

## DD 32: Postersitzung 2

Zeit: Dienstag 14:00–15:00

Raum: R1

DD 32.1 Di 14:00 R1

**Augmented-Reality-Visualisierungen in der Elektrik** — ●SEBASTIAN KAPP<sup>1</sup>, MICHAEL THEES<sup>1</sup>, FABIAN BEIL<sup>1</sup>, THOMAS WEATHERBY<sup>2</sup>, JAN-PHILIPP BURDE<sup>3</sup>, THOMAS WILHELM<sup>2</sup> und JOCHEN KUHN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Technische Universität Kaiserslautern — <sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main — <sup>3</sup>Eberhard Karls Universität Tübingen

Die Verwendung von Augmented Reality eröffnet neue Möglichkeiten, Visualisierungen in die reale dreidimensionale Lernumgebung zu integrieren. Diese können dabei über die traditionellen zweidimensionalen Abbildungen auf Papier und Monitor hinausgehen, die nur eine Projektion dreidimensionaler Objekte sein können. Basierend auf Erkenntnissen der Cognitive Load Theory und der Cognitive Theory of Multimedia Learning vermuten wir, dass so Wissenszuwächse gefördert und lernirrelevante kognitive Belastungen reduziert werden können. Im Rahmen des Physikalischen Anfängerpraktikums für Biologen an der Goethe-Universität Frankfurt am Main wurden solche räumlich integrierten Visualisierungen von Messwerten bei Elektrikexperimenten eingesetzt und in drei aufeinanderfolgenden Semestern evaluiert. Zur Realisierung der Lernumgebung wurden neben der Verwendung von Smartglasses (Microsoft HoloLens), Tablet-PCs und der Entwicklung einer entsprechenden Software auch neu entwickelte Messgeräte in traditionelle Experimente zu Reihen- und Parallelschaltungen integriert. Im Posterbeitrag werden das Studiendesign sowie Ergebnisse der ersten beiden Semesterkohorten präsentiert und diskutiert.

DD 32.2 Di 14:00 R1

**Entwicklung von AR-Applikationen für die Elektrizitätslehre der Sekundarstufe I** — ●HAGEN SCHWANKE und THOMAS TREFZGER — Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Universität Würzburg

Experimente stehen im naturwissenschaftlichen Unterricht nach wie vor im Zentrum des Unterrichtsgeschehens. Durch die Weiterentwicklungen im informationstechnischen Bereich ergänzen inzwischen kostengünstige digitale Medien und Werkzeuge das Experiment im Unterricht. Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung von Augmented-Reality(AR)-Applikationen. Mit deren Hilfe kann die reale Lernumgebung bzw. das Realexperiment gezielt mit computergenerierten Informationen überblendet werden. Die Sekundarstufe I bietet in der 9. Jahrgangsstufe in Bayern zum Thema der Elektrizitätslehre viele Experimente zur Anwendung einer augmentierten Lernumgebung. Dabei sollen die in diesem Projekt entwickelten Applikationen hauptsächlich die Modelle der magnetischen Felder sichtbar machen. Sie können jedoch auch zur Darstellung des \*Unsichtbaren\*, wie z.B. Atome, Elektronen oder Raumladungen, genutzt werden. Auf diesem Poster werden unterschiedliche Applikationen und deren Integration in einen Lernzirkel vorgestellt. Mit diesem Zirkel soll in einer weiteren Studie ein möglicher andersartiger Verlauf des Lernens der Thematik Magnetismus aufgedeckt werden. Bevor die Applikationen für die Pilotierung genutzt werden, werden diese mittels einer Mixed-Methods-Studie bezüglich ihrer Nutzerzufriedenheit evaluiert. Dabei kommt der quantitative System Usability Score (SUS) nach Brooke und ein qualitatives Leitfadenterview zum Einsatz.

DD 32.3 Di 14:00 R1

**Formgedächtnispolymere - vom 3D-Druck zur Polymerchemie** — ●GUIDO EHRMANN<sup>1</sup> und ANDREA EHRMANN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Virtual Institute of Applied Research on Advanced Materials (VIARAM) — <sup>2</sup>FH Bielefeld, Fachbereich IuM, Bielefeld, Deutschland

Der 3D-Druck bietet heutzutage ganz neue Möglichkeiten, Schüler(innen) und Student(innen) an verschiedenste Wissensgebiete heranzuführen. Neben der Konstruktion spielt hier vor allem die Materialwissenschaft eine wichtige Rolle.

