergrund auf dem Gebiet der Krümmungseffekte in kondensierter Materie zusammenzubringen mit Expertinnen in der flexiblen und druckbaren Elektronik. Die Zusammenarbeit

dieser verschiedenen Communities ist für das Konzept der intelligenten Haut und für Textilien der Mensch-Maschine-Schnittstelle, für die virtuelle Realität sowie bei medizinischen Geräten von großer Bedeutung. Insbesondere ging es auch darum, die Nachwuchswissenschaftler mit Grundlagen und Anwendungen von krümmungsinduzierten Effekten in kondensierter Materie vertraut zu machen, was notwendig ist, um die Nachhaltigkeit des Themas und seine anhaltende Entwicklung zu gewährleisten. Dieses Ziel wurde erreicht, da das Seminar Teilnehmer aus 22 Ländern (Europa, Asien, Australien, Nord- und Südamerika) versammelte. Das Programm umfasste 13 eingeladene Vorträge, 15 Fachvorträge und 16 Poster. Das Seminar vereinte Experten aus verschiedenen Bereichen: Physik, Chemie, Materialwissenschaften, Elektrotechnik, Maschinenbau, Medizin und Biologie. Die Resonanz auf dieses unkonventionelle Format des Seminars war überaus positiv. Die Anwesenheit von Teilnehmern mit unterschiedlichem wissenschaftlichem Hintergrund führte zu interdisziplinären Diskussionen, die weit über das hinausgingen, was normalerweise in den für einzelne Communities ausgerichteten Veranstaltungen behandelt wird.

---

## ■ 724 | Collective Effects and Non-Equilibrium Quantum Dynamics

28.–30. Juni | MeetAnyway | Dr. Tobias Donner, ETH Zürich, Schweiz; Prof. Dr. Thorsten Ackemann, U of Strathclyde, UK; Prof. Dr. Sebastian Slama, U Tübingen (124 TN, davon 23 Frauen, 29 aus dem Ausland)

Dieses Seminar behandelte kollektive nicht-lineare Effekte, die zur Selbstorganisation von Materie führen. Solche Prozesse können von klassischer oder quantenmechanischer Natur sein und treten in vielen Bereichen auf, von der Biologie über die Chemie bis zur nicht-linearen Optik oder der Festkörperphysik. Im Zentrum dieses Seminars standen jedoch ultrakalte Atome und ihre kollektive Wechselwirkung mit Licht. Anhand dieser experimentellen Plattform, die eine nahezu perfekte Kontrolle von quantenmechanischen Vielteilchensystemen mit langreichweitigen Wechselwirkungen erlaubt, lassen sich

Phänomene von Phasenübergängen bis zu Nichtgleichgewichts-Dynamiken studieren. Ein Schwerpunkt des Seminars war die Bildung kristallähnlicher Strukturen durch lichtinduzierte Wechselwirkung in selbstkonsistenten dynamischen Lichtfeldern. Weitere Themen waren Zeitkristalle und kollektive Streuung, insbesondere Fortschritte in der Superradianz, Subradianz und der Anderson-Lokalisation von Licht. – Das Programm des Seminars umfasste 18 eingeladene Vorträge und 6 Vorträge zu aktuellen Themen, die aus den Anmeldungen ausgewählt wurden. Über 50 Poster wurden in zwei Sitzungen vorgestellt. Das virtuelle „Mingling“ zu Beginn wurde als belebendes Element wahrgenommen und führte in einigen Fällen zu überraschenden Begegnungen. Umrahmt wurde das Programm von zwei Vorträgen zu rein klassischen Phänomenen der Musterbildung, wie sie bei der Entstehung von Wüsten oder der Färbung von Tieren auftreten. Den Schwerpunkt bildete dann ein ausgeglichenes Verhältnis von experimentellen und theoretischen Vorträgen zur Kristallisation von Quantengasen in Hochfinesse-Resonatoren sowie zur kollektiven Kopplung zwischen Licht und neutralen Atomen oder Ionen. „Hot-Topic“-Vorträge, nicht zuletzt von Nachwuchswissenschaftlern, gaben einen Einblick in neueste Entwicklungen in Themen wie stark wechselwirkende Fermi-Gase, Zeitkristalle, dissipative Phasen in Resonatoren, lichtinduzierte Selbstorganisation in kolloidalen Suspensionen und Quanten-Thermodynamik. Abgerundet wurde das Programm von einer Podiumsdiskussion am Abend des zweiten Semintages.

---



Anfang August fand mit dem 718. WE-Heraeus-Seminar das erste hybride Seminar des Jahres im Physikzentrum statt.

### ■ 718 | Optically Addressable Spin Qubits for Quantum Networks and Quantum Computing

3.–7. August | hybrid | Prof. Dr. David Hunger, Karlsruher Institut für Technologie; Dr. Andreas Walter, Lund University, Schweden; Dr. Kangwei Xia, U Stuttgart (121 TN, davon 45 im Physikzentrum; 21 Frauen, 76 aus dem Ausland)

Quantentechnologien versprechen fundamental neue Anwendungsmöglichkeiten für Computing, Kommunikation, Sensorik und in der Metrologie. Eine zentrale Herausforderung bleibt die Identifikation und Entwicklung geeigneter Materialplattformen, die sich für Anwendungen

eignen. Ein vielversprechender Ansatz ist die Implementierung von Qubits in Spinfreiheitsgraden und deren Auslese, Kontrolle und Vernetzung mittels Photonen. Die Integration optisch adressierbarer Spin-Qubits in photonische Strukturen ermöglicht effiziente Spin-Photon-Schnittstellen und verspricht skalierbare Bauelemente, die sich für Quantennetzwerke, -simulationen, -sensoren und verteiltes Quantenrechnen nutzen lassen. Das Ziel dieses Seminars war es, verschiedene experimentelle Ansätze und Materialsysteme in Kontext zu bringen: insbesondere mit Seltenerd-Ionen dotierte Festkörper, Farbzentren in Diamant und Siliziumkarbid, Halbleiter-Quantenpunkte und gefangene Ionen, die alle das Grundprinzip optisch adressierbarer Spins teilen. In 20

eingeladenen und 15 beigetragenen Vorträgen sowie 45 Postern von Teilnehmern aus 16 Ländern und 4 Kontinenten wurde der dynamische Fortschritt eindrucksvoll sichtbar. Die vier experimentellen Plattformen wurden in Tutorial-Vorträgen eingeführt, die nicht nur für die Neu- und Quereinsteiger wertvoll waren. Ein spannender Themenbereich war die Untersuchung einzelner Kernspins als Quantenregister, die sich über einen zentralen Elektronenspin, z. B. eines NV-Zentrums in Diamant oder einzelner Erbium- oder Ytterbium-Ionen in Oxidkristallen, auslesen und kontrollieren lassen. Hier gelang es, Quantenregister mit bis zu 27 Kernspins mit speziellen Pulssequenzen detailliert zu analysieren und für langlebige Quantenspeicher, -fehlerkorrektur und -simulationen zu verwenden. Ein weiterer Bereich ist die Entwicklung elementarer Quantennetzwerke. Höhepunkte waren hier unter anderem die Vorstellung eines ersten Drei-Knoten-Quantennetzwerks, mit dem sich Mehr-Knoten-Verschränkung und Zustandsteleportation zeigen ließ, außerdem die Demonstration von Quantenspeicher-basierter Verbesserung von Quantenkommunikation und schließlich neue Rekorde in der Verschränkungsrate zweier Knoten. Durch die Gegenüberstellung der verschiedenen Plattformen wurden Gemeinsamkeiten in der Methodik, besonders vielversprechende grundlegende Materialeigenschaften und die gemeinsame Vision sehr deutlich.

---

### ■ 728 | Interacting Tipping Elements in the Natural and Social Components of the Earth System

15.–18. August | hybrid: Seminarhotel Paulinen Hof in Bad Belzig | Dr. Jobst Heitzig, Prof. Dr. Ricarda Winkelmann, PIK Potsdam (38 TN, davon 28 vor Ort; 13 Frauen, 19 aus dem Ausland)

Dieses Seminar hat Expertinnen und junge Wissenschaftler aus verschiedensten Disziplinen zusammengebracht, um neueste Erkenntnisse zur Dynamik und Wechselwirkung von Kippelementen im Erdsystem zu diskutieren. Das Thema ist hochaktuell: Klima-Kippelemente wurden jüngst unter anderem im 6. Sachstandsbericht des IPCC besprochen, und neueste Forschung konzentriert sich zudem verstärkt auf soziale Kippprozesse, die eine wichtige

Rolle bei der Transformation zu einer nachhaltigeren Zukunft spielen. Diesen „positiven“ sozialen Kippprozessen widmete sich auch der Abendvortrag von Tim Lenton, der den Auftakt bildete. Es war eine besondere Freude, die Teilnehmenden zum größten Teil vor Ort begrüßen zu dürfen. Für viele war es das erste persönliche Zusammentreffen seit langer Zeit – entsprechend groß war die Begeisterung am gemeinsamen Austausch und den sehr lebhaften Diskussionen während des gesamten Seminars. Aufgrund der fantastischen technischen Ausstattung vor Ort war es zudem möglich, auch die externen Teilnehmer direkt in die Diskussionen zu integrieren. Während des dreitägigen Seminars spannten die eingeladenen Vorträge und die Beiträge der Teilnehmerinnen und Teilnehmer den Bogen von den natürlichen Kippelementen im Erdsystem zu sozialen Kippprozessen, und insbesondere deren Interaktion und Konsequenzen für die zukünftige Entwicklung des Mensch-Erde-Systems im Anthropozän. Ein besonderes Highlight waren die Ignite-Talks der Nachwuchswissenschaftler, die neueste Erkenntnisse aus ihrer aktuellen Forschung vorgestellt haben. Diese reichten von Netzwerkansätzen zur Untersuchung von Kippkaskaden bis hin zu möglichen Frühwarnindikatoren im Zusammenhang mit der COVID-19-Pandemie. Auch im Nachgang des Seminars standen die Teilnehmenden in regem Austausch, unter anderem durch einen eigens hierfür erstellten Slack-Workspace. Das Seminar hat somit nicht nur weitere Forschung und Kollaboration inspiriert, sondern ist zugleich der Startschuss zur Bildung einer wachsenden Community junger Forscherinnen und Experten zu Kippelementen im Erdsystem.

---

## ■ 720 | Structures in Confined Light – from Topology to Microscopy

16.–17. August | MeetAnyway | Dr. Jörg Götte, U Glasgow, UK; Dr. Peter Banzer, MPI für die Physik des Lichts, Erlangen; Dr. Ilja Gerhardt, MPI für Festkörperforschung, Stuttgart (59 TN, davon 11 Frauen, 35 aus dem Ausland)

Wie verändert sich die Struktur des Lichts, wenn es lokalisiert wird, und wie lassen sich die damit einhergehenden Effekte nutzen? Diesen Fragenkomplex diskutierten die Teilnehmer dieses Seminars lebhaft auf der Plattform MeetAnyway. Strukturen im Licht werden oft an den Singularitäten in der optischen Phase oder der Polarisation festgemacht und spiegeln sich so entsprechend auch in der Intensitätsverteilung wider. Die Beschreibung dieser Phänomene bedient sich häufig aus anderen Bereichen der Physik, zum Beispiel der Hydrodynamik, da Phasensingularitäten aufgrund der um sie herum zirkulierenden Phase auch optische Wirbel genannt werden. Und Polarisationsingularitäten lassen sich wie Fehlstellen in einem Kristall klassifizieren. In dieser Tradition haben während des Seminars verschiedene Sprecher die Realisierung von sog. Skyrmionen in Lichtfeldern vorgestellt und deren Topologie beleuchtet. Überhaupt war die Verbindung von Topologie zur Optik und Photonik das zentrale, verbindende Thema des Seminars. Die räumliche Beschränkung des Lichtfelds hat dabei Konsequenzen für die Verteilung und Anordnung von Phasen und Polarisationsingularitäten vom makroskopischen zum nanoskopischen Längenbereich. Ein anderes Thema, das mehrere Sprecherinnen und Sprecher von verschiedenen Blickrichtungen aus behandelten, waren Wechselwirkungen von strukturierten Lichtfeldern mit Materie an Oberflächen. Hierzu gehören beispielsweise die hohen mechanischen Spannungen, die durch die optischen Felder in hochgradig polarisierbaren Emittern erzeugt werden, oder auch Casimir-Polder-Kräfte, die durch die Lokalisierung des Lichts einen Drehimpuls auf Atome übertragen können. Optische Drehimpulse und die damit verbundene Händigkeit des Lichts schließen dann ihrerseits an die Orientierung von Skyrmionen an oder dienen auch zur Charakterisierung chiraler Moleküle. Das Seminar fand auch

im Rahmen des „International Max Planck Partnerships“ zwischen Universitäten in Schottland und Max-Planck-Instituten in Deutschland statt. Für viele Doktorandinnen und Doktoranden war es eine erste Gelegenheit, sich mit ihren Kolleginnen und Kollegen intensiv auszutauschen – entsprechend wurde diese Möglichkeit daher auch enthusiastisch wahrgenommen.

## ■ 751 | Optical Information Processing – from Quantum Computing to Artificial Intelligence

25.–27. August | MeetAnyway | Dr. Anna Pappa, TU Berlin; Prof. Dr. Janik Wolters, DLR Berlin (67 TN, davon 14 Frauen, 29 aus dem Ausland)

Digitale Computer stoßen zusehends an ihre physikalischen Grenzen. Einen Ausweg bieten postdigitale Rechenkonzepte wie die Quanteninformationsverarbeitung (QIP) oder künstliche neuronale Netze (ANN), die in spezieller Hardware implementiert sind. Optische Plattformen haben großes Potenzial sowohl für QIP als auch für ANNs. Die ersten Komponenten für optische QIP wurden bereits realisiert, z. B. kleine Prozessoren, hoch-effiziente nichtklassische Lichtquellen und supraleitende Einzelphotonendetektoren. Ähnliche Komponenten ermöglichen chip-integrierte optische künstliche neuronale Netze (ONNs), die sich im Prinzip aus linearen optischen Netzen und Nichtlinearitäten zusammensetzen. Ziel dieses Seminars war es, die Vielfalt und Komplexität der experimentellen und theoretischen Ansätze zur optischen Datenverarbeitung zusammenzubringen und Fachwissen aus allen beteiligten Bereichen zu vereinen. In 16 eingeladenen und 7 beigetragenen Vorträgen sowie zahlreichen Postern wurden sowohl der dynamische Fortschritt der letzten Jahre im Bereich der Photonik für postdigitale Computer als auch die kommenden Herausforderungen eindrucksvoll sichtbar. Ein spannender Themenkomplex widmete sich dem messungsbasierten photonischen One-Way-Quantencomputer mit sog. Clusterzuständen. Da in diesem Konzept die Erzeugung von Qubits und die Implementierung der Quantenlogik getrennt sind, lässt sich mit einer viel größeren Anzahl an Qubits arbeiten, als vom Prozessor gleichzeitig adressiert werden können.

Somit ist eine Skalierung auf mehr als eine Million Qubits denkbar. Trotz der bemerkenswerten vorgestellten Fortschritte wurde auch sichtbar, dass hierfür die Schlüsselkomponenten (Photonenquellen, optische Schaltkreise und Detektoren) in ihrer Effizienz noch weiter verbessert und zu Gesamtsystemen zusammengebracht werden müssen. Ein ebenfalls diskutiertes Thema war das maschinelle Lernen mit optischen neuronalen Netzwerken. Diese bieten das Potenzial, klassische transistorbasierte Ansätze in ihrer Energieeffizienz und Rechengeschwindigkeit zu überbieten. Hierfür wurde ein integrierter photonischer Tensor-Prozessor mit dem Potenzial für  $10^{15}$  Rechenoperationen pro Sekunde bei einer optischen Leistungsaufnahme von unter 20 fJ pro Rechenoperation vorgestellt.

---

### ■ 752 | Tethered Membranes: Fundamentals and Applications (TETHMEM)

29. August–1. September | hybrid | Prof. Dr. Claudia Steinem, U Göttingen; Dr. Marta Bally, Umeå University, Schweden; Prof. Dr. Fredrik Höök, Chalmers University of Technology, Schweden (50 TN, davon 35 im Physikzentrum; 18 Frauen, 35 aus dem Ausland)

Oberflächengestützte Membranen dienten ursprünglich vor allem dazu, grundlegende Erkenntnisse zu den biophysikalischen Eigenschaften von Zellmembranen zu gewinnen. In den letzten Jahren haben sie jedoch zunehmend an Akzeptanz bei der Untersuchung komplexer biologischer Prozesse sowie bei verschiedenen pharmazeutischen und diagnostischen Anwendungen gewonnen. Diese Entwicklung hat das Seminar zum Anlass genommen, Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Europa, Asien und den USA zusammen zu bringen. Für viele der Teilnehmenden vor Ort war dies das erste persönliche Treffen nach einer langen Pause, was sich in ihrer Begeisterung widerspiegelte. Aufgrund der hervorragenden Technik im Hörsaal des Physikzentrums barg auch die Zuschaltung der online-Teilnehmenden kein Problem. Dadurch entstand eine diskussionsfreudige und entspannte Atmosphäre. So folgte auf jeden Vortrag eine lebhaft Diskussionsrunde von 15 Minuten, die von der Tradition

profitierte, auch unveröffentlichte Ergebnisse offen zu teilen. Das persönliche Treffen hat somit neue und alte Kooperationen befördert und den jungen Forschenden ermöglicht, Forschungsgruppen zu identifizieren, die ihrer wissenschaftlichen Laufbahn förderlich sind. Das Seminar begann mit einem Abendvortrag von Wolfgang Knoll, der quasi der „Begründer“ der TETHMEM-Tagungen ist. Er lieferte zunächst einen historischen Überblick über das Gebiet der „tethered membranes“, schloss dann aber mit erst wenige Wochen alten Ergebnissen ab. Die weiteren Präsentationen über die 2,5 Tage zeigten auf, dass sich das Feld in Richtung komplexer Membransysteme bewegt, um komplexe biologische Fragen zu beantworten. Neha Kamat und Susan Daniel erläuterten z. B. die jüngsten Fortschritte bei der Verwendung von zellfreien Expressionssystemen zur Protein-Rekonstitution in Lipidmembranen auf Oberflächen. Motiviert durch die Pandemie konzentrierten sich mehrere Vorträge auf die Verwendung von Plattformen zur Nachahmung von Zellmembranen, um die Lebenszyklen von Viren zu untersuchen, sowie auf mechanistische Darstellungen der Impfstoffaufnahme, um zu zeigen, wie biophysikalische Ansätze auf der Grundlage solcher Systeme die laufende Forschung in der Zellbiologie und Virologie ergänzen können.

