



## SESSION 4

*Die Lehre trägt der Diversität der Lehrenden und Studierenden Rechnung.*

### Die Wesensverwandtschaft von Physik und Philosophie - ein bereichsübergreifendes Seminar

*Dr. Irena Doicescu, Fakultät Physik und Dr. Uwe Scheffler, Institut für Philosophie*

Der Beitrag widmete sich der Frage, wie interdisziplinärer Dialog bereits im Studium trainiert werden kann. Über das zukunftsgerichtete Lehrformat wird veranschaulicht, wie die Bildung von Diskussionskontexten zwischen Disziplinen (in dem Fall Physik und Philosophie) gewinnbringend umgesetzt werden kann.



# Die Wesensverwandtschaft von Physik und Philosophie - ein bereichsübergreifendes Seminar

*Dr. Irena Doicescu, Fakultät Physik und  
Dr. Uwe Scheffler, Institut für Philosophie*

Der Beitrag widmet sich der Frage, wie interdisziplinärer Dialog bereits im Studium trainiert werden kann. Über das zukunftsgerichtete Lehrformat wird veranschaulicht, wie die Bildung von Diskussionskontexten zwischen Disziplinen (in dem Fall Physik und Philosophie) gewinnbringend umgesetzt werden kann.

Tag der Lehre, TU Dresden, 15.11.2017



DRESDEN  
concept  
Exzellenz aus  
Wissenschaft  
und Kultur

1. Wesensverwandtschaft → Physikphilosophie an sich und als Lehrformat
2. Was bringt's? → Erfahrungen aus der Arbeit mit heterogenen Studierendengruppen
3. Spaß oder Ernst? → curriculare Aspekte
4. Zukunftsfähigkeit: u.a. eine Frage der Rahmenbedingungen
5. Diskussion

- **Naturphilosophie** als kulturgeschichtliche Konstante → Einzelwissenschaften wie Physik, Chemie, etc. sind verselbstständigte philosophische Programme (M. Hampe)
- **Ideenlinien** werden fortgesetzt → Notwendigkeit einer systematischen Behandlung
- **Das Neue** kann zufällig entstehen, aber eben oft genug aus dem Alten  
ehem. DFG-Präsident in Dresden, Innovationsreihe 2015: „das *neue* Neue vs. das *alte* Neue“

Prof. Dr. Peter Strohschneider (Bonn)

Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

*Das neue Neue – Über einige Paradoxien der Wissenschaftsorganisation*

Moderation der Diskussion: Prof. Dr. Dr. h.c. Gert Melville

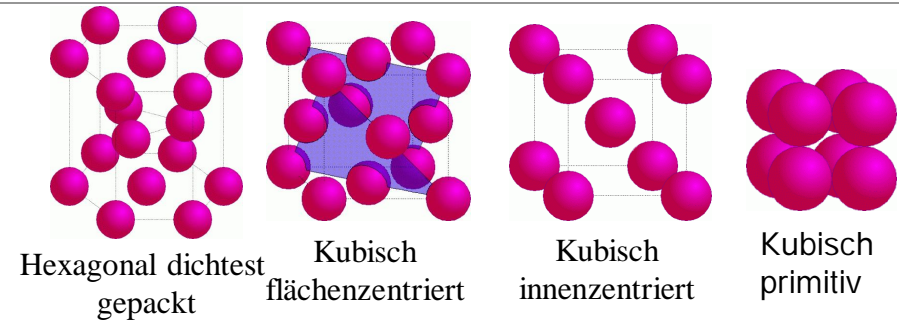
- **Narrativ:** in der Physik muss man auch sprechen, aber wie?  
Auch Mathematik ist eine unvollständige *Sprache* → **Integrated History and Philosophy of Science:**

Don Howard 2016 in Wien: Ernst Mach Centenary Conference

“Ernst Mach (1838-1916) – Life, Work, and Influence”, <https://mach16.univie.ac.at/home/>

- Große Physiker/innen (= besonders schöpferisch, epochenprägend) waren/sind umfassend gebildet und informiert → frei nach Richard Feynman: „Was soll das alles?“
- Eine Leitfigur wie Ernst Mach verband sorgfältige historische Arbeit über die Entwicklung der Physik mit der Reflexion über die konzeptionellen und somit naturphilosophischen Grundlagen

- PHY und PHI heute: hoch professionalisiert
- *festes, gesichertes* Wissen gilt als erstrebenswert
- Technik prägt Sprachgebrauch: *harte* bzw. *exakte* Wissenschaften
- *hart* impliziert nicht immer *belastbar* bzw. *präzise*
- auch *weiche Dinge* können äußerst präzise funktionieren bzw. auf der fundamentalen Beschreibungsebene ist alles *weich!*
- funktionelle versus strukturelle Passfähigkeit
- *Fest* bedeutet nicht immer gut oder gut genug