Die meisten preiswerten 3D-Drucker arbeiten nach dem Fused-Deposition-Modeling(FDM)-Verfahren, bei dem ein geschmolzenes Polymer-Filament durch eine Düse gepresst und lagenweise auf dem Druckbett abgelegt wird, bis die gewünschte 3D-Form entsteht.

Ein besonders interessantes Druckmaterial ist Polylactid (PLA), das nicht nur einfach zu drucken ist, sondern auch Formgedächtniseigenschaften aufweist [1]. Dies bedeutet, dass es sich stark verformen und anschließend durch Wärmezufuhr wieder in die ursprüngliche Form zurückbringen lässt - solange keine Teile des Objekts brechen. Solche Formgedächtnis-Objekte können durch eine angepasste Konstruktion

optimiert werden, die Schwachstellen weitestgehend verhindert und auf diese Weise möglichst viele Regenerationszyklen ermöglicht. Je nach Kenntnisstand der Beteiligten können dabei vorhandene Füllstrukturen ausgewählt oder auch eigene Strukturen konstruiert werden. Auf diese Weise können Schüler(innen) und Student(innen) spielerisch das Zusammenspiel aus Konstruktion und Material erfahren.

[1] G. Ehrmann, A. Ehrmann, *Polymers* 13, 164 (2021)

DD 32.4 Di 14:00 R1

**Mobiles Eyetracking zur Diagnose von Lernschwierigkeiten in Schülerexperimenten** — ●SEBASTIAN BECKER, STEFAN KÜCHEMANN, SERGEY MUKHAMETOV und JOCHEN KUHN — Technische Universität Kaiserslautern

Forschungsfragen, die mit stationären Eyetracking-Systemen beantwortet werden können, sind limitiert auf die Präsentation von Lerninhalten über den Computerbildschirm (Texte, Videos, Simulationen, etc.). Für das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte typische Lernszenarien, wie das experimentbasierte Lernen, erfordern jedoch einen flexibleren Einsatz von Eyetracking-Systemen. Mobile Eyetracking-Systeme, insbesondere Eyetracking-Brillen, eröffnen hierbei einen Zugang zu solchen Lernszenarien. Gerade Schülerexperimente stellen ein vielversprechendes Forschungsfeld für den Einsatz mobiler Systeme dar. Denn obwohl solchen Experimenten eine Schlüsselrolle im naturwissenschaftlichen Unterricht zugeschrieben werden kann, konnten Studien zeigen, dass das Potenzial dieser Lernform oftmals nur unzureichend ausgeschöpft wird. Mittels mobilem Eyetracking lassen sich Selektions- und Integrationsmechanismen von Informationen auf Ebene des Experimentierprozesses quantifizieren und die Interaktion der Lernenden während des kollaborativen Experimentierens aufklären. Auf diese Weise lassen sich wertvolle neue Erkenntnisse über kooperative Lernschwierigkeiten und deren Zusammenhang mit dem Lernerfolg gewinnen.

DD 32.5 Di 14:00 R1

**Entwicklung des "FLexKom-Karussells" zur Förderung experimenteller Kompetenzen** — ●MARIA HINKELMANN, SIMON GOERTZ und HEIDRUN HEINKE — RWTH Aachen University, I. Physikalisches Institut IA

Der "PISA-Schock" Anfang der 2000er Jahre war der Anstoß zu einer grundlegenden Diskussion über das deutsche Bildungssystem und führte letztendlich zu einer Kompetenzorientierung in den Kernlehrplänen, die dem Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht einen höheren Stellenwert einräumte (vgl. MSB NRW, 2019, S. 9). An der RWTH Aachen werden spezielle Unterrichtsmaterialien zum Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen entwickelt und auf der Plattform FLexKom kostenlos zur Verfügung gestellt. In diesem Rahmen wurde ein Miniaturkarussell (das "FLexKom-Karussell") konzipiert, auf dessen Basis experimentelle Module erstellt werden können. Das Karussell kann vielfältig eingesetzt werden, da sowohl Kompetenzen aus der Experimentierphase der Planung (z.B. Hypothesen formulieren) als auch Kompetenzen der Durchführung (z.B. Variablenkontrollstrategie) und Auswertung (z.B. Messunsicherheiten) durch den Einsatz dieses Karussells gefördert werden können. Auf dem Poster wird zunächst der Aufbau des Karussells präsentiert und anschließend ein dazugehöriges Modul zur Förderung der Variablenkontrollstrategie vorgestellt. Dieses Modul wurde in zwei verschiedenen Versionen konzipiert. Eine Ausführung fokussiert auf Schüler:innen der Sekundarstufe I und eine zweite auf Schüler:innen der Oberstufe.

