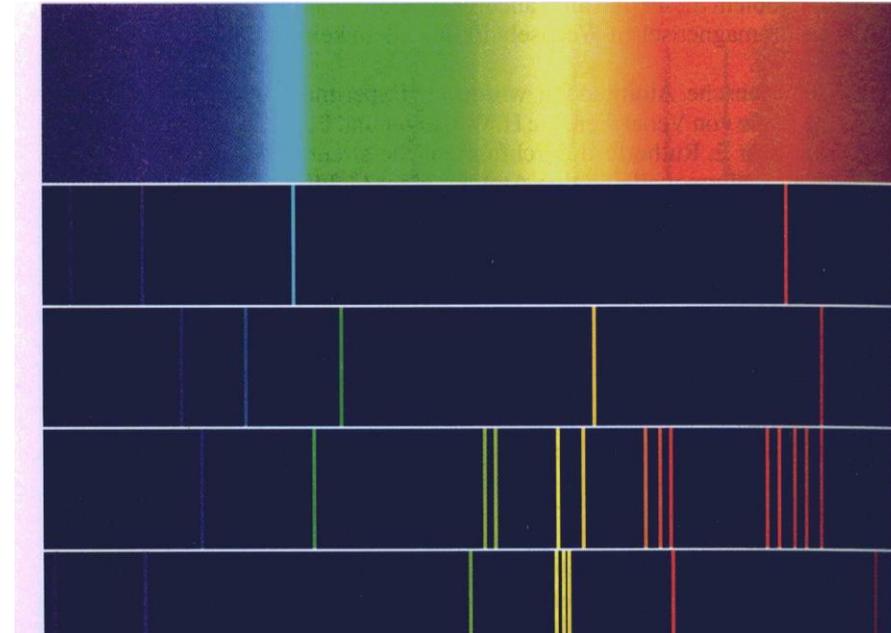


# Integrierter Kurs 4 Atom- und Quantenphysik

SoSe2020- Nielaba, Scheer



## Organisatorisches

### Experimentalphysik

Prof. Elke Scheer

Raum P1007 / Tel. 4712

Elke.scheer@uni-konstanz.de

### Theoretische Physik

Prof. Peter Nielaba

Raum P709 / Tel. 4259

Peter.Nielaba@uni-konstanz.de

### Sekretariate

Eva Dutt

Raum P1008 / Tel. 4686

Eva.dutt@uni-konstanz.de

Yolanda Fischer

Raum P708 / Tel. 4272

Yolanda.fischer@uni-konstanz.de

### Übungsbetrieb

Umlaufverfahren, bei Fragen:

Prof. Elke Scheer

Elke.scheer@uni-konstanz.de

Umlaufverfahren, bei Fragen:

Prof. Peter Nielaba

Peter.Nielaba@uni-konstanz.de

**Vorlesung findet als online-Veranstaltung statt.**

Informationen und Übungsblätter über ILIAS

## Durchführung der Vorlesung auf Webex

- Bitte schalten Sie Ihre Mikrofone auf stumm, es sei denn Sie haben eine Frage.
- Die Dozenten rufen zu Fragen auf, dringende Fragen/Anmerkungen bitte durch Handzeichen ankündigen
- Wenn Ihre Internet-Verbindung langsam oder instabil ist, schalten Sie das Video aus
- Wenn es gar nicht klappen sollte: schreiben Sie uns, wir bemühen uns um eine Lösung
- Pdfs der Präsentationen (ohne videos) sind auf Ilias abgelegt.
- Videos der Experimente sind zu finden unter <https://cloud.uni-konstanz.de/index.php/s/2ZzPGWgHSeLyw6Z>
- Anregungen zur Verbesserung der Durchführung sind willkommen, gerne im Anschluss an die Vorlesung oder per mail.

