Harmonie in der Atomhülle?

Willibald Limbrunner, Vortrag auf dem Harmonik-Symposion Nürnberg 2011

Hinführung:
Die Atomhülle

Die Atomhülle besteht aus einem positiv geladenen Kern und einer negativ geladenen Elektronenhülle.
Die Struktur der Elektronenhülle wurde im 20. Jahrhundert vor allem von Niels Bohr, Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg und Erwin Schrödinger weitgehend enträtselt.

Niels Bohr entwickelte das Teilchenmodell der Atomhülle, das bis heute teilweise seine Gültigkeit behalten hat und keineswegs falsch ist.

Es stellte sich heraus, dass die Elektronen einerseits als Teilchen und anderseits als Wellen erscheinen
-> (relativistische Effekte der Atomhülle).

Erwin Schrödinger entwickelte 1926 jene Wellenfunktionen, die heute als Schrödingergleichungen bekannt sind und mit denen es erstmals möglich wurde, die räumlichen Formen der Elektronenwellen zu bestimmen.

Die Eigenzustände oder stationären Bahnen der Elektronenhülle werden durch vier Quantenzahlen bestimmt:

- Die Hauptquantenzahl	n
- Die Neben- oder Drehimpulsquantenzahl	l
- Die Magnetquantenzahl	m
- Die Spinquantenzahl	s

Die Hauptquantenzahl n gibt Auskunft über das Energieniveau.

Die Neben- oder Drehimpulsquantenzahl l gibt u. a. Auskunft über die Form der Elektronenbahn.

Die Formen der Elektronenbahnen sind Räume von Aufenthalts-wahrscheinlichkeiten, da die Elektronen in ihnen wegen der heisenbergschen Unschärfe nicht lokalisierbar sind.
Diese Schwingungsräume werden auch Orbitale genannt. In den Atomen finden wir die vier unterschiedlichen stabilen Formen
s-, p-, d-, und f-Orbitale.
Die entsprechenden Quantenzahlen sind l=0, l=1, l=2, l=3.

Der Klang der Atomhülle

Jedes Orbital ist bestimmt durch eine Drehimpulsquantenzahl l und eine Magnetquantenzahl m. Die Funktionen dieser Orbitale sind Lösungen der Schrödingergleichungen.
Diese Lösungen sind die Formen der Aufenthaltsräume der Elektronen, Orbitale genannt.

Y_{lm}	l = 0	l = 1	l = 2	l = 3
m = -3				$\sqrt{\frac{35}{64\pi}}\sin^3\theta\, e^{-3i\phi}$
m = -2			$\sqrt{\frac{15}{32\pi}}\sin^2\theta\, e^{-2i\phi}$	$\sqrt{\frac{105}{32\pi}}\sin^2\theta\cos\theta\, e^{-2i\phi}$
m = -1		$\sqrt{\frac{3}{8\pi}}\sin\theta\, e^{-i\phi}$	$\sqrt{\frac{15}{8\pi}}\sin\theta\,\cos\theta\, e^{-i\phi}$	$\sqrt{\frac{21}{64\pi}}\sin\theta\left(5\cos^2\theta-1\right)\, e^{-i\phi}$
m = 0	$\frac{1}{\sqrt{4\pi}}$	$\sqrt{\frac{3}{4\pi}}\cos\theta$	$\sqrt{\frac{5}{16\pi}}\left(3\cos^2\theta-1\right)$	$\sqrt{\frac{7}{16\pi}}\left(5\cos^3\theta-3\cos\theta\right)$
m = 1		$-\sqrt{\frac{3}{8\pi}}\sin\theta\, e^{i\phi}$	$-\sqrt{\frac{15}{8\pi}}\sin\theta\,\cos\theta\, e^{i\phi}$	$-\sqrt{\frac{21}{64\pi}}\sin\theta\left(5\cos^2\theta-1\right)\, e^{i\phi}$
m = 2			$\sqrt{\frac{15}{32\pi}}\sin^2\theta\, e^{2i\phi}$	$\sqrt{\frac{105}{32\pi}}\sin^2\theta\cos\theta\, e^{2i\phi}$
m = 3				$-\sqrt{\frac{35}{64\pi}}\sin^3\theta\, e^{3i\phi}$

Aus den Lösungen der Schrödingergleichungen können die Formen der Aufenthaltsräume der Elektronen ermittelt werden. Diese sind in den Fachbüchern oft angegeben. (Oben: Demtröder, Experimentalphysik 3)

Hier werden die Kugelflächenfunktionen der Elektronenhülle untersucht, bei Wikipedia auch
„Eigenfunktionen des Drehimpulsoperators“
genannt.

Siehe dort: http://de.wikipedia.org/wiki/Orbital#Quantentheorie

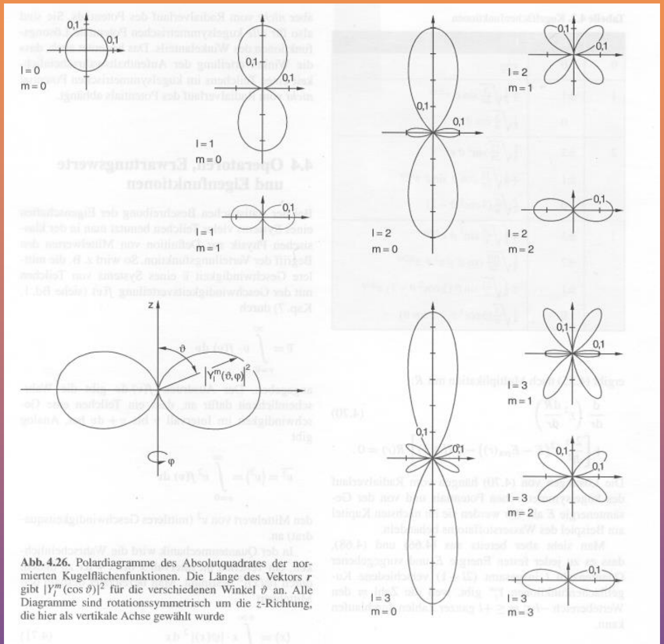
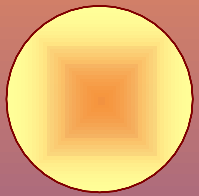


Abb. 4.26. Polardiagramme des Absolutquadrates der normierten Kugelflächenfunktionen. Die Länge des Vektors r gibt $|Y_l^m(\cos\vartheta)|^2$ für die verschiedenen Winkel ϑ an. Alle Diagramme sind rotationssymmetrisch um die z-Richtung, die hier als vertikale Achse gewählt wurde

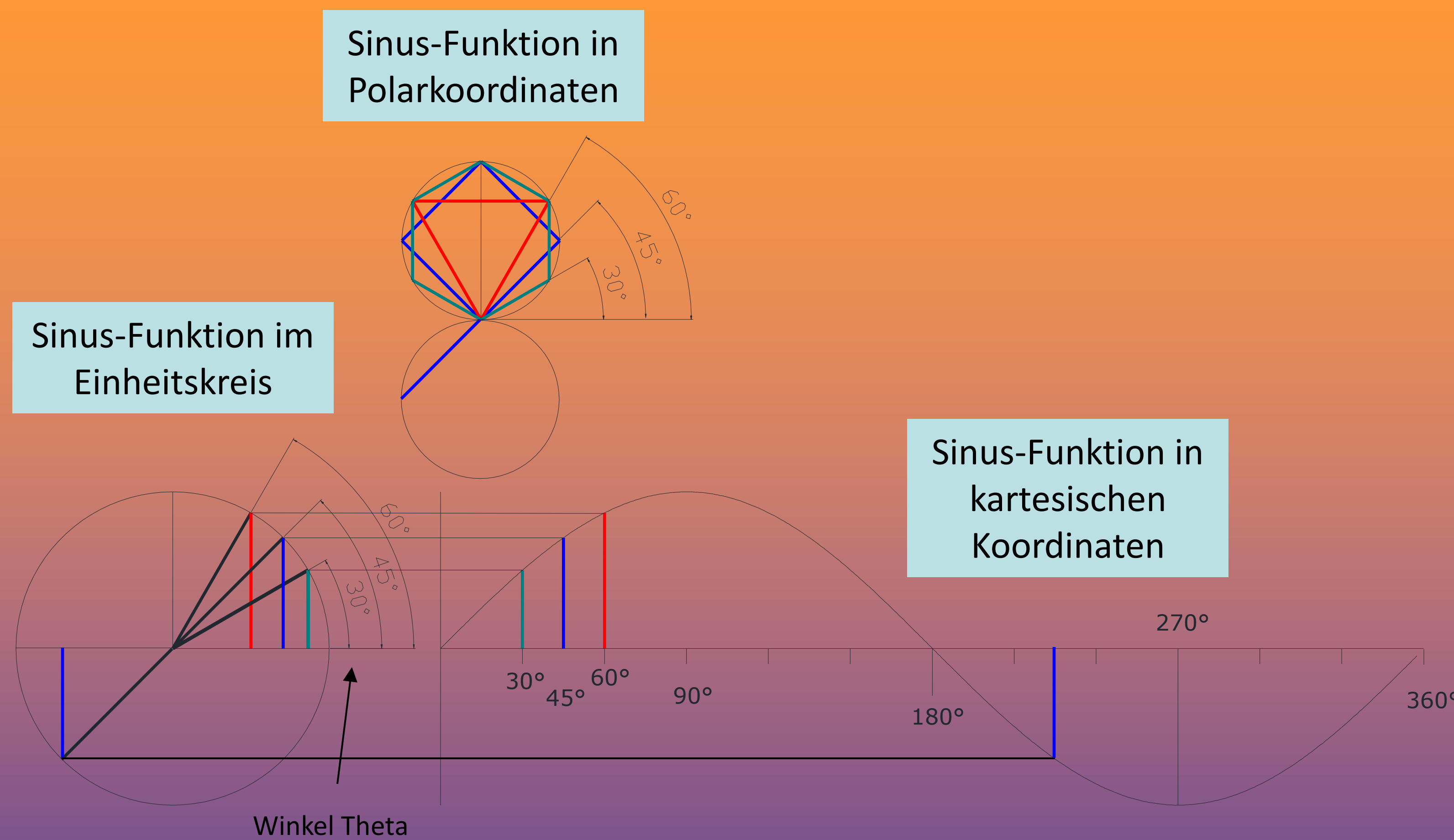
Das Absolutquadrat der Kugelflächenfunktionen „gibt die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Teilchens im kugelsymmetrischen Potential als Funktion der beiden Winkel theta und phi an (Abb. 4.26).“

Demtröder, Experimentalphysik Bd 3, Springer, 2010, S.141

Das
s-Orbital
der Atomhülle

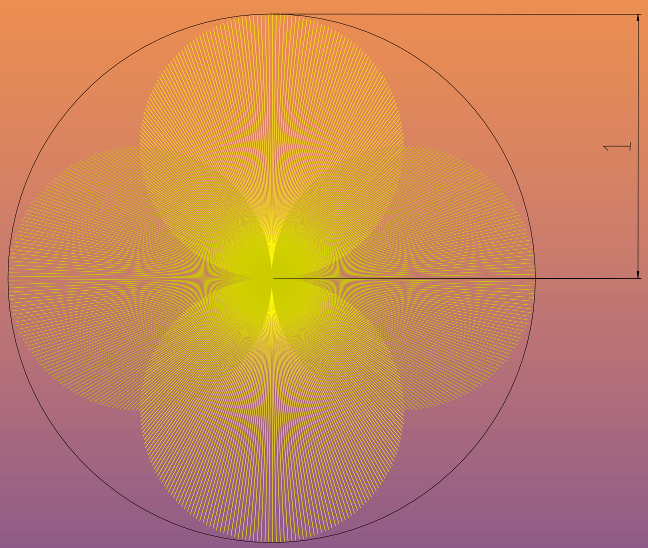


Das s-Orbital (Quantenzahlen l=0, m=0) ist kugelförmig.
Es soll in dieser Betrachtung die Rolle des Grundtons spielen.

