

# Medizinische Biophysik I.

0

Dr. Ferenc Tölgyesi [ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu](mailto:ferenc.tolgyesi@eok.sote.hu)  
 Institut für Biophysik und Strahlenbiologie



1

## Physik in der Medizin



### Diagnostik

Röntgendiagnostik Sonographie Optische Tomographie MRI EKG Endosko

### Therapie

Gamma-Messer Phototherapie Laserchirurgie Defibrillator Nierensteinzertrüm

### Medizinische Forschung

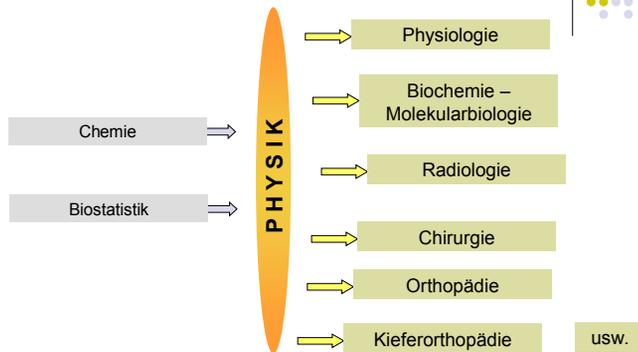
Röntgendiffraktion Optische Spektroskopie Mikroskopie Massenspektrometrie

### Lebensprozesse

Diffusion Strömungen Hebelfunktion Wärmestrahlung elektrische Ströme ...

2

## Physik in dem medizinischen Curriculum



3

## Thematik der Vorlesungen



Unterrichts-woche	Datum	Thema	Vortragender
1	12.09	<b>Einführung.</b> <b>Struktur der Materie</b> Atomare, molekulare Wechselwirkungen. Aggregatzustände: Gase	Tölgyesi Ferenc
2	19.09	Aggregatzustände: Flüssigkeiten, Festkörper, Flüssigkristalle	Tölgyesi Ferenc
3	26.09	Thermische, elektrische und mechanische Eigenschaften von Stoffen	Tölgyesi Ferenc
4	03.10	<b>Licht in der Medizin.</b> Medizinische Optik	Tölgyesi Ferenc
5	10.10	Lichtentstehung, Emissionsspektrometrie	Tölgyesi Ferenc

### Abweichung für Zahnmediziner:

1	12.09.	<b>Einführung.</b> <b>Biostatistik</b> Deskriptive Statistik	Tölgyesi Ferenc Kaposi András
2	19.09.	Deskriptive Statistik	Kaposi András
3	26.09.	Hypothesenprüfungen	Kaposi András

*im Seminarraum 1+2*

4

6	17.10.	Temperaturstrahlung, IR-Diagnostik	Tolgyesi Ferenc
7	24.10.	Lumineszenz und ihre Anwendungen	Tolgyesi Ferenc
8	31.10.	Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie. Absorptionsspektrometrie.	Tolgyesi Ferenc
9	07.11.	Biologische Wirkungen des Lichtes. Laser	Tolgyesi Ferenc
10	14.11.	Das Auge und das Sehen	Tolgyesi Ferenc
11	21.11.	<b>Strahlungen (Überblick) Strukturuntersuchungsmethoden in der Medizin</b>	Tolgyesi Ferenc
12	28.11.	Nuklearmedizin Atomkern, Radioaktivität	Bérces Attila
13	05.12.	Wechselwirkungen der Kernstrahlungen mit der Materie. Detektoren	Bérces Attila
14	12.12.	Anwendung von Radioisotopen - nuklearmedizinische Verfahren	Bérces Attila

11. Woche: 2. DEMO

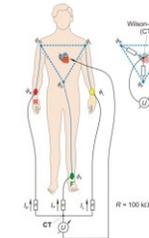
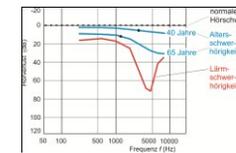
#### Abweichung für Zahnmediziner:

10	14.11.	Biostatistik Hypothesenprüfungen	im Seminarraum 1+2	Kaposi András
----	--------	-------------------------------------	--------------------	---------------

## Praktika



Protokolle!



