
Physik 1

(PH1-B-REE1)

Michael Erhard

Thema heute

4. Atomphysik 1

4.1 Aufbau der Atome

4.2 Periodensystem der Elemente

4.3 Elementarteilchen des Atoms

4.4 Elektromagnetische Wellen

5. Atomphysik 2 (Quantenphysik)

5.1 Teilchencharakter des Lichtes

5.2 Atom-Licht-Wechselwirkung

5.3 Wellencharakter von Teilchen

4. Atomphysik 1

4. Einleitung Atomphysik

- Woraus besteht Materie?
- In der Antike ging man von vier Elementen aus:

Feuer

Luft

Wasser

Erde

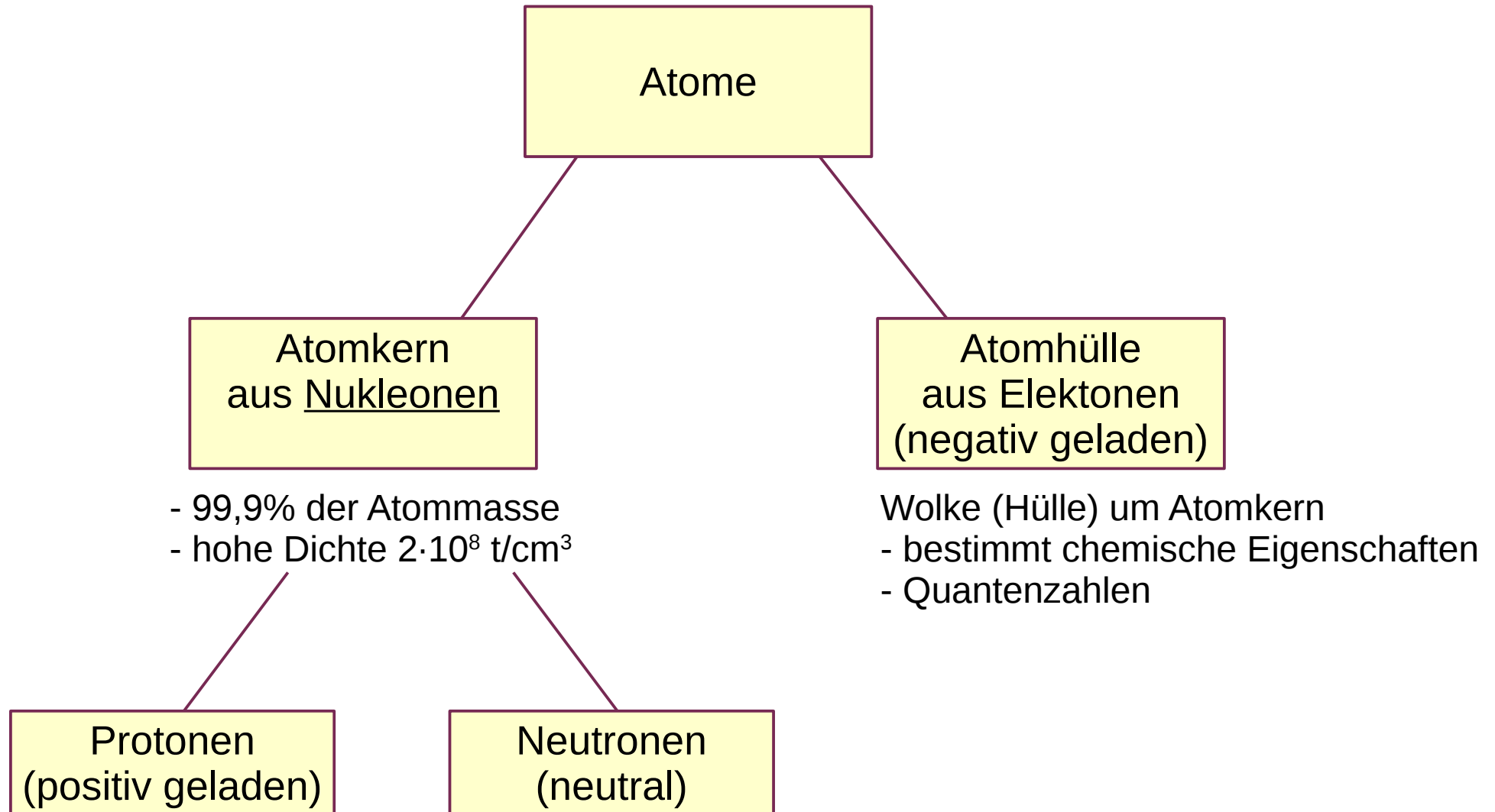


public domain (USA)