DD 32.6 Di 14:00 R1

**Theoretische Modellierung naturwissenschaftlicher Leistungs- und Begabungspotenziale im Kita- und Grundschulalter** — ●TOBIAS MEHRTENS, FREYA MÜLLER, HILDE KÖSTER und DANIEL REHFELDT — Freie Universität Berlin

Im Beitrag werden ein neues Modell naturwissenschaftsbezogener Leistungspotenziale im Grundschulalter (Mehrtens, Köster & Rehfeldt 2021) und dessen Weiterentwicklung und Adaption für die frühkindliche naturwissenschaftliche Bildung präsentiert und zur Diskussion gestellt. Die Adaption eines potenzialorientierten didaktischen Ansatzes für Kita- und Grundschule (Köster 2018; Mehrstens et al., 2021) sowie die besondere Rolle von Transitionsprozessen (Griebel & Niesel 2011; Faust 2008) zwischen KiTa und Grundschule und deren Weiterentwick-

lung hin zu einer kontinuierlich potenzialorientierten Bildungsbiografie finden in diesem Beitrag besondere Berücksichtigung. Erste Erkenntnisse dazu, inwiefern das Setting und die Kooperationen Hinweise auf besondere Potenziale bei Kindern geben kann, werden vorgestellt.

DD 32.7 Di 14:00 R1

**Ein Escape-Game zur Förderung experimenteller Kompetenzen - Gestaltung des finalen Rätsels "Geldkoffer"** — ●SIMON ROTH, SIMON GOERTZ, THERESA WESTPHALEN, JAN BERNDTGEN und HEIDRUN HEINKE — RWTH Aachen University

An der RWTH Aachen ist mit der Plattform FLEKXKom (Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen) ein Schwerpunkt auf die Vermittlung methodischer Kompetenzen gelegt worden. Die Beliebtheit eines Escape-Game Settings hat zu der Verknüpfung von spielerischen Elementen mit den physikalischen Lerninhalten geführt. Im Rahmen eines sog. FLEKXcape Games steigen die Schülerinnen und Schüler in eine fiktive Geschichte ein und lösen einzelne Rätsel, in denen sie physikalische Aufgaben unter Anwendung experimenteller Kompetenzen bearbeiten. Als gemeinsames Abschlussrätsel wurde ein Geldkoffer für das FLEKXcape Game entwickelt. Durch Lösen der gestellten Aufgaben gelangen die Teilnehmenden der Lerngruppe an Informationen, mit denen sie den Geldkoffer öffnen und die Belohnung erhalten können. Auf dem Poster wird die allgemeine Konzeption unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung und der Funktionsweise des Geldkoffers präsentiert und erklärt.

DD 32.8 Di 14:00 R1

**Phyphox-fähige CO<sub>2</sub>-Monitor-Bausätze für den Einsatz an Schulen** — DOMINIK DORSEL<sup>1</sup>, JENS NORITZSCH<sup>1</sup>, SEBASTIAN STAACKS<sup>1</sup>, ROBIN BLÄSING<sup>1</sup>, ●AHMAD ASALI<sup>1</sup>, CHRISTOPH STAMPFER<sup>1</sup> und HEIDRUN HEINKE<sup>2</sup> — <sup>1</sup>II. Physikalisches Institut A, RWTH Aachen Universität, Deutschland — <sup>2</sup>I. Physikalisches Institut A, RWTH Aachen Universität, Deutschland

Die Smartphone-App phyphox der RWTH Aachen erlaubt zahlreiche Experimente unter Nutzung der großen Bandbreite interner Sensoren dieser Geräte. Seit einiger Zeit lassen sich auch externe Sensoren über Bluetooth Low Energy (BLE) auslesen. Vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie wurde ein Open-Hardware und -Software CO<sub>2</sub>-Monitor entwickelt, der im Unterschied zu herkömmlichen CO<sub>2</sub>-Ampeln über BLE mit phyphox kommunizieren kann. Neben dem Nutzen zur Pandemiebekämpfung lässt er sich somit nachhaltig im MINT-Unterricht z.B. zur Untersuchung des grundlegenden biologischen Phänomens der Photosynthese oder fächerübergreifende Aspekte des Treibhauseffekts einbinden.

Der kostengünstige Bausatz für den CO<sub>2</sub>-Monitor ist so konzipiert, dass der Aufbau des Monitors durch Schüler:innen erfolgen kann. Dies erlaubt den Schüler:innen, Verantwortung für ihre Schule zu übernehmen und gleichzeitig technische, naturwissenschaftliche und soziale Kompetenzen zu erwerben. Im Beitrag werden die Grundfunktionen des Monitors und erste Erfahrungen mit dem Schuleinsatz präsentiert.