## Studienregel

Voraussetzungen für die Anerkennung des Semesters:

- Teilnahme an 75% der Vorlesungen und der Praktika
- Annahme der Messprotokolle durch den Praktikumsleiter aus jeder Messung des Semesters
- Mindestens 2 (genügend) für beide Klausuren des Semesters (in den 6. und 11. Studienwochen). Beide Klausuren können jeweils zweimal wiederholt werden (in den 9./13. Studienwochen, bzw. in der 14. Woche). Die

Hilfsmittel:

- Praktikum für Biophysik (Institut für Biophysik und Strahlenbiologie, Budapest)  
erhältlich im Institut beim ersten Unterricht
- Biophysik für Mediziner, Medicina Verlag, Budapest

Studienwettbewerb:

- Anfang Mai (genauer Termin, Voraussetzungen, usw. werden zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht)

Webseite: <http://biofiz.sote.hu>

## Demos und Konsultationen

Einheitliche Struktur:

- 10 Single-Choice-Testfragen (jeweils für 4 Punkte/falsche Antwort -1 Punkt)
- 2 Rechenaufgaben (jeweils für 20 Punkte)
- 1 Abbildung (für 20 Punkte) oder +5 Single-Choice-Testfragen

Bestanden:  
50% bei den Testfragen  
und  
50% bei den Rechenaufgaben+Abbildung

s. Probedemo unter Dokumenten auf der Webseite  
Die gleiche Struktur beim dem Vorstest zum Kolloquium.

### 1. Demo

- beim Praktikum in der 6. Unterrichtswoche
  1. Wiederholung 30. Oktober 18:00-18:40 Szent-Györgyi Hörsaal
  2. Wiederholung 11. Dezember 18:00-18:40 Békésy Hörsaal

### Konsultation

- 5. Unterrichtswoche 09. Oktober (Mittwoch) 18:00-19:15 Szent-Györgyi Hörsaal

### 2. Demo

- beim Praktikum in der 11. Unterrichtswoche
  1. Wiederholung 04. Dezember 18:30-19:10 Békésy Hörsaal
  2. Wiederholung 11. Dezember 18:00-18:40 Békésy Hörsaal

### Konsultation

- 10. Unterrichtswoche 13. November (Mittwoch) 18:00-19:15 Szent-Györgyi Hörsaal

## Prüfung - Kolloquium

### Vortest

Befreiung möglich, falls die Praktikumsnote mindestens 4 ist.

15 Single-Choice-Testfragen  
(jeweils für 4 Punkte/falsche Antwort -1 Punkt)  
2 Rechenaufgaben  
(jeweils für 20 Punkte)

Alle Protokolle auf die Prüfung mitbringen!

Bestanden: 50% bei den Testfragen und 50% bei den Rechenaufgaben

### Mündliche Prüfung

2 Themen aus dem Themenkatalog  
1 Praktikumsthema mit Datenauswertung (s. Protokolle)

**Konsultationen in der letzten Woche!!!!**  
Voraussichtlich jeden Tag – Folgen Sie den Nachrichten auf der Webseite!

- Voraussetzungen der Anerkennung von Scheinen von früheren Studien:
- Ausführliche Thematik – **75%-ige** Überlappung der Thematiken
  - **Benotete** Prüfungsscheine

9

## Kurz über die naturwissenschaftliche Denkweise

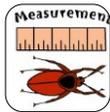


10

Physikalische Größe = Zahlenwert **Maßeinheit**

Grundgrößen und -einheiten

Abgeleitete Größen und Einheiten



$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Beobachtung, Experiment, Messung

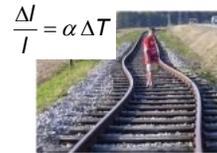
Zusammenhänge, Gesetze

11

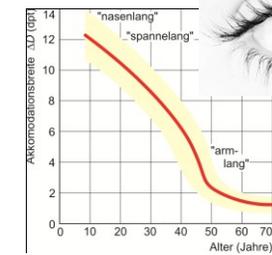
## Zusammenhänge, Gesetze

Formel

Diagramm



$$\frac{\Delta I}{I} = \alpha \Delta T$$



Anwendungen!