# Termine

Vorlesung: **online**

Mo 10:00 – 11:30 Uhr

Mi 08:15 – 09:45 Uhr

Do 10:00 – 11:30 Uhr

Fr 11:45 – **13:15** Uhr

Beginn: 20. April 2020

Ende: 17. Juli 2020

**Keine** Vorlesung:

Fr 1. 5., Do 21.5, Mo 1.6., Do 11.6

Übungen (Anmeldung über ZEUS, bis Fr. 24.04., 16 Uhr)

**ExpPhys** (Mi): **online**

10:00, 11:45 , 15:15

**TheoPhys** (Fr): **online**

8:15 , 10:00

Klausuren

**Exp** **29.07.**, 8:00-11:00, A600

**Theo** **23.07.**, 8:00-11:00, **A600**

Nachklausuren (**nur bei Krankheit oder Nichtbestehen der Klausur**)

**Exp** **wird noch bekannt gegeben**

**Theo** **wird noch bekannt gegeben**

# Übungsaufgaben

- Erste Übung bzw. Vorbesprechung am 29. April (Exp), 24. April (Theo)  
**Plattform/Modus wird von Tutoren bekannt gegeben**
- Ausgabe über Ilias (Exp, ab 27. April, Theo, ab 22. April) Abgabe der handschriftlichen Lösungen eine Woche später (**gescannt, per e-mail**) an den Tutor (Exp: montags, Theo mittwochs), Besprechung in der Online-Übung (1. TheoBlatt. Abgabe 6.5.)
- Teilnahme ist Pflicht (max. 2 x Fehlen ohne triftigen Grund)
- Bitte Namen angeben!

**Bepunktete Aufgaben** müssen gelöst und *einzel*n schriftlich abgegeben werden. Die Aufgaben werden korrigiert und die erreichten Punkte werden als begleitende Studienleistung gewertet. Die Aufgaben müssen auf Nachfrage erläutert werden können. Kann eine schriftliche Ausarbeitung nicht vorgerechnet werden, gibt es Punktabzug.

**Exp. Unbepunktete Aufgaben** müssen gelöst werden und vorgerechnet werden können. Zu Beginn jeder Übung sagen Sie dem Tutor ("Kreuzchen"), welche der Aufgaben sie bearbeitet haben und in der Lage sind vorzurechnen. Die Anzahl der Kreuzchen wird ebenfalls als begleitende Studienleistung gewertet. Stellt sich heraus, dass ohne Vorbereitung der Aufgabe ein Kreuzchen gesetzt wurde, so wird das entsprechende Kreuzchen plus ein weiteres aberkannt.

# Klausurteilnahme/Prüfungsmodalitäten

## **Bewertung** der Übungsaufgaben:

- Mindestens 50% der möglichen Punkte aus den schriftlichen Lösungen der bepunkteten Aufgaben
- Mindestens 50% der möglichen Kreuzchen aus den unbepunkteten Aufgaben (Exp-Teil)
- Vorrechnen von mindestens 3 Aufgaben (**in den Online-Übungen**)

Kriterien müssen jeweils für ExpPhys und TheoPhys erreicht werden.

**Achtung:** Bei Wiederholung des IK4 müssen die Übungen erneut besucht werden und die begleitenden Studienleistungen erbracht werden.

**Klausur:** **Hilfsmittel werden noch bekannt gegeben.** Mobiltelefone und andere elektronische Geräte sind nicht zugelassen. Taschenrechner werden bei Bedarf zur Verfügung gestellt. Die Teilnehmer haben sich mit Studierendenausweis zu identifizieren

**Bestehen des Moduls:** Erfolgreiche studienbegleitende Leistungen und Bestehen der Klausur. Die Modulnoten ergeben sich aus den jeweiligen Klausurnoten in ExpPhys und TheoPhys.