Hochbelastbare Verbindung von Metall- und Kunststoff mit Hilfe einer **additiven Verklammerungsstruktur**  
 Bildquelle: Fraunhofer IWS Dresden

- Die Integration zwischen unterschiedlichen ‚Materialien‘ benötigt ‚Energiezufuhr‘ und lässt etwas entstehen, das über die einfache Summe der Teile hinausgehen kann
- PHY und PHI: „shared problems and techniques“ = man sitzt im selben Boot

# 1. Physikphilosophie an sich und als Lehrformat

- Die Physik ist inzwischen ‚groß‘ und vielfach mit der Gesellschaft verwoben → Notwendigkeit einer philosophisch-historischen Reflexion bzw. Selbstbetrachtung
- $\Phi = \langle \text{Theorie, Experiment, Interpretation} \rangle$
- **Wertediskussion** wird intensiv geführt → die Bedeutung wissenschaftsreflexiver Disziplinen wie Geschichte und Philosophie nimmt zu → Aktualität des Lehrformats
- Unmittelbarer Gewinn in der **didaktischen Projektion des realen Kontexts = Lehre**: Übergeordnetes ‚sehen‘ und die ‚eigene‘ Physik darin einbetten können
- Weiterer **Vorteil der interdisziplinären Perspektive**: disziplinäre Komfortzone verlassen und andere Diskurse, Fach- und Diskussionskulturen kennenlernen
- **Zukunftsgewandtheit**: unser Lehrformat setzt an der TUD diskutierte Ideen um  
vgl. Zukunftslabor Lehre TUD, 2015

## Interdisziplinarität in der Lehre an der TUD

Interdisziplinarität ist eine Bereicherung für die Lehre, wenn sie gut gemacht ist, d.h. die Lehr-Lern-Formen zur Fachkultur, zum Thema und zur Zielgruppe passen. Im Mittelpunkt stehen Fragen danach, wie der „Blick über den Tellerrand hinaus“ gelingen kann, welches Ausmaß interdisziplinärer Lehre jeweils sinnvoll ist und welche neuen Formate und unterstützenden Maßnahmen den Erwerb bzw. die Vermittlung überfachlicher Kompetenzen unterstützen können.



## 1. Philosophische Probleme von Raumzeit-Theorien

- Der ontologische Status der Raumzeit  
Sind Raum und Zeit selbst Teile der physikalischen Wirklichkeit?  
Oder steht die Raumzeit (kein materielles Ding!) außerhalb der Physik?
- Der epistemische Status der Raumzeit  
Wie und was können wir von der Struktur der Raumzeit wissen?  
Der geometrische Konventionalismus: es gibt physikalische Objekte, die als invariante Raum- und Zeitmaßstäbe herangezogen werden können

## 2. Philosophische Probleme der Quantentheorien

- Philosophische Diskussion: anfänglich und lange Zeit innerhalb der Physik!
- QT: äußerst erfolgreich als physikalische Theorie, äußerst herausfordernd was die grundlegenden Vorstellungen über physikalische Objekte und deren Eigenschaften anbetrifft
- Seit etwa 50 Jahren Thema der professionellen WT
- Fast alle zentralen Fragen noch offen und die einschlägigen Lösungsvorschläge umstritten!

### 3. Die mathematische Beschreibbarkeit der Welt

- Ist die Welt mathematisch strukturiert, oder nimmt das erkennende Subjekt diese Struktur an?
- Warum funktioniert die mathematische Beschreibung so gut?  
Welt = physikalisches Universum

### 4. Der physikalische Wahrheitsbegriff

- Welche Aussagen kann man als wahr einstufen und weshalb?
- Wie weit geht diese Wahrheit?
- Hypothesen entwickeln: physikalisch durch Experiment oder Theorie, Big Data

### 5. Komplexe Systeme

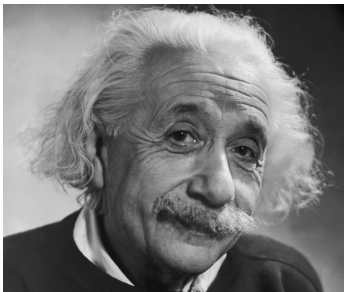
- Neue Herausforderung für die WT, die sich lange auf einfache Gesetze und Anwendungen der jeweils grundlegenden Theorien konzentriert hat
- Auftraggeber: Statistische Physik, Festkörperphysik, aber auch Biologie (Evolutionstheorie)
- Notwendigkeit, methodologische und naturphilosophische Aspekte zu klären
  - In welchem Verhältnis stehen die Theorien komplexer Systeme zu den klassischen Theorien?
  - Was für eine Bedeutung hat das Physikwissen in über komplexe Systeme (= die Dynamik des Gesamtsystems kann unvorhersehbares Verhalten zeigen, welches durch die Kenntnis der Einzelteile nicht nahegelegt wird)?