---

### ■ 753 | Modern Developments in Quantum Chaos

20.–24. September | hybrid | Prof. Dr. Sven Gnutzmann, U Nottingham, UK; Prof. Dr. Thomas Guhr, U Duisburg-Essen; Prof. Dr. Henning Schomerus, Lancaster University, UK; Prof. Dr. Karol Życzkowski, U Krakau, Polen (76 TN, davon 32 im Physikzentrum; 10 Frauen, 55 aus dem Ausland)

Quantenchaos ist ein zentrales Thema der modernen Quantenphysik, welches sich mit der Beschreibung komplexer Prozesse in einer Vielzahl von Domänen beschäftigt – angefangen von atomaren und nuklearen Systemen über Quantenoptik und phasenkohärenten Transport hin zu einer Reihe interessanter theoretischer Vielteilchensysteme, einschließlich angedachter Modellsysteme für Schwarze Löcher. Dieses Seminar behandelte die jüngsten Fortschritte in diesem Gebiet, das maßgeblich von

dem 2019 verstorbenen Physiker Fritz Haake geprägt wurde. Das Hybridformat erlaubte es, jüngere und etablierte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einschließlich vieler Weggefährten Haakes mit sehr diversen Forschungsausrichtungen aus aller Welt zusammenzuführen. Mit Hilfe der bemerkenswert verbindenden Wirkung universeller quantenchaotischer Sichtweisen konnten die Teilnehmer ihre konkreten aktuellen Einsichten in einen weiteren Kontext stellen, was die Reichweite der Ergebnisse und den Austausch von Ideen sichtbar förderte. Als Beispiel sei die Frage nach statistisch universellem Systemverhalten genannt, welches eine zentrale Rolle in Vorträgen über Einzel- wie auch Vielzahlssysteme einnahm, und zwar nicht nur hinsichtlich der Bedingungen und Aspekte, die universelle Eigenschaften erlauben, sondern auch hinsichtlich der Vorgänge, die zu spezifischen Abweichungen davon führen können. Eine ebenso überordnende Wirkung entfachten topologische Aspekte, die zu robusten Phänomenen führen, deren Hauptgesichtspunkte nur von einigen wenigen konkreten Symmetrieeigenschaften herrühren. Und umgekehrt erwies sich quantenchaotisches Verhalten auch prägend in konkreten experimentellen Anwendungen und erweiterten Sichtweisen, sei es hinsichtlich der Wellenausbreitung in photonischen Strukturen oder des Informationsverlusts in offenen oder zufällig gemessenen Systemen, wobei auch die oben erwähnten kosmologischen Fragestellungen ihr Spielfeld fanden. Abgerundet wurde die Veranstaltung durch einen mit Freunden und Familie verstärkten Gedenknachmittag mit einem „Fritz-Kolloquium“ von Maciej Lewenstein sowie persönlichen Beiträgen u. a. von Julia Haake, Sir Michael Berry und vielen weiteren engen Freunden und Doktorkindern.

---

#### ■ 754 | Sensing with Quantum Light

26.–29. September | hybrid | Dr. Sven Ramelow, HU Berlin; PD Dr. Frank Kühnemann, Fraunhofer IPM, Freiburg (69 TN, davon 31 im Physikzentrum; 11 Frauen, 36 aus dem Ausland)

Die Fähigkeit, Quantenzustände des Lichts zu präparieren, zu manipulieren und zu messen, hat in den letzten

Jahrzehnten sowohl in grundlegender als auch in technologischer Hinsicht dramatische Fortschritte gemacht. Optische Experimente waren führend bei der Demonstration und Nutzung von Phänomenen wie Quantenverschränkung und -superposition. Bei deren Nutzung spielt die Sensorik mit photonischen Quantenzuständen eine besondere Rolle, da sie der Sensorik mit klassischem Licht in Form von Bildgebung, Mikroskopie, Spektroskopie oder interferometrischen Methoden sehr nahesteht und sich technologisch überschneidet. Ziel dieses Seminars war es, diesem Feld ein Forum für den Austausch über die neuesten Ergebnisse zu geben. 23 Vorträge und 31 Online-Poster behandelten vielfältige theoretische und experimentelle Aspekte der Sensorik mit Quantenlicht. Zu den Themen gehörten Messverfahren mit gequetschtem Licht (heutzutage z. B. angewendet in jedem Gravitationswellendetektor), Sensorik mit undetektierten Photonen mit nichtlinearen Interferometern (z. B. für die Sensorik im mittleren Infrarot), Spektroskopie mit verschränktem Licht, die Erzeugung von hochgradig nicht-entarteten Photonenpaaren oder hochdimensional verschränktes Licht und deren Anwendungsmöglichkeiten für die Sensorik. Auch die Rolle von Quantenlicht in der interferometrischen Astronomie sowie das kontroverse und daher wissenschaftlich äußerst interessante Thema der Zwei-Photonen-Absorption mit Quantenlicht wurden vorgestellt und diskutiert.

---

#### ■ 755 | Solvation Chemistry and Reactive Molecules

11.–15. Oktober | Prof. Dr. Wolfram Sander, Prof. Dr. Martina Havenith-Newen, U Bochum; Prof. Dr. Elsa Sanchez Garcia, U Duisburg-Essen | Dieses Seminar wurde auf September 2023 verschoben.

---

#### ■ 734 | Photoemission Tomography: Applications and Future Developments

25.–27. Oktober | hybrid | Prof. Dr. Stefan Tautz, FZ Jülich; Prof. Dr. Peter Puschnig, U Graz, Österreich; Prof. Dr. Mathias Richter, PTB Berlin (57 TN, davon 34 im Physikzentrum; 10 Frauen, 21 aus dem Ausland)

Die Photoemissions-Orbital-Tomographie (POT) ist ein Verfahren, bei dem man die Impulsverteilung von Elektronen nutzt, die durch den Photoeffekt mittels UV-Licht aus orientierten Molekülschichten oder zweidimensionalen Materialien herausgelöst werden, um die räumliche Verteilung von Elektronen in Molekülorbitalen abzubilden. Die Interpretation der gemessenen Impulsverteilung als Fourier-Transformierte des Orbitals, aus dem die Elektronen emittiert wurden, erlaubt weitreichende Rückschlüsse auf die strukturellen und elektronischen Eigenschaften der Moleküle an den Grenzflächen zu anorganischen Substraten. Ziel dieses Seminars war es, der wachsenden Community der Photoemissions-Orbital-Tomographie ein Forum für den Austausch über die neuesten Ergebnisse und Entwicklungen zu geben. Bei diesem hybriden Seminar wurden 12 der Vorträge und 18 der Poster vor Ort präsentiert und 7 bzw. 6 remote. Im Seminar wurden bedeutende Weiterentwicklungen der POT auf sowohl experimenteller als auch theoretischer Seite vorgestellt. Zu erwähnen sind hier etwa jüngste Erfolge basierend auf ultrakurzen Zweifarben-Lasersystemen, die es erlauben, elektronische Anregungszustände in Molekülen und zweidimensionalen Materialien auf atomaren Längenskalen und auf einer Femtosekunden-Zeitskala abzubilden. Auch bei der Weiterentwicklung von Impulsmikroskopen, etwa bei der spin aufgelösten Detektion, wurden entscheidende Fortschritte präsentiert. Mit dem Bestreben, die POT auf noch sicherere Beine zu stellen, beschäftigten sich viele theoretische Beiträge mit Ansätzen zu einer verbesserten Beschreibung des Endzustands des Photoemissionsprozesses.

---

### ■ 756 | Faster, Smaller, Stronger, Brighter – Advances in Scanning Probe Techniques

1.–5. November | hybrid | Dr. Robert Drost, Aalto University, Finnland; Dr. Christian Lotze, FU Berlin; Dr. Anna Rosławska, CNRS Strasbourg, Frankreich (98 TN, davon 61 im Physikzentrum; 25 Frauen, 65 aus dem Ausland)

Dieses Seminar brachte Teilnehmende aus Europa, Nordamerika und Asien zusammen, um über Entwicklungen im Bereich der Rastersondenmikroskopie zu diskutieren.

Mithilfe der Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskopie sind seit den frühen 80er-Jahren faszinierende Einblicke in die Nanowelt gelungen. Diese Instrumente ermöglichen es, einzelne Atome und Moleküle auf Oberflächen sichtbar zu machen und sogar zu bewegen. Der direkte Zugang zu kleinsten Objekten erlaubt es, die wichtigsten Bausteine der Festkörperphysik im Detail zu verstehen und durch ihr Zusammenspiel neue Phasen kondensierter Materie zu erschaffen. Eine Reihe von jungen Gruppenleitern und Nachwuchswissenschaftlern berichteten in ihren Vorträgen über ihre jüngsten Fortschritte, insbesondere auf den drei Schwerpunktgebieten der ultraschnellen Spektroskopie, der Lichtemission aus Nanoquellen und der neuen Quantenmaterialien. Einige Höhepunkte des Seminars waren Berichte über Messungen zum Energietransfer zwischen einzelnen Molekülen und die Erschaffung sog. schwerer Fermionen an den Grenzflächen zweidimensionaler Materialien. Zum übergreifenden Thema wurde auch der Einsatz neuronaler Netzwerke in der Wissenschaft. Mehrere Teilnehmer stellten neue Methoden vor, mit denen sich die zeitaufwändigsten Aspekte der Bedienung von Rastermikroskopen erfolgreich automatisieren ließen. Durch Impulse aus diesen Vorträgen entwickelten sich beim gemeinsamen Abendprogramm leidenschaftliche Diskussionen über maschinelles Lernen zur Optimierung wissenschaftlicher Abläufe.

---

### ■ 726 | Lattice-based Quantum Simulation

28. November–1. Dezember | MeetAnyway | Prof. Marzena Szymanska, U College London, UK; Prof. Jacqueline Bloch, CNRS-CN2, Paris; Dr. Paulo Santos, Paul-Drude-Institut Berlin (104 TN, davon 24 Frauen, 52 aus dem Ausland)

Quantensimulationen nutzen ein kontrollierbares Quantensystem, um das Verhalten eines anderen, komplexeren Quantensystems vorherzusagen. Auf diese Weise öffnet sich ein Weg zur Lösung von Quantenproblemen mit einem Komplexitätsgrad, der für klassische Computer nicht zugänglich ist. Da sie sich in unterschiedlichen Quantensystemen einsetzen lassen, ist das Gebiet der Quantensimulationen von Natur aus multidisziplinär.

Quantensimulationen bilden einen der Kernbereiche im EU-Flaggschiff-Programm zu Quantentechnologien, mit potenziellen Anwendungen bei der Lösung komplexer Probleme, z. B. bei der Entwicklung neuer Materialien und Medikamente. Dieses Seminar hatte zum Ziel, Expertinnen und junge Forscher auf dem aufstrebenden Gebiet der Quantensimulationen zusammenzubringen. Der Kern des wissenschaftlichen Programms bestand aus 19 Vorträgen von Experten, die als Tutorien angelegt waren und verschiedene Facetten der Quantensimulationen abdeckten. Dabei wurde der aktuelle Stand der Technik bei den derzeit wichtigsten Plattformen für die Quantensimulation behandelt, darunter optische Gitter aus kalten Atomen, Schaltkreis-Quantenelektrodynamik (QED), supraleitende Qubits sowie photonische und polaritonische Simulatoren. Weitere Vorträge befassten sich mit den theoretischen Grundlagen der Quantensimulationen sowie mit neuartigen Konzepten für die skalierbare Quantenverarbeitung, bei denen topologische, stark korrelierte Licht-Materie-Zustände untersucht werden. Das wissenschaftliche Programm wurde durch eine große Anzahl von Postern junger Forscherinnen und Forscher ergänzt.

---

## ■ 722 | Hybrid Solid State Quantum Circuits, Sensors, and Metrology

13.–16. Dezember | MeetAnyWay | PD Dr. Hans Werner Schumacher, PTB Braunschweig; Prof. Dr. Patrik Recher, TU Braunschweig (104 TN, davon 24 Frauen, 52 aus dem Ausland)

Makroskopische Quantenzustände in Festkörpern in Form des Josephson- und des Quanten-Hall-Effekts werden in der Metrologie bereits seit drei Jahrzehnten zur primären Darstellung der Einheiten Volt und Ohm verwendet. Die Stabilität und Präzision dieser elektrischen Quantenstandards lieferte auch ein wichtiges Argument für die Neudefinition des SI-Einheitensystems 2019. Während aber Schaltungen aus zehntausenden Josephson-Bauelementen in der Metrologie schon lange Standard sind, steht die Skalierung anderer Festkörper-Quantensysteme für z. B. Quantencomputer noch in den Kinderschu-

hen. Könnten die aktuellen Arbeiten zu Qubits nicht von den ausgereiften Technologien profitieren? Und könnte andererseits nicht auch die Metrologie die sich ergebenden Möglichkeiten neuer, hochempfindlicher Festkörper-Quantensensoren nutzen? Zur Beantwortung dieser Fragen brachte das Seminar Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen, die sowohl die Grundlagen als auch die Anwendungen unterschiedlicher Festkörper-Quantensysteme theoretisch und experimentell untersuchen. Die vorgestellten Systeme reichten von Einzelelektronenbauteilen und Josephson-Schaltungen über spinbasierte Quantensensoren und Qubits bis hin zu topologisch geschützten Materialien und Hybridsystemen. Die lebhaften Diskussionen bewiesen die breiten Anknüpfungspunkte zwischen den Anwendungen, bei denen auch, aber nicht nur die Theorie als Brücke zwischen beiden Welten vermitteln konnte. So lassen sich beispielsweise Einzelelektronensysteme nicht nur für einen primären Quantenstandard für die elektrische Stromstärke verwenden, sondern die dafür entwickelte Technologie und theoretische Beschreibung auch für die zuverlässige Präparation einzelner Elektronen in sog. flying Qubits nutzen. Ein weiteres Beispiel derartiger Synergien war die Verwendung der optimierten Reinraumprozesse für Josephson-Spannungsstandards zur Herstellung dreidimensionaler Nano-SQUIDs. Sie erlauben die hochempfindliche Detektion kleinster magnetischer Feldvektoren, mit denen sich wiederum nanoskalige Spinsysteme untersuchen lassen. Bei den topologisch geschützten Systemen wurde umgekehrt deutlich, dass auch die Metrologie stark von neuartigen Quantenmaterialien profitieren kann: Hier gelang es mittels des sog. quanten-anomalen Hall-Effekts erstmals, einen hochpräzisen Quantenstandard für den elektrischen Widerstand zu realisieren, der sich ohne angelegte Magnetfelder betreiben lässt. Die eingehende Diskussion supraleitender Hybridsysteme, die beispielsweise topologisch geschützte Majorana-Moden mit Anwendungsmöglichkeiten für fehlertolerante Quantencomputer aufweisen, rundete das Seminar ab.

---

## 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. 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, und zwar abwechselnd die ausländischen Preisträger für ein Seminar in Deutschland (Physikzentrum Bad Honnef) und die deutschen Preisträger für ein Seminar an einem geeigneten Ort im Ausland. Die Preisträger können Koorganisatoren ihrer Wahl, nach Möglichkeit auch aus dem jeweils anderen Land, hinzuziehen. Die Seminare sollen ansonsten formale Kriterien analog zu den WE-Heraeus-Seminaren erfüllen (insbesondere im Hinblick auf Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler; mit besonderem Augenmerk auf die Beteiligung von Frauen). Im Berichtsjahr hat nur ein britisch-deutsches Seminar stattgefunden, in der Royal Society in London mit drei Viertel der Teilnehmer vor Ort; die beiden anderen Seminare wurden erneut verschoben (die Preisträger sind hervorgehoben).

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

21.–26. Februar | Les Houches | Prof. Dr. Theo Geisel, MPI für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen; Prof. Dr. Hugues Chaté, CNRS-CEA Saclay, Gif-sur-Yvette, Frankreich | Das dritte französisch-deutsche Seminar wurde zunächst auf Februar 2021 und dann auf März 2022 verschoben.