- In China gab es die Fünf-Elemente-Lehre:
Holz (木), Feuer (火), Erde (土), Metall (金), Wasser (水)
- In der modernen Physik sprechen wir von ca. 100 Elementen
- Eine weitere Aufteilung in andere Elemente ist nicht möglich
- Die kleinste Einheit eines Elements ist das Atom

Quelle: Folien R. Heß

4.1 Aufbau der Atome



4.1 Aufbau der Atome

Darstellung Element

A

Massenzahl = Anzahl Nukleonen

Symbol

Z

Ordnungszahl

- Anzahl der Protonen (=Elektronen wenn ungeladen)
- bestimmt chemische Eigenschaften

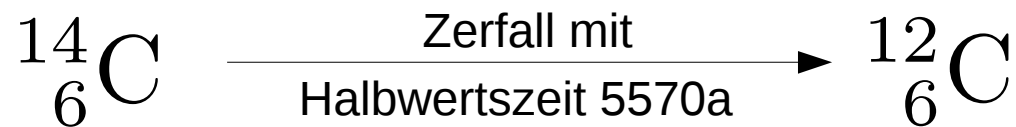
4.1 Isotope

Isotope = Atome mit gleicher Ordnungszahl

z.B. $^{12}_6\text{C}$ 6 Protonen, 6 Neutronen

$^{14}_6\text{C}$ 6 Protonen, 8 Neutronen

Beispiel: Altersbestimmung durch Radiocarbon-Methode

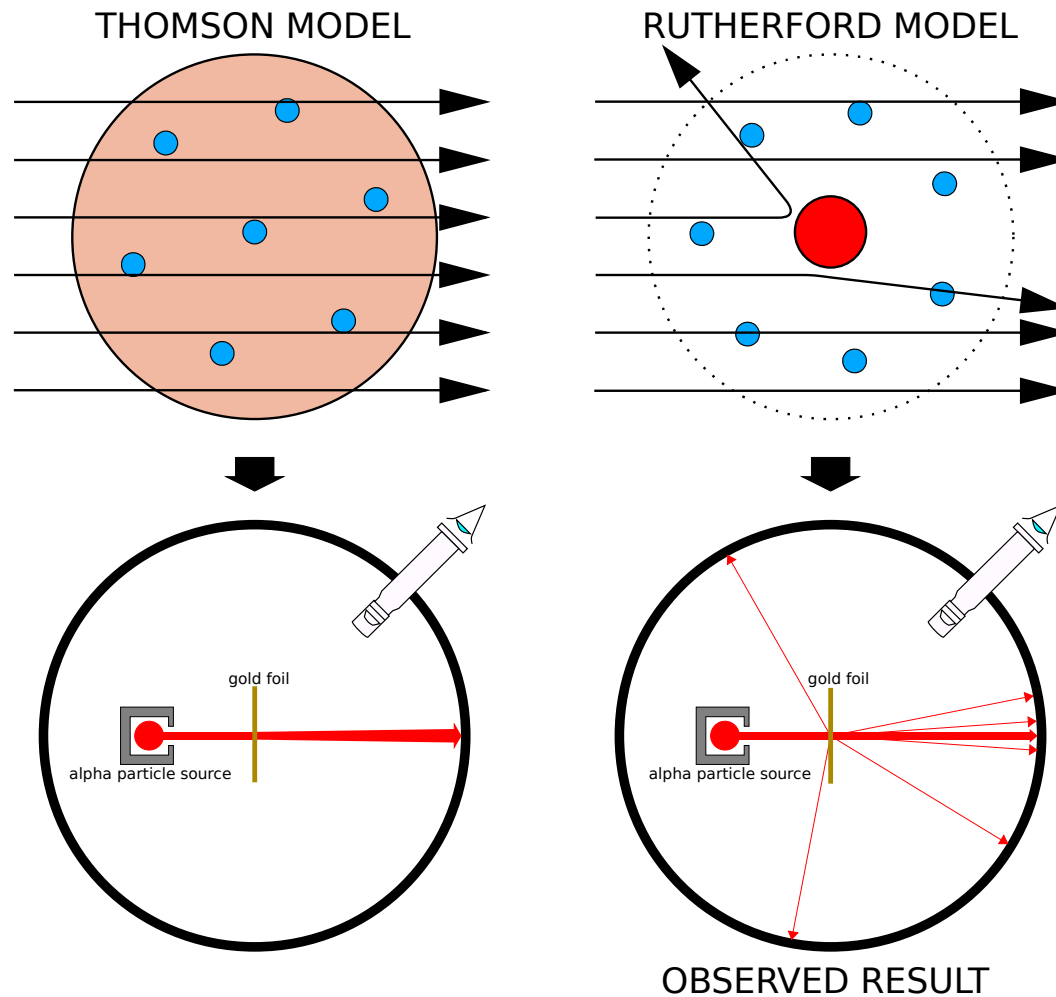


4.1 Ionisation

- Neutrales Atom: Anzahl Protonen = Anzahl Elektronen = Z
- n -fach ionisiert: Entfernung von n Elektronen aus der Hülle