## Beispiel: Vergleich von deduktiv-nomologischen und induktiv-statistischen Erklärungsmechanismen

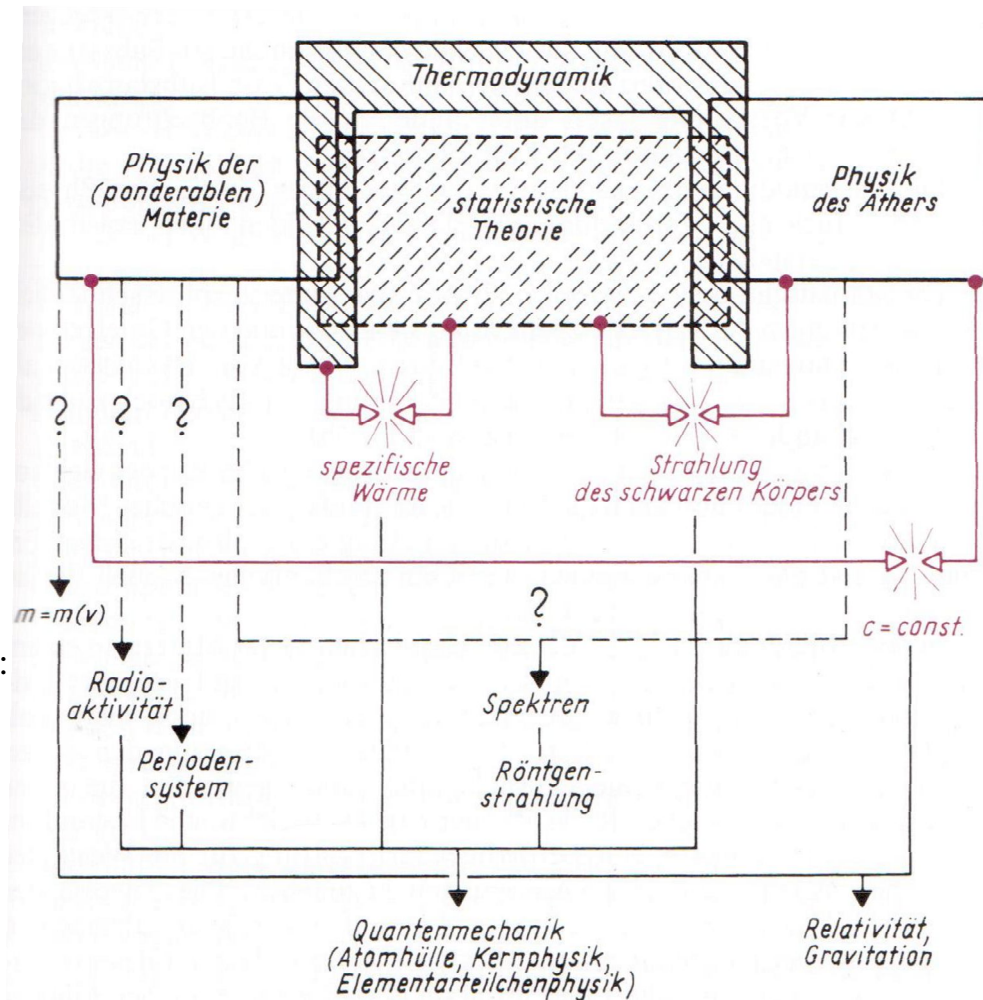
	DNE	ISE
Form-Bedingung	<p>i) Die Gesetzmenge <math>G \neq \emptyset</math> ist eine Menge von <b>kontingenten Allsätzen</b> z.B.: „<math>\forall x</math>: wenn <math>Fx</math>, dann <math>Hx</math>“            ii) <math>A \neq \emptyset</math> das Antecedens ist Menge singulärer Sätze z.B.: <math>Fa</math> gelesen als „<math>a</math> ist ein <math>F</math>“            iii) <math>E</math> = Konklusion bzw. das Explanandum; ist singulärer Satz z.B. <math>Ha</math> gelesen als „<math>a</math> ist ein <math>H</math>“</p>	<p><math>G</math> ist eine Menge von <b>gesetzesartigen statistischen</b> Sätzen, <math>A(a)</math> und <math>E(a)</math> sind Singulärsätze; gelesen als: „<math>a</math> ist ein <math>A</math>“ bzw. „<math>a</math> ist ein <math>E</math>“</p>
Folgerungs-Bedingung	<p><math>E</math> ist deduktive Konsequenz von <math>G</math> und <math>A</math></p>	<p><math>G</math> impliziert wahrscheinlichkeitstheoretisch ein statistisches Minimalgesetz der Form <math>p[E(x) A(x)] = r</math>, so dass <math>r</math> nahe bei 1 liegt; gelesen als: „der Häufigkeitsanteil von <math>A</math>s, die <math>E</math>s sind, beträgt im Grenzwert <math>r</math>“.</p>
Wahrheits-Bedingung	<p>Die Explanansprämissen sind wahr, ergo ist auch das Explanandum wahr. <math>\Rightarrow</math> Die Erklärung heißt dann <b>wahr</b></p>	
Akzeptanz-Bedingung	<p>Die Explanansprämissen sind im gegebenen Hintergrundwissen <math>W</math> empirisch bestätigt und das Explanandum ist durch explanansunabhängige Evidenz gesichert. Die Erklärung heißt dann <b>gut bestätigt</b></p>	<p>Die Explanationsprämissen sind im gegebenen epistemischen Hintergrundwissen <math>W</math> empirisch bestätigt, und das Explanandum = <math>E</math> = Konklusion ist durch explanationsunabhängige Evidenz gesichert.</p>
Maximale Bestimmtheit		<p>Das Antecedens <math>A</math> ist im Hintergrundwissen <math>W</math> in Bezug auf <math>E</math> <b>maximal bestimmt</b>. Zur Erinnerung: <math>A \neq \emptyset</math> das Antecedens ist Menge singulärer Sätze z.B.: <math>Fa</math>, gelesen als „<math>a</math> ist ein <math>F</math>“</p>