### ■ British-German WE-Heraeus-Seminar: Astrophysical Windows on Dark Matter

2.–5. November | hybrid: Royal Society London | Prof. Carlos S. Frenk, Durham University, UK; Prof. Anne Green, University of Nottingham, UK; Prof. Dr. Volker Springel, Prof. Dr. Simon D. M. White, MPI für Astrophysik, Garching (81 TN, davon 58 vor Ort; 19 Frauen, 65 aus dem Ausland, 30 aus Großbritannien)

Dunkle Materie macht den größten Teil der gravitierenden Masse im Universum aus und ist für das Wachstum der kosmischen Strukturen verantwortlich. Mehrere Indizien deuten darauf hin, dass sie aus Elementarteilchen besteht, die in den frühen Phasen des Urknalls entstanden sind und sich von der gewöhnlichen (oder baryonischen) Materie unterscheiden. Der bevorzugte Kandidat sind Teilchen, wie sie von den supersymmetrischen Theorien der Teilchenphysik vorhergesagt werden, sog. „kalte dunkle Materie“ (CDM). Während die bereits 35 Jahre lange Suche nach diesen Teilchen bislang keinen eindeutigen Nachweis erbracht hat, können allerdings auch verschiedene astrophysikalische Phänomene Aufschluss über ihre Identität geben. Die Erforschung dieser astrophysikalischen Fenster zur Dunklen Materie war das Hauptziel dieses britisch-deutschen Seminars, das in



Nach mehrfachen Verschiebungen war die Royal Society in London Anfang November der Veranstaltungsort für das britisch-deutsche Seminar über Dunkle Materie.

der prächtigen Atmosphäre der Royal Society im Zentrum Londons stattfand. Das Seminar begann mit einem Überblick über den aktuellen Stand des direkten und indirekten Nachweises Dunkler Materie. Neue Experimente wie Xenon-nT werden in den nächsten ein bis zwei Jahren Ergebnisse liefern. Was den indirekten Nachweis betrifft, so wurde viel über die noch nicht geklärte Ursache des „Gammastrahlenüberschusses“ diskutiert, den der Fermi-Satellit vor einigen Jahren in Richtung des galaktischen Zentrums entdeckt hat. Weitere Vorträge stellten die populärsten Alternativen zu CDM vor, wie selbst wechselwirkende, warme oder „fuzzy“ Dunkle Materie sowie „überschwere Dunkle Materie“, die entsteht, wenn primordiale Schwarze Löcher verdampfen. Zu den diskutierten astrophysikalischen Sonden für Dunkle Materie gehören schwache und starke Gravitationslinsen, Lücken in den stellaren Strömen, die von Gezeitenkräften gestörte Zwerggalaxien hinterlassen, und Gravitationswellen. Einige dieser Sonden haben zum Ziel, Halos aus Dunkler Materie nachzuweisen, deren Masse so gering ist, dass sie keine Galaxie bilden können. Diese sind besonders interessant, da verschiedene Modelle unterschiedliche Vorhersagen zu ihrer Anzahl und ihren Eigenschaften machen. Der letzte Teil des Seminars konzentrierte sich auf Sonden in unserem lokalen Universum, insbesondere

auf die Eigenschaften von Zwerggalaxien, einschließlich der Satelliten, die um die Milchstraße kreisen, und die Milchstraße selbst. Zwerggalaxien sind sehr interessant, weil sie hauptsächlich aus Dunkler Materie bestehen. In drei offenen Diskussionsrunden ging es u. a. um die Frage: „Wie werden wir die Welt davon überzeugen, dass wir die Dunkle Materie entdeckt haben (falls wir es tun)?“ Dieses Seminar war das erste Treffen der Teilnehmer seit etwa zwei Jahren, und alle waren überglücklich, endlich wieder Freunde und Kollegen unter Einhaltung strikter Vorsichtsmaßnahmen zu treffen.

---

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

22.–25. November | Hotel Wolski 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; Prof. Dr. Tomasz Bulik, U Warschau | Das zweite polnisch-deutsche Seminar wurde zunächst auf Herbst 2021 und dann auf Herbst 2022 verschoben.

---

## 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. Auch im Berichtsjahr mussten wieder zahlreiche Klausurtagungen verschoben werden, neun konnten aber stattfinden mit 153 Teilnehmerinnen und Teilnehmern.

---

### ■ Vom Kernspin zur optimierten medizinischen Diagnostik mittels neuester MRT Methoden

30. Juni–4. Juli | Jugendherberge Oberammergau |  
PD Dr. Christine Preibisch, Dr. Afra Wohlschläger,  
Klinikum Rechts der Isar, TU München (25 TN)

---

### ■ 2D-Materialien: Chancen und Herausforderungen

24.–27. August | Pension Sauerland, Winterberg |  
Prof. Dr. Marika Schleberger, U Duisburg-Essen (18 TN)

---

### ■ Optoelectronics of Synthetic Mesocrystals

30. August–2. September | Schloss Hohenroda |  
Dr. Marcus Scheele, U Tübingen (16 TN)



---

### ■ Near Infrared Fluorescent Nanomaterials: From Fundamental Photophysics to Imaging of Complex Biological Systems

13.–16. September | Seminarhaus Bleibe in  
Schmallenberg-Bödefeld | Prof. Dr. Sebastian Kruss,  
U Bochum (20 TN)

---

### ■ Klausurtagung des Forschungsfelds Photonik

17.–19. September | Jugendherberge Blankenheim |  
Prof. Dr. Thomas Hellerer, Prof. Dr. Johannes Roths,  
Prof. Dr. Heinz Huber, Hochschule München (13 TN)

---



Unweit der Badener Höhe im Schwarzwald traf sich eine Arbeitsgruppe des PIK Potsdam zu einer Klausurtagung. (Foto: J.F. Donges, PIK)

■ **Epitaxial two-dimensional materials: Preparation, Structure, and Electronic Properties**  
20.–22. September | Jugendherberge Freusburg | Prof. Dr. Carsten Busse, U Siegen (12 TN)

---

■ **Dynamik von klimaphysikalischen, sozialen und gekoppelten Kippprozessen im Erdsystem**  
20.–24. September | Naturfreundehaus Badener Höhe | Dr. Jonathan F. Donges, Dr. Jobst Heitzig, PIK Potsdam (15 TN)

---

■ **Transport und Rekombination in organischen und anorganischen Halbleitern – sind die Unterschiede fundamental oder marginal?**  
20.–22. September | Jugendherberge Johanngeorgenstadt | Prof. Dr. Angela Thränhardt, Prof. Dr. Carsten Deibel, Prof. Dr. Ulrich T. Schwarz, TU Chemnitz (23 TN)

---

■ **Optical Excitation and Interaction in Molecular Layers**  
5.–8. Oktober | Jugendherberge Xanten | Prof. Dr. Moritz Sokolowski, U Bonn (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 nur zwei Physikschulen im Vorjahr konnten im Berichtsjahr wieder sechs mit insgesamt rund 330 Teilnehmenden (inkl. Dozenten bzw. Redner) stattfinden. Darunter waren vier „Bad Honnef Physics School“, die von der DPG ausgerichtet, aber von der Stiftung finanziert werden.

### ■ WE-Heraeus Summer School: SMEFT'2021: Theory and Phenomenology of the Standard Model EFT

13.–17. Juli | Universität Siegen | Dr. Jason Aebischer, Excellence Cluster Universe, Garching; Prof. Dr. Thomas Mannel, U Siegen; Dr. Javier Virto, MIT und TU München | Diese Physikschule wurde zunächst auf Juli 2021 und dann auf Juli 2022 verschoben.

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

30. August–10. September | Hotel Hochspessart, Heigenbrücken | 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 (21 TN)

Zur 27. Auflage der Doktorandenschule kamen zwei Doktorandinnen und dreizehn Doktoranden sowie sechs Masterstudenten zusammen, überwiegend aus deutschen Institutionen. Ziel der Schule ist es, die Ausbildung im Hinblick auf eine Postdoktoranden-Phase zu verbreitern in den Gebieten Quantenfeldtheorie, Teilchenphysik und Gravitation, sowie heranzuführen an neue Methoden, Techniken und mathematische Hilfsmittel, die wegen der starken Vernetzung der modernen theoretischen Physik für eine akademische Karriere nutzbringend sind. Der thematische Schwerpunkt lag in diesem Jahr auf „Gravitation“, was zu einer Reihe von Synergieeffekten zwischen den Vorlesungen führte. Geboten wurden fünf Kurse zu den Themen „Gravitational Waves from the Early Universe“ (Valerie Domcke, CERN), „Metastable Vacua in Field Theory and Cosmology“ (Björn Garbrecht, TU München), „Gravitational Lensing by Black Holes“ (Volker Perlick, ZARM Bremen), „The Relativistic Binary Problem and Gravitational Waves“ (Jan Steinhoff, AEI Potsdam) und „Holography Aspects of Black Holes“ (Larus Thorlacius, University of Iceland). Letztere Vorlesung (samt Übung!) wurde online abgehalten, da der Dozent wegen hoher Covid-19-Inzidenzen nicht aus Reykjavik anreisen konnte. 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



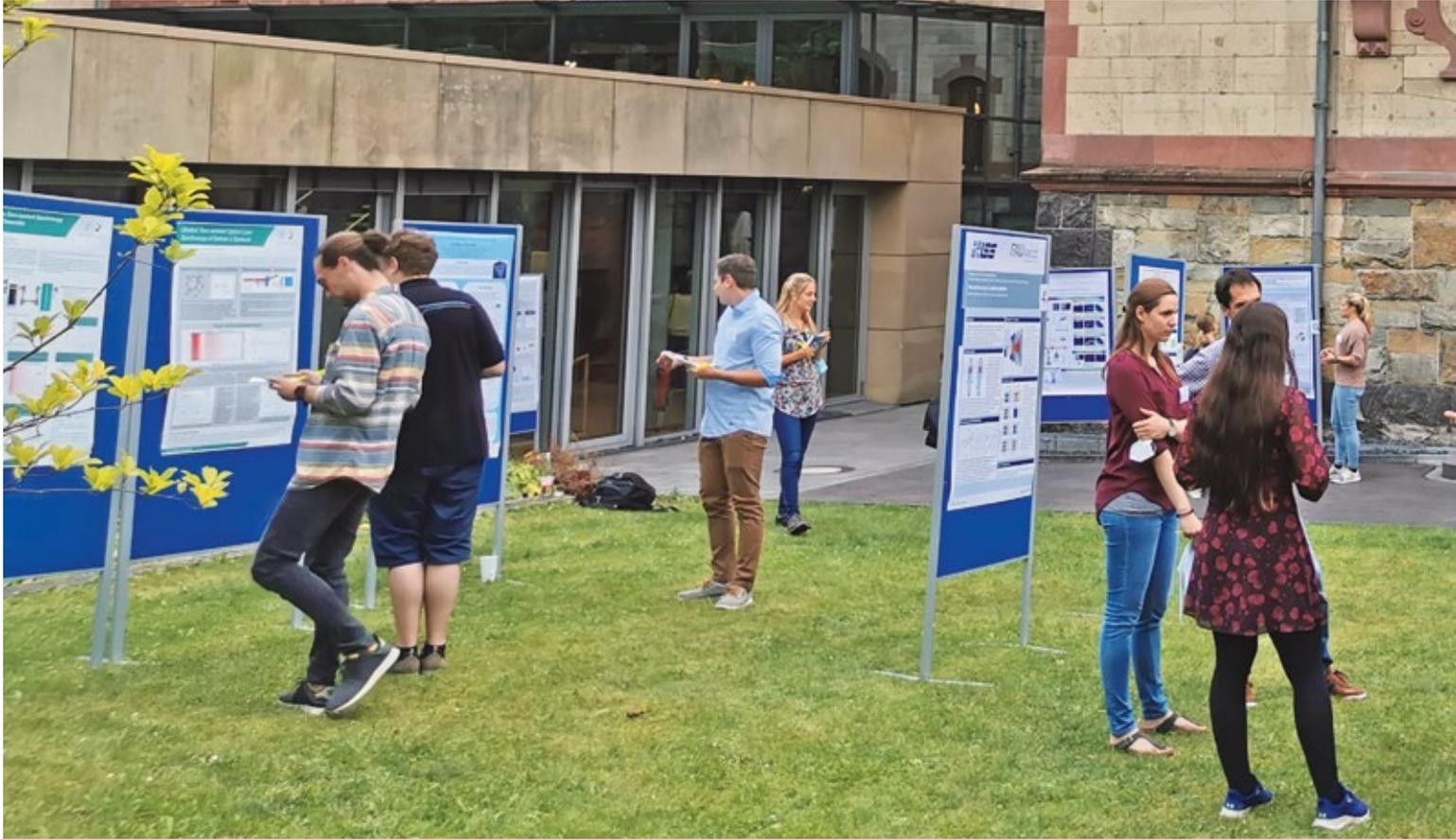
Vor der prächtigen Kulisse des Mont Blanc stellten sich die Teilnehmenden der Physikschule über Greensche Funktionen zum Gruppenfoto auf.

zu diskutieren war. Traditionell (bei seltenen Ausnahmen) wird an der Tafel vorgetragen, und gelegentlich finden sich Freiwillige, die anschließend aus ihren Aufzeichnungen mit Unterstützung des Dozenten ein LaTeX-Skript einer Vorlesung erstellen. Die Doktorandinnen und Doktoranden 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.

■ **Les Houches – WE Heraeus Physics School: The Green’s Function Approach to Multiple Scattering Theory in Electronic Structure and Spectroscopies**

30. August–10. September | hybrid: *École de Physique des Houches, Frankreich* | *Dr. Didier Sébilleau, U Rennes, Frankreich*; *Prof. Dr. Ján Minár, U West Bohemia, Tschechien*; *Prof. Dr. Hubert Ebert, LMU München (40 TN)*

Nach der Verschiebung vom Jahr 2020 fand diese Sommerschule 2021 unter einem strengen Hygienekonzept statt, das nur maximal 40 Teilnehmer vor Ort erlaubte (statt 70). Angesichts von über 100 Anmeldungen wurden daher alle Vorträge per YouTube und Zoom live übertragen und zudem aufgezeichnet. Im ersten Teil der Schule



fürhte zunächst eine Reihe von Vorträgen in die Grundlagen der Vielfachstreuungstheorie (multiple scattering theory – MST) sowie die entsprechenden mathematischen und numerischen Techniken ein. Die Betonung lag dabei auf dem direkten Zugang zur elektronischen Greenschen Funktion und deren Vorteile bei der Beschreibung physikalischer Eigenschaften. Weitere Vorträge behandelten eine Reihe entsprechender Anwendungen, wobei der Schwerpunkt gemäß der Zielsetzung der Schule auf der Elektronenspektroskopie lag. Dabei wurden Vielteilchen- und relativistische Effekte ebenso berücksichtigt wie zeitabhängige Experimente am Beispiel der Photoelektronenspektroskopie beschrieben. Weitere Vorträge gaben einen Überblick über verschiedene MST-basierte Computerprogramme für die Berechnung von Rumpfniveauspektren (FEFF, MXAN, FPMS). Der zweite Teil war praktischen Übungen zu den Programmpaketen ASE, SPR-KKR, MSspec und GNXAS gewidmet. Dabei wurden

zunächst deren Möglichkeiten gezeigt und dann die Teilnehmer mit der Unterstützung von Tutoren in ihre Handhabung eingeführt. Die Teilnehmer nutzten dazu einen Rechencluster der Universität Pilsen, auf den sie mit ihren eigenen Laptops und dem Kommunikationsprogramm x2go zugreifen konnten. Während der Schule wurde großer Wert auf eine aktive Beteiligung der Teilnehmer gelegt. Dies schloss die Präsentation eigener Arbeiten durch ein Poster oder einen Vortrag ein. Da während der Schule nur nicht-kommerzielle Software zum Einsatz kam, können die Teilnehmer diese auch weiterhin für ihre Arbeiten nutzen.



Schönes Sommerwetter ermöglichte bei der Bad Honnef Physics School „Exciting Nanostructures“ eine Postersitzung im Freien mit großzügigen Hygiene-Abständen.

### ■ Bad Honnef Physics School: Exciting Nanostructures

18.–23. Juli | hybrid | Prof. Dr. Christian Klinke, U Rostock; Prof. Dr. Nikolai Gaponik, TU Dresden (69 TN, davon 55 vor Ort)

Für die meisten Teilnehmenden war diese Physikscheule die erste Präsenzveranstaltung seit 16 Monaten, und entsprechend fieberten sie der Veranstaltung entgegen. Insgesamt 15 Vorlesungen von international etablierten Sprechern widmeten sich den Grundlagen der Synthese, Analyse und Simulation größenquantisierter Systeme ebenso wie aktuellen Entwicklungen und Fragen. So wurde etwa zunächst der absolute Begriff einer Monodispersität einer kolloidalen Lösung zum praktisch unerreichbaren Ideal erklärt, um dann durch aktuelle Entwicklungen wieder greifbar zu werden. Denn während es derzeit praktisch unmöglich ist, Proben mit sphärischen Partikeln identischer Größe zu

synthetisieren, zeigen quasi-2D Systeme eine homogene Dicke, sodass aufgrund der starken Quantisierung in z-Richtung alle Plättchen identisches Verhalten aufweisen. Über die kolloidalen Systeme hinaus wurden praktisch alle Spielarten größenquantisierter Systeme diskutiert, von exfolierten Monolagen über Überstrukturen bis hin zu vollständigen Bauteilen wie etwa Quantendot-basierten Solarzellen. Im Fokus stand dabei immer wieder die Charakterisierung solcher Systeme, sodass die Teilnehmenden die grundlegenden spektroskopischen Methoden ebenso kennen lernten wie die THz-Pump-Probe-Spektroskopie oder Röntgenmethoden mit und ohne Synchrotron-Strahlung. Ein „Meet the Editor“ gab einen Blick hinter die Kulissen des Publikationsprozesses und erweiterte die Veranstaltung. Zudem wurde die Poster-Session kurzerhand in die laue Abendluft Bad Honnefs verlagert, um den strengen Hygienevorschriften vor Ort gerecht zu werden.

### ■ Bad Honnef Physics School: Ultracold Quantum Gases

8.–14. August | hybrid | Priv.-Doz. Dr. Axel Pelster, TU Kaiserslautern; Prof. Dr. Carlos Sá de Melo, Georgia Tech, USA (69 TN, davon 40 vor Ort)

Das Feld der ultrakalten Quantengase ist auch über 25 Jahre nach der Herstellung des ersten Bose-Einstein-Kondensats ein rasch wachsendes und sich verzweigendes Gebiet. Wie sieht es etwa mit der Erstellung quantenentarteter Gase aus Molekülen aus? Oder mit der Simulation von Festkörpern mittels Quantengasen in optischen Gittern? Diese und andere Fragen standen im Mittelpunkt dieser Physikschule, die William D. Phillips, einer der Väter dieses Feldes, mit einem Vortrag zur Laserkühlung, eine der wichtigsten Voraussetzungen zur Erzeugung ultrakalter Quantengase, eröffnete. In der Folge gab es experimentell- und theoriebezogene Vorträge zu verschiedenen Aspekten wie dynamischen Eigenschaften von Bose-Einstein-Kondensaten bis hin zu Quantenturbulenzen oder der Simulation des zweidimensionalen Fermi-Hubbard-Modells mittels optischer Gitter im Hinblick auf ein tiefergehendes Verständnis der Hochtemperatur-Supraleitung. Silke Ospelkaus berichtete ausführlich über die Tücken in der Herstellung ultrakalter Quantengase aus Molekülen. Das Regime der quantenentarteten bosonischen Molekülgase liegt in greifbarer Nähe, bei fermionischen Molekülen wurde dieses Regime bereits erreicht. Angesichts der Pandemie waren die Teilnehmer vor Ort nicht so international wie üblicherweise (sieben Nationen), und leider war keiner der Vortragenden vor Ort, sodass keine Diskussionen mit ihnen bei Kaffeepausen oder Mahlzeiten möglich waren.