4.1 Rutherford-Streuung

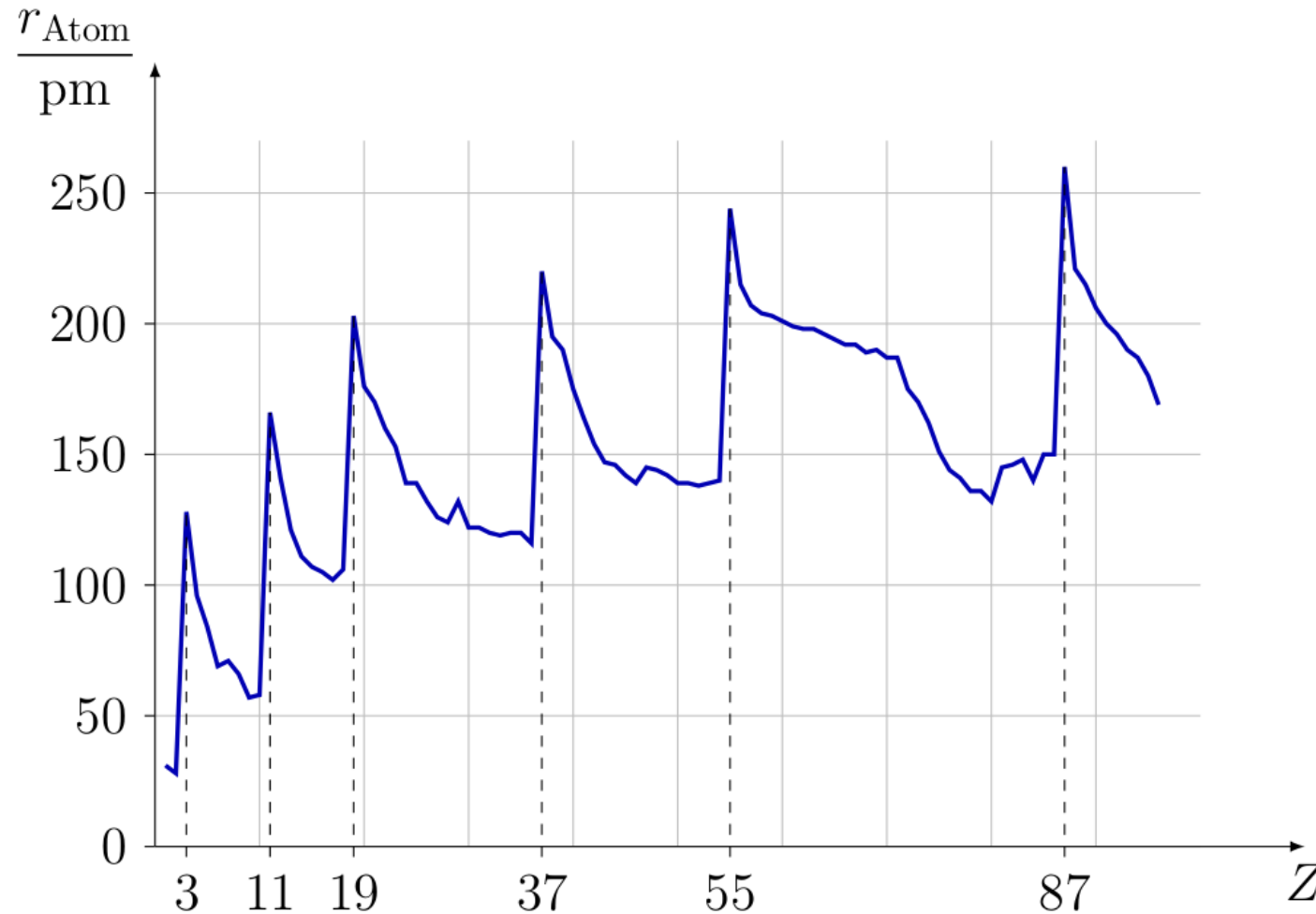
Experimente durch Rutherford, Geiger, Mardsen (1906-1913)