12

# Medizinische Biophysik

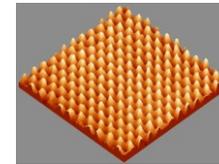
## 1. Struktur der Materie

- Atomare, molekulare Wechselwirkungen
- Aggregatzustände

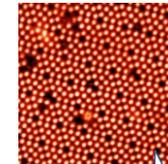
13

## Atomarer Aufbau der Materie

- Demokritos 5.Jht v.Chr.
- Daltonsches Gesetz 1803
- Moderne Mikroskope:



Graphit

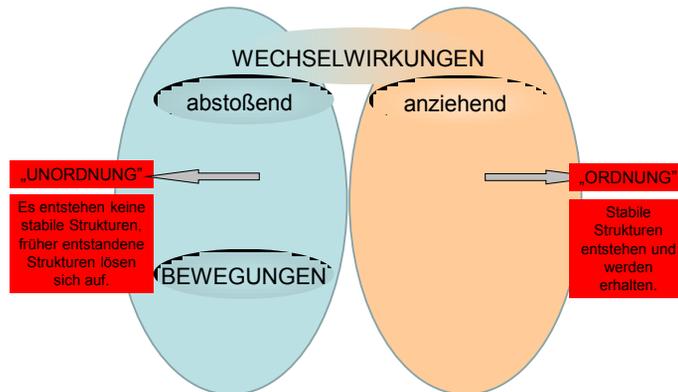


Si Kristall mit Defekten

Was hält die Atome zusammen?  
Warum ist eine Struktur stabil?

14

## Entstehung von stabilen Strukturen - allgemeine Prinzipien



15

## I. Atomare, molekulare Wechselwirkungen

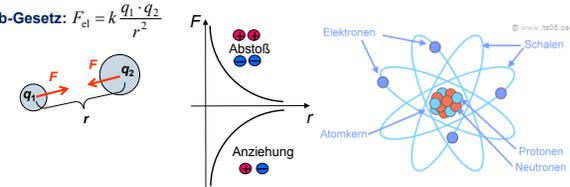
### 1. Im Allgemeinen über Wechselwirkungen

- Kraft, die newtonschen Gesetze und Beispiele für Kraftgesetze
- Arbeit und Energie
- Energieerhaltung
- Leistung
- Druck
- Elektrische Wechselwirkung – Coulomb-Gesetz

Vorkenntnisse (s. „Eine kurze Rekapitulation...“)

### 2. Elektrische Wechselwirkung

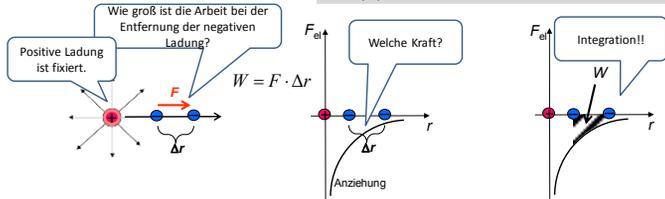
a) Coulomb-Gesetz:  $F_{el} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$



16

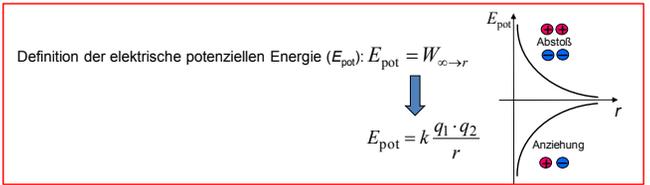
**b) elektrische potenzielle Energie ( $E_{pot}$ )**

Energie(E): die im System gespeicherte Arbeit  
 Arbeit(W):  $W = F \cdot s = F \cdot \Delta r$



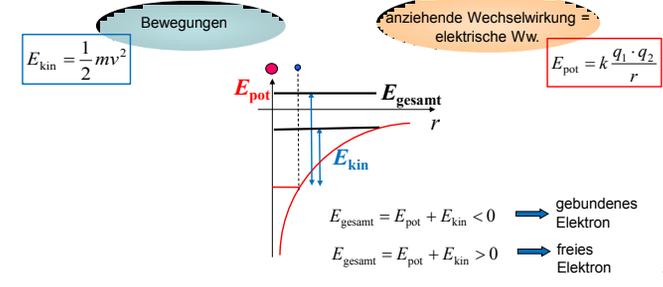
Berechnen wir die Arbeit, wenn man die negative Ladung bis zum Unendlichen entfernt. Da hier  $F$  nicht konstant ist:

$$W_{r \rightarrow \infty} = \int_r^{\infty} F dr = \int_r^{\infty} -F_{el} dr = \int_r^{\infty} -k \frac{q_1 q_2}{r^2} dr = k q_1 q_2 \left[ \frac{1}{r} \right]_r^{\infty} = k q_1 q_2 \left( \frac{1}{\infty} - \frac{1}{r} \right) = -k \frac{q_1 q_2}{r}$$