### ■ Bad Honnef Physics School: Axions and WISPs

19.–24. August | hybrid | Dr. Igor Garcia Irastorza, U Zaragoza, Spanien; Prof. Dr. Joerg Jaeckel, U Heidelberg; Prof. Dr. Klaus Desch, U Bonn (60 TN, davon 40 vor Ort)

Sowohl Axionen als auch WISPs („Weakly Interacting Slim Particles“) sind von großem Interesse, wenn man sich auf die Suche nach neuer Physik macht, um die

Ungereimtheiten des Standardmodells und das Mysterium der Dunklen Materie zu verstehen. In den letzten Jahrzehnten gelang es, einige Parameterbereiche von Axion Like Particles (ALPs) zu untersuchen und auszuschließen, während das Interesse an den bislang unentdeckten Teilchen in vielen Bereichen der Physik stieg. Bei dieser hybriden Physikschule waren die Themen der Vorträge weit gefächert und reichten von der Standardmodell-Theorie über Kosmologie und Astrophysik bis zur experimentellen Suche. Diskutierte Fragen waren zum Beispiel: Wie motivieren das starke CP-Problem und die Sternentwicklung Teilchen wie das Axion? Welche Einschränkungen gibt es an Eigenschaften dieser neuen Teilchen wie Masse und Kopplungsstärke? Wo sucht man nach ALPs und WISPs und wie lässt sich diese Suche experimentell realisieren? Neben den regulären Vorträgen, die eine gute Diskussionsbasis für sowohl die anwesenden Experimentalphysiker als auch Theoretiker geschaffen haben, gab es zwei Spezialvorträge: von P. Paradisi (Padua) zum aktuellen Thema des anomalen magnetischen Moments des Myons und dessen Verbindung zu ALPs sowie von P. Sikivie (U Florida), dem Erfinder des Helioskop- und Haloskoplexperiments. Die Teilnehmer konnten beim nachmittäglichen Lösen von Aufgaben im Grünen sowie bei einer diskussionsreichen Postersitzung selbst zur Schule beitragen.

### ■ Bad Honnef Physics School: Applied Photonics

5.–10. September | hybrid | Prof. Dr. Walter Neu, Hochschule Emden/Leer (68 TN, davon 38 vor Ort)

Diese Physikschule befasste sich mit fortgeschrittenen Forschungsthemen und zukunftsweisenden Anwendungen der Schlüsseltechnologie Photonik, die als einer der wichtigsten Bausteine für künftige technologische Innovationen gilt. Photonische Systeme sind im modernen Leben allgegenwärtig, z.B. in der Messtechnik, bei biomedizinischen Anwendungen, in der Weltraum- und Erderkundung, in der Produktionstechnik, der Informationsverarbeitung und der Bildgebung. Zu den Highlights des vielfältigen Programms zählte der Vortrag von Eileen Otte über die Manipulation von Lichtfeldern. Mit Hilfe



*Von der entspannten Pandemie-Lage im Sommer profitierten auch die Teilnehmenden der Bad Honnef Physics School „Applied Photonics“.*

von Spatial-Light-Modulatoren separiert sie z. B. einen Laserstrahl in zwei Orbits, die durch ihre unterschiedlichen Feldstärken Teilchen automatisch der Größe nach sortieren. Heinrich Voges von LaVision erklärte das Background-Oriented-Schlieren-Imaging, das es auf Basis von Temperatur- und Brechungsindexschwankungen erlaubt, dynamische Fluide wie Geschwindigkeitsfelder von Autos sichtbar zu machen. Ein praktischer Workshop zur Modellierung eines optischen Linsensystems mithilfe einer Design-Software sowie eine Postersitzung rundeten das Programm ab. Den krönenden Abschluss bildete der Astronaut Thomas Reiter, der 50 Jahre ESA-Raumfahrt Revue passieren ließ und u. a. berichtete, dass auf der ISS kein einheitliches System existiert, sodass es

regelmäßig zu Kompatibilitätsproblemen mit Bauteilen beteiligter Nationen kommt. Außergewöhnlich an dieser Physikschule war der Kontrast von Vorträgen aus universitärer und industrieller Perspektive, der einen aufschlussreichen Einblick in die Forschung angewandter Photonik gewährte.

## 5 SYMPOSIEN | TAGUNGEN | WORKSHOPS



Anlässlich des 200. Geburtstags von Hermann von Helmholtz sprach Nobelpreisträger Prof. Dr. Klaus von Klitzing bei einem Symposium an der PTB in Berlin. (Foto: PTB)

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.

### ■ **Symposium: Helmholtz und die Metrologie – gestern, heute, morgen**

17. September | PTB Berlin | Prof. Dr. Joachim Ullrich,  
PTB Braunschweig | Berlin (130 TN)

Hermann von Helmholtz hat als Naturforscher und Universalgelehrter seiner Zeit tiefe Spuren in der Wissenschaftsgeschichte hinterlassen – innerhalb der Medizin und Physiologie sowie in der Physik und Metrologie. Anlässlich seines 200. Geburtstags hat die PTB ein von der Stiftung finanziertes Symposium durchgeführt, das die historische Bedeutung der Person Helmholtz in den Kontext der Metrologie im Wandel der Zeit stellt: In einer

Phase des Umbruchs Ende des 19. Jahrhunderts hat Helmholtz als Wissenschaftler gemeinsam mit dem Unternehmer Werner von Siemens mit der Gründung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1887 einen völlig neuen und visionären Weg beschritten. Das erste Metrologieinstitut weltweit wurde zusammen mit der Normung ein wesentliches Fundament der Marke „Made in Germany“. Als zentrale Institution für Mess- und Prüftechnik legte die Reichsanstalt und legt heute die Bundesanstalt den Grundstein für Handel und Industrie in Deutschland sowie auf globalisierten Märkten. Das Symposium hat diesen großen Spannungsbogen umrissen, der bis hin zu einer Metrologie für die auf Messdaten beruhende, digital vernetzte Welt von morgen reicht. Neben den beiden Nobelpreisträgern Klaus von Klitzing (Physik-Nobelpreis 1985) und Stefan Hell (Chemie-Nobelpreis 2014) trugen Nathalie von Siemens (Mitglied des Aufsichtsrats der Siemens AG und Urur-Enkelin von sowohl Helmholtz als auch Siemens) sowie PTB-Präsident Joachim Ullrich vor.

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

8. November | Radialsystem Berlin | Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus, U Bielefeld; Prof. Dr. Johanna Stachel, U Heidelberg & Falling Walls Foundation (45 TN)

Im Berichtsjahr hat die Stiftung im Rahmen der Falling Walls Veranstaltungen erstmals 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 11). Die Themen deckten ein sehr breites Spektrum ab, von Klima- und Aerosolforschung über Quantencomputing bis hin zu Teilchenphysik. Nachdem zwei Sprecher aufgrund der Pandemie absagen mussten, gelang es den Organisatorinnen, die Physik-Nobelpreisträgerin von 2018, Donna Strickland, sowie die mit dem Körber-Preis 2021 ausgezeichnete Chemikerin Clare Grey als Vortragende zu gewinnen, die über nichtlineare Optik und Hochintensitätslaser bzw. neuartige Untersuchungsmethoden von Batterien sprachen. Mit dem „Breakthrough 2021“ wurden Elhalm Fadaly und Erik Bakkers (U Eindhoven) ausgezeichnet. Ihnen ist es gelungen, Silizium in einer hexagonalen Kristallstruktur zu wachsen und damit zum Leuchten zu bringen. An dem Symposium nahmen rund 40 Nachwuchswissenschaftler teil, die zum einen von der DPG (vgl. Kapitel 12) und zum anderen direkt von den Physik-Fachbereichen nominiert worden waren.

## ■ Bunsen-Tagung 2021

10.–12. Mai | online | Prof. Dr. Patrick Nürnberger, Prof. Dr. Bernhard Dick, U Regensburg

Die 120. Tagung der Deutschen Bunsen-Gesellschaft sollte 2021 an der Universität Regensburg als Präsenztagung stattfinden. Aufgrund der Pandemie konnte die



Die Nobelpreisträgerin Prof. Dr. Donna Strickland war eine der Sprecherinnen beim Symposium „Breakthrough in Physical Sciences“. (Foto: Falling Walls Foundation)

Bunsen-Tagung, die unter dem doppelten Hauptthema „Multi-Scale Modelling & Physical Chemistry of Colloids“ stand, jedoch nur als vollständig virtuelle Tagung durchgeführt werden. Angesichts der hohen Kosten einer solchen Tagung für über 500 Teilnehmende bei gleichzeitig reduzierten Tagungseinnahmen hat die Stiftung die Bunsen-Tagung einmalig mit einer Zuwendung gefördert.

## 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 Nachwuchswissenschaftler, die davon in ihrer Entscheidung für eine wissenschaftliche Karriere bestärkt würden, 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 fast alle teilnehmenden Fachbereiche die Preise verliehen, in der Regel im Rahmen von online-Veranstaltungen. Einige Fachbereiche haben auch die Preisträger ausgewählt, die Verleihung aber auf 2022 verschoben. Die nachfolgende Tabelle zeigt die beteiligten Fachbereiche, die gewählten Preisbezeichnungen sowie die Namen der Preisträgerinnen und Preisträger 2021.

Universität	Preis	Preisträger
Bochum	Dissertationspreis der Fakultät für Physik und Astronomie an der Ruhr-Universität Bochum	Dr. Katharina Grosse
Bonn	Promotionspreis der Stiftung Physik und Astronomie in Bonn in Kooperation mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung	Dr. Tereza Jerabkova
Dortmund	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis der Fakultät Physik	Dr. Julian Heckötter
Dresden	Dresdner Promotionspreis Physik	Dr. Max Gmelch
Düsseldorf + Wuppertal	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Frederico Grasselli
Göttingen	Born-Franck-Dissertationspreis	Dr. Jan Gerrit Horstmann
Hannover*	Wilhelm und Else Heraeus Young Physicists Award	Dr. Peter Micke Dr. Giorgio Zarantonello
Heidelberg*	Heidelberger Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis für Physik und Astronomie	Dr. Jonas Karthein Dr. Gonzalo Alonso Alvarez
Jena*	Friedrich Hund Dissertationspreis	Dr. Andre Luiz Marques Muniz Dr. Daniel Werdehausen
Köln	Ernst-Ising-Dissertationspreis Physik	wird erst 2022 entschieden
Mainz	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Stefan Baumgart
Marburg	Alfred-Wegener-Preis	wurde für 2021 nicht verliehen
LMU München	Theodor-Haensch-Promotionspreis	Dr. Florian Schüder
Regensburg	Dissertationspreis der Fakultät für Physik	Dr. Fabian Mooshammer
Stuttgart	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Hüseyin Vural
Würzburg	Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis	Dr. Christoph Fleckenstein

\* Preis wird geteilt oder kann geteilt werden



*Dr. Frederico Grasselli von der Universität Düsseldorf erhielt für seine von Prof. Dr. Dagmar Bruß betreute Doktorarbeit den von Universitäten Düsseldorf und Wuppertal gemeinsam vergebenen Wilhelm und Else Heraeus-Dissertationspreis. (Foto: U Düsseldorf)*



*Dr. Daniel Werdehausen (links) erhielt von Dekan Prof. Dr. Christian Spielmann den von der Physik-Fakultät der Universität Jena vergebenen Friedrich-Hund-Dissertationspreis in angewandter Forschung. (Foto: U Jena)*

## 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 Lehrerbildung 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. Christoph Buchal, FZ Jülich / Uni Köln, seit Oktober 2014

Im Fokus von Herrn Buchal standen im Berichtsjahr erneut die Organisation der Schülersymposien im Science College Overbach. Während das elfte Schülersymposium im Frühjahr zum Thema „Mobilität – die vier Wege in die Zukunft“ komplett virtuell durchgeführt werden musste, konnte das vierte Herbstsymposium über Bio-Ökonomie Ende Oktober in hybrider Form stattfinden (vgl. Kapitel 10). Während seiner Seniorprofessur, die im Berichtsjahr ausgelaufen ist, lag ein Schwerpunkt seiner Aktivitäten auf den Themen „Klima und Energie“ und dem damit einhergehenden ungelösten gesellschaftlichen und globalen Konflikt. Den häufig emotional und irrational ausgetragenen Kontroversen hat Herr Buchal dabei seine faktenbasierten und unpolitischen Vorträge, Diskussionsbeiträge und Buchveröffentlichungen gegenüber gestellt.

### ■ Prof. Dr. Ludger Wöste, Freie Universität Berlin, seit Oktober 2014

Während seiner Seniorprofessur, die im Berichtsjahr ausgelaufen ist, hat Herr Wöste zahlreiche Schulklassen zum Experimentieren an der FU Berlin empfangen sowie zahlreiche Schulen für Experimentalvorträge besucht. Aufgrund der Pandemie mussten diese Aktivitäten wie bereits im Vorjahr erneut ausfallen, Herr Wöste hat aber zugesichert, diese Aktivitäten unabhängig davon sobald als möglich wieder aufzugreifen. Auch die von Herrn Wöste und Kollegen geplante Lehrerfortbildung „Astronomie und Astrophysik“ – die dritte während seiner Amtszeit – musste erneut verschoben werden, nun auf September 2022 (vgl. Kapitel 8). Mit dem Ende seiner Seniorprofessur stehen nun mehrere Experimentierkoffer bereit, u. a.

zu den Themen Vakuum, Laser und Spektroskopie, für die umfangreiche Dokumentationen vorliegen und die auch weiter genutzt werden. Diese Koffer erleichtern sowohl Physiklehrkräften und ihren Schülerinnen und Schülern als auch Studierenden im Grundstudium den Zugang zu aktuellen, modernen Fragen der Naturwissenschaft.

---

■ **Prof. Dr. Karl-Heinz Lotze, Universität Jena, seit Oktober 2016**

Das Arbeitsprogramm der Seniorprofessur von Herrn Lotze umfasste verschiedene Aktivitäten zur Astronomie. So hat er mehrfach Vorlesungen angeboten, insbesondere für Lehramtsstudierende über z. B. Kosmologie oder spezielle Relativitätstheorie (sein Lehrbuch zu letzterem erscheint in Kürze), und zahllose Vorträge gehalten für Schüler, Lehrer und Öffentlichkeit, u. a. zu Gravitationslinsen und -wellen. Neben der von ihm seit vielen Jahren durchgeführten Lehrerfortbildung zur Astronomie war und ist er auch weiterhin einer der Organisatoren der italienisch-deutschen Lehrerfortbildung „Astronomy from four perspectives“, die turnusmäßig alle vier Jahre in Jena stattfindet, zuletzt 2019. Die Proceedings dazu mit dem Titel „Thinking Gravitational Lensing for Teaching“ sind im Berichtsjahr erschienen. Schließlich hat Herr Lotze auch eine Dissertation betreut, die sich damit beschäftigt, wie man das Thema „Gravitationslinsen“ im Lehramtsstudium und in der Schule unterrichten kann. Die Seniorprofessur von Herrn Lotze ist im Berichtsjahr ausgelaufen.

---

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

Ein zentraler Aspekt des Arbeitsprogramms von Frau Zippelius ist die Umsetzung und Erprobung des Themas „Aktuelle Biophysik“ im Schulunterricht. Im Rahmen einer Bachelor- und einer Masterarbeit wurde dazu ein Kurs entwickelt zum zeitlichen Verlauf der Ausbreitung einer Epidemie sowie den Möglichkeiten ihrer Eindämmung, der auf dem sog. SIR-Modell beruht. Im September wurde der sechsstündige Kurs mit dem Physik-Leistungskurs eines Göttinger Gymnasiums am XLAB durchgeführt. Der sehr positiv evaluierte Kurs soll nun ausgebaut und verstetigt werden, auch an eine reine online-Version ist gedacht. Frau Zippelius hat im Berichtsjahr auch erneut die vierstündige Vorlesung über „Weiche Materie und Biophysik“ für Lehramtsstudierende („Zwei-Fach-Bachelor“) gehalten und am Skript dazu weitergearbeitet.

---

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

Wie von Beginn an seiner Seniorprofessur hat Herr Rückmann auch im Berichtsjahr seine Aktivitäten zur Entwicklung neuer Experimente fortgeführt. So hat er einen Schulversuch zur Quantenoptik entwickelt mit dem Titel „Fluoreszenzabklingen eines metastabilen Laserniveaus und Rubin-Spektroskopie“, der Schülerinnen und Schülern die Funktionsweise eines aktiven Mediums für einen Laser verdeutlichen soll. Die Stiftung hat Mittel bereitgestellt für eine Kleinserie von fünf Versuchen, die nun mit Schülerinnen und Schülern evaluiert werden. Dieses Experiment hat Herr Rückmann auch auf dem 10. Workshop der Lehrmittelkommission vorgestellt, der er angehört (vgl. Kapitel 12). Zu seinen weiteren Aktivitäten



Seniorprofessor Ilja Rückmann hat beim 10. Lehrmittelworkshop im Magnus-Haus mehrere Versuche vorgestellt. (Foto: I. Rückmann)

zählen das Drehen von mehreren Videos mit Nachmachexperimenten sowie die Weiterarbeit an dem Buchprojekt „Nanu, überall Physik“.

---

■ **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. Während das Projekt noch als Voranfrage beim Rektorat liegt, entstand die Idee, einen dazu spiegelsymmetrischen Studiengang zu entwickeln, der vom B.Sc.-Abschluss in Mathematik ausgeht und neben beiden Fachdidaktiken und dem Praxissemester die fachliche Ausbildung in Physik ergänzt. 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, ist aufgrund der Pandemie weiter in Verzug, sodass noch nicht klar ist, wann erste Stipendien vergeben werden können. Schließlich hat Herr Stolze auch an dem Handbuch zum Treffpunkt Quantenmechanik weiter gearbeitet.

