

**Modulbezeichnung:** **Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten (PW-DAExp)** **5 ECTS**  
(Dimensional Analysis and Experimentation)

Modulverantwortliche/r: Rainer Hock  
Lehrende: Rainer Hock

Startsemester: SS 2021                      Dauer: 1 Semester                      Turnus: unregelmäßig  
Präsenzzeit: 60 Std.                      Eigenstudium: 90 Std.                      Sprache: Deutsch oder Englisch

**Lehrveranstaltungen:**

Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten (SS 2021, Vorlesung, 2 SWS, Rainer Hock)  
Übungen zu Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten (SS 2021, Übung, Rainer Hock)

**Empfohlene Voraussetzungen:**

Grundkenntnisse der Physik

**Inhalt:**

- Eine Anwendung 'nullter Ordnung' der 'Dimensionsanalyse' kennen Sie bereits alle.
- Mathematische Zusammenhänge (Gleichungen), die die Natur konsistent und mathematisch korrekt beschreiben, müssen dimensionshomogen sein: 5 Äpfel + 3 Birnen ergibt in der Summe nicht 8 Physiker.
- Die Dimensionsanalyse nutzt im Kern die erforderliche Dimensionshomogenität der mathematischen Modelle, um funktionale Zusammenhänge zwischen Variablen herzuleiten. Sie liefert also ein 'Gesetz', welches die verschiedenen Variablen mathematisch richtig verknüpft. Diese Grundanforderung genügt oftmals, um wertvolle Gesetzmässigkeiten zur Beschreibug der Natur abzuleiten.
- Die Dimensionsanalyse liefert Ihnen leider keine eventuell in den Gleichungen vorkommenden Konstanten, wie z.B. den Faktor  $2\pi$  in der Gleichung für die Periodendauer des mathematischen Pendels.
- Um diese Faktoren - oft der Größenordnung 1 - zu bestimmen, müssen Sie experimentieren. Und hierzu liefert Ihnen wiederum die Dimensionsanalyse den Schlüssel zur Planung der Experimente in Form dimensionsloser Variabler.
- In der Vorlesung werden die Methoden der Dimensionsanalyse von der 'Anschauung' bis hin zu den mathematischen Techniken betrachtet.
- Die Dimensionanalyse kann ein wertvolles Denkwerkzeug in ihrem physikalischen Schaffen darstellen, und: Sie dürfen selber Gesetze erfinden und deren Übereinstimmung mit dem Experiment testen.

**Lernziele und Kompetenzen:**

Die Studierenden

- erläutern die wesentliche Inhalte der Vorlesung
- wenden die Methoden auf konkrete Beispiele an

**Literatur:**

Um sich einen Eindruck von der Dimensionsanalyse zu verschaffen, können Sie im Internet diese beiden Dokumente ansehen:

Als pdf sofort zu finden, wenn sie nach den Autoren in Kombination mit den Titeln suchen.

A.A. Sonin: The physical basis of dimensional analysis

Peter Goldreich, Sanjoy Mahajan, Sterl Phinney: Order-of-Magnitude Physics: Understanding the World with Dimensional Analysis, Educated Guesswork, and White Lies

Bücher hierzu sind Spezialliteratur. Sie können einige davon in meinem Büro einsehen. Hier drei wichtige Bücher zum Thema:

T. Szirtes: Applied dimensional analysis and modelling, Elsevier Verlag

A. Palmer: Dimensional Analysis and intelligent experimentation World Scientific Publishing

M. Zlokarnik: Scale-up in chemical engineering Wiley VCH

T. Duncan: Chemical Engineering Design and Analysis: An introduction Cambridge University Press

P. Bridgman: Dimensional Analysis Forgotten Books Reprint

## Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] **Physics (Master of Science)**

(Po-Vers. 2015s | NatFak | Physics (Master of Science) | Gesamtkonto | Physics elective courses | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[2] **Physics (Master of Science)**

(Po-Vers. 2018w | NatFak | Physics (Master of Science) | Gesamtkonto | Physics elective courses | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[3] **Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien)**

(Po-Vers. 2007 | NatFak | Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien) | Module Fachwissenschaft Physik | Wahlpflichtbereich | Weitere Module aus dem Wahlpflichtbereich 1 | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[4] **Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien)**

(Po-Vers. 2010 | NatFak | Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien) | Module Fachwissenschaft Physik | Theoretische Physik und Wahlpflichtbereich | Weitere Module aus dem Wahlpflichtbereich 1 | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[5] **Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien)**

(Po-Vers. 2018w | NatFak | Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien) | Module Fachwissenschaft Physik | Wahlpflichtbereich | Weitere Module aus dem Wahlpflichtbereich 1 | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[6] **Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien)**