DD 32.9 Di 14:00 R1

**Kollegiale Beobachtung und Reflexion von Physikunterricht** — ●JAN LAMPRECHT, ANDRÉ GROSSE, MICHAEL SZOGS und FRIEDERIKE KORNECK — Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt

Das Planen, Analysieren und Reflektieren von unterrichtlichem Handeln steht im Zentrum jeder Phase der Lehrer\*innen-Bildung. In einem geplanten und mit Lehramtsstudierenden pilotierten Fortbildungssetting für Physiklehrkräfte bieten wir als universitärer Partner einen Raum für Peer-Reflexionen über Physikunterricht an, orientiert an den Basisdimensionen von Unterrichtsqualität (Klieme, 2019).

Die Fortbildung nutzt die Analyse von Videosequenzen von Physikunterricht. Als theoretische und strukturierende Elemente werden die Qualitätsmerkmale des Physikunterrichts mithilfe digitaler Lernmodule eingeführt und durch Kurzskaalen geratet. In Anschlussterminen reflektieren die Lehrkräfte kriteriengeleitet weiteren und auch eigenen Unterricht. Ziel der Fortbildung ist es, die Lehrkräfte zu einem stetigen Austausch und Reflexion der Qualität ihres Unterrichts zu befähigen und zu motivieren.

Durch die Auswertung der Bewertungsbögen und Peer-Reflexionen der Pilotierung des Fortbildungskonzeptes mittels eines Ratingmanuels für Reflexionsqualität (Große, eingereicht) konnten Aspekte identifiziert werden, in denen sich die Reflexionsqualität durch die Intervention veränderte.

Das Poster stellt sowohl das Fortbildungssetting als auch die empirischen Ergebnisse der Pilotierung vor und lädt zur Diskussion ein.

DD 32.10 Di 14:00 R1

**Und für wen ist dieser Kontext? Studien zu Kontexten und Interessen im Physikunterricht unter Beachtung von Gender und Selbstkonzept** — ●JULIA WELBERG, DANIEL LAUMANN und SUSANNE HEINICKE — Institut für Didaktik der Physik, Universität Münster

In Bezug auf Jungen und Mädchen und Physikunterricht greifen wir in der Physikdidaktik oft auf allseits bekannte Sätze zurück. Dazu gehört beispielsweise die Aussage von Wagenschein (1965, S. 350), es sei, wenn man sich nach den Mädchen richte, auch für Jungen richtig, umgekehrt aber nicht. Oder die Feststellung, dass das Interesse von Mädchen am Physikunterricht grundsätzlich geringer sei bzw. in der Mittelstufe stärker absinke, sich danach noch weniger erhole als das der Jungen (Hoffmann et al., 1998, S. 21). Ebenso seien Mädchen mehr an Kontexten interessiert, die die Natur, Umwelt und den eigenen Körper betreffen, Jungen hingegen mehr an technischen Kontexten oder an allen gleichermaßen (Häußler et al., 1996). In mehreren Studien unter insgesamt über 275 Schülerinnen und Schülern haben wir erhoben, welche Kontexte die Lernenden als interessant für sich ausweisen und welche Interessen sie jeweils Jungen und Mädchen allgemein zuordnen. Da die aktuelle Forschung zeigt, dass neben dem Geschlecht als Clustervariable auch andere Konstrukte zur Klärung dieser Unterschiede beitragen können (vgl. Zöchling et al., 2020), ziehen wir in einer weiteren Studie u.a. die Konstrukte Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitserwartung hinzu. Die Ergebnisse der Studien werden im Beitrag vorgestellt.

DD 32.11 Di 14:00 R1

**Untersuchung der Wahrnehmung von Feynman-Diagrammen mittels Eye Tracking** — ●MERTEN DAHLKEMPER<sup>1,2</sup>, JEFF WIENER<sup>1</sup>, ANDREAS MÜLLER<sup>3</sup>, SASCHA SCHMELING<sup>1</sup> und PASCAL KLEIN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>CERN, Schweiz — <sup>2</sup>Universität Göttingen — <sup>3</sup>Universität Genf

Seit über 70 Jahren sind Feynman-Diagramme (FD) aus der Elementarteilchenphysik kaum wegzudenken, da sie komplexe Rechnungen kompakt veranschaulichen. Dies wird auch für die Behandlung im Schulunterricht genutzt. Aus fachdidaktischer und lerntheoretischer Sicht wird der Nutzen verschiedener Repräsentationsformen zum Problemlösen und Lernen als zentral erachtet. Dennoch wird im Rahmen der Vermittlung von Teilchenphysik kontrovers über ihre Verwendung im Schulunterricht diskutiert, da umstritten ist, inwiefern der Nutzen dieser Darstellungen ihre potentiellen Nachteile durch resultierende Missverständnisse und Fehlvorstellungen übersteigt. Diese Schwierigkeiten und das Fehlen empirischer Untersuchungen zum visuellen Umgang mit FD zeigen den Forschungsbedarf zu diesem Thema auf.