---

## 8 LEHRERAUSBILDUNG | LEHRERFORTBILDUNG

Die Lehreraus- und -fortbildung wurde im Berichtsjahr wieder mit mehreren Aktivitäten gefördert, wobei auch hier nicht alle geplanten Veranstaltungen stattfinden konnten. Die Stiftung fördert insbesondere mehrtägige Lehrerfortbildungen, die von langjährigen Partnern wie der Heisenberg-Gesellschaft oder dem Haus der Astronomie durchgeführt werden. Auf Antrag der DPG hat sie ein Förderprogramm bewilligt, um aktiven Lehrkräften, Referendaren und Lehramtsstudierenden die Teilnahme an den DPG-Fortbildungen zu erleichtern, indem sie einen gestaffelten Zuschuss zu den Kosten für Übernachtung und Verpflegung erhalten können. Bei den drei im Berichtsjahr durchgeführten DPG-Fortbildungen kamen 60 Lehrkräfte und 16 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).

### ■ Lehrerfortbildungen: Teilchenphysik

19. Februar sowie 15.–16. Juli | online |  
Dr. Almut Popp, XLAB Göttingen

Aufgrund der Pandemie führte das XLAB im Berichtsjahr diese bereits mehrfach von der Stiftung geförderte Fortbildung zweimal online durch mit 15 bzw. 8 Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Der zentrale Rutherfordische

Streuversuch wurde mit wenig Material als Handversuch ebenso veranschaulicht wie mit einem weiteren Experiment gezeigt wurde, warum das Auffinden kleinerer Strukturen höhere Energien benötigt. Damit die Teilnehmenden diese für den Unterricht sehr gut geeigneten Versuche selbst durchführen konnten, hatten sie vorab eine Liste der notwendigen Materialien erhalten. Weitere Vorträge erläuterten das Standardmodell der Elementarteilchen, die Darstellung von quantenmechanischen Prozessen mit Feynman-Graphen sowie  $\beta$ -Zerfall und Elektroneneinfang auf Quarkenebene. Als Höhepunkt bauten die Teilnehmer – das Material hatten sie geschickt bekommen – selbst eine kontinuierliche Nebelkammer für ihre Schulen, mit der sich Spuren der natürlichen Radioaktivität im Unterricht beobachten lassen.

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

14.–16. Mai | 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 | Diese Lehrerfortbildung wurde zunächst auf Mai 2021 und dann auf September 2022 verschoben.



Mit einjähriger Verspätung konnte die Lehrerfortbildung zur Quantenphysik an der Schule nachgeholt werden.  
(Foto: Heisenberg-Gesellschaft)

### ■ Lehrerfortbildung: Quantenphysik an der Schule

16.–18. Juli | Tagungszentrum Schloss Schweinsburg, Neukirchen a. d. Pleiße | Prof. Dr. Reinhold Rückl, U Würzburg; Dipl.-Phys. Helmut Fink, U Erlangen-Nürnberg (56 TN)

Mit dem Ziel, die moderne Physik und insbesondere die Quantenmechanik im Unterricht weiterführender Schulen stärker zu verankern, führt die Heisenberg-Gesellschaft seit 2014 jährlich einen Workshop zur Quantenphysik für Lehrkräfte und in der Lehramtsausbildung engagierte

Hochschuldozentinnen und -dozenten durch. Dabei wird gleichermaßen auf Fortbildung, Anregung für die Praxis und Erfahrungsaustausch Gewicht gelegt. Die Vorträge des siebten Workshops beschäftigen sich u. a. mit Quantencomputern mit Ionen, dem Bezug der neuen Quantentechnologien zu den Wesenszügen der Quantenphysik oder dem Problem des quantenmechanischen Messprozesses und möglichen Lösungen. Weitere Themen waren Planetenentstehung und Exoplaneten, Gravitationswellen sowie Kernspintomographie. Engen Bezug zum Unterricht hatten ein Vortrag über das nichttriviale Verhältnis der Quantentheorie zur „klassischen“ Physik

sowie zwei Experimentalvorträge zum Prinzip des Stickstoff- und Farbstofflasers mit schultauglichem Eigenbaumodell „aus dem Koffer“ (von WE-Heraeus-Seniorprofessor Ludger Wöste, vgl. Kapitel 7) sowie zu einem Modellversuch zur Quantenkryptographie. Die positive Resonanz bestätigt das Konzept, eine Kombination aus Vorträgen zu physikalischen Forschungsthemen, fachdidaktischen Fragen und philosophischen Aspekten anzubieten, ohne dabei den Unterrichtsbezug und den praktischen Erfahrungsaustausch aus den Augen zu verlieren.



*Link zu den Vorträgen der Lehrerfortbildung.*

---

### ■ DPG-Lehrerfortbildung: Physikshows und Freihandexperimente

29. September–2. Oktober | Physikzentrum  
Bad Honnef | Tobias Happe, Die Physikanten (29 TN)

Physikshows aktivieren das Publikum stark emotional, auch dann, wenn dieses sich sonst nicht besonders für das Fach interessiert. Sie sind ein in Deutschland noch relativ wenig verbreitetes Format, um physikalische Phänomene in witziger und spannender Form zu präsentieren. Noch wertvoller (weil Interesse-weckender und nachhaltiger) sind Wissenschaftsshows allerdings, wenn die Lernenden selbst zu Akteuren werden. Daher wurde in dieser Fortbildung der traditionelle Vortragscharakter zugunsten eines Workshop-Formats aufgebrochen. Das Ziel war die Entwicklung und Vorführung einer eigenen Physikshow. Dazu trainierten die Teilnehmer mit Hilfe der sieben Referenten die kreative Aufbereitung ihrer Lieblingsexperimente und deren Präsentation auf einer Bühne. Als Paradebeispiel startete die Fortbildung mit einer Physikshow der Physikanten. Anschließend bot das Programm verschiedene Workshops, in denen z. B. der Gründer der Physikanten Marcus Weber seine Lieblingsexperimente vorstellte und Anregungen für die Umsetzung im Unterricht gab. Interaktive Einsatzmöglichkeiten von Experimenten in einem Science-Dinner gehörten ebenso zum Programm

wie praktische Anwendungen für das Auftreten auf der (Unterrichts-)Bühne, die Bedeutung von Authentizität, Staging, Körpersprache und Storytelling sowie die Einsatzmöglichkeiten von Theaterpädagogik für einen schüleraktivierenden Physikunterricht. Am Ende der von anregendem Austausch der Teilnehmer und Referenten untereinander geprägten Fortbildung standen über 50 verschiedene Experimente, welche die Lehrkräfte in ihr Repertoire mit aufnehmen konnten.

---

### ■ DPG-Lehrerfortbildung: Physikexperimente im Schuleinsatz: Welche? Warum? Wie? Wann?

16.–20. Oktober | Physikzentrum Bad Honnef |  
Dr. Philipp Bitzenbauer, U Erlangen; Dr. Rüdiger Scholz,  
U Hannover (35 TN)

Das Programm dieser Lehrerfortbildung umfasste mehrere Workshops zu innovativen Schulexperimenten und zur Datenerfassung. Die Vorträge deckten den gesamten Bereich des Experimentierens in der Schule ab. Dazu gehörten Befunde zur Lernwirksamkeit von Experimenten, die bewusste Einbindung zentraler Experimente der Physikgeschichte, das Wechselspiel von Beobachten und Denken sowie die technische Optimierung. So gelang es, die im Titel gestellten Fragen auf vielfältige Weise zu beantworten. Zum Auftakt demonstrierte Peter Heering (Flensburg) historisch den Unterschied zwischen einem Experiment und einem Versuch. Weitere Vorträge boten Einblicke in die Physik im Haushalt (mit zahlreichen Impulsen für lebensweltnahe Experimente mit Mikrowelle und Waschmaschine), zeigten anschaulich, wie man im Unterricht vom Phänomen zur Abstraktion kommt, oder thematisierten, wie man im Umgang mit Messunsicherheiten von der Punktvorstellung zur Mengenvorstellung von Ergebnissen kommt. App-orientierter Unterricht mithilfe von Phyphox, Auszüge der Experimentalshow des Deutschen Museums, die Möglichkeiten von 3D-Druckern sowie die Erstellung digitaler Experimentalvorlagen gehörten ebenso zum Programm. Ein Workshop erlaubte es schließlich, praktische Erfahrungen zu sammeln.



Im Herbst stand eine DPG-Lehrerfortbildung ganz im Zeichen von eindrucksvollen Experimenten. (Fotos: PBH)

## ■ DPG-Lehrerfortbildung: Science Facts & Science Fiction

29. Oktober – 1. November | Physikzentrum  
Bad Honnef | Prof. Dr. Rüdiger Heinze,  
Prof. Dr. Rainer Müller, TU Braunschweig (24 TN)

Stellare- und interstellare Reisen, extraterrestrisches Leben, Zeitreisen, Wurmlöcher und künstliche Intelligenz sind nur einige der Themen, die im Rahmen dieser Fortbildung interdisziplinär behandelt wurden. In den angebotenen Workshops wurden nicht nur spannende Inputs von Experten aus Literaturwissenschaft und Physik gegeben, der interdisziplinäre Zugang zu der Thematik eröffnete auch ein weites Feld für Diskussionen: Ist das, was fiktional beschrieben wird, physikalisch möglich? Gibt es physikalische Fehler in der fiktionalen Darstellung? Welche

Auswirkungen haben fiktionale Technologien in Literatur und Film des Science-Fiction-Genres und wie sind diese zu bewerten? Dieses Zusammenspiel von Literatur- und Naturwissenschaft lieferte spannende Diskussionsgrundlagen. Im Wesentlichen bestand der inhaltliche Input aus drei Themenfeldern: Die Allgemeine Relativitätstheorie wurde als wichtige Grundlage für Reisen in Raum und Zeit behandelt, die Frage nach extraterrestrischem Leben wurde gestellt und problematisiert, und schließlich bot das Thema der künstlichen Intelligenz viele aktuelle Angriffspunkte, angesichts derer aber – so ein wichtiger Apell aus der Diskussionsrunde – nicht die wertvolle und zukunftsweisende Anwendung in Medizin und Technik aus dem Blickfeld geraten sollte. Immer wieder wurde auch überlegt, wie sich diese Themen in Bezug auf aktuelle Bücher und Filme des Science-Fiction-Genres gewinnbringend in den Unterricht integrieren lassen. Innerhalb des



Rahmenprogramms ergaben sich darüber hinaus weitere interessante Überlegungen. Während des außerordentlich gut vorbereiteten Science-Fiction-Spieleabends wurden so beispielsweise Möglichkeiten des Einsatzes von Brettspielen im Unterricht diskutiert.

---

### ■ Bundesweite WE-Heraeus-Lehrerfortbildung zur Astronomie

12.–14. November | Haus der Astronomie Heidelberg |  
PD Dr. Olaf Fischer, Haus der Astronomie Heidelberg (76 TN)

Nachdem die 8. bundesweite Lehrerfortbildung zur Astronomie 2020 nur online stattfinden konnte, wurde die 9. Auflage dieser Veranstaltung im Berichtsjahr wieder in Heidelberg durchgeführt. Nach der Corona-Pause fand die

Fortbildung einen ungewöhnlich großen Anklang bei den Teilnehmern – wegen der Pandemie wurde der Hörsaal allerdings bewusst nicht komplett besetzt. Die klare Programmstruktur hat sich erneut bewährt. An den Vormittagen gab es Fachvorträge zu aktuellen wie auch grundlegenden Themen, z. B. zu Venus, Mars, Kosmochemie, Elemententstehung oder Dunkler Materie. An den Nachmittagen wurden fachdidaktische Erfahrungen in mehreren parallel laufenden Veranstaltungen ausgetauscht, wobei die Teilnehmer selbst die Beiträge dazu lieferten. 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 zeigt

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 noch etwas höher sein könnte.

---

■ **WE-Heraeus-Arbeitstreffen für Lehramtsstudierende, Studienreferendare und Lehrkräfte: Elektrische Stromkreise in Schule und Alltag**

22.–25. November | Physikzentrum Bad Honnef |  
Jun.-Prof. Dr. Jan-Philipp Burde, U Tübingen;  
Prof. Dr. Thomas Wilhelm, U Frankfurt (45 TN)

Kaum eine Entdeckung hat unser heutiges Leben so nachhaltig geprägt wie diejenige der Elektrizität. Deutlich wird dies nicht zuletzt an aktuellen Entwicklungen wie der Energiewende und den damit einhergehenden gesellschaftlichen und politischen Diskursen u. a. in Bezug auf die notwendigen Veränderungen der Energieübertragungsnetze. Gleichzeitig stellt das Verständnis von Stromkreisen für viele Schülerinnen und Schüler eine der größten Herausforderungen des Physikunterrichts der Sekundarstufe I dar. Vor diesem Hintergrund hat diese Veranstaltung didaktische und fachliche Anregungen zu einer zeitgemäßen Unterrichtsgestaltung der Elektrizitätslehre gegeben, wobei neben didaktischem Know-how auch Hintergrundwissen zur Energiewende und den damit verbundenen technischen Herausforderungen auf dem Programm standen. Zunächst wurde aufgezeigt, dass es den „traditionellen Elektrizitätslehreunterricht“ nicht gibt, sondern das Thema sehr unterschiedlich unterrichtet wird. Dies zeigt sich auch an der Vielzahl der für den Physikunterricht vorgeschlagenen Analogien bzw. Modellen des elektrischen Stromkreises, nämlich Wassermodule, Elektronengasmodell und Fahrradkettenanalogie. Im Rahmen der Fortbildung wurden so auch zwei didaktisch ausgearbeitete Unterrichtskonzeptionen vorgestellt, die konsequent entweder das Elektronengasmodell oder die Fahrradkettenanalogie verwenden, um ein konzeptionelles Verständnis elektrischer Stromkreise zu ermöglichen. Ferner ging es auch um die

Frage, wie sich die Unterrichtsinhalte an spannenden Kontexten aus dem Erfahrungs- und Interessensbereich der Schülerinnen und Schüler erarbeiten lassen, um dem oftmals geringen Interesse an einfachen Stromkreisen zu begegnen. Schließlich wurden noch die didaktischen Vorteile aufgezeigt, die der Flipped-Classroom-Ansatz in der Elektrizitätslehre bietet, und ein Unterrichtsvorschlag für Cross-age Tutoring zum Thema Energie und elektrische Stromkreise vorgestellt. Weitere Vorträge zeigten die gesellschaftlichen und technischen Herausforderungen der Energiewende insbesondere auch in Hinblick auf die europäischen Energienetze auf und berichteten über die technischen Chancen und praktischen Herausforderungen der Supraleitung in der Energietechnik. Das Treffen stieß bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern auf große Resonanz. Neben der für den eigenen Unterricht sehr hilfreich erachteten Inhalte wurde in Zeiten der Pandemie vor allem die Möglichkeit zum persönlichen Austausch in einer so guten Atmosphäre gelobt.

---

■ **Handreichungen zur Festkörperphysik mit Versuchen für Lehrkräfte**

Im Rahmen einer 2019 durchgeführten DPG-Lehrerfortbildung zur Festkörperphysik wurden zahlreiche eindrucksvolle Experimente gezeigt, die auf großes Interesse stießen, an den Schulen aber nicht vorhanden sind. Die Stiftung hat daher Mittel bewilligt, um im Rahmen dieses Projekts Lehrkräften einfache Versuche zur Verfügung zu stellen, mit denen sich spannende Aspekte der Festkörperphysik zeigen lassen. Im Berichtsjahr wurde die Beschaffung der Materialien für 50 Experimentierkoffer ebenso fortgesetzt wie die Erstellung von Handreichungen für die vorgesehenen Versuche. 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. Im Oktober 2022 sollen die Experimentierkoffer im Rahmen einer Lehrerfortbildung zur Festkörperphysik vorgestellt werden.

---



Am Haus der Astronomie in Heidelberg fand die inzwischen traditionelle bundesweite Lehrerfortbildung zur Astronomie statt. (Foto: Haus der Astronomie)



Beim Festival Science on Stage haben rund 100 MINT-Lehrkräfte ihre Projekte vorgestellt. (Foto: Tilman Binz)

## ■ 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. Aufgrund der Pandemie fanden im Berichtsjahr lediglich vier Basisfortbildungen statt mit insgesamt nur 46 Teilnehmern (2020: 37, 2019: 381).

---

## ■ Nationales Science on Stage Festival Karlsruhe

Das aus der europäischen Initiative „Physics on Stage“ hervorgegangene Science on Stage-Festival bietet Lehrkräften eine bundesweite Bühne, sich über erfolgreiche fachliche und didaktische Konzepte des MINT-Unterrichts in der Primar- und Sekundarstufe auszutauschen und sich zu vernetzen. Es fördert die Motivation der Lehrkräfte für ihren Beruf und über die Qualitätsentwicklung der Lehre das Interesse und die Kompetenz für MINT-Fächer bei Schülerinnen und Schülern. Rund 100 ausgezeichnete MINT-Lehrkräfte der Primar- und Sekundarstufe haben im Oktober 2021 in Karlsruhe ihre außergewöhnlichen Unterrichtsprojekte vorgestellt. Die Stiftung hat dabei die Teilnahme von 20 Physik-Lehrkräften gefördert. Die 13 zugehörigen Projekte beschäftigten sich u. a. mit Energy Harvesting, digitalem Messen mit dem Raspberry Pi, einem Steckklemmen-System für Low-cost-Experimente, der Bestimmung der Sonnenentfernung oder der Physik einer Winterjacke.

---

## ■ Bundeskonferenz Schule MIT Wissenschaft

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 jedes Jahr 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. Renommierte 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 hatte Mittel bewilligt für die im Herbst 2020 im Deutschen Museum, München, geplante Veranstaltung, die aufgrund der Pandemie jedoch nur virtuell stattfinden konnte. Daher wurden die bewilligten Mittel verwendet für die vom 12. bis 14. November 2021 am Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie in Bremen als hybride Veranstaltung durchgeführte Fortbildung. Das Programm für die 110 Lehrkräfte vor Ort umfasste neun Vorträge, darunter einen der Medizin-Nobelpreisträgerin Christiane Nüsslein-Volhard, sowie neun Workshops.