**In der Physik spielen singuläre Ereignisse, wenn überhaupt, nur eine punktuelle Rolle. Es entstehen komplexe Erklärungstexturen von der Art  $\Phi = \langle T, E, I \rangle$ , um ein in sich schlüssiges Gesamtbild zu erzeugen.**



Einstein (1879 – 1955) zur Physik am Ende des 19. Jhd.:

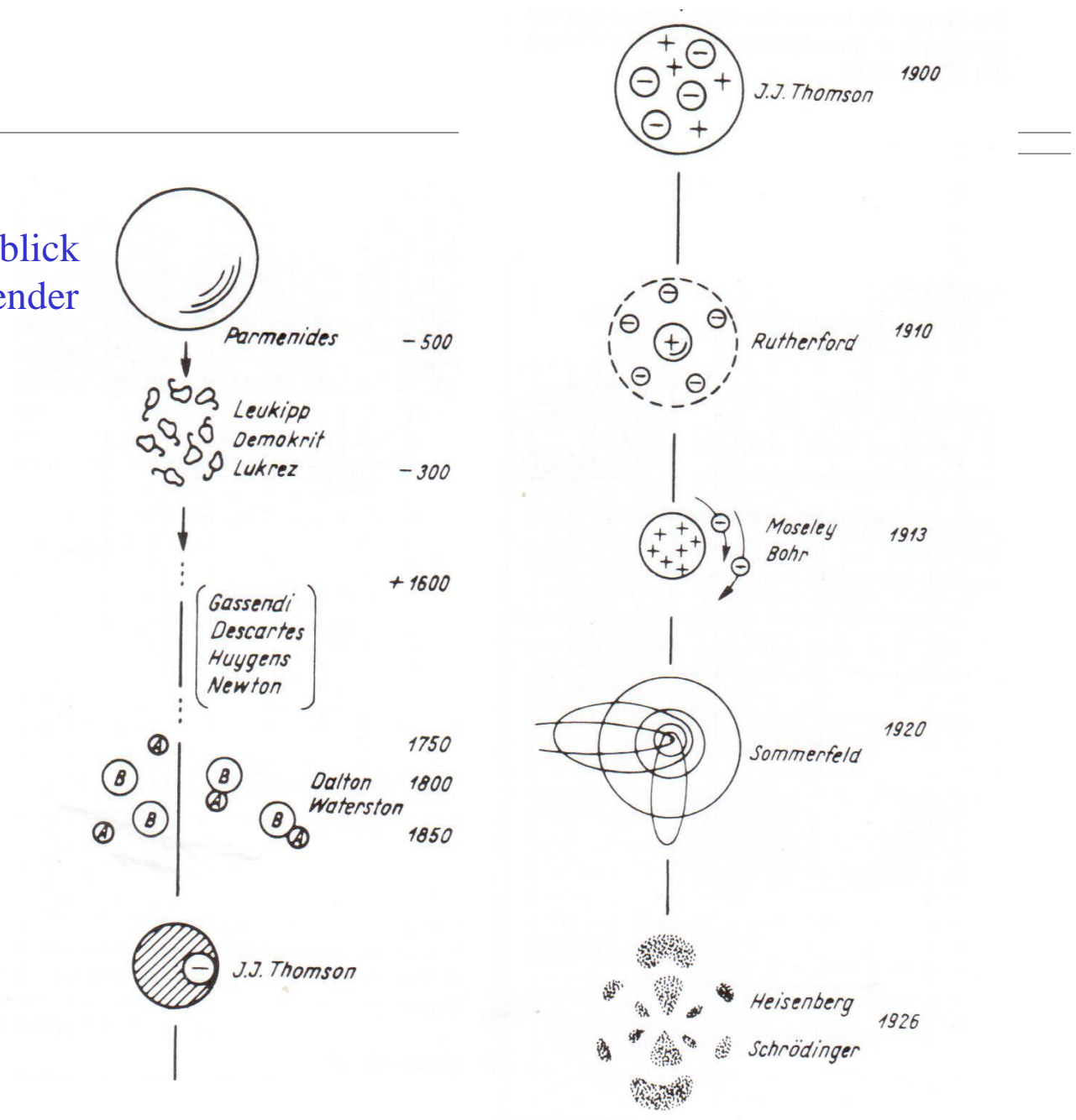
„Bei aller Fruchtbarkeit im Einzelnen herrschte in prinzipiellen Dingen dogmatische Starrheit. Am Anfang (wenn es einen