Wir berichten über eine Studie, bei der die Bearbeitung von Aufgaben mit FD mittels Eye Tracking untersucht wird. Die Stichprobe setzt sich zum einen aus Studierenden zusammen, die mit der Repräsentationsform nicht vertraut sind, und zum anderen aus Forschenden in dem Gebiet der Elementarteilchenphysik. Das Ziel ist, aus den Studienergebnissen forschungsbasierte Instruktionen zum Betrachten, Zeichnen und Anwenden von FD im Rahmen eines Onlinekurses zur Teilchenphysik zu entwerfen.

DD 32.12 Di 14:00 R1

**Selbstbestimmtes und angeleitetes Experimentieren im Schülerlabor** — ●SARAH HOHRATH<sup>1</sup>, HEIKO KRABBE<sup>1</sup>, SANDRA ASSMANN<sup>1</sup> und MARIA OPFERMANN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum — <sup>2</sup>Bergische Universität Wuppertal

Schülerlabore ermöglichen Schülerinnen und Schülern (SuS) wie echt Forschende in einer authentischen Lernumgebung zu agieren. In physikalischen Projekten können SuS z. B. einen Experimentierprozess planen, durchführen, auswerten und evaluieren - und somit selbstreguliert lernen. Im Rahmen dieser Mixed Methods-Studie soll untersucht werden, wie der Grad der Instruktion (angeleitet vs. selbstbestimmt) während des Experimentierens - in Abhängigkeit vom Vorwissen des Lernenden - den Selbstregulationsprozess beeinflusst (F1) und wie sich Vorwissen und Instruktionsgrad auf die Judgments of Performance der Lernenden auswirken (F2). Die Erhebung soll im Februar 2021 beginnen: N = 128 SuS der 7. und 8. Jgst. experimentieren in Kleingruppen zum Phänomen des Sonnentalers im Schülerlabor. Hierbei erhalten sie identische Materialien und nach dem Predict-Observable-Explain-Ansatz strukturierte Arbeitsblätter. Die angeleitet experimentierenden Gruppen bekommen Vorgaben für den Ablauf des Experimentierprozesses, während die selbstbestimmt experimentierenden Gruppen explorativ vorgehen können. Während des Experimentierens werden ein-

zelle Kleingruppen videographiert, um ihren Lernprozess hinsichtlich der Selbstregulation zu analysieren. Zudem werden die SuS Fachwissenstests sowie Judgments of Performance und Confidence Judgments ausfüllen. Der Beitrag gibt erste Einblicke in das Projekt.

DD 32.13 Di 14:00 R1

**Experiencing Core Concepts and Skills at the SE2A Research Club changING** — ●DINA AL-KHARABSHEH, ANNE GEESE, and RAINER MÜLLER — Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abteilung Physik und Physikdidaktik, TU Braunschweig

Projects initiated in the changING research club setting include mainly engineering content and courses (primarily in the context of Aviation science). These have raised questions about the scope and sequence of teaching engineering-related concepts and skills to high school students. The research club teaches core concepts of "engineering" as well as relevant physics principles based on the up-to-date learning theories. Some projects in the research club will be introduced. The main research that follows is going to be defining the difficulties encountered by students in learning a particular concept or skill, the development of students' understanding and cognitive capabilities during projects as well as the experiences and teaching interventions that facilitate an increasingly sophisticated understanding of each concept or skill. A longitudinal assessment of engineering self-efficacy will help in mapping out any possible differences between different genders. The results will help identify common principles for future projects.

