



## Arbeitstage für PhysikerInnen und PhysiklehrerInnen 2026

# Die Phase zwischen Raum und Zeit

## Experimente und Unterrichtskonzepte zu Schwingungen und Wellen

Termin: Mittwoch, 18. Februar, 17:00 Uhr bis Samstag, 21. Februar 2026, 12:15 Uhr  
Ort: Glashaus, Hügelweg 59, CH-4143 Dornach

Liebe Freunde und Kollegen,

in den Arbeitstagen für PhysikerInnen und PhysiklehrerInnen kam wiederholt das Thema «Phase» und Phasenbeziehung mit der Frage ihrer Beobachtbarkeit auf. Gerade in der Optik scheint die Phase experimentell nicht direkt zugänglich, obgleich die Entstehung von Interferenzmustern ohne sie kaum zu verstehen ist. Auch ist auffallend, dass die Phase weder eindeutig eine zeitliche noch eindeutig eine räumliche Grösse ist und so einerseits zwischen Raum und Zeit, andererseits zwischen observabel und nicht observabel angesiedelt ist.

Die Phase beschreibt einen Zusammenhang im Gesamtphänomen Schwingungen und Wellen, das selbst im Grenzbereich der beobachtbaren Phänomene und der theoretischen Begriffe angesiedelt ist. Daher scheint es sinnvoll, die Frage nach der Phase zu erweitern und grundsätzlicher Schwingungen und Wellen einzubeziehen.

Gerade auch für den Schulunterricht ist der Übergang von der sinnlichen Beschreibung eines Phänomens zu dessen theoretischer Behandlung als Schwingung oder Welle nicht immer leicht, evident und ohne Analogien möglich.

Das Programm enthält Beiträge, die von Themen des Schulunterrichts bis zur Unterscheidung der klassischen und quantenoptischen Interferenz reichen. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Bereich der Optik, doch werden auch Mikrowellen und akustische Phänomene einbezogen.

Mit herzlichem Gruss und in Vorfreude auf die gemeinsame Arbeit,

*Matthias Rang & Johannes Kühl*

### Praktisches:

**Anmeldung** erbeten bis 11. Februar 2026 an [science@goetheanum.ch](mailto:science@goetheanum.ch)  
Den Tagungsbeitrag von CHF/EUR 190 bezahlen Sie bitte bei Tagungsbeginn im Glashaus.  
Es ist nur Barzahlung möglich.

**Unterkunft:** Zimmer in Gästehäusern, Hotels oder bei Privaten finden Sie hier:  
<https://goetheanum.ch/de/campus/unterkuenfte>

**Abendessen:** Falls Sie an Abendessen (Zusatzkosten CHF/EUR 25 pro Essen) interessiert sind, bitte gerne bei der Anmeldung angeben.

## Die Referenten und Themen:

**Gerd Breitenbach** ist Physiker, hat zu Laserphysik und Quantenoptik geforscht und unterrichtet nun an der Rudolf-Steiner-Schule Ismaning. In seinem experimentellen Beitrag wird die Ausbreitungsrichtung von Dipolwellen eines Mikrowellensenders demonstriert. Über die Lecherleitung kann die Wellenlänge und mit einem schnellen Oszilloskop die Frequenz bestimmt werden. Zudem spricht er über die experimentelle Vermessung von Überlagerungszuständen und den Unterschied der klassischen und quantenoptischen Interferenz.

**Friedrich-Wilhelm Dustmann** ist Physiker und war Lehrer an einem Gymnasium in Siegen. Anknüpfend an seinen Aufsatz in den *Elementen der Naturwissenschaft* 119 über den Begriff der Trübung im Lichtkurs stellt er dar, dass die im 4. Vortrag beschriebene Trübungsstrahlung eine phasenverschobene Lichtstrahlung ist. Außerdem stellt er einige Zeigerdiagramm-Anwendungen (mit GeoGebra) zum Thema vor.

**Christoph Eisert** studierte Physik und unterrichtete an verschiedenen Schulen Physik und Mathematik und war aktiv im «Förderverein für goetheanistische Farbenlehre». Auf den *Arbeitstagen* 2023 hat er ein bewegliches fünfgliedriges Prisma und Schlauchprismen vorgestellt. Seine diesjährigen Betrachtungen werden das Thema bewegliche Prismen im Allgemeinen behandeln sowie eine sechsgliedrige Weiterentwicklung demonstrieren.