Bildquelle: en.wikipedia.org

4.2 Periodensystem der Elemente

Periodizität der Atomradien



Bildquelle: Folien R. Heß

1

1H

Wasserstoff

1,0079

1

2,1

2

3Li

Lithium

6,941

2/1

1,0

4Be

Beryllium

9,0122

2/2

1,5

1

1H

Wasserstoff

1,0079

1

2,1

Ordnungszahl

Symbol

Name

Atomgewicht

Elektronen-konfiguration

Elektronegativität

Ordnungszahl

schwarz = nicht radioaktiv

gelb = radioaktiv

Symbol

schwarz = Feststoff

rot = Gas

blau = Flüssigkeit

Serie

☐ Alkalimetalle

☐ Erdalkalimetalle

☐ Übergangsmetalle

☐ Lanthanoide

☐ Actinoide

☐ Metalle

☐ Halbmetalle

☐ Nichtmetalle

☐ Halogene

☐ Edelgase

durchgehend = natürliches Element

schraffiert = künstliches Element

13

5B

Bor

10,811

2/3

2,0

14

6C

Kohlenstoff

12,011

2/4

2,5

15

7N

Stickstoff

14,007

2/5

3,0

16

8O

Sauerstoff

15,999

2/6

3,5

17

9F

Fluor

18,988

2/7

4,0

18

2He

Helium

4,0026

2

3

11Na

Natrium

22,990

2/8/1

0,9

4

12Mg

Magnesium

24,305

2/8/2

1,2

5

19K

Kalium

39,098

2/8/8/1

0,8

6

20Ca

Calcium

40,078

2/8/8/2

1,0

7

21Sc

Scandium

44,956

2/8/9/2

1,3

8

22Ti

Titan

47,867

2/8/10/2

1,5

9

23V

Vanadium

50,942

2/8/11/2

1,6

10

24Cr

Chrom

51,996

2/8/13/1

1,6

11

25Mn

Mangan

54,938

2/8/13/2

1,5

12

26Fe

Eisen

55,845

2/8/14/2

1,8

13

27Co

Cobalt

58,933

2/8/15/2

1,8

14

28Ni

Nickel

58,693

2/8/16/2

1,8

15

29Cu

Kupfer

63,546

2/8/18/1

1,9

16

30Zn

Zink

65,38

2/8/18/2

1,6

17

31Ga

Gallium

69,723

2/8/18/3

1,6

18

32Ge

Germanium

72,64

2/8/18/4

1,8

19

33As

Arsen

74,922

2/8/18/5

2,0

20

34Se

Selen

78,96

2/8/18/6

2,4

21

35Br

Brom

79,904

2/8/18/7

2,8

22

36Kr

Krypton

83,798

2/8/18/8

5

37Rb

Rubidium

85,468

2/8/18/8/1

0,8

6

38Sr

Strontium

87,62

2/8/18/8/2

1,0

7

39Y

Yttrium

88,906

2/8/18/9/2

1,3

8

40Zr

Zirkonium

91,224

2/8/18/10/2

1,4

9

41Nb

Niob

92,906

2/8/18/12/1

1,6

10

42Mo

Molybdän

95,96

2/8/18/13/1

1,8

11

43Tc

Technetium

98,91

2/8/18/13/2

1,9

12

44Ru

Ruthenium

101,07

2/8/18/15/1

2,2

13

45Rh

Rhodium

102,91

2/8/18/16/1

2,2

14

46Pd

Palladium

106,42

2/8/18/18

2,2

15

47Ag

Silber

107,87

2/8/18/18/1

1,9

16

48Cd

Cadmium

112,41

2/8/18/18/2

1,7

17

49In

Indium

114,82

2/8/18/18/3

1,7

18

50Sn

Zinn

118,71

2/8/18/18/4

1,8

19

51Sb

Antimon

121,76

2/8/18/18/5

1,9

20

52Te

Tellur

127,60

2/8/18/18/6

2,1

21

53I

Jod

126,90

2/8/18/18/7

2,5

22

54Xe

Xenon

131,29

2/8/18/18/8

6

55Cs

Caesium

132,91

2/8/18/18/8/1

0,7

7

56Ba

Barium

137,33

2/8/18/18/8/2

0,9

8

57-71

siehe unten

9

72Hf

Hafnium

178,49

2/8/18/32/10/2

1,3

10

73Ta

Tantal

180,95

2/8/18/32/11/2

1,5

11

74W

