

PHYSIK DER KLEINSTEN TEILCHEN IN DER SCHULE

Eine multiperspektivische Tagungreihe zur kohärenten Vermittlung

Stefan Heusler¹, Christian Klein-Bösing¹, Michael Kobel², Philipp Lindenau², Oliver Passon³, Thomas Zügge⁴



23.03.2023 | DPG-Frühjahrstagung SMuK | Dresden

Ausgangssituation 2018

- In Wuppertal, am CERN und im Netzwerk Teilchenwelt wurden Materialien und Inhalte für den Unterricht zur Elementarteilchenphysik entwickelt
- Multidisziplinäre Perspektiven und Interessen
- Entsprechend verschiedene Ansätze



Ziele der Tagungsreihe

- Austausch verschiedener Akteure über Bildung im Bereich der Teilchen-, Hadronen-, Kern- und Astroteilchenphysik
- Identifikation konsensfähiger zentraler Bildungsinhalte und -ziele
- Etablierung einer kohärenten und anschlussfähigen Nomenklatur
- Anstoß gemeinsamer Projekte



Genese der Tagungsreihe





Oktober
2018

Erste Tagung mit dem Titel:

Kohärenz im Elementarteilchenphysik-Unterricht

Symposium zum Unterricht der Elementarteilchenphysik im Kontext curricularer Entwürfe aus Dresden, Genf und Wuppertal

- Im Kontext des Projekts Kohärenz in der Lehrendenbildung der BU Wuppertal
- Organisation: Thomas Zügge, Oliver Passon, Johannes Grebe-Ellis
- Ursprünglich geplant als Lehrendenfortbildung im Physikzentrum Bad Honnef
 - Teilchenphysik im Lehrplan NRW 2014 umfassend implementiert



Oliver Passon



Thomas Zügge



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Oktober
2018

Tagungsprogramm

- Vorträge und Diskussion zu Bildungsinhalten der Elementarteilchenphysik aus Perspektive der
 - experimentellen Teilchenphysik
 - theoretischen Teilchenphysik
 - Philosophie
 - Bildungswissenschaft
- Fachdidaktische Impulse
 - Vorstellung verschiedener Vermittlungsansätze und Programme
 - Diskussion von didaktischen Herausforderungen



BERGISCHE
UNIVERSITÄT
WUPPERTAL

Oktober
2018

Tagungsprogramm

- Vorträge und Diskussion zu Bildungsinhalten der Elementarteilchenphysik aus Perspektive der
 - experimentellen Teilchenphysik
 - theoretischen Teilchenphysik
 - Philosophie
 - Bildungswissenschaft
- Fachdidaktische Impulse
 - Vorstellung verschiedener Vermittlungsansätze und Programme
 - Diskussion von didaktischen Herausforderungen



Fr, 22.11.2019

15h-15h30	Begrüßung, Einführung (Stefan Heusler, Christian Klein-Bösing)
15h30-16h30	„Supraleitungs-Analogie zum Higgs-Mechanismus“ (Philipp Lindenau, Michael Kobel)
16h30-17h30	„Kontextualisierung in der Teilchenphysik“ (Thomas Zügge) „Anschlussfähigkeit des Photonbegriffs der Quantenphysik an die Elementarteilchenphysik“ (Oliver Passon, Thomas Zügge)
17h30-18h30	„Alice VR“ (Philipp Bhatt, Reinhard Schulz-Schaeffer, Christian Klein-Bösing)