**Ingrid Hartmann** ist Physikerin und hat auf den Gebieten der Biophysik, der Quantenphysik, der Elektrotechnik und Pädagogik gearbeitet. In ihrem Beitrag wird der Forderung an ein Experiment nach Objektivität und Wiederholbarkeit eine experimentelle Methode gegenübergestellt, die auf einer Zeitfolge von Bildern basiert und das Prozesshafte in den Mittelpunkt stellt. Rauschen verflechtet Raum und Zeit und spielt bei der Erforschung von Lebensvorgängen eine besondere Rolle.

**Johannes Kühl** ist Physiker und war verantwortlich für die Naturwissenschaftliche Sektion am Goetheanum. Er wird im Experiment Interferenz mit akustischen Wellen behandeln, einmal räumlich, dann zeitlich (Schwebung). Für den Unterricht mag es interessant sein, die Phänomene in der Mechanik zu behandeln, bevor man sie in der Optik wieder aufgreift.

**Matthias Penselin** ist Physiker und Mitarbeiter am Haus der Astronomie in Heidelberg. Er berichtet darüber, wie mit einem gepulsten Laser, der auf einen Spiegel trifft und dann wieder zum Laser zurückreflektiert wird, die Phasenverschiebung zwischen dem auslaufenden und dem reflektierten Signal gemessen werden kann. Im Unterricht der Mittelstufe kann damit die Lichtgeschwindigkeit experimentell bestimmt werden. Welche Möglichkeiten bieten sich in der Oberstufe zur Einführung des Begriffs der Phase?

**Matthias Rang** studierte Physik und ist mitverantwortlich für die Naturwissenschaftliche Sektion am Goetheanum. In der Akustik liegt eine Faltung zwischen der Impulsantwort eines Raumes und dem Signal einer Klangquelle vor. Im Hören können wir diese «entfalten». Der Beitrag sucht nach der Rolle der akustischen Phasenverschiebung im Prozess des Hörens.

**Oliver Schieffer** arbeitet seit vielen Jahren zu Farben und war im «Verein zur Förderung Goetheanistischer Farbenlehre» aktiv. Sein Beitrag über die Sprache der Urverhältnisse beschäftigt sich mit den Paragraphen 918 und 919 der Farbenlehre Goethes. Die Schlussüberlegungen Goethes werden auf ihre Relevanz aus 200 Jahren Abstand hin befragt.

**Otto Ulrich** ist ausgebildeter Betriebsschlosser, Physik-Ingenieur und arbeitete im Bundeskanzleramt und im Deutschen Bundestag. Sein Beitrag blickt darauf, dass alles elektrischer wird – ein versprochener Kulturfortschritt. Heute leben wir im Übergang in eine neue Epoche; sie wird stärker von Elektrizität geprägt sein. Aber: diese neue, elektromagnetisch strahlende Zivilisation hat auch ihre Nebenwirkungen: der rasante Anstieg der Krebserkrankungen gehört dazu. Wie kommen wir da wieder raus?

# Arbeitstage für PhysikerInnen und PhysiklehrerInnen 2026:

## Die Phase zwischen Raum und Zeit

Mi. 18.02.26	Do. 19.02.26	Fr. 20.02.26	Sa. 21.02.26
09:00		Textarbeit: Phoronome – Bewegung zwischen Raum und Zeit (GA320, 1. Vortrag)	
09:45		Nachbesprechung der Ereignisse vom Vortag	
10:30		Kaffeepause	
11:00	Der Begriff der Phase im Kontext der Optik <i>Friedrich-Wilhelm Dustmann</i>	Die Rolle der akustischen Phase bei der «Entfaltung» im Hören <i>Matthias Rang</i>	Akustische Interferenz – räumlich und zeitlich <i>Johannes Kühl</i>
12:30		Mittagspause	
15:00	EXPERIMENTE I Bestimmung der Phasen- verschiebung mit gepulstem Laser <i>Matthias Penselin</i>	EXPERIMENTE II Ausbreitung von Dipolwellen eines Mikrowellensenders <i>Gerd Breitenbach</i>	
16:30		Kaffeepause	
17:00	Begrüssung und Vorstellungsrunde <b>Einführung in das Thema</b>	Klassische und quantenoptische Interferenz <i>Gerd Breitenbach</i>	Sprache der Urverhältnisse <i>Oliver Schieffer</i>
17:45	kurze Pause		
18:00	Rauschen und die experimentelle Methode <i>Ingrid Hartmann</i>	Kulturfortschritt durch KI? Otto Ulrich zugleich öffentliches Kolloquium (Ende: 19:15 Uhr)	Bewegliche Prismen – sechsgliedriges Prisma <i>Christoph Eisert</i>
18:45			

Tagungsort: Naturwissenschaftliche Sektion am Goetheanum, Glashaus, Hügelweg 59, CH-4143 Dornach. Änderungen vorbehalten.