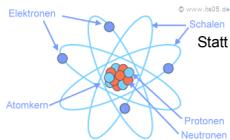
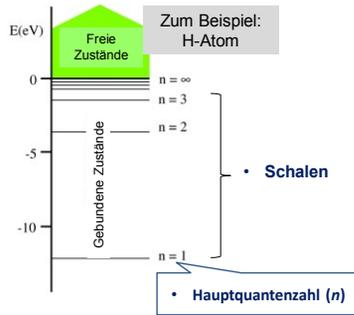
**3. Aufbau des Atoms**

**a) Bauelemente und ihre Wechselwirkungen**

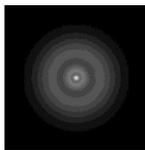


**b) Energiezustände**

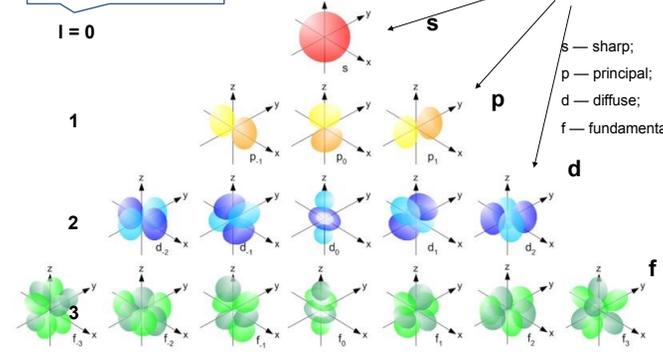
Spezielle Eigenschaft der Mikrowelt:  
 — **diskrete Energiezustände**



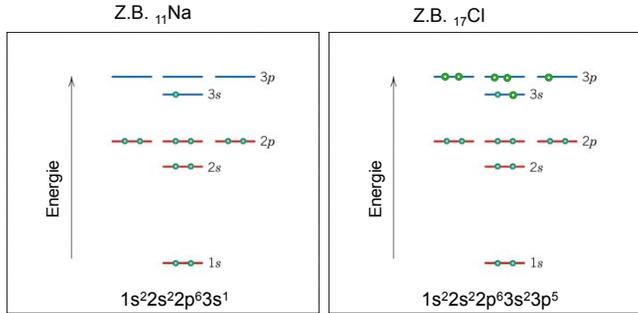
Statt Bahnen eher **Elektronenwolken** verschiedener Formen



**• Nebenquantenzahl (l)**



Weitere Prinzipien bei der Besetzung der Energiezustände (Schalen, Unterschalen):  
 — **Ergieminimum**  
 — **Pauli-Prinzip**

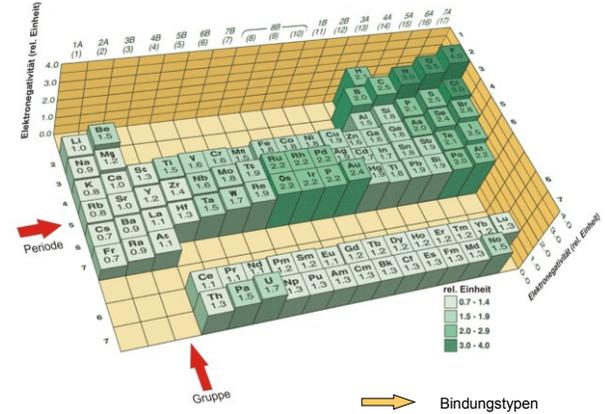


• **Ionisierungsenergie (I):**  
Zur Entfernung des äußersten Elektrons benötigte Energie (eV/Atom; kJ/mol)