*Link zu einem Video über die Bundeskonferenz.*

---

## ■ MNU-Bundeskongress

Der MNU Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts e.V. veranstaltet jährlich mit dem Bundeskongress eine fünftägige Fortbildungsveranstaltung, dessen Programm Fachvorträge, Workshops und Exkursionen umfasst und sich an aktuellen mathematisch-naturwissenschaftlichen Fragen ausrichtet. Im Berichtsjahr fand der Kongress vom 4. bis 6. März pandemiebedingt rein virtuell und unter dem Thema „MINT-Bildung im Zeitalter der Digitalisierung“ statt. Mit einer Zuwendung hat sich die Stiftung an den Kosten für die Bereitstellung der digitalen Tagungsplattform beteiligt.

---

## 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 Schüler und Schülerinnen“ durch (vgl. Kapitel 12).

### ■ Lehrmittel-Pool dreier mittelfränkischer Gymnasien

Anfang 2020 konnten 150 Schülerinnen und Schüler des Simon-Marius-Gymnasiums Gunzenhausen im Rahmen des „Tages der Physik“ mit dem Laser-Optik-Kit „Snellius“ experimentieren, das die Lehrmittelkommission der DPG (vgl. Kapitel 12) zur Verfügung gestellt hatte. Dieses Kit ermöglicht zahlreiche Versuche u. a. zum Strahlengang in verschiedenen Materialien, zu (Total-)Reflexion, zur Wellenlängenbestimmung oder zur optischen Aktivität. Bei dieser Veranstaltung entstand die Idee, 15 Sätze des Kits für ein Experimentepool zu beschaffen, den auch das Werner-von-Siemens-Gymnasium Weißenburg sowie das Theresien-Gymnasium Ansbach nutzen können. Die Stiftung hat einen entsprechenden Antrag genehmigt, so dass die Kits im Berichtsjahr beschafft werden konnten. Bedingt durch die Pandemie fand zwar bislang weniger Präsenzunterricht statt als geplant, die Lehrkräfte der drei Gymnasien haben die Unterrichtsmaterialien aber bereits weiterentwickelt und vereinbart, künftig auch weitere Experimente gemeinsam zu nutzen.



Drei mittelfränkische Gymnasien haben mit Stiftungsmitteln Experimentierkästen zu Optik und Lasern beschafft, die sie gemeinsam nutzen werden. (Foto: U. Kiesmüller, SMG Gunzenhausen)



An der Sternwarte des CFG Wuppertal findet eine Vielzahl an Kursen und Veranstaltungen für Schüler statt. (Foto: M. Winkhaus, CFG)

### ■ Ausbau der Sternwarte am Schülerlabor Astronomie des CFG Wuppertal

Über die von der Stiftung seit 2006 wiederholt geförderte Schulsternwarte auf dem Dach des Wuppertaler Carl-Fuhlrott-Gymnasiums (CFG) ist in den vergangenen Tätigkeitsberichten ausführlich berichtet worden. Das CFG hat dank der Kooperation mit dem FB Physik der Universität Wuppertal und anderen Bildungspartnern wie der Junior-Uni einen festen Kursbetrieb an der Sternwarte aufgebaut und die Astronomie als reguläres Schulangebot für alle Jahrgangsstufen etabliert. Dadurch hat sich die deutschlandweit einzigartige Sternwarte inzwischen zu einer viel beachteten und von Schülern, Studierenden und Lehrern aus dem ganzen Bundesgebiet genutzten Einrichtung entwickelt. Neben den sechs Beobachtungsinseln auf dem Flachdach der Schule besteht sie aus einem sehr hochwertigen Teleskop in einem Sternwartengebäude. Im Berichtsjahr hat die Stiftung erneut substanzielle Fördermittel bewilligt, um das in die Jahre gekommene Zubehör für Fotografie und Spektroskopie zu erneuern mit dem Ziel, das Schülerlabor über mindestens ein weiteres Jahrzehnt betreiben und das Angebot ausweiten zu können. Angeschafft wurden u. a. sieben Vollformat-Digitalkameras von Canon, sieben gekühlte Astrokameras sowie sechs Spalt- und ein Echelle-Spektrograph für die hochauflösende Sternspektroskopie. Die neuen Geräte wurden

im Berichtsjahr bereits in vielfältiger Weise genutzt, z. B. bei Projektarbeiten für Jugend forscht.

---

### ■ 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, das zudem erhöht wurde auf 24 Wochenstunden. Die Förderung durch die Stiftung erlaubt es darüber hinaus insbesondere, Astronomie-Kurse für Schüler und Lehrkräfte der Region anzubieten. Im Berichtszeitraum (hier: 9/20 bis 8/21) fanden 14 solche Veranstaltungen statt (von insgesamt 50 Veranstaltungen am Schülerlabor). Der Großteil der Veranstaltungen richtete sich an Grundschulen, mehrere Gymnasialklassen kamen aber auch zu Tageskursen zur Astrofotografie oder Sternspektroskopie nach



Fünf identische Stationen bilden die Grundlage für ein mobiles Schülerlabor Astrophysik am Reichswald-Gymnasium Ramstein. (Foto: L. Hesse, RWG Ramstein)

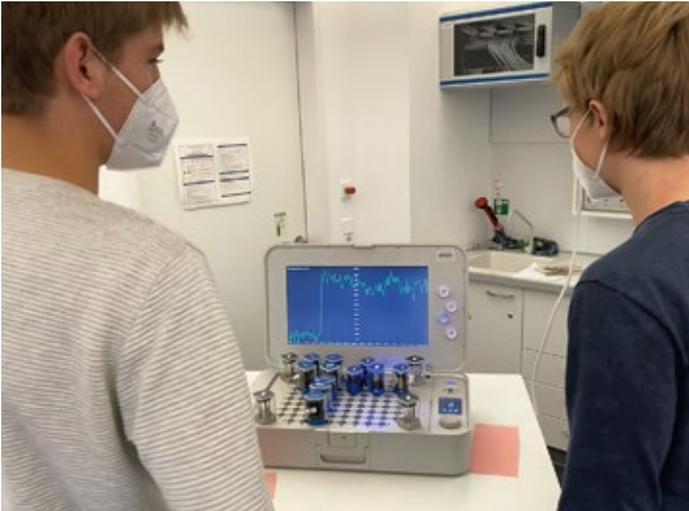
Wuppertal. Bedingt durch die Pandemie fanden zwar deutlich weniger Präsenzveranstaltungen statt als früher, da sich das Teleskop im zentralen Sternwartengebäude („Station 7“) fernsteuern lässt, konnten aber insbesondere Projektarbeiten durchgeführt werden.

### ■ 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 hat die Stiftung die Beschaffung von fünf mobilen Stationen gefördert, die jedoch erst 2022 zum Einsatz kommen werden.

### ■ Schalexperimente mit einzelnen Photonen

Mit der „zweiten Quantenrevolution“ beginnt derzeit das Zeitalter der Quantentechnologien, die als Zukunftsfeld mit disruptivem Innovationspotenzial und hohem gesellschaftlichen Nutzen eingeschätzt werden. Um Jugendliche an das Thema heranzuführen, werden Unterrichtskonzepte und Experimente benötigt. In Deutschland ist die Quantenphysik zwar seit Jahrzehnten ein etabliertes Thema in der Oberstufe, und neuere Zugänge über Strahlteiler-Experimente mit einzelnen Quantenobjekten sind in Schulbüchern zu finden. Allerdings sind solche Experimente 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. Während des Berichtsjahrs haben sich in Berlin bzw. Bochum wissenschaftliche Mitarbeiter mit den Experimenten vertraut gemacht und umfangreiche Bedienungsanleitungen erstellt. Im Herbst wurden die Koffer jeweils kooperierenden Lehrkräften vorgestellt, die sie z.T. auch bereits im Unterricht genutzt haben. Insbesondere in Leistungskursen waren die Schüler begeistert von der Möglichkeit, echte Experimente durchführen zu können. Allerdings wurde auch deutlich,



Der Quantenkoffer ermöglicht u. a. Experimente mit einzelnen Photonen  
(Foto: H. Krabbe, U Bochum)



Die Physikanten steuern professionelle, effektiv präsentierte  
Experimentiervideos zu einem gemeinsamen Projekt mit der Universität  
Münster bei. (Foto: Physikanten)

dass die Lehrkräfte den Quantenkoffer angesichts des hohen zeitlichen Aufwands für die Vorbereitung (insbesondere zur Justierung) nicht ohne personelle Unterstützung betreiben können. Im Jahr 2022 sollen weitere Lehrerfortbildungen durchgeführt und Erfahrungen an weiteren Schulen gesammelt werden.

Unterricht erprobt wie bei Lehrveranstaltungen präsentiert. Das dabei gewonnene Feedback ist in eine Überarbeitung eingeflossen.

### ■ 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 der physikalischen Modelle. Diese Materialien sollen sowohl in Lehrveranstaltungen für Lehramtsstudierende eingesetzt werden als auch Schulen zur Verfügung stehen. Aus dem Physik-Bildungsplan wurden fünf Experimente ausgewählt: Photoeffekt, Franck-Hertz-Versuch, Millikan-Versuch, Doppelspaltversuch mit einzelnen Photonen sowie ein Versuch zur Kohärenz des Lichts. Im Berichtsjahr wurden elf Videos zum Photoeffekt gedreht, deren Reihenfolge und Struktur auf einem typischen wissenschaftlichen Erkenntnisprozess basiert. Die Videos wurden inzwischen ebenso im

### ■ Effektvolle Experimentiervideos und Workbookportal

Dieses auf 2,5 Jahre angelegte 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 entsteht an der Universität Münster ein Portal 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). Am Ende soll ein bundesweit sichtbares Portal für leicht adaptierbares Unterrichtsmaterial mit einer Vielzahl möglicher digitaler Erweiterungen stehen sowie ein Katalog hochwertiger Videos, die Lehrenden und Lernenden das Experimentieren erleichtern und auf unterhaltsam-informative Weise Interesse an Physik fördern. Im Berichtsjahr wurde das Workbookportal WunderBooks



Bei den Nachbautagen können Lehrkräfte und/oder Eltern Experimentierstationen bauen, die primär in Grundschulen dauerhaft zum Experimentieren einladen. (Foto: B. Kaffenberger)

programmiert und zunächst in mehreren Seminaren und an einer Kooperationsschule getestet. Inzwischen läuft eine Pilotphase mit sechs Schulen, drei Studienseminaren sowie der Physikdidaktik der Universität Bochum. In Münster wurde ebenfalls eine Datenbank mit unvertonen Experimentiervideos aufgebaut, die sich in die Arbeitsmaterialien einbinden lassen. Parallel dazu haben die Physiker ein adäquates Studiodesign entwickelt und weitere technische Voraussetzungen für professionelle Videos geschaffen. Erste Videos zu „Töne und Klänge“ wurden gedreht und nach Feedback aus Münster überarbeitet. Inzwischen sind weitere Videos zu „Beschleunigung“ sowie „Leiter und Nichtleiter“ entstanden, die nach dem finalen Schnitt im Unterricht getestet werden.



Link zum Workbookportal WunderBooks.

## ■ 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 können 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 Berichtsjahr 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 Herbst hat in der Rhön eine erste zweitägige Fortbildung stattgefunden, an denen dreizehn Lehrerinnen und ein Lehrer teilgenommen haben, bis auf zwei alle von Grundschulen. Im Anschluss daran wurden die Exponate zwei Wochen lang an drei 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.

# 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 gibt es jedoch keine Möglichkeit, entsprechende Experimente durchzuführen. Die Stiftung unterstützt daher ein auf mehrere Jahre angelegtes Projekt am Schülerlabor JuLab des Forschungszentrums Jülich, das sowohl die Entwicklung von Experimentierangeboten für Schülerinnen und Schüler (als Tagesveranstaltung oder Forscherwoche) als auch Fortbildungen für Lehrkräfte zum Ziel hat. Die für den Experimentiertag vorgesehenen Stationen (u. a. Vakuum, B- und E-Feld, Historie, Simulationen, mechanischer Beschleuniger) sind ebenso wie das didaktische Begleitmaterial dazu inzwischen fast vollständig abgeschlossen. Auch ein Lern-Zyklotron ist grundsätzlich betriebsbereit. Aufgrund der Pandemie war es bislang jedoch noch nicht möglich, das geplante Programm mit Schülerinnen und Schülern auszuprobieren – dies soll 2022 nachgeholt werden, sobald es die Pandemie erlaubt.

## ■ Sternwarte am phaenovum Schülerforschungszentrum Lörrach-Dreiländereck e.V.

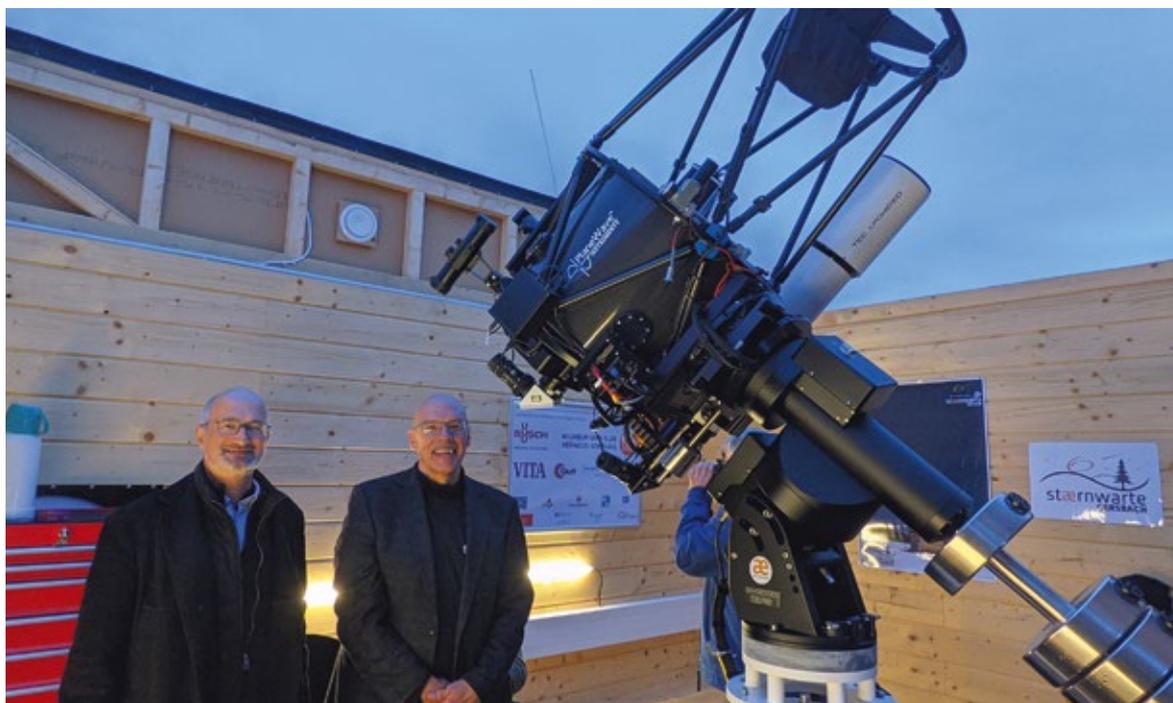
Die Stiftung hat bereits 2018 dem phaenovum Schülerforschungszentrum Lörrach-Dreiländereck e.V. Mittel bewilligt für die Instrumentierung einer neu zu errichtenden Sternwarte an zwei Standorten. Auf einem gut zu erreichenden Gelände in Lörrach wurden 2020 fünf Plattformen errichtet, auf denen sich mobile 8-Zoll-Teleskope für Kurse montieren lassen. Am zweiten Standort in der Gemeinde Gersbach steht auf 931 Meter Höhe eine Rolldachhütte mit einem 17-Zoll-Hauptteleskop für Forschungsprojekte. Damit hat das phaenovum eine hervorragende Ausstattung für den bereits seit 2011 existierenden Astronomie-Schwerpunkt. Aufgrund der Pandemie blieb das Schülerforschungszentrum zwar bis Juni 2021 geschlossen, danach konnten aber drei Kurse stattfinden und mehrere Wettbewerbsarbeiten starten. Schließlich hat im dritten Anlauf auch die offizielle Einweihung Ende Oktober 2021 geklappt.



*Link zu einem Video über die Sternwarte.*

## ■ Schülerlabor für physikalische und geophysikalische Experimente am SFZ Hameln-Pyrmont

Im Berichtsjahr hat die Stiftung Fördermittel bereitgestellt für das Schülerforschungszentrum Hameln-Pyrmont, mit denen eine physikalische Grundausstattung für projektorientierte Schülerarbeiten beschafft sowie ein Schülerlabor für Geophysik eingerichtet wurde. Keimzelle des 2020 gegründeten SFZ ist der schon länger existierende



Hermann Klein (rechts) vom SFZ Phaenovum gemeinsam mit Stiftungsgeschäftsführer Dr. Stefan Jorda bei der Einweihung der neuen Sternwarte in Schopfheim-Gersbach bei Lörrach. (Foto: phaenovum)



Am SFZ Hameln-Pyrmont haben sich Schülerinnen und Schüler auf das GYPT vorbereitet (Foto: E. Kajari)



Bei dem online durchgeführten Schülersymposium am Science College Overbach drehte sich alles um Mobilität. (Foto: Haus Overbach)

rende und zunächst am Schiller-Gymnasium beheimatete GYPT-Standort Hameln. Mit den Mitteln wurde einerseits eine Grundausstattung für die digitale Messwertfassung beschafft (CASSY-Geräte und -Sensoren), die insbesondere für Schülerarbeiten zur Teilnahme an den Wettbewerben GYPT (vgl. Kapitel 12) und Jugend forscht dienen. Das geophysikalische Labor ist mit einem Schwerpunkt auf der Seismologie gestartet, für den drei verschiedene Seismometer beschafft wurden. Das Angebot des SFZ richtet sich an alle interessierten Schülerinnen und Schüler der weiterführenden Schulen im Landkreis Hameln-Pyrmont.