solchen gab) schuf Gott Newtons Bewegungsgesetze samt den notwendigen Massen und Kräften. Dies ist alles; das Weitere ergibt die Ausbildung geeigneter mathematischer Methoden durch Deduktion.“



Ideenkontinuität hilft, den Überblick zu behalten angesichts zunehmender Unanschaulichkeit:

Beispiel 1: Narrativ zu *Teilchen*  
Wandel der Atomvorstellungen

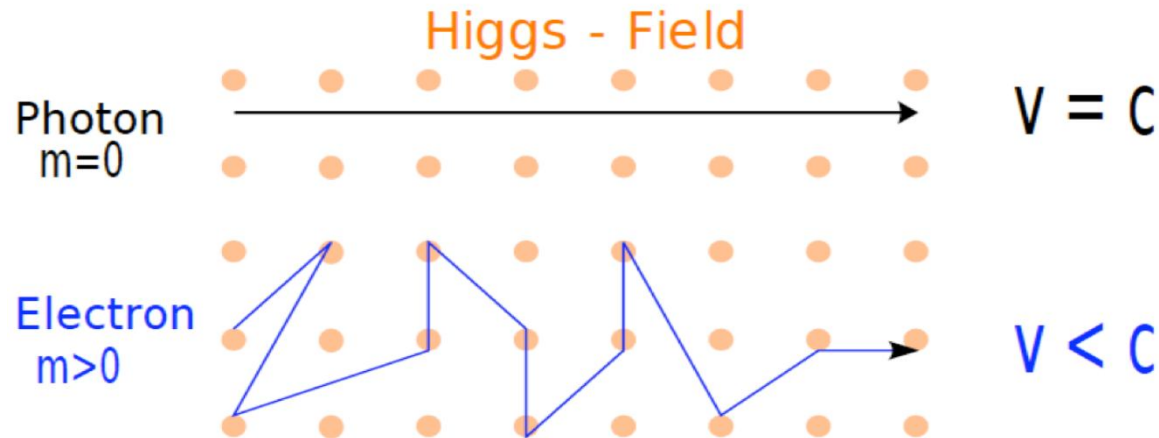
aus K. Simonyi,  
*Kulturgeschichte der Physik*