• **Elektronaffinität (A):**  
Bei der Aufnahme eines Elektrons freigesetzte Energie (eV/Atom; kJ/mol)

• **Elektronegativität** =  $|I| + |A|$

Elektronegativität - Pauling-Skala:

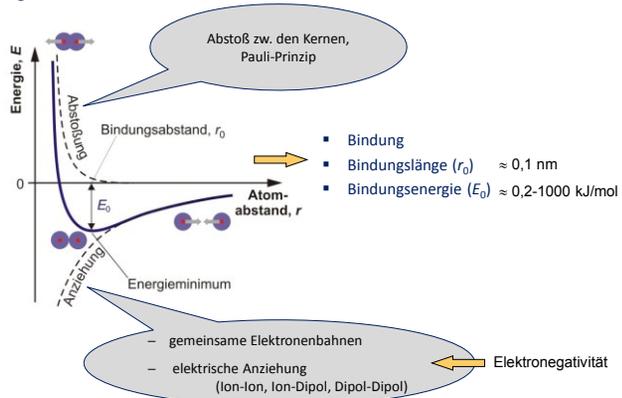


21

22

#### 4. Atome, molekulare Wechselwirkungen

##### a) Energiekurve

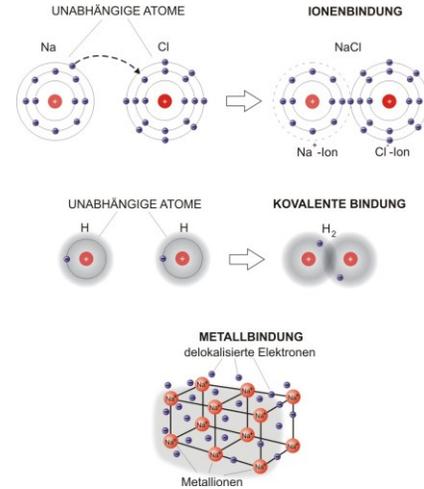


23

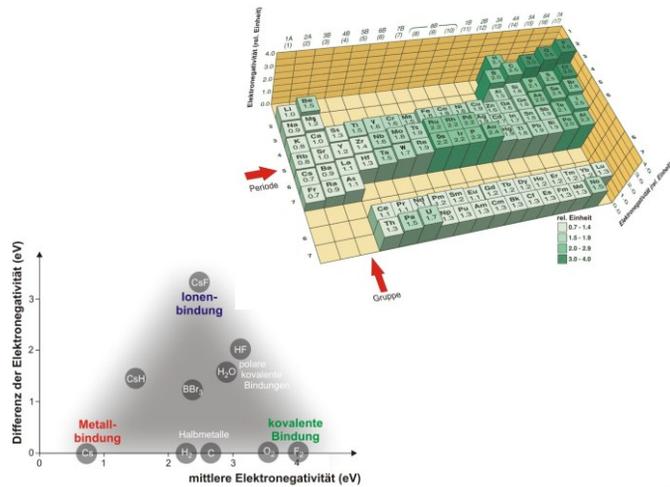
##### c) Primäre Bindungen

- Ionenbindung
- Kovalente Bindung
- Metallbindung

$\approx 100\text{-}1000 \text{ kJ/mol}$



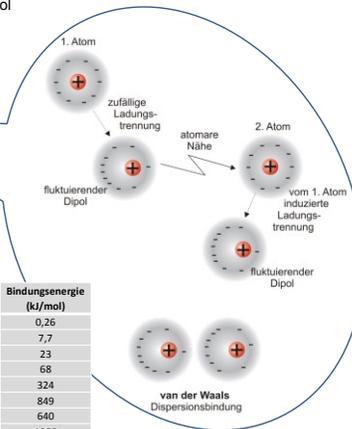
24



25

d) Sekundäre Bindungen  $\approx 0,2-50 \text{ kJ/mol}$

- van der Waals (Dipol-Dipol)
  - Orientierung
  - Induktion
  - Dispersion
- H-Brückenbindung