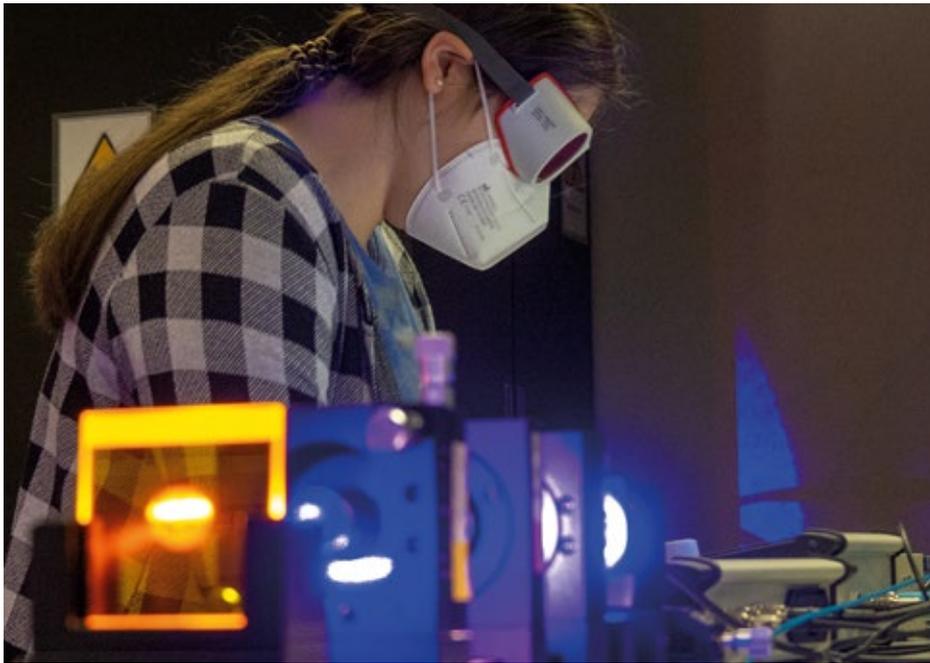
sowie den vier im Titel genannten Wegen: Mobilität auf der Schiene, E-Autos mit Akku bzw. Brennstoffzelle sowie umweltneutral hergestellte Kraftstoffe. Weitere Vorträge vertieften diese Themen, und auch die üblichen Arbeitsgruppen der Schüler wurden online durchgeführt. Das vierte Herbstsymposium über Bio-Ökonomie konnte Ende Oktober in hybrider Form stattfinden, mit 56 Teilnehmern vor Ort und 28 Teilnehmern online. Dabei ging es u. a. um Biomasse als erneuerbare Rohstoffquelle oder Mikroorganismen als Biofabrik, die klimaneutral und umweltschonend traditionelle Verfahren ersetzen können, die auf fossilen Rohstoffen basieren.

### ■ Schülersymposien am Science College Overbach

Auch im Berichtsjahr hat die Stiftung wieder zwei Symposien am Science College Overbach in Jülich-Barmen finanziell unterstützt. Anfang April fand das elfte Schülersymposium unter dem Titel „Mobilität – die vier Wege in die Zukunft“ statt; pandemiebedingt komplett online und in zwei statt vier Tagen. WE-Heraeus-Seniorprofessor Christoph Buchal (vgl. Kapitel 7) war erneut für das Programm verantwortlich und hielt für die rund 60 Teilnehmer aus weit verstreuten Orten einen Überblicksvortrag zu den globalen Emissionen, dem Beitrag der Mobilität

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

Mit finanzieller Unterstützung der Stiftung konnte dieses Camp im August erneut stattfinden, pandemiebedingt allerdings nur mit neun Teilnehmern, drei Schülerinnen und sechs Schülern. Vier Tage lang erhielten sie in diesem interdisziplinären Camp zu Physik, Mathematik und Informatik und unter der Überschrift „Physik realer Systeme – von Differentialgleichungen zum Experiment“ einen Einblick darin, wie numerische Simulationen es ermöglichen, auch komplexe Systeme ausgehend von den



Zum wiederholten Male förderte die Stiftung ein Schülercamp zur Laserphysik am XLAB Göttingen (Foto: XLAB)

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.

### ■ Schülercamp „Laserphysik“ am XLAB Göttingen

Im Juli 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 zwei Schülerinnen und fünf 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. Insbesondere die vergleichsweise freie experimentelle Arbeit bewerteten die Schülerinnen und Schüler sehr positiv.

---

### ■ 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. Anstelle von 15 geplanten und von der Stiftung finanzierten Durchführungen des Spiels konnten aufgrund der Pandemie bislang erst 6 realisiert werden, alle an Gymnasien in Berlin. Bei den durchgeführten Evaluationen lobten die Schülerinnen und Schüler das Spiel und gaben u.a. an, dabei gelernt zu haben, wie komplex das Energiesystem einer Stadt ist.



◀ Gefördert durch die Stiftung fand im August ein astronomisches Sommerlager für interessierte Jugendliche statt. (Foto: VEGA e.V.)

▶ Beim vollständig digital durchgeführten Bundeswettbewerb Jugend forscht vergab die Stiftung wieder drei Sonderpreise. (Foto: Stiftung Jugend forscht)

### ■ Workshops zu „Klima, Energiewende, Nachhaltigkeit“ im Rahmen des 2. MINT-Festivals Jena

Nach 2018 sollte im Herbst 2020 unter dem Motto „Klima, Energiewende, Nachhaltigkeit“ ein zweites MINT-Festival an der Universität Jena stattfinden. In diesem Rahmen sollten Schülerinnen und Schülern drei Experimentier-Workshops angeboten werden, zum Treibhauseffekt mit seinen Ursachen und Folgen, zur Energieumwandlung im Haushalt sowie zu Energiespeichern für regenerative Energiequellen. Die Stiftung hat Mittel bewilligt zur Beschaffung der dazu notwendigen Messgeräte und Materialien. Das MINT-Festival musste auf September 2021 verschoben werden, konnte aber auch dann nur mit großen Einschränkungen stattfinden: Ein gemeinsames Experimentieren mit Schülerinnen und Schülern war nicht möglich, sodass die Workshops digital umgesetzt wurden. Da das Material für Gruppen in Klassenstärke vorhanden ist, werden die Workshops in das reguläre Programm des Schülerlabors an der Universität Jena integriert.



*Link zu den digitalen Workshops.*

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

Die Vereinigung für Jugendarbeit in der Astronomie e.V. (VEGA) führt seit 1999 jährlich ein zweiwöchiges Sommerlager durch, bei dem bis zu 65 Teilnehmerinnen und Teilnehmer zwischen 14 und 24 Jahren Vorträge hören, Workshops und Beobachtungen durchführen und Gleichgesinnte treffen können. Im Berichtsjahr sollte das Sommerlager in der ersten Augushälfte in einem Schullandheim in der Rhön stattfinden. Da eine Veranstaltung mit so vielen Teilnehmern aufgrund der Pandemie nicht möglich war, führten die Organisatoren stattdessen zeitgleich drei kleinere Lager an verschiedenen Orten durch. Das Programm umfasste u. a. Arbeitsgruppen zur Amateurastronomie, zu sog. Fermi-Problemen oder zu Elementarteilchen und kosmischer Strahlung, Mathematikseminare und zahlreiche Freizeitbeschäftigungen. In einer Evaluation gaben praktisch alle Teilnehmer an, dass sie gerne auch erneut teilnehmen würden. Mit den bewilligten Fördermitteln hat die Stiftung niedrige Teilnahmegebühren ermöglicht, sodass auch Jugendliche aus weniger finanzstarken Familien teilnehmen konnten.

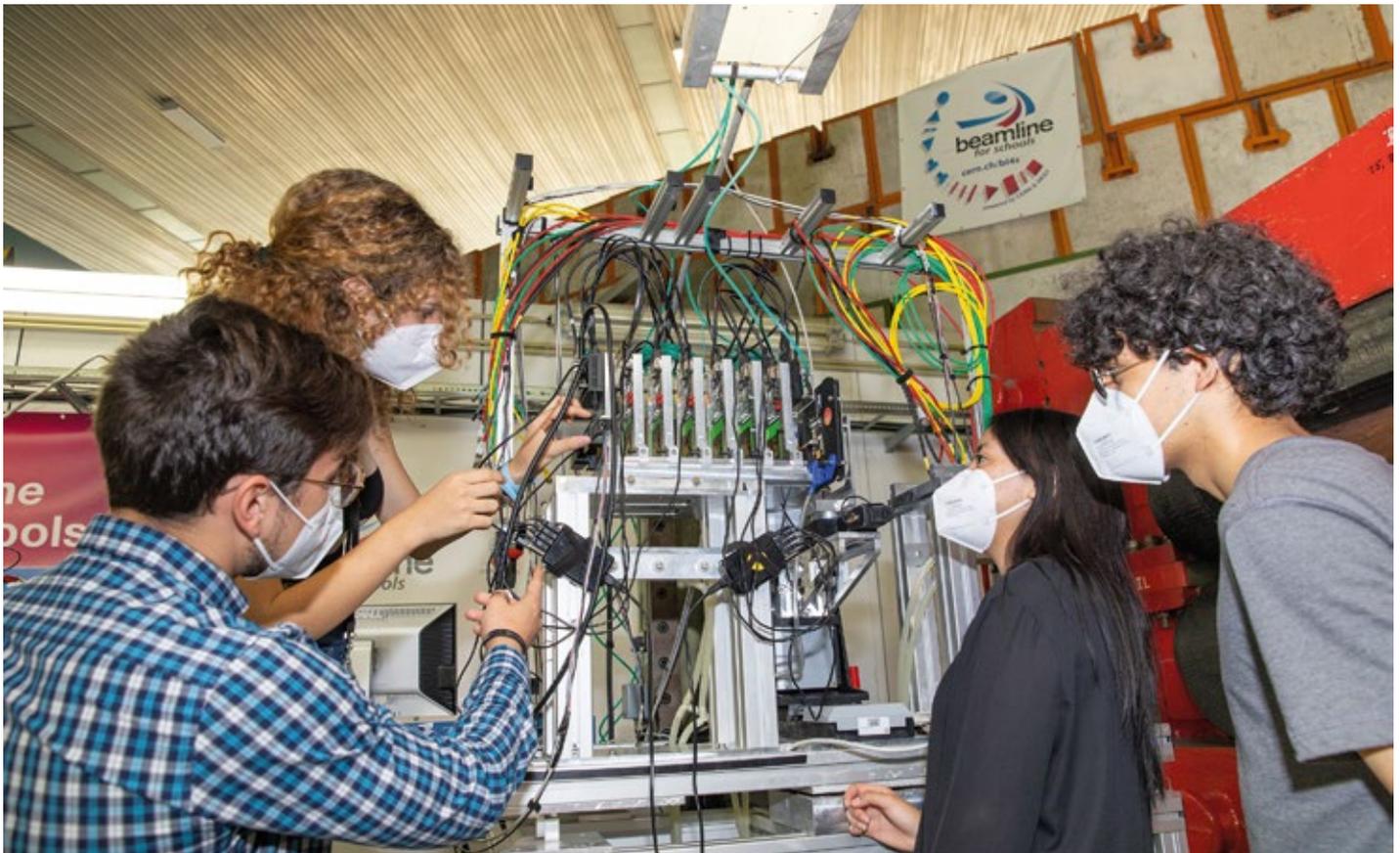


### ■ MINTernational Workshops in Physik und Chemie an der Jacobs University Bremen

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. Unterrichtet werden sie dabei normalerweise von Studierenden des MIT Boston bzw. der JU Bremen. Aufgrund der Pandemie fanden die beiden Camps im Berichtsjahr komplett online statt, an jeweils fünf Vormittagen, wobei die Nachfrage deutlich geringer war als im Vorjahr und die Betreuung Studierende vor Ort übernahmen. Am Physik-Workshop unter dem Titel „A Brief History of Light: from Newton to Einstein with its Profound Applications“ nahmen zwei Schülerinnen und sechs Schüler teil, an dem Chemie-Workshop fünf bzw. vier. Die Stiftung hat die Workshops mit einem kleineren Betrag gefördert.

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

Seit über zehn Jahren finanziert die Stiftung im Rahmen des Bundeswettbewerbs „Jugend forscht“ den „Sonderpreis der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung“ für eine Arbeit 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. Während der Bundeswettbewerb 2020 wegen der Pandemie komplett ausfiel und der Sonderpreis nicht vergeben wurde, fand der 56. Bundeswettbewerb im Berichtsjahr erstmals online statt. Einen der Sonderpreise erhielten Miriam Warken (19), KIT Karlsruhe, Fabio Briem (19), TU München, und Lukas Bohnacker (20), TH Ulm, für ihr am Schülerforschungszentrum Südwürttemberg, Ulm, durchgeführtes Projekt „Physik statt Chemie: Hygiene 2.0“, in dem es um die Bekämpfung von Krankenhauskeimen mit Ultraschall geht. Die anderen Preise erhielten Britt Besch (18), Gymnasium Olching, für ihr Projekt „Ermittlung des Normalized Difference Vegetation Index mit einer modifizierten RGB-Kamera“ sowie Camille Westerhof (20), Sophie-Scholl-Schule, Berlin, für sein Projekt „Visualisierung von Mikrowellen“. Im Rahmen des von der Stiftung geförderten Sponsorpools Hessen



Mitglieder des italienischen Gewinnerteams von „Beamline for Schools“ an ihrem Experiment am DESY. (Foto: Marta Mayer, DESY)

wurden u. a. Projekte zur Züchtung von Proteinkristallen, zur Untersuchung des Rostvorgangs oder zur Auswirkung von FFP2-Masken auf die Sauerstoffsättigung des Blutes von Kindern unterstützt.

### ■ 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 können Schülerteams aus der ganzen Welt Projekte für Experimente an einem Beschleuniger vorschlagen; eine Jury wählt dann zwei Teams à max. zehn Teilnehmer aus, die das vorgeschlagene Experiment vor Ort durchführen können. Bislang haben sich rund 10000 Schülerinnen und Schüler aus 84 Ländern beteiligt. Da die Umbauarbeiten an den

Beschleunigern am CERN noch nicht abgeschlossen waren, hat der Wettbewerb nach 2019 und 2020 im Berichtsjahr erneut am DESY in Hamburg stattgefunden. Unter 289 Vorschlägen von Teams aus 57 Ländern (beides sind Rekordwerte), hat die Jury ein Team vom Liceo Scientifico Statale „A. Scacchi“ (Bari, Italien) und eines von der Escuela Nacional Preparatoria „Plantel 2“ (Mexiko-Stadt) ausgewählt. Beide konnten im September ihre Forschungsarbeiten am DESY durchführen. Die italienischen Schülerinnen und Schüler haben den Effekt der Übergangsstrahlung untersucht, bei dem Röntgenphotonen entstehen, wenn ein Strahl hochenergetischer Elektronen die Grenzfläche zwischen Materialien mit unterschiedlichen optischen Eigenschaften durchquert. Das mexikanische Team hat sich mit der Tscherenkow-Strahlung befasst, die entsteht, wenn hochenergetische Teilchen bestimmte Materialien durchdringen. Das Team hat diese Strahlung in verschiedenen Materialien verglichen. Die Stiftung war erneut der Hauptsponsor dieses Wettbewerbs.

### ■ 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 Prof. Arnulf Quadt (Universität Göttingen). Mit fast 67 000 Teilnehmern (Vorjahr ca. 62 000) aus 75 Ländern weltweit, über 1,1 Millionen Besuchen auf der Webseite [www.physik-im-advent.de](http://www.physik-im-advent.de) und rund 850 000 Klicks auf die entsprechenden Filme auf YouTube war die Resonanz nochmal deutlich höher als im Vorjahr. Knapp die Hälfte aller Teilnehmer sind Mädchen. Über 1700 Preise wurden an die Teilnehmerinnen und Teilnehmer vergeben, überwiegend als Sachspenden. Darunter waren auch Besuche von Forschungseinrichtungen (DESY, PSI) 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.

---

### ■ Schüler-Teilnahmestipendien: GDNÄ-Versammlung

Seit 2004 ermöglicht die Stiftung Schülern und Schülerinnen aus naturwissenschaftlichen Leistungskursen die Teilnahme an Kongressen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (GDNÄ). Aufgrund der Pandemie musste die für September 2020 in Würzburg geplante 131. Versammlung zum Thema „Wissenschaft im Bild“ zunächst auf 2021 verschoben werden, bevor sie schließlich ganz abgesagt wurde. Die Stiftung hat daraufhin der Umwidmung eines Teils der Fördermittel zugestimmt für das von der GDNÄ mit der Initiative Wissenschaft im Dialog durchgeführte Projekt „I'm a Scientist“. Dieses Projekt ermöglicht es Schülerinnen und Schülern auf digitalem Weg, Wissenschaft und Forschung niedrigschwellig kennenzulernen, indem sie sich im Rahmen des Unterrichts mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern über eine Online-Plattform austauschen. In der zweiten Märzhälfte hatten dadurch über 1100 Schüler aus knapp 40 Schulen die Möglichkeit, in Live-Chats mit 24 Wissenschaftlern über das Thema „Infektionen“ zu diskutieren.

---

### ■ Schüler-Teilnahmestipendien: Jahresversammlung 2021 der Leopoldina

Ebenfalls seit 2004 ermöglicht die Stiftung Schülern und Schülerinnen aus naturwissenschaftlichen Leistungskursen die Teilnahme an den Jahresversammlungen der Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften. Auf diesem Weg wird jungen Menschen ein Einblick in den Wissenschaftsbetrieb und eine Orientierungshilfe bei der Wahl ihres Studienfachs gegeben. Im Berichtsjahr fand die Versammlung unter dem Thema „Biodiversität – die Zukunft der Vielfalt“ als hybride Veranstaltung statt, wobei nur Preisträger, Referenten sowie Gremienmitglieder vor Ort waren. Obwohl das Schülerprogramm also vollständig online war, haben die bundesweit angeschriebenen Schulen wieder hervorragende Schüler nominiert, sodass 44 Stipendien an 30 Schülerinnen und 14 Schüler vergeben werden konnten. Das zweitägige Schülerprogramm, durch das eine professionelle Moderatorin führte, enthielt neben den regulären Vorträgen auch drei exklusive Sitzungen, bei denen die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit hatten, die Vortragsthemen zu vertiefen oder mit Professoren über Fragen rund um ein Studium zu diskutieren.