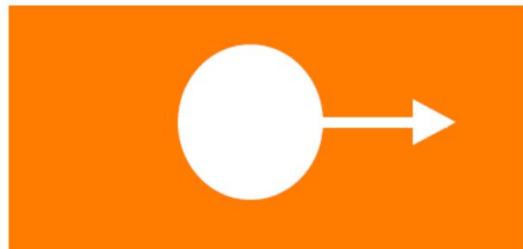
Beispiel 2: Narrativ zur mathematischen Beschreibung:  
Lagrange-Funktion im Standardmodell mit roten Higgs-Termen

$$\begin{aligned}\mathcal{L}_{EW}^{SM} = & -\frac{1}{4} W_{\mu\nu}^a W_a^{\mu\nu} - \frac{1}{4} B_{\mu\nu} B^{\mu\nu} \\ & + \bar{L} \gamma^\mu \left( i\partial_\mu - \frac{1}{2} g \tau_a W_\mu^a - \frac{1}{2} g' Y B_\mu \right) L \\ & + \bar{R} \gamma^\mu \left( i\partial_\mu - \frac{1}{2} g' Y B_\mu \right) R \\ & - \left| \left( i\partial_\mu - \frac{1}{2} g \tau_a W_\mu^a - \frac{1}{2} g' Y B_\mu \right) \Phi \right|^2 \\ & + \mu^2 |\Phi|^2 - \lambda |\Phi|^4 \\ & - (\sqrt{2} \lambda_d \bar{L} \Phi R + \sqrt{2} \lambda_u \bar{L} \Phi_c R + h.c.)\end{aligned}$$

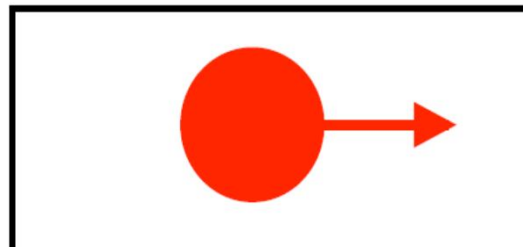
- **Theoretische Erklärung äußerst unanschaulich!**
- Lösung: Die ‚Massifizierung‘ wird *plausibel gemacht* = erklärt durch Wechselwirkung mit dem **Higgs-Äther** ( ‚visible‘ oder ‚invisible‘ )



### Zwei äquivalente Sichtweisen / Deutungen



‚masseloses‘  
Teilchen  
wechselwirkt mit  
‚sichtbarem‘  
Higgs-Äther



‚massives‘ Teilchen und  
‚unsichtbarer‘ Higgs-  
Äther

- Effektive Teilchenmasse kommt aus der WW mit dem überall vorhandenen homogenen ‚Kondensat‘ eines Skalarfeldes
- Teilchenmasse = Kopplungskonstante x  $v_{ev}$
- $v_{ev} = 247 \text{ GeV}$

Courtesy of Markus Schumacher, CERN / Uni Freiburg

1. Wesensverwandtschaft → Physikphilosophie an sich und als Lehrformat
2. Was bringt's? → Erfahrungen aus der Arbeit mit heterogenen Studierendengruppen
3. Spaß oder Ernst? → curriculare Aspekte
4. Zukunftsfähigkeit: u.a. eine Frage der Rahmenbedingungen
5. Diskussion

- Seminar zur Philosophie der Physik:

WS 14/15: Wissenschaftstheoretische Grundlagen

SoSe 2015: Modelle in Physik und Philosophie

WS 15/16: Das Naturgesetz aus physikalischer und philosophischer Sicht

SoSe 2016: Philosophisch-Historische Grundlagen der Physik V/S

WS 16/17: Philosophie der Quantenphysik

SoSe 2017: Raumzeit in Physik und Philosophie

WS 17/18: Philosophie der Quantenphysik (aufgrund großer Nachfrage)

- **Hörerkreis:** Fach- und Lehramtsstudierende der Physik und Philosophie, Gasthörer/innen aus anderen Fachbereichen, Doktoranden/innen
- Teilnehmer/innen-Zahlen: bisher zwischen 23 und 42

- Die Teilnehmer/innen in den aktiven Modus bringen: **didaktische Herausforderung**
- **Das gegenseitige Unwissen** ist anfänglich sehr groß: vieles hört man zum ersten Mal!
- Die Physik- und Philosophiestudierenden empfinden das Format als **anspruchsvoll**
- Aber: die Mühe lohnt sich → **Lerneffekt** vielfach bezeugt
- **Neuer Blick auf die Physik** mit Hilfe der philosophischen Perspektive
- Kurs halten, Niveau nicht verwässern: **fachliche Korrektheit**, auch wenn es am Anfang wehtut, oder: fachliche Unterschiede erkennen, aushalten und überwinden
- **Neueste Forschungsergebnisse** rezipieren und als Fallbeispiele in der physikphilosophischen Reflexion nutzen → Erwerb neuer Kompetenzen
- **Aufnahme:** - hohe Teilnehmer/innen-Zahlen, sehr guter Feedback, aber auch Aussteiger!
  - positive Evaluation durch das Zentrum für Qualitätsanalyse der TUD
  - Exportfähigkeit: externer Lehrauftrag ID, auch dort positive Evaluation