1. Einführung
2. Das Atom und seine Bausteine (Exp)
3. Welle-Teilchen Dualismus (Exp, Theo)
4. Die Schrödinger-Gleichung (Theo)
5. Teilchen in einer Dimension (Theo)
6. Mathematischer Formalismus der Quantenmechanik (Theo)
7. Bewegung im Zentralkraftfeld (Theo), Wasserstoff-Atom (Exp)
8. Magnetische Momente (Exp)
9. Der Elektronenspin (Exp, Theo)
10. Hyperfeinstruktur (Exp)
11. Der Harmonische Oszillator (Theo)
12. Stationäre Störungstheorie (Theo)
13. Aufbau größerer Atome, Periodensystem (Exp)
14. Moleküle, Chemische Bindung (Exp)
15. Näherungsverfahren, Grundlagen chemischer Bindung (Exp)

1. E. Scheer, G. Burkard IK IV (Vorlesungsskript, Uni Konstanz, SoSe 2010). [online](#)
  2. W. Demtröder, Experimentalphysik Bd. 3 (Springer Verlag). [online](#)
  3. H. Haken und H. C. Wolf, Atom- und Quantenphysik (Springer Verlag).
  4. D. J. Griffiths, Quantenmechanik (Pearson Studium).
  5. F. Schwabl, Quantenmechanik (Springer Verlag). [online](#)
  6. W. Nolting, Quantenmechanik 5/1 (Springer Verlag). [online](#)
  7. R. Gross, Physik IV (Vorlesungsskript, TU München, SoSe 2003). [online](#)
  8. J. Bleck-Neuhaus, Elementare Teilchen (Springer Verlag). [online](#)
  9. D. Meschede, Gerthsen Physik (Springer Verlag). [Online](#)
  10. G. Baym, Lectures on quantum mechanics, Benjamin Verlag
  11. A. Messiah, Quantenmechanik, deGruyter Verlag
  12. L.D. Landau, E.V. Lifshitz, Lehrbuch der Theoretischen Physik, Band 3
- Weitere Literaturangaben zu einzelnen Kapiteln in der Vorlesung

# Kapitel 1: Einführung

## 1.1 Thema:

- Aufbau und Eigenschaften der Atome, ihre Wechselwirkungen untereinander und mit elektrischen und magnetischen Feldern.
- Nicht: Wechselwirkungen im Atomkern.

Typische Aufgabe	Größenskala	Fachgebiet
Vielfalt der Materialien, Luft, Wasser, Halbleiter, Beton, Stahl, ....	mm-m	Festkörperphysik
Periodensystem der Elemente, Elektronen & Kern & Coulomb-Potential	$10^{-10}$ m = 1 Å (ngström)	Molekülphysik, Chemie, Physik der Atomhülle „Atomphysik“
Protonen&Neutronen im Kern, starke Wechselwirkung	$10^{-15}$ m	Kernphysik
Quarks, Gluonen, ...	$< 10^{-15}$ m	Elementarteilchenpyhsik