---

# 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.

## ■ 70. Lindauer Nobelpreisträgertagung 2021

Die für 2020 geplante interdisziplinäre Lindauer Nobelpreisträgertagung wurde aufgrund der Pandemie auf 2021 verschoben und hat im Juni online stattgefunden mit einer Rekordzahl von über 70 teilnehmenden Nobelpreisträgern, darunter der deutsche Physik-Nobelpreisträger von 2020 Reinhard Genzel. Die Stiftung vergab wie zuletzt 2019 Teilnahmestipendien an hochqualifizierte Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler aus der Physik. Die 34 Stipendiaten und 12 Stipendiatinnen wurden wie in den Vorjahren von einer Jury aus den Vorschlägen deutscher Universitäten und Forschungsinstitute ausgewählt. Die verwendete Plattform bot vielfältige Möglichkeiten für virtuelle Begegnungen, auch wenn der direkte Austausch mit den „Heraeus Fellows“ im Rahmen des traditionellen Empfangs mit anschließendem Abendessen nicht möglich war.

## ■ 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. Nach

der reinen online-Durchführung im Vorjahr konnte die Veranstaltung im Berichtsjahr in hybrider Form stattfinden mit insgesamt 1200 Personen vor Ort. Wie erstmals im Vorjahr wurden weltweit erneut 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 konnte die DPG unter den Teilnehmern und Alumni von „Leading for Tomorrow“ (vgl. Kapitel 12) sowie von ihrem Mentoring-Programm 20 Personen nominieren für die Teilnahme an den Veranstaltungen.

## ■ 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 8. Juni der „9. Nationale MINT-Gipfel“ statt, bei dem die beiden Sprecher des NMF im Vorfeld der Bundestagswahl mit Vertretern aller Parteien darüber diskutierten, wie die Politik MINT-Bildung fördern muss, um aus den Herausforderungen der Zukunft neue Chancen und Potenziale zu schaffen. Darüber hinaus fanden am 25. März sowie am 18. November die 19. bzw. 20. Mitgliederversammlung als online-Veranstaltungen statt. Im

Berichtsjahr wurden außerdem ein Impulspapier zu „MINT Bildung im Ganztage“ veröffentlicht und eine Veranstaltung zur Vorstellung des „MINT-Herbstreports“ durchgeführt.

---

#### ■ 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 im Berichtsjahr konzipiert und als Wanderausstellung realisiert. Nach der Einweihung in Stuttgart (Anfang 2022) sind weitere Stationen in Regensburg oder Tübingen geplant. Die Stiftung hat die Ausstellung mit einem größeren Betrag gefördert.

---

#### ■ Buchveröffentlichung Zeitzeugen

Die Stiftung hat sich mit einem kleineren Betrag an den Druckkosten für das Buch „Zeitzeugen“ beteiligt, das Interviews mit prominenten Sprecherinnen und Sprechern der Auricher Wissenschaftstage bündelt. In den 30 Jahren dieser Veranstaltung haben Nobelpreisträger wie Jack Steinberger, Theodor Hänsch oder Peter Grünberg ebenso daran teilgenommen wie Helmut Schmidt, Günther Grass oder Hans Küng.

---

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

Im Berichtsjahr hat die Stiftung eine Bundesfachschafentagung Physik (ZaPF = Zusammenkunft aller Physik-Fachschaften) in Göttingen 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 Schüler und Schülerinnen“. 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. Die Geförderten erhalten normalerweise 50 Prozent von den anrechnungsfähigen Übernachtungs- und Reisekosten sowie von Tagegeld und Tagungsgebühr erstattet. Nachdem im Vorjahr die DPG-Frühjahrstagungen kurzfristig abgesagt werden mussten und die Fördermittel daher unangetastet blieben, fanden im Frühjahr des Berichtsjahrs einige kleinere und

im Herbst drei große DPG-Tagungen der Sektionen Materie und Kosmos, Festkörperphysik sowie Atome, Moleküle, Quantenoptik und Photonik statt. Rund 750 Nachwuchswissenschaftler erhielten für diese online-Tagungen eine Förderung, welche die vollständige Erstattung der Tagungsgebühr umfasste. Seit 1989 wurden über 30 000 Studierende im Rahmen dieses Programms gefördert.

## ■ Physik für Schüler und Schülerinnen

Die Stiftung und die DPG führen seit 2000 gemeinsam das Förderprogramm „Physik für Schüler und Schülerinnen“ 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 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 Lehrern und Lehrerinnen. Im Rahmen des Programms können auch Mittel zur Bearbeitung der GYPT-Aufgaben beantragt werden (siehe nächste Seite). Seit 2020 übernimmt die Stiftung die Kosten für das Programm komplett (wie das auch beim nachfolgend beschriebenen Programm Fobi-Phi der Fall ist). Im Berichtsjahr wurden 32 neue Anträge gestellt und 6 aus dem Vorjahr übertragen. Von diesen 38 Anträgen wurden 25 bewilligt und bis auf 2 abgerechnet, 7 Anträge wurden abgelehnt, die restlichen waren zum Jahreswechsel noch in Bearbeitung und wurden auf 2022 übertragen.



Das deutsche Team aus Silvius Perret (17, v.l.), Geschwister-Scholl-Gymnasium in Löbau, Adam Muderris (17), Hans-Thoma-Gymnasium in Lörrach, Kapitän Maxim Jonah Walther (18), Schiller-Gymnasium in Hameln, Michael Ott (17), Augustinus-Gymnasium in Weiden in der Oberpfalz, sowie Tarek Becic (16), Frankenwald-Gymnasium in Kronach, bestritt das erstmals durchgeführte Online Young Physicists' Tournament vom Physikzentrum aus. (Foto: DPG/Carstensen)

## ■ Fobi-phi

Dieses Programm ist ähnlich wie das Förderprogramm „Physik für Schüler und Schülerinnen“ organisiert, hat aber Lehrerfortbildungen zum Inhalt („Fortbildung in Physik“). Im Berichtsjahr hat die Nachfrage erneut nachgelassen: So wurden nur 6 Anträge neu gestellt (Vorjahr: 8), 7 Anträge waren aus dem Vorjahr übertragen worden. Von den 13 Anträgen wurden 12 bewilligt, aber nur 2 vollständig abgerechnet. Dieses Programm finanziert die Stiftung komplett.

## ■ German & International Young Physicists' Tournament (GYPT/ 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. Mit 222 Anmeldungen war die Teilnehmerzahl der siebten Wettbewerbsrunde praktisch identisch mit derjenigen des Vorjahres. An mehreren der inzwischen 20 GYPT-Standorte wurden zwischen Dezember und Januar virtuelle Regionalwettbewerbe durchgeführt, um die zwei besten Teams für den Bundeswettbewerb zu ermitteln. Darüber hinaus gab es die Möglichkeit, sich in einem Online-Wettbewerb zu qualifizieren. Das GYPT wurde zunächst zweigleisig geplant, musste dann aber am 6. und 7. März komplett virtuell durchgeführt werden. Bei dem spannenden Turnier qualifizierten sich 10 der 58 Teilnehmenden für den ebenfalls online durchgeführten Workshop, bei dem das fünfköpfige Nationalteam ausgewählt wurde. Im Sommer fand in Georgien zwar das IYPT in Präsenz statt, das deutsche Team hat aber ebenso wie zwölf andere Teams daran nicht teilgenommen, sondern stattdessen an einem erstmals durchgeführten OYPT (Online Young Physicists' Tournament). Vom Physikzentrum Bad Honnef aus zog



Beim Wettbewerb „exciting physics“ geht es unter anderem darum, eine Kettenreaktion aus phantasievollen Kombinationen möglichst vieler, sich nacheinander auslösender physikalischer Effekte zu konstruieren.  
(Foto: Offer&Offer)

das deutsche Team ungeschlagen in das Finale ein, wo es sich nur dem erneut sehr starken Team aus Singapur geschlagen geben musste. Sehr erfreulich ist auch, dass die Kultusministerkonferenz (KMK) Ende Juni beschlossen hat, das GYPT in die Liste der von der KMK empfohlenen Schülerwettbewerbe aufzunehmen. Damit ist nun amtlich, dass das GYPT die von der KMK 2009 beschlossenen Qualitätskriterien für Schülerwettbewerbe erfüllt. Diese Aufnahme würdigt einerseits die geleistete Aufbauarbeit für diesen Wettbewerb und wird andererseits dem Wettbewerb zweifellos einen weiteren Schub verleihen, da es nun für Schülerinnen und Schüler einfacher wird, z. B. eine Facharbeit durch die Teilnahme am Wettbewerb zu ersetzen.

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

Im Berichtsjahr konnte das im vergangenen Jahr verschobene Wissenschaftsfestival „Highlights der Physik“ in Würzburg nachgeholt werden. Es stand ganz im Zeichen der Röntgenstrahlung, die vor 125 (+1) Jahren in Würzburg entdeckt worden war, mit dem Motto: „Durchblick mit Weitblick!“. Im Rahmen dieser Veranstaltung fand

erneut der Schülerwettbewerb „exciting physics“ statt, zu dem sich 381 Schülerinnen und Schüler angemeldet haben; zum Finale erschienen dann tatsächlich 274 mit etwa 60 Lehrkräften und Begleitpersonen. Damit war die Beteiligung zwar geringer als 2019 in Bonn, jedoch mit Blick auf die Pandemie erfreulich groß. Die große überregionale Bekanntheit des Wettbewerbs zeigte sich daran, dass über Bayern hinaus Teams aus sechs 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, Traktorpulling, Crashtest, Exponentielle Prozesse, Kettenreaktion; 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



Bei der DPG-Schülertagung konnten auch eigene Arbeiten vorgestellt werden.  
(Foto: David Heitz, DPG)

mit rund 17000 Besuchern vor Ort und ebenso vielen online-Teilnehmern. Daher wurde das Vortragsprogramm übertragen und ein virtuelles Ausstellungszelt bereitgestellt. Die Stiftung hat zusätzliche Mittel bewilligt für drei interaktive Lernsimulationen.

### ■ DPG-Schülertagung

Vom 10. bis 12. September fand im Physikzentrum erneut eine Schülertagung statt, an der 60 Jugendliche (über die Hälfte davon weiblich) aus 13 Bundesländern teilnahmen. Die DPG bietet damit physikbegeisterten Schülerinnen und Schüler ab 16 Jahren eine Plattform, um Gleichgesinnte zu treffen, Ideen auszutauschen und die Atmosphäre einer wissenschaftlichen Fachtagung zu schnuppern. 40 Schüler nutzten die Möglichkeit, eigene Projekte vorzustellen. Daneben umfasste das Programm zwei Plenarvorträge (über Kosmologie und Spektroskopie), eine Podiumsdiskussion zum Frage „Wer trägt die Verantwortung in unserer komplexen Welt?“, zahlreiche Workshops (z. B. zur Epidemiologie, zum 3D-Druck oder zur Jonglage), einen Konstruktionswettbewerb und ein Rahmenprogramm. Die vom Arbeitskreis junge DPG

organisierte Schülertagung verknüpft auch die von der Stiftung geförderten Wettbewerbe Jugend forscht und GYPT. Die Stiftung hat die Tagung vollständig finanziert.

### ■ DPG-Fachleitertagung

Nach dem Erfolg der ersten DPG-Fachleitertagung 2019 trafen sich zur zweiten Auflage vom 24. bis 26. September erneut rund 50 Fachleiter an Studienseminaren oder Lehrer, die in der Referendarsausbildung tätig sind, im Physikzentrum. Eine Anregung aus der ersten Tagung aufgreifend, sah das Programm viel Zeit vor für Workshops und Diskussionsgruppen. Dabei nahmen insbesondere die Themen Fernunterricht, digitale Medien sowie die Auswirkung des Digitalen auf die Didaktik großen Raum ein. Mehrere Vorträge, u. a. von Armin Maiwald von der „Sendung mit der Maus“ über Erklärvideos, sowie eine Podiumsdiskussion über Herausforderungen und Chancen in der Physiklehrausbildung rundeten das Programm ab. Das Feedback der aus 13 Bundesländern angereisten Teilnehmerinnen und Teilnehmer war erneut sehr positiv. Die Stiftung hat die Tagung vollständig finanziert.

### ■ **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 Wissenschaftsmanagerinnen und -manager. Das Programm setzt auf die Vermittlung von Grundkompetenzen sowie die Reflexion des Gelernten und der eigenen Stärken. Für den fünften Durchgang gingen etwas weniger Bewerbungen ein als für den vierten (102 statt 116). Die Auswahlkommission wählte daraus 35 Männer und 18 Frauen zwischen 26 und 40 Jahren aus, die zu 39 Prozent Doktoranden und zu 25 Prozent Postdocs waren sowie zu 35 Prozent Industrie und Wirtschaft zuzuordnen waren. Zwar konnten die Auftakt- und die Abschlussveranstaltung im Juni bzw. Dezember nur virtuell stattfinden, aber für die beiden zweitägigen Workshops im Juli bzw. September waren Präsenzveranstaltungen im Physikzentrum möglich, die bei Teilnehmern und Trainern auf großen Zuspruch stießen. Die Stiftung hat das Programm komplett finanziert.

### ■ **Lehrerpreis für Physik-Lehrkräfte (DPG)**

Der DPG-Preis für herausragende Leistungen in der Vermittlung der Physik an Schulen („DPG-Lehrerpreis“) ist mit 500 Euro für die Preisträgerin bzw. den Preisträger selbst dotiert. Im Gegensatz hierzu erhalten bei dem von der PGzB vergebenen Heinrich-Gustav-Magnus-Preis auch die Schulen der Preisträger eine Spende von 1500 Euro für die Gerätesammlung. Angesichts dieser Diskrepanz hat die Stiftung der DPG im Jahr 2020 angeboten, auch beim DPG-Lehrerpreis 1500 Euro für die Schulen zur Verfügung zu stellen. Im Berichtsjahr wurde der Preis zweimal vergeben, an StR Sebastian Bauer,

Humboldt-Gymnasium Vaterstetten, sowie Rene Göbel, Carmen-Sylva Schule Neuwied.

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

Im Berichtsjahr hat die PGzB zum siebten Mal den von der Stiftung finanzierten „Heinrich-Gustav-Magnus-Preis“ für hervorragende Physiklehrer/-innen 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 drei Nominierungen den Preisträger Andreas Scheuermann vom Marie-Curie-Gymnasium in Hohen Neuendorf aus, der den Preis im November im Magnus-Haus erhielt. Der Preisträger erhielt ein Preisgeld von 500 Euro, seine Schule eine Gerätespende in Höhe von 1500 Euro für ihre Lehrmittelsammlung. Die Jury hat die niedrige Zahl an Nominierungen auf den Corona-bedingten Unterrichtsausfall und die angespannte Lage an den Schulen zurückgeführt.

### ■ **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 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. Anfang November fand im Magnus-Haus Berlin der 10. Workshop der Lehrmittelkommission in Präsenz statt. Dabei wurden u.a. Experimente mit Mitteln aus dem Supermarkt zur Bestimmung von Schall- und Lichtgeschwindigkeit oder Versuche zur Atomphysik und Quantenoptik für die Schule vorgestellt.



Im Magnus-Haus Berlin erhielt der Lehrer Andreas Scheuermann vom Marie-Curie-Gymnasium in Hohen Neuendorf (Mitte) den Heinrich-Gustav-Magnus-Preis der PGzB aus den Händen von PGzB-Präsident Prof. Dr. Oliver Benson (rechts) und Laudator Prof. Dr. Markus Gühr (links). (Foto: H. Grahn, PGzB)

### ■ Vortragsreihen im Magnus-Haus Berlin

Seit 1995 unterstützt die Stiftung die DPG bei der Durchführung von Veranstaltungen im Magnus-Haus Berlin (Vorträge, „Industriegespräche“, Arbeitstreffen, Podiumsdiskussionen). Im Berichtsjahr fanden nur fünf wissenschaftliche Abendvorträge in hybrider Form statt, alle anderen Veranstaltungen konnten nur online durchgeführt werden. 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 allerdings nur zwei davon im Magnus-Haus und die anderen als online-Veranstaltungen. Die Themen waren wie in der Vergangenheit breit gestreut und umfassten u. a. Festkörperphysik sowie Quantum Computing.

# 13 AUSGABENSTRUKTUR

Nach dem starken pandemiebedingten Einbruch der Ausgaben 2020 sind die Ausgaben 2021 wieder deutlich gestiegen, auch wenn sie noch deutlich unter den Ausgaben 2019 lagen. Die Aufwendungen für Stiftungszwecke im Rahmen der regulären Programme einschließlich Verwaltungskosten beliefen sich im Berichtsjahr auf rund 3,1 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 2021 wieder Risikovorsorge in Form von Freier Rücklage gemäß § 58 Nr. 7a AO getroffen.

	2021	2020
Seminare inkl. binational	19,6 %	18,0 %
Klausurtagungen	0,9 %	0,9 %
Physikschulen	6,5 %	2,7 %
Symposien   Arbeitstreffen   Workshops	3,3 %	0,5 %
Dissertationspreise	2,3 %	2,9 %
Seniorprofessuren	4,7 %	7,4 %
Lehrerausbildung   Lehrerfortbildung	4,3 %	2,0 %
Schülerförderung: Beispielhafte Einzelprojekte ...	17,1 %	11,2 %
Schülerförderung: Außerschulische Lernorte ...	15,4 %	27,8 %
Mitgliedschaften   Verschiedenes	4,1 %	3,6 %
Förderprogramme mit DPG	12,3 %	12,2 %
Verwaltungskosten	9,5 %	10,8 %

## IMPRESSUM

### **Herausgeber**

Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung  
Kurt-Blaum-Platz 1 | 63405 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: Im Rahmen der Falling Walls Veranstaltungen fand das WE-Heraeus-Symposium „Breakthroughs in Physical Sciences“ statt. (Foto: Falling Walls Foundation)

Titel oben rechts: Von der entspannten Pandemie-Lage im Sommer profitierten die Teilnehmenden zahlreicher Veranstaltungen im Physikzentrum. (Foto: PBH)

Titel unten links: Im Herbst stand eine DPG-Lehrerfortbildung ganz im Zeichen von eindrucksvollen Experimenten. (Fotos: PBH)

Titel unten rechts: Am Schülerforschungszentrum Hameln-Pyrmont haben sich Schülerinnen und Schüler auf das GYPT vorbereitet. (Foto: E. Kajari)

### **Grafische Gestaltung**

Andrea Reuter | Annweiler

### **Druck**

Offsetdruckerei E. Sauerland GmbH | Gelnhausen

März 2022