1. Wesensverwandtschaft → Physikphilosophie an sich und als Lehrformat
2. Was bringt's? → Erfahrungen aus der Arbeit mit heterogenen Studierendengruppen
3. Spaß oder Ernst? → curriculare Aspekte
4. Zukunftsfähigkeit: auch eine Frage der Rahmenbedingungen
5. Diskussion

### 3. Spaß oder Ernst? → curriculare Aspekte

- ‚Interdisziplinäre‘ Lehrformate: aufwendige Vorbereitung, da i.d.R. wenig Erfahrung bzw. Schulung  
→ Inhalt und Anbindung an das bestehende Curriculum definieren
- Generelle Frage: Interdisziplinarität hört zwar sich schön und gut an, aber was heißt das genau und was haben unsere Studierenden davon?  
→ inhärenter Rechtfertigungsdruck (vorher, währenddessen und danach)
- Format zunächst „unpassend“: Skepsis muss mit Argumenten überwunden werden → Zeit und Geld

**Wer macht es und wer bezahlt dafür?**

Irena Doicescu, „Gibt es interdisziplinäre Entfremdung? – Das Beispiel von Physik und Philosophie“  
Sonderausgabe der Briefe zur Interdisziplinarität, Oekom-Verlag 2017, open access  
<https://www.oekom.de/zeitschriften/briefe-zur-interdisziplinaritaet.html>

- Inhalt: relevante Auswahl treffen (Themen und Quellen) und an die aktuelle Forschung koppeln
- Curricular → Andockstelle finden → freiwillige, aber anrechenbare Angebote: Seminar, Studium Generale, Bereich Allgemeiner Qualifikationen → ... → Aufnahme in das verpflichtende Angebot?

Physik: Hauptseminar im Masterstudiengang, Ergänzungsbereich Lehramt  
Philosophie: breitere Auswahl an Modulen

→ momentan klappt es ganz gut 😊 , doch wie lange noch? → Nachhaltigkeit

#### PhysPhil-Format entspricht strategischen Zielen:

- ♣ TUD: Entwurf Zukunftskonzept
- ♣ Physik: Berufsrelevanz der Studieninhalte und erworbene Kompetenzen:  
Laut DPG-Statistik: ca. 30% der PHY-Absolventen/innen in ihrem Beruf tätig
- ♣ Physik-eigene Trends s. Leitartikel in Physikjournal November 2017:  
Interdisziplinarität wird inzwischen auch ‚intern‘ als Notwendigkeit erkannt!

Von den erwerbstätigen Physikern waren 2013 so viele tätig...			
	... im Erwerbsberuf Physiker/in	... in sonstigen Erwerbsberufen	Gesamt
... als sozialversicherungspflichtig Beschäftigte	20 200 z. B.: Mitarbeiter/in im Forschungsbereich eines Max-Planck-Instituts	63 800 z. B.: Mitarbeiter/in eines Unternehmens in Entwicklung, Forschungscontrolling	84 000
... als Selbstständige, Beamte etc.	2 900 z. B.: verbeamtete Leiter der Forschungsgruppe eines MPI	19 100 z. B.: Professor an einer Hochschule	22 000
<b>Gesamt</b>	<b>23 100</b>	<b>82 900</b>	<b>106 000</b>

nach [3]

#### Von der Wissensvermittlung zur Lernbegleitung

Wir benötigen eine hochschulübergreifende Instanz, um der Lehre eine Stimme zu geben, sowie Impulse für ihre Weiterentwicklung.

Monika Bessenrodt-Weberpals

Der Bologna-Prozess hat manche Reformen angestoßen, von denen einige erst jetzt in Gang gekommen sind. Dazu zählt der „Shift from Teaching to Learning“, bei dem sich der Fokus der Lehre auf das Erreichen angestrebter Lernergebnisse verschiebt. Um dies zu realisieren, nennt der Wissenschaftsrat die Ziele von Lehre, ihre weitere Professionalisierung,

Qualitätsziel aus. Über Lehrziele und Kompetenzprofile sollte eine Verständigung hochschulweit und studiengangsspezifisch erfolgen, zum Beispiel in übergeordneten Lehrverfassungen und Lehrprofilen. Wir müssen Lehre verstärkt als Gemeinschaftsaufgabe wahrnehmen, also die Mikroebene der einzelnen Lehrveranstaltung mit der curricularen Mesoebene verzah-



Meinung von Prof. Dr. Monika Bessenrodt-Weberpals, Vizepräsidentin der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg und Jurymitglied im Bund-Länder-Programm des „Qualitätspakts Lehre“

Tab. 1 Die Arbeitsmarktstatistik der Bundesagentur für Arbeit berücksichtigt lediglich die Physiker, die sozialversiche-

rungspflichtig im Erwerbsberuf Physik tätig sind (hellblau unterlegt).