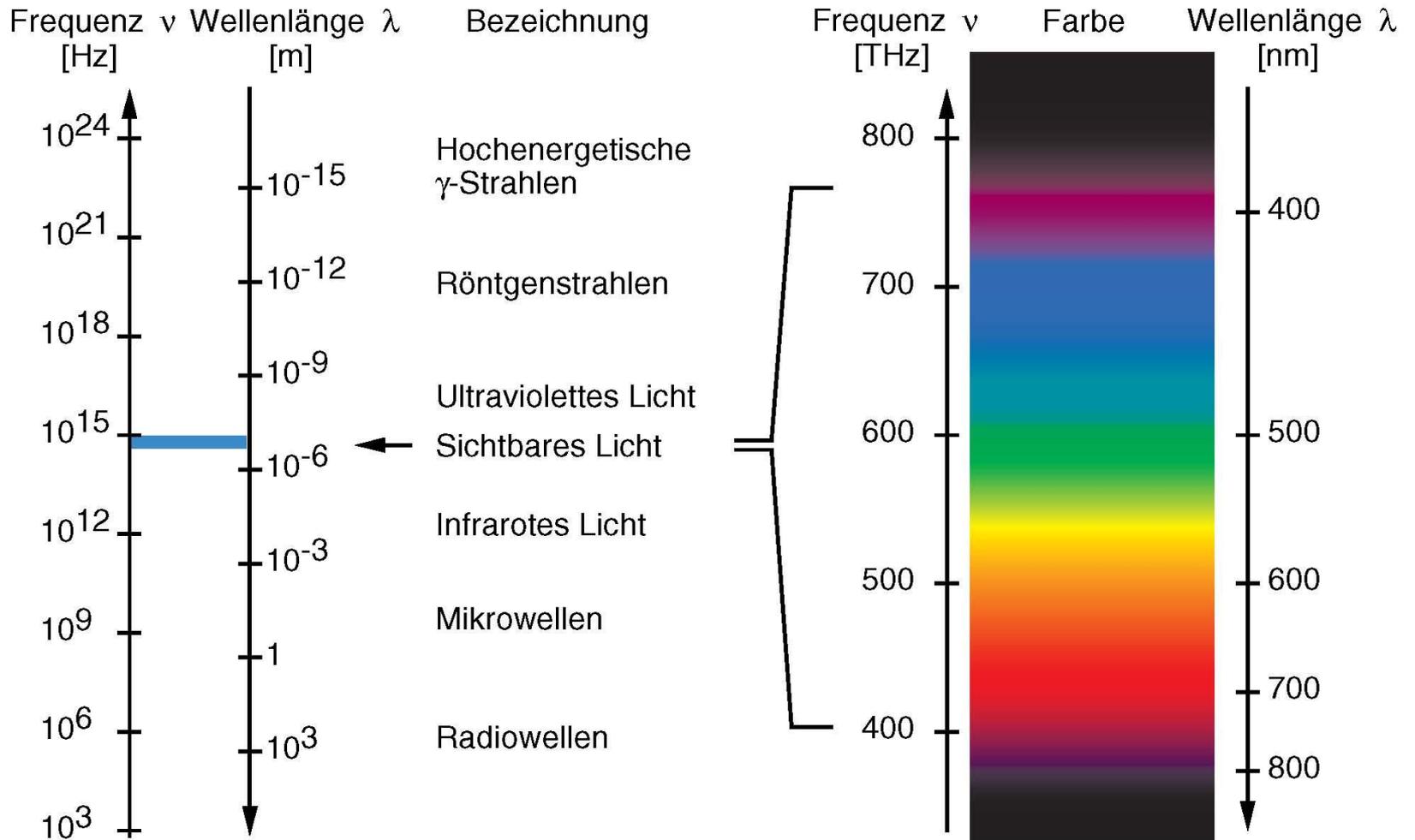
**Ziel:** Mikroskopisches Verständnis der Eigenschaften von Atomen.

Beschreibung durch wenige fundamentale Naturkonstanten:  $e$ ,  $c$ ,  $m_0$ ,  $h$

**Experimentelle Beobachtung:** Viele neue Phänomene können nicht mit der klassischen Physik verstanden werden → Quantenphysik, Signatur:  $h$  (*Plancksches Wirkungsquantum*)

**Beispiel:** Spektren der Atome, Flammenfarben der Alkalimetalle (Na, K, Li)

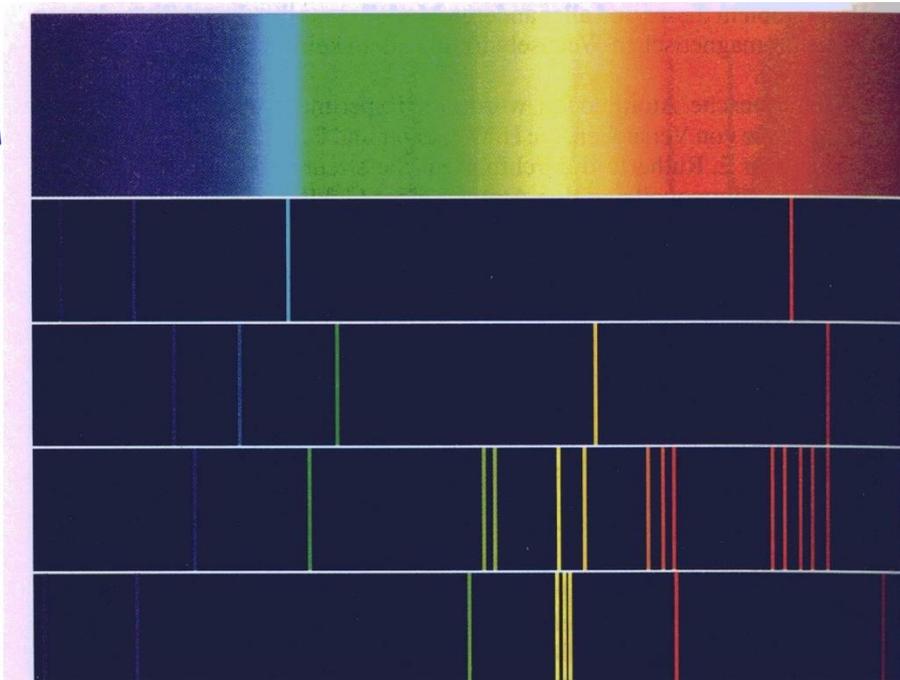
# Erinnerung IK2 und 3: Elektromagnetisches Spektrum