Wolfram

183,84

2/8/18/32/12/2

1,7

12

75Re

Rhenium

186,21

2/8/18/32/13/2

1,9

13

76Os

Osmium

190,23

2/8/18/32/14/2

2,2

14

77Ir

Iridium

192,22

2/8/18/32/15/2

2,2

15

78Pt

Platin

195,08

2/8/18/32/17/1

2,2

16

79Au

Gold

196,97

2/8/18/32/18/1

2,4

17

80Hg

Quecksilber

200,59

2/8/18/32/18/2

1,9

18

81Tl

Thallium

204,38

2/8/18/32/18/3

1,8

19

82Pb

Blei

207,2

2/8/18/32/18/4

1,8

20

83Bi

Bismut

208,98

2/8/18/32/18/5

1,9

21

84Po

Polonium

209,98

2/8/18/32/18/6

2,0

22

85At

Astat

(210)

2/8/18/32/18/7

2,2

23

86Rn

Radon

(222)

2/8/18/32/18/8

7

87Fr

Francium

(223)

2/8/18/32/18/8/1

0,7

8

88Ra

Radium

226,03

2/8/18/32/18/8/2

0,9

9

89-103

siehe unten

10

104Rf

Rutherfordium

(261)

2/8/18/32/32/10/2

1,3

11

105Db

Dubnium

(262)

2/8/18/32/32/11/2

1,4

12

106Sg

Seaborgium

(263)

2/8/18/32/32/12/2

1,4

13

107Bh

Bohrium

(264)

2/8/18/32/32/13/2

1,3

14

108Hs

Hassium

(265)

2/8/18/32/32/14/2

1,3

15

109Mt

Meitnerium

(266)

2/8/18/32/32/15/2

1,3

16

110Ds

Darmstadtium

(267)

2/8/18/32/32/17/1

1,3

17

111Rg

Roentgenium

(268)

2/8/18/32/32/18/1

1,3

18

112Cn

Copernicium

(277)

2/8/18/32/32/18/2

1,3

19

113Nh

Nihonium

(287)

2/8/18/32/32/18/3

1,3

20

114Fl

Flerovium

(289)

2/8/18/32/32/18/4

1,3

21

115Mc

Moscovium

(289)

2/8/18/32/32/18/5

1,3

22

116Lv

Livermorium

(293)

2/8/18/32/32/18/6

1,3

23

117Ts

Tenness

(293)

2/8/18/32/32/18/7

1,3

24

118Og

Oganesson

(294)

2/8/18/32/32/18/8

Lanthanoide

57La

Lanthan

138,91

2/8/18/18/9/2

1,1

58Ce

Cer

140,12

2/8/18/19/9/2

1,1

59Pr

Praseodym

140,91

2/8/18/21/8/2

1,1

60Nd

Neodym

144,24

2/8/18/22/8/2

1,1

61Pm

Promethium

146,90

2/8/18/23/8/2

1,1

62Sm

Samarium

150,36

2/8/18/24/8/2

1,2

63Eu

Europium

151,96

2/8/18/25/8/2

1,2

64Gd

Gadolinium

157,25

2/8/18/25/9/2

1,2

65Tb

Terbium

158,93

2/8/18/27/8/2

1,2

66Dy

Dysprosium

162,50

2/8/18/28/8/2

1,2

67Ho

Holmium

164,93

2/8/18/29/8/2

1,2

68Er

Erbium

167,26

2/8/18/30/8/2

1,2

69Tm

Thulium

168,93

2/8/18/31/8/2

1,2

70Yb

Ytterbium

173,05

2/8/18/32/8/2

1,2

71Lu

Lutetium

174,97

2/8/18/32/9/2

1,2

Actinoide

89Ac

Actinium

(227)

2/8/18/32/18/9/2

1,1

90Th

Thorium

232,04

2/8/18/32/18/10/2

1,3

91Pa

Protactinium

231,04

2/8/18/32/20/9/2

1,5

92U

Uran

238,03

2/8/18/32/21/9/2

1,4

93Np

Neptunium

237,05

2/8/18/32/22/9/2

1,3

94Pu

Plutonium

(244,10)

2/8/18/32/24/8/2

1,3

95Am

Americium

(243,10)

2/8/18/32/25/8/2

1,3

96Cm

Curium

(247,10)

2/8/18/32/25/10/2

1,3

97Bk

Berkelium

(247,10)

2/8/18/32/25/10/2

1,3

98Cf

Californium

(251,10)

2/8/18/32/28/8/2

1,3

99Es

Einsteinium

(254,10)