## PhysPhil-Format entspricht strategischen Zielen:

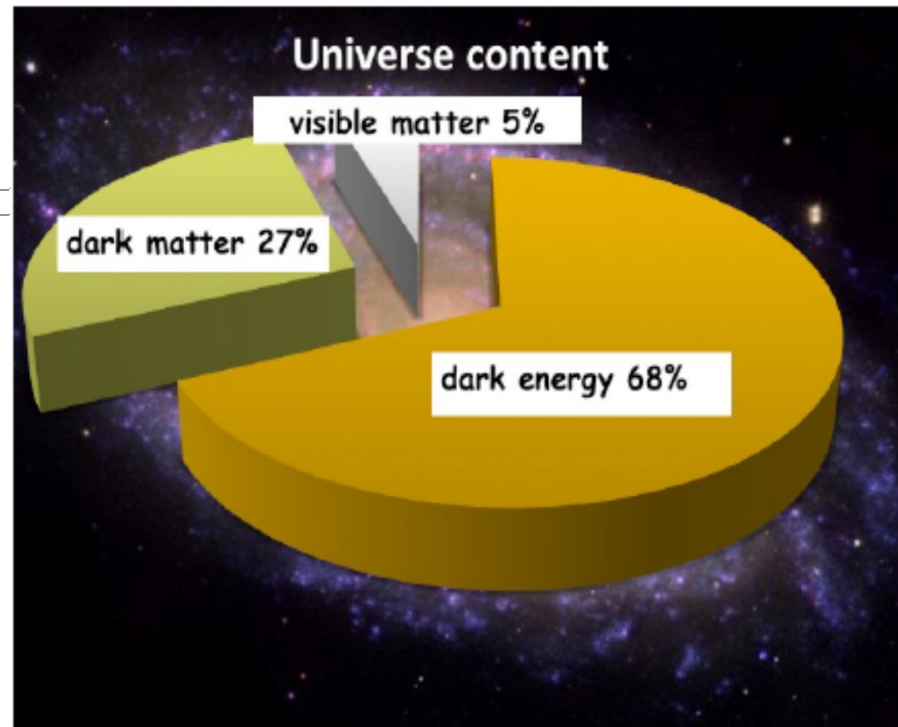
- ♣ Kommunikation macht Spaß: Einsatz auf der Langen Nacht der Wissenschaften



PhysPhil-Team LNdW 2017: vlnr Christoph Berke (PHY),  
Julia Chojna und Luisa Wolf (PHI), Jonathan Brisch (PHY),  
PD Dr. Scheffler, ID (UJ 15-17, MN-News 4.10.17)

- Akzeptanz bei den Lehrenden / Fakultäten bedeutet die tatsächliche Bereitschaft, personelle Ressourcen bereitzustellen
- Tradierte Einteilung in **Forschung** und **Lehre**
- Neuberufungen und somit Lehre werden i.d.R. konsequent von der Forschungsseite gedacht
- Neuverhandlung und –Definition von „meins /deins“ bzw. „Eigenes/Fremdes“
- „Fächer“ = „Forschungsgebiete“? → **was bedeutet das Fach Physik heute?**
- Ideologisch: eine tlw. Abkehr vom absoluten Primat der Forschung erscheint essentiell
- Implementierung neuer Konzepte (z.B. forschungsbezogene Lehre)  
→ vor allem GSW und interdisziplinäre Kontexte: **Hörsaal = Labor**
- **Niemand ist eine Insel** → Fachübergreifende Formate sind gut für ING und MN
- Institutionell: *starre Strukturen* durch *flüssige Zwischenräume* verbinden und flexibilisieren
- Prognose: hängt davon ab...

**Fazit: Eine konsequente Unterstützung durch die Universitäten – institutionelle Strategie – ist vital für interdisziplinäre Lehrformate bzw. die Betreuung heterogener Studierendengruppen**



Herzlichen Dank für die Einladung und für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt: Irena.Doicescu@tu-dresden.de, Uwe.Scheffler@tu-dresden.de



»Wissen schafft Brücken.«