Optik Fig. 1.1

# Beispiele von Spektren

kont.  
Spektrum



Spektrum eines heißen Körpers  
(Glühbirne)

→ „Schwarzkörperstrahlung“

„Atomspektren“: diskrete Linien

Erklärung: Übergänge zwischen  
Zuständen, erklärt aus dem  
Aufbau der Atome.

Bildquelle: Gerthsen Physik

# Erinnerung IK3: Sonnenspektrum



Fraunhofer Linien = schwarze Linien im Sonnenspektrum

In der Photosphäre der Sonne werden Photonen mit passender Wellenlänge absorbiert (H-Spektrum). Da bei der Re-Emission keine Richtung bevorzugt ist, ist die Strahlung, die zur Erde gelangt, extrem schwach.

Bildquelle: Gerthsen Physik

## 1.2 Historischer Überblick

1803	Dalton	Multiple Proportionen	1908	Rydberg	Verallgemeinerung der Balmer-Formel
1808	Gay-Lussac	Multiple Proportionen von Gasvolumina	1912	von Laue	Röntgenbeugung an Kristallen
1811	Avogadro	Molekültheorie, Gasgesetze	1913	Millikan	Elementarladung
1814	Fraunhofer	Linienpektrum der Sonne	1913	Bohr	Atommodell
1815	Prout	Massenzahlen sind Vielfaches der Masse von Wasserstoff	1913	Stark	Atome in elektrischen Feldern
1833	Faraday	Elektrolytisches Äquiv.prinz.	1915	Sommerfeld	verfeinertes Atommodell
1868	Mendeleev	Periodensystem der Elemente	1919	Davisson, Germer	Elektronenbeugung
1869	Hittorf	Kathodenstrahlen	1921	Stern&Gerlach	Elektronenspin
1885	Balmer	Wasserstofflinien	1924	de Broglie	Wellenhypothese des Elektrons
1887	Hertz, Hallwachs	Photoeffekt	1926	Schrödinger	Wellenmechanik
1890	Rydberg	Wasserstofflinien	1926	Born	Interpretation der Wellenfunkt.
1895	Röntgen	Röntgenstrahlen	1927	Heisenberg	Matrizenmechanik
1896	Becquerel	Radioaktivität	1928	Dirac	relativistische Wellengleich. Antimaterie
1897	Zeeman	Atome in Magnetfeldern	1931	Ruska	Elektronenmikroskop
1897	Thomson	Elektron identifiziert	1932	Chadwick	Entdeckung des Neutrons
1900	Planck	Wirkungsquantum Hohlraumstrahlung	1932	Anderson	Entdeckung des Positrons
1903	Rutherford	Atomkern	1947	Lamb, Retherford	Strahlungskorrekturen in Wasserstoff Spektrum
1905	Einstein	Erklärung Photoeffekt, Brownsche Molekularbeweg.	1958	Paul	Ionenfalle, magnetische Falle
			1985	Binnig&Rohrer	Rastertunnelmikroskopie