(Po-Vers. 2020w | NatFak | Physik (1. Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien) | Module Fachwissenschaft Physik | Wahlpflichtbereich | Weitere Module aus dem Wahlpflichtbereich 1 | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[7] **Physik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2007 | NatFak | Physik (Bachelor of Science) | alte Prüfungsordnungen | Gesamtkonto | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[8] **Physik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2010 | NatFak | Physik (Bachelor of Science) | Module des 3. bis 6. Fachsemesters | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[9] **Physik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2018w | NatFak | Physik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[10] **Physik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2020w | NatFak | Physik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[11] **Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2007 | NatFak | Elitestudiengang Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[12] **Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2010 | NatFak | Elitestudiengang Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[13] **Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2018w | NatFak | Elitestudiengang Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[14] **Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2020w | NatFak | Elitestudiengang Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Physikalische Wahlfächer | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[15] **Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Master of Science)**

(Po-Vers. 2015s | NatFak | Elitestudiengang Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Master of Science) | Gesamtkonto | Physics elective courses | Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten)

[16] **Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Master of Science)**

(Po-Vers. 2018w | NatFak | Elitestudiengang Physik mit integriertem Doktorandenkolleg (Master of Science) |

### Studien-/Prüfungsleistungen:

Dimensionsanalyse und experimentelles Arbeiten (Prüfungsnummer: 783846)

(englische Bezeichnung: Dimensional Analysis and Experimentation)

Prüfungsleistung, Praktikumsleistung

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

weitere Erläuterungen:

- Die Praktikumsleistung wird weitgehend in der Zeit der Übungen zur Vorlesung erbracht.
- In den Übungen werden Datensätze von kleinen Gruppen gemessen. Alle Daten stehen allen Teilnehmern zur Auswertung zur Verfügung. Wer will, kann die Leistung auch alleine erbringen.
- Geeignete mathematische Modelle werden mit Hilfe der Dimensionsanalyse in den Übungen besprochen und entwickelt, bzw. dazu angeregt. Die Verfeinerung der Modelle kann dann auch zuhause erfolgen. Hier sollen dann auch die als geeignet betrachteten Modelle an die Messdaten angefügt werden.
- Jeder Teilnehmer gibt eine eigene schriftliche Ausarbeitung ab. Auf dem Deckblatt unterschreibt der Prüfling seine Arbeit und kennzeichnet sie dadurch als eigenständige und eigenverantwortete Prüfungsleistung. Jeder Prüfling ist für seine abgegebene Ausarbeitung alleine verantwortlich. Die von Gruppen erarbeiteten Modelle zur Beschreibung eines physikalischen Vorgangs dürfen in der Praktikumsleistung identisch sein.
- Die Ausarbeitung muss Teile enthalten, die individuell von jedem Einzelnen erkennbar eigenständig verfasst wurden: die Interpretation der Daten und Modelle, deren Bewertung bezüglich ihrer Eignung zur Beschreibung des Phänomens, sowie eine Fehlerbetrachtung.
- Die Benotung erfolgt auf die Praktikumsleistung.
- Nicht bestandene Prüfungen werden im üblichen Turnus zur Wiederholung angeboten.

Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablingung: SS 2021, 1. Wdh.: SS 2021 (nur für Wiederholer)

1. Prüfer: Rainer Hock

### Organisatorisches:

In den Übungen soll das Gelernte in Form kleiner experimenteller Projekte vertieft werden.

Sie sollen in Kleingruppen mit einfachen Mitteln (Uhr, Metermaß, Waage, etc.= Garagenphysik) experimentieren und die aus der Dimensionsanalyse bestimmten möglichen Gesetzmässigkeiten verifizieren oder falsifizieren und die noch unbekanntenen Konstanten der mathematischen Modellierung experimentell bestimmen.

Beispiele für Projekte sind:

- wie hängt die (normale) Gehgeschwindigkeit von der Körpergröße ab ?
- wie hängt die Geschwindigkeit von Ruderbooten von der Anzahl der Ruderer ab ?
- wie hängt der Kraterdurchmesser von der kinetischen Energie eines Impaktors (Asteroid) ab ?
- wie hängt die Periodendauer verschiedener Pendel von den anderen physikalischen Größen ab ?
- wie hängt die aus einem Loch pro Zeit auströmende Menge Sand von der Lochgröße und anderen physikalischen Größen ab ?
- wie bestimmt man aus der Radius-Zeit Abhängigkeit der Druckwelle einer atomaren Explosion die Sprengkraft der Bombe (ohne Experimente!)
- wie muss ich ein Schiffsmodell bauen (skalieren), um an dem Modell etwas über die Dimensionierung des Antriebsmotors eines realen Schiffs zu lernen ?

Die Experimente werden in den Übungen von Ihnen unter Anleitung durchgeführt.

Die Methode und ihre Anwendung soll ihr physikalisches Denken schulen und Ihnen gestatten, mathematische Modelle (funktionale Zusammenhänge) für unterschiedlichste Phänomene der Natur selber zu erarbeiten.