DD 32.14 Di 14:00 R1

**Konzeption eines adressatenspezifischen Lehramts-Studiengangs im Bachelor** — ●MARTIN DICKMANN und CORNELIA GELLER — Universität Duisburg-Essen

Im Bachelorstudiengang für das Haupt-, Real-, - Sekundar- und Gesamtschullehramt (HRSGe) Physik zeigten sich an der Universität Duisburg-Essen in den letzten Jahren Probleme mit der Studienmotivation und dem Kompetenzerwerb. Davon ausgehend wird momentan ein HRSGe-spezifischer Bachelorstudiengang konzipiert, der vorliegende methodische und fachdidaktische Konzeptionen berücksichtigt und sich an den späteren beruflichen Anforderungen orientiert. Dies führt sowohl in inhaltlicher als auch didaktisch-methodischer Hinsicht zu grundlegenden Veränderungen: So wird eine stärkere Vernetzung der Fachinhalte nicht nur über die sechs Semester hinweg, sondern auch mit fachdidaktischen Themen angestrebt. Zugunsten von konzeptuellen Betrachtungen wird der Mathematisierungsgrad verringert. Klassische Veranstaltungsformate werden durch abwechslungsreichere Formen von Instruktion und Konstruktion ersetzt. Auf dem Poster werden die Konzeption des Studiengangs und erste Erfahrungen mit der Umsetzung vorgestellt.

DD 32.15 Di 14:00 R1

**Neue Beispiele zum Experimentieren mit Smartphones als mobile Mini-Labore** — ●STEFANIE PETER<sup>1</sup>, PASCAL KLEIN<sup>1</sup>, JOCHEN KUHN<sup>2</sup> und THOMAS WILHELM<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Uni Göttingen — <sup>2</sup>TU Kaiserslautern — <sup>3</sup>Uni Frankfurt

Bereits 91 % der 12 bis 13-jährigen Schülerinnen und Schülern besitzen ein Smartphone. Durch die verschiedenen Sensoren der Geräte steht den Schülerinnen und Schülern damit ein digitales Messwertersystem zur Verfügung, mit dessen Gebrauch sie aus dem Alltag vertraut sind. In den letzten 10 Jahren wurden bereits zahlreiche Beispiele vorgestellt, wie damit physikalische Experimente nicht nur im Unterricht durchgeführt, sondern auch Zuhause in den Alltag eingebunden werden. Ergänzend dazu, stellen wir in diesem Beitrag drei neue Experimente mit gleichem Grundgedanken aus den Themenbereichen Mechanik, Thermodynamik und Magnetismus & Elektrizität vor.

Die Videoanalyse ermöglicht es, die Bewegung von Objekten Schritt für Schritt nachzuvollziehen und in Zeit-Weg-Diagramme zu übertragen. Die Kamera des Smartphones bietet bei traditionellen Experimenten (z.B. schiefe Ebene) eine Alternative zu Versuchsaufbauten mit Lichtschranken und Maßbändern. Die eingebauten Magnetfeldstärkesensoren messen nicht nur das Magnetfeld einer Spule, sondern kommen Zuhause auch als Leitungsdetektoren zum Einsatz. Integrierte Barometer machen das Smartphone zu einer mobilen Wetterstation und mithilfe einiger Alltagsgegenstände zu einer smarten Waage.

DD 32.16 Di 14:00 R1

**Moderne Physik im Lehr-Lern-Labor** — ●TOBIAS REINSCH, AXEL-THILO PROKOP, RICHARD KEMMLER, PHILIPP SCHEIGER, KATHARINA STÜTZ, HOLGER CARTARIUS und RONNY NAWRODT — 5.

Physikalisches Institut, Abt. Physik und ihre Didaktik, Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart

Immer mehr Themen drängen sich mittelfristig in unseren Alltag. Aktuell beginnen moderne Quantentechnologien Einzug in Industrie und nachfolgend auch unsere tägliche Lebenswelt zu halten. Damit einher geht die Notwendigkeit nach einem tiefgreifenden Verständnis komplexer Zusammenhänge, die im Minimum durch eine geeignete Schulausbildung untermauert werden müssen. Hierbei muss ein besonderes Augenmerk auf zukünftige Lehrkräfte gelegt werden, wobei umfassende experimentelle Fertigkeiten gefordert werden, die im Lehramtsstudium bisher nur eine nebeneordnete Rolle spielen. Wir präsentieren im Rahmen dieser Arbeit einen ersten Entwurf für die Eingliederung dieser Themen in das Studium.\*So sollen die Grundlagen der Themen moderner Physik im Zuge eines Lehr-Lern-Labors erlernt und ausprobiert werden. Dies umfasst zum einen optische Aufbauten, mit welchen quantenmechanische Analogieexperimente durchgeführt werden können. Zum anderen werden für die Auswertung von Einzelphotonenmessungen digitale Zähler und das nötige Verständnis elektronischer Schaltungen benötigt und erlernt.