2/8/18/32/29/8/2

1,3

100Fm

Fermium

(257,10)

2/8/18/32/30/8/2

1,3

101Md

Mendelevium

(258)

2/8/18/32/31/8/2

1,3

102No

Nobelium

(259)

2/8/18/32/32/8/2

1,3

103Lr

Lawrencium

(260)

2/8/18/32/32/9/2

1,3

4.3 Elementarteilchen des Atoms

	Ladung	Masse
Elektron	$-1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
Proton	$+1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
Neutron	0	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Elementarladung $e = 1,602176565 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Atomare Masseneinheit $1 \text{ u} = 1,660538921 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

1 u ist definiert als $\frac{1}{12}$ der $^{12}_6\text{C}$ -Masse

4.3 Elementarteilchen des Atoms

Definition Mol

1 Mol $^{12}_6\text{C}$ wiegt 12g

- Definition der Avogadrokonstante $N_A = 6,02214129 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{mol}}$
- 12g Kohlenstoff ($^{12}_6\text{C}$) enthält N_A Atome

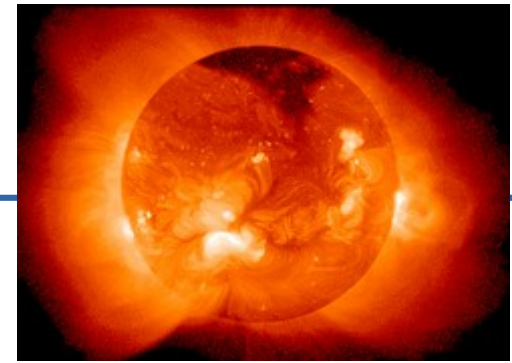
Beispiel Atomgewicht 1,0079(u) für Wasserstoff

- atomares Gewicht: 1,0079u
- 1 mol Wasserstoffatome wiegen 1,0079g

4.3 Elektronenvolt

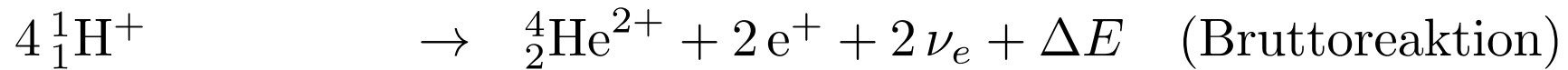
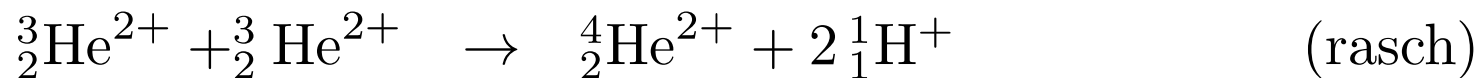
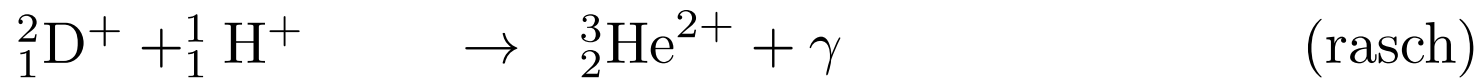
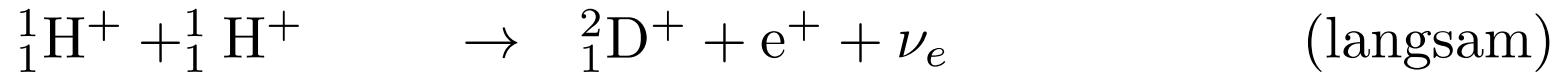
An Tafel: Elektronenvolt

4.3 Beispiel Kernfusion



Bildquelle: de.wikipedia.org

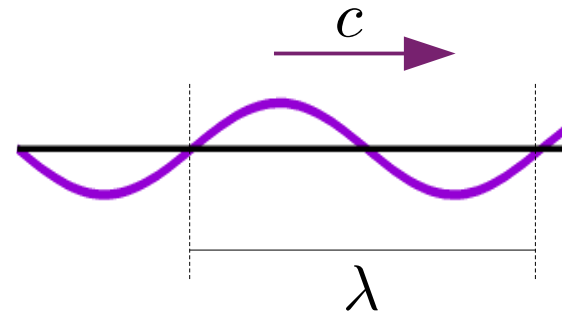
Deuterium-Zyklus (Sonne)