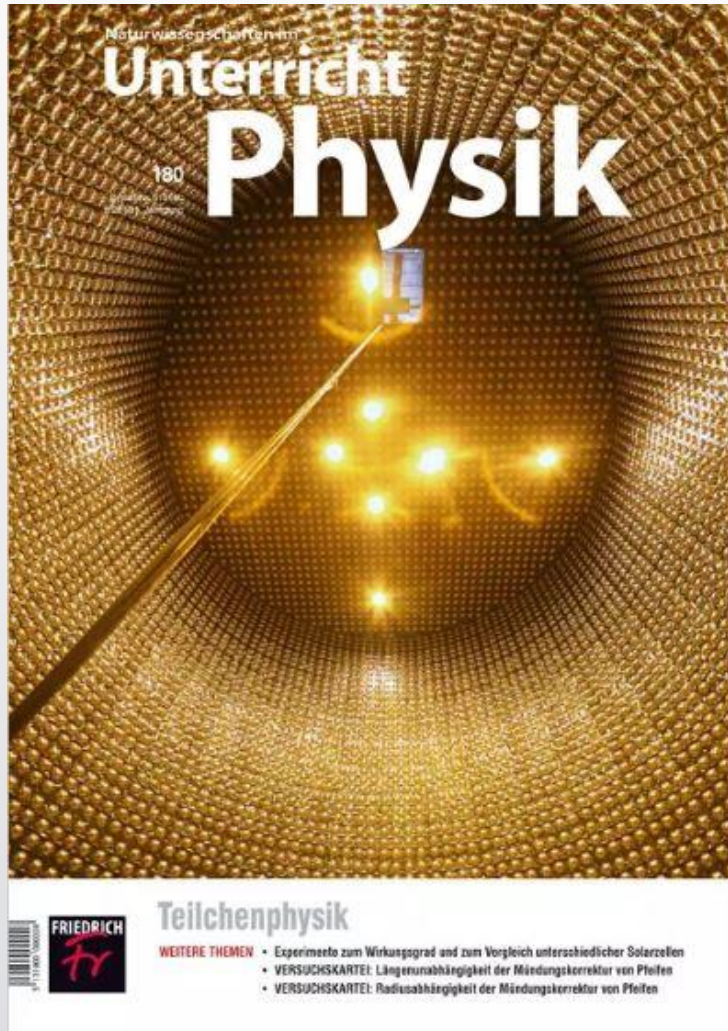
Sa, 23.11.2019

9h-9h30	Feld- vs. Teilchenkonzept der Wechselwirkung (Robert Harlander)
9h30-10h	Modellierung der minimalen Kopplung (Stefan Heusler)
10h-11h	Diskussion zu Feld- vs. Teilchenkonzept & minimaler Kopplung
11h-13h	Abschlussdiskussion zu allen Beiträgen & Ausblick.



November
2019





Beispiel für angeregte Kooperation:

Themenheft Unterricht Physik zur Teilchenphysik

- u. a. gemeinsamer Artikel von Oliver Passon, Michael Kobel und Philipp Lindenau

Oliver Passon, Philipp Lindenau und Michael Kobel

Von Feynman-Diagrammen und Stromkreisen

Hinweise zu Feynman-Diagrammen und zu ihrer Behandlung im Unterricht

Ende der 1940er-Jahre entwickelte der amerikanische Physiker Richard P. Feynman (1918–1988, Nobelpreis 1965) eine grafische Symbolsprache, um bei komplexen störungstheoretischen Berechnungen in der Quantentheorie des elektromagnetischen Feldes (der sog. Quantenelektrodynamik, QED) nicht den Überblick zu verlieren. Diese Methode verbreitete sich rasch, wurde in Lehrbuchdarstellungen aufgenommen und auch auf andere Anwendungsfelder verallgemeinert [1].

In der Zwischenzeit sind diese „Feynman-Diagramme“ aus vielen Forschungsbereichen nicht mehr wegzudenken. Dies gilt auch und vor allem für die Elementarteilchenphysik. Ihre Funktion ist hier in der Regel nicht bloß illustrativ und intuitiv, sondern ein konkretes Werkzeug für die Berechnung von Prozesshäufigkeiten im Standardmodell. Jedes Element der Feynman-Diagramme übersetzt sich mithilfe der sog. Feynman-Regeln in einen mathematischen Ausdruck. So kann mithilfe der Diagramme in **Abbildung 1** berechnet werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit und unter welchen Winkeln die Compton-

Streuung von Photonen an Elektronen erfolgt.

Populäre oder schuldidaktische Darstellungen der Teilchenphysik (und zuweilen auch die Fachliteratur) verwenden Feynman-Diagramme jedoch in einer anderen Absicht: Mit ihrer Hilfe scheint es möglich (oder doch wenigstens erleichtert), eine fachlich angemessene Darstellung der Teilchenphysik zu geben, die auf den abstrakten und mathematischen „Ballast“ der zugrunde liegenden Theorie verzichtet [2].

Aber eine (vorgeliebig) intuitive und anschauliche visuelle Darstellung kann auch Fehlvorstellungen hervorrufen oder verstärken. Im Falle der Feynman-Diagramme weisen viele populäre oder didaktische Darstellungen darauf hin, dass der naheliegenden Interpretation der Linien im Feynman-Diagramm als Teilchenbahnen entgegengewirkt werden muss. Schließlich ist die Vorstellung von Teilchenbahnen bereits in der nichtrelativistischen Quantenmechanik unzulässig.