DD 32.17 Di 14:00 R1

**Statistische Analysen mit R in den MINT-Didaktiken - eine Tutorial-Sammlung** — ●PHILIPP MÖHRKE<sup>1</sup>, DAVID BUSCHHÜTER<sup>2</sup>, TINA GROTTKE<sup>3</sup> und MARVIN ROST<sup>4</sup> — <sup>1</sup>Universität Konstanz — <sup>2</sup>Universität Potsdam — <sup>3</sup>Humboldt-Universität zu Berlin — <sup>4</sup>Universität Wien

MINT-didaktische Forschung mit dem Anspruch auf Reproduzierbarkeit, Transparenz und Quantifizierbarkeit ist ohne eine elektronisch zu verarbeitende Datengrundlage nicht durchführbar. Gleichzeitig stehen Early-Career-Researcher einer nicht systematisierten Fülle von Angeboten gegenüber, um entsprechende Kenntnisse und Fähigkeiten erlernen und einüben zu können. Dazu gehören nicht nur der Umgang mit Daten, bzw. mit angewandter Statistik, sondern auch deren Umsetzung in entsprechender Software.

Wir möchten hier ein im Rahmen des Pre-Conference-Hackathons der GDGP-Jahrestagung 2020 gegründetes Projekt vorstellen, welches diesen Herausforderungen mit dem Aufbau eines digitalen, permanent revidierbaren und kollaborativen Sammelbands zu Analysen mit R begegnen möchte. Einem Open-Source-Ansatz folgend, können Erkenntnisse und Workflows der eigenen Arbeit im Sinne eines wissenschaftlichen Austauschs anderen offen verfügbar gemacht und diskutiert werden. Die vielfältigen Erfahrungen, Kenntnisse und Fähigkeiten einer aktiven Community sollen so zusammengetragen werden, um neuen Mitgliedern eine Einstiegshürde aus dem Weg zu räumen und den Etablierten einen Raum zum gegenseitigen Austausch in dieser Facette von Forschung zu eröffnen.

DD 32.18 Di 14:00 R1

**Dimensional Transitions in a Bose-Gas** — ●PAUL SAWITZKI<sup>1</sup> and HANS-OTTO CARMESIN<sup>1,2,3</sup> — <sup>1</sup>Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade — <sup>2</sup>Hohenwedeler Weg — <sup>3</sup>Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

In the early universe, the density reached the order of the Planck density. As a result, there were gravitational instabilities in which dimensional transitions occurred. It should be taken into account that the early universe consists only of photons and black holes. Photons are bosons. The quantum physical model for many bosons, such as photons, is the Bose-gas model. Here we can study the dynamics of the early universe more accurately (Hans-Otto Carmesin (2020): The Universe Developing from Zero-Point Energy Discovered by Making Photos, Experiments and Calculations. Berlin: Verlag Dr. Köster). This research aims to determine and apply the critical densities of dimensional phase transitions in Bose-gases with the use of a computer simulation. This new type of phase transitions could be used in the future to apply them to the horizon problem. This might accordingly lead to the solution of the problem without including a hypothetical entity such as the so called \*inflation field\*. The project is presented as an example for teamwork in an ensemble of projects in the field of quantum gravity that are carried out in a research club at our school.

DD 32.19 Di 14:00 R1

**Precise and permanent measurement of the earth's magnetic field** — ●FLORIAN VON BARGEN<sup>1</sup> and HANS-OTTO CARMESIN<sup>1,2,3</sup> — <sup>1</sup>Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade — <sup>2</sup>Studienseminar Stade, Bahnhofstr. 5, 21682 Stade — <sup>3</sup>Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

In the following article we would like to address the problem of black-outs caused by solar flares. The aim of the project is to measure and record the magnetic B-field of the Earth, in order to make a prediction based on this in terms of frequency and intensity. This is influenced by the solar winds. Through various development steps a robust precision of the measurements could be achieved, which then led to the construction of an own stationary measuring station in Stade. A correlation with the data of the magnetic field measuring station of the Physikalisch Technische Bundesanstalt was carried out, since the construction of the own station was oriented to the PTB. The correlation of the data showed that a solar event was measured by our station and could be confirmed by the Kp index and the data of the PTB. This is the event of 23.12.2020 from 4-7 o'clock CET, at this time the Kp index was 4+. Moreover, the measurement was recorded on the night side of the Earth, which confirms another precision of our measurement data. Our station has verifiably and accurately recorded the Earth's magnetic field. To explain the results we will show some formulas, calculations and spreadsheets. The project is presented as an example for teamwork in an ensemble of projects in the field of climate change that are carried out in a research club at our school.

DD 32.20 Di 14:00 R1

**Calculation of the Climate** — ●JANNES VON BARGEN<sup>1</sup> and HANS-OTTO CARMESIN<sup>1,2,3</sup> — <sup>1</sup>Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade — <sup>2</sup>Studienseminar Stade, Bahnhofstr. 5, 21682 Stade — <sup>3</sup>Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

In the following article we would like to point out the problem of the drastic increase in temperature due to climate change and present it in a comprehensible way. Anthropogenic climate change is a change in global temperature caused solely by human activity. The starting point for our calculations is the worldwide average emission of CO<sub>2</sub>, which is 4.8 tons per person per year. We develop a physical model that is suitable to derive the time evolution of the average temperature of the atmosphere in the past and in the future in a robust manner. With it we can predict the climate for various scenarios of future emission in CO<sub>2</sub>. The project is presented as an example for teamwork in an ensemble of projects in the field of climate change that are carried out in a research club at our school.

DD 32.21 Di 14:00 R1

**Zero-Point Oscillations at Various Dimensions** — ●JÖRN KANKELFITZ<sup>1</sup>, DENNIS FELDMANN<sup>1</sup>, and HANS-OTTO CARMESIN<sup>1,2,3</sup> — <sup>1</sup>Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade — <sup>2</sup>Hohenwedeler Weg — <sup>3</sup>Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

First we investigate the harmonic oscillator experimentally and analytically. Moreover we study the zero-point oscillations measured in crystals at low temperature. We transfer these observations to the harmonic oscillator. Secondly we investigate chains of harmonic oscillators experimentally and analytically. These exhibit waves and wave solutions. Furthermore we study the zero-point oscillations measured

in the Casimir effect. We transfer these observations to the chain of harmonic oscillators. We generalize all results to various dimensions (Hans-Otto Carmesin (2020): *The Universe Developing from Zero-Point Energy - Discovered by Making Photos, Experiments and Calculations*. Berlin: Verlag Dr. Köster). So our results provide a basis for the investigation of space in the early universe (Hans-Otto Carmesin (2018): *Entstehung der Raumzeit durch Quantengravitation \* Theory for the Emergence of Space, Dark Energy and Space-Time*. Berlin: Verlag Dr. Köster). The project is presented as an example for teamwork in an ensemble of projects in the field of quantum gravity that are carried out in a research club at our school.

DD 32.22 Di 14:00 R1

**Dynamics in the early universe** — ●JONAS LIEBER<sup>1</sup> and HANS-OTTO CARMESIN<sup>1,2,3</sup> — <sup>1</sup>Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade — <sup>2</sup>Studienseminar Stade, Bahnhofstr. 5, 21682 Stade — <sup>3</sup>Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

We develop a scientific simulation program that calculates the dynamics of the light horizon in the early universe. The calculation is based on the dimensional transitions that took place in the early universe as a consequence of gravitational instabilities (Hans-Otto Carmesin (2019): *Die Grundschrwingungen des Universums - The Cosmic Unification*. Berlin: Verlag Dr. Köster). In particular, we apply the time evolution of the light horizon arising as a consequence of the combined dynamics of the Friedmann Lemaitre equation and of these dimensional transitions (Hans-Otto Carmesin (2020): *The Universe Developing from Zero-Point Energy - Discovered by Making Photos, Experiments and Calculations*. Berlin: Verlag Dr. Köster). The project is presented as an example for teamwork in an ensemble of projects in the field of quantum gravity that are carried out in a research club at our school.

DD 32.23 Di 14:00 R1

**Solution of the horizon problem** — ●PHILIPP SCHÖNEBERG<sup>1</sup> and HANS-OTTO CARMESIN<sup>1,2,3</sup> — <sup>1</sup>Gymnasium Athenaeum, Harsefelder Straße 40, 21680 Stade — <sup>2</sup>Studienseminar Stade, Bahnhofstr. 5, 21682 Stade — <sup>3</sup>Universität Bremen, Fachbereich 1, Postfach 330440, 28334 Bremen

We present a solution of the horizon problem. For it we derive an answer to the following question: How was light able to thermalize the early and rapidly expanding universe? We apply the dimensional transitions that took place in the early universe as a consequence of gravitational instabilities (Hans-Otto Carmesin (2020): *The Universe Developing from Zero-Point Energy - Discovered by Making Photos, Experiments and Calculations*. Berlin: Verlag Dr. Köster). In particular, we apply the time evolution of the light horizon arising as a consequence of the combined dynamics of the Friedmann Lemaitre equation and of these dimensional transitions. We analyze various models for the matter and energy in the early universe. The project is presented as an example for teamwork in an ensemble of projects in the field of quantum gravity that are carried out in a research club at our school.