4.4 Elektromagnetische Wellen

- Breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit c aus
- Benötigen kein Medium
- Es gilt:

$$f \lambda = c$$

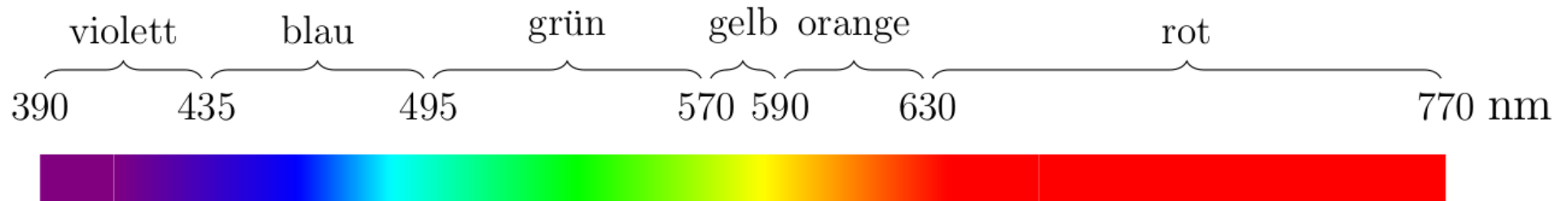


f ... Frequenz
 λ ... Wellenlänge
 c ... Lichtgeschwindigkeit

4.4 Sichtbares Licht

Elektromagnetische Wellen, Wellenlängen von 400-800 nm.

Zerlegung in Spektralfarben:



Bildquelle: Folien R. Heß

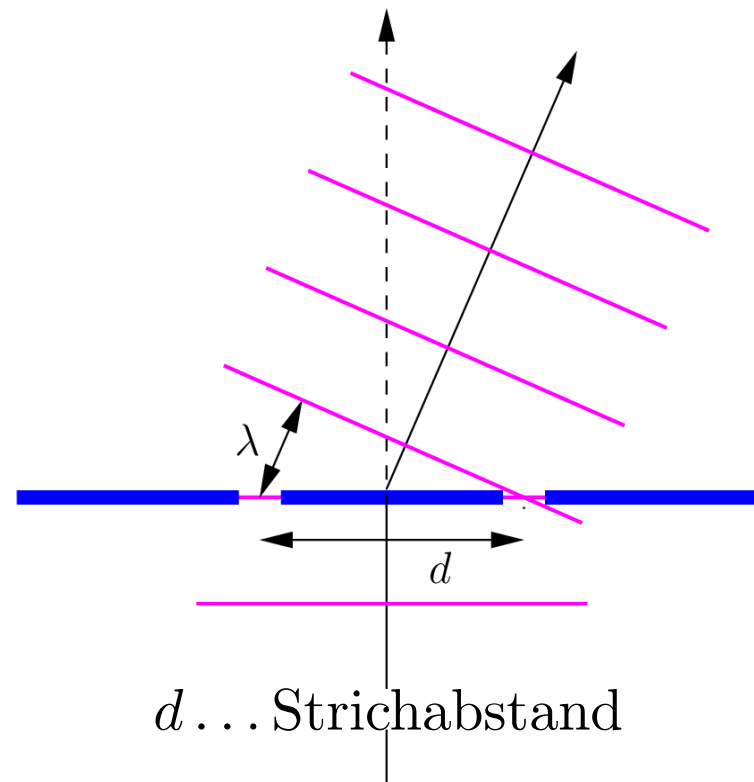
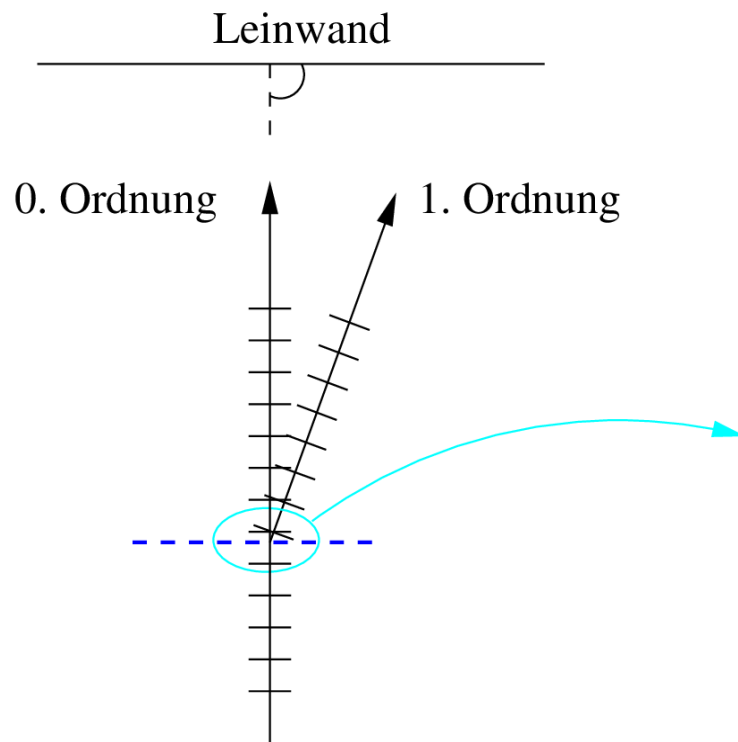
- In Natur: Regenbogen
- Technisch: mit Prisma oder Gitter

4.4 Interferenz elektromagnetischer Wellen

Wellen (unterschiedlicher Quellen) überlagern sich, die Amplituden werden dabei addiert. Sie können sich verstärken oder auslöschen, man spricht dann von Interferenz.

4.4 Beugung am Gitter

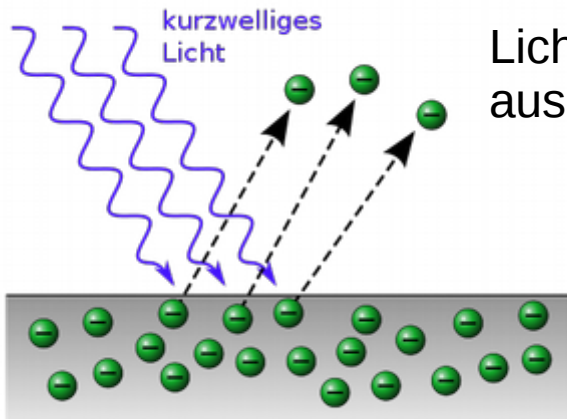
Interferenz am Gitter: bei 1. Ordnung haben die Anteile aus benachbarten Schlitze die Abstandsdifferenz einer Wellenlänge



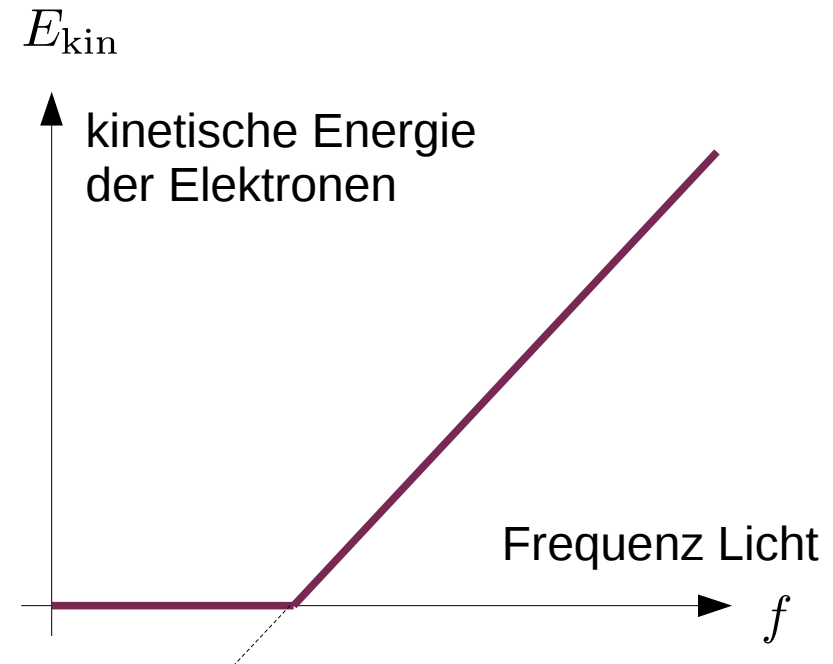
5. Atomphysik 2 (Quantenphysik)

5.1 Teilchencharakter des Lichts

Äußerer Photoeffekt



Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Photoelektrischer_Effekt



Ergebnis: die Energie der austretenden Elektronen hängt nur von der Frequenz (Wellenlänge) des Lichts und nicht der Strahlungsintensität ab

→ Licht gibt Energie nur in Portionen, d.h. quantisiert ab.

Nobelpreis 1921, Albert Einstein v.a. auch für Interpretation des Photoeffekts.

5.1 Teilchencharakter des Lichts

Für die Energie des Photons gilt

$$E = h f$$

h ... Plank'sches Wirkungsquantum, $h \approx 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

f ... Frequenz des Photons

Aufgabe: Welche Wellenlänge haben Photonen der Energie 3eV?