Bindungsstärke	Bindungstyp	Material	Bindungsenergie (kJ/mol)
schwach (sekundär)	van der Waals	Neon (Ne)	0,26
		Argon (Ar)	7,7
stark (primär)	H-Bindung	Wasser (H <sub>2</sub> O)	23
	Metallbindung	Quecksilber (Hg)	68
		Aluminium (Al)	324
		Wolfram (W)	849
	Ionenbindung	NaCl	640
		MgO	1000
	kovalente Bindung	Silizium (Si)	450
		Kohlenstoff (C, Diamant)	713

26

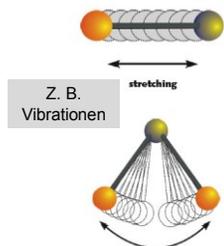
Primäre und sekundäre Bindungen  $\rightarrow$ 

- Moleküle
- Aggregatzustände (flüssige und feste Körper)

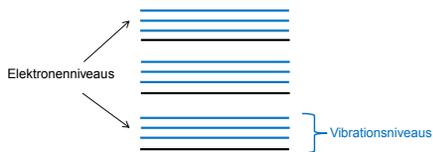
e) Energiezustände in Molekülen

$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$$

$\approx 1 \text{ eV}$       $\approx 0,1 \text{ eV}$       $\approx 0,01 \text{ eV}$



• alle Energieformen sind quantiert



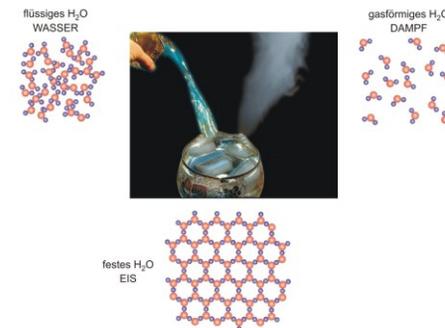
(Rotationsniveaus sind nicht gezeigt.)

27

## II. Aggregatzustände

### 1. Allgemeine Beschreibung

	Fest	Flüssig	Gasförmig
Eigenvolumen	+	+	-
Eigenform	+	-	-



28

- Zahl der Bauelemente (Atome oder Moleküle) im Körper ( $N$ )

- Stoffmenge ( $v$ ) in Mol: 1 mol enthält  $6,03 \cdot 10^{23}$  Bauelemente

Avogadro-Konstante ( $N_A$ ):  
 $N_A = 6,03 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$

$$v = \frac{N}{N_A}$$

- Masse ( $m$ )

- Molare Masse ( $M$ ): die Masse von einem Mol

$$m = v \cdot M$$

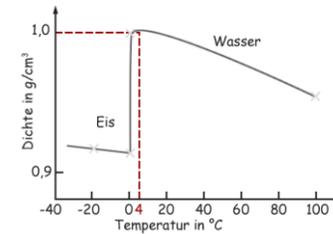
- Volumen ( $V$ )

29

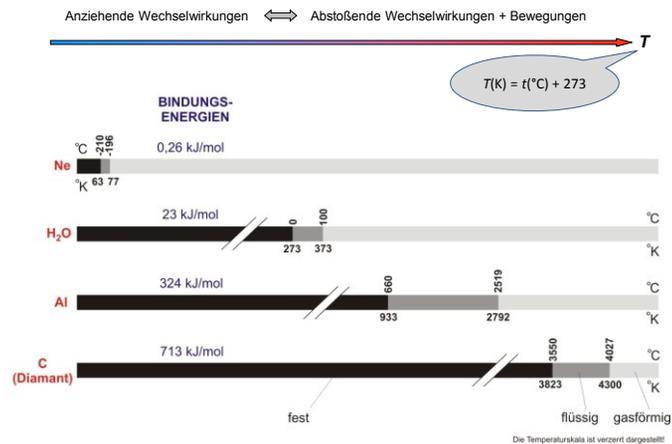
- Dichte ( $\rho$ ):  $\rho = \frac{m}{V} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$

Stoff	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
Wasser	1
Fettgewebe	≈ 0,9
Blut	≈ 1,05
Knochen	≈ 1,8
Körpergewebe (Mittelwert)	≈ 1,04

Temperaturabhängigkeit der Dichte -  $\rho(T)$  ?



30



31

### Hausaufgaben:

- Neue Aufgabensammlung von 1.1 bis 1.9  
 von 1.16 bis 1.23  
 von 1.26 bis 1.32

32