Viel seltener wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Vorstellung von „unscharfen“ oder „verschmierten“

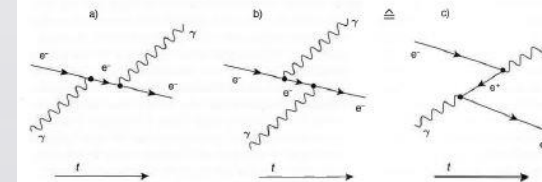
Teilchenbahnen ebenfalls unhaltbar ist. Tatsächlich stellen Feynman-Diagramme gar keine direkte Repräsentation eines physikalischen Prozesses dar, sondern symbolisieren lediglich mathematische Formeln.

Im Folgenden wird erläutert, welche fachlich korrekte Deutung Feynman-Diagramme besitzen und welche weiteren Missverständnisse bei ihrer Interpretation zu vermeiden sind. Abschließend werden die Elemente dieser Symbolsprache mit einem schulbekannten Beispiel verknüpft, nämlich der Notation von Stromkreisen mithilfe von Schaltplänen. Hier zeigt sich eine Analogie, die an Vorwissen anknüpft und im Schulunterricht genutzt werden kann.

Was bedeuten Feynman-Diagramme – und was nicht?

Konstruktion und Funktion von Feynman-Diagrammen

Elemente eines Feynman-Diagramms sind Linien und ihre Kreuzungspunkte (sog. Vertices). Details der Notation werden in **Kasten 1** kurz erläutert. Alle Diagramme können auf diese Weise



1 | Feynman-Diagramme für den Compton-Effekt, also die Streuung von Photonen an Elektronen. Die Zeit verläuft von links nach rechts (s. zur Erläuterung auch **Kasten 1). Die Diagramme b) und c) stellen dabei denselben mathematischen Ausdruck dar und dürfen nur einmal berücksichtigt werden. Der Fachausdruck dafür lautet „topologische Äquivalenz“.**

- Fortsetzung des Präsenz-Austauschs nach Covid19-Pause
- Kurzvorträge zu didaktischen Impulsen für den Schulunterricht und didaktischen Themen
- Workshops zu **Kontextualisierung** und **Begriffsbildung**
 - Beteiligung lokaler Lehrkräfte
- Vorträge und didaktische Impulse zu **NoS** in der modernen Physik und in teilchenphysikalischen Kontexten
- Dokumentation der Vorträge auf Indico
 - <https://indico.cern.ch/event/1108656/>



Beispiel für angeregte Kooperation

„Nebelkammer reloaded“

- Follow-up Treffen von einigen Teilnehmenden im November 2022
- Weiterentwicklung der Einsatzszenarien von Selbstbau-Nebelkammern
 - Identifikation neuer Kontexte
 - Bezüge zu NoS
- Weitere Follow-up Treffen in Planung



Nächste Tagung: 21./22.08.2023 in Greifswald

- Teilnahme von Lehrkräften in DD sehr stimulierend
- Weitere Öffnung des Teilnehmendenkreises – **Ihr seid herzlich willkommen!**
- Schwerpunkt: **Nature of Science**
- Keynote von Expert:in zum Thema
- Ergebnisorientierte inhaltliche Arbeit in Arbeitsgruppen, die thematisch vor- und während der Tagung angeregt werden

Mögliche Themen:

- (Weiter-)entwicklung von Trainings für Wissenschaftler:innen zu NoS-Aspekten in ihrem Feld
- Planung einer gemeinsamen Publikation
- Themenfindung für Abschlussarbeiten
- ... Vorschläge willkommen!

UNIVERSITÄT GREIFSWALD
Wissen lockt. Seit 1456



August
2023

Nächste Tagung: 21./22.08.2023 in Greifswald

Bei Interesse:

- Mail an Thomas Zügge (Orga) oder mich
zuegge@physik.uni-greifswald.de
philipp.lindenau@tu-dresden.de
- Oder: Hinterlegung eurer Mailadresse via QR-Code



Thomas Zügge



Philipp Lindenau



UNIVERSITÄT GREIFSWALD
Wissen lockt. Seit 1456



August
2023

Nächste Tagung: 21./22.08.2023 in Greifswald

Bei Interesse:

- Mail an Thomas Zügge (Orga) oder mich
zuegge@physik.uni-greifswald.de
philipp.lindenau@tu-dresden.de
- Oder: Hinterlegung eurer Mailadresse via QR-Code



Thomas Zügge



Philipp Lindenau



Vielen Dank!

UNIVERSITÄT GREIFSWALD
Wissen lockt. Seit 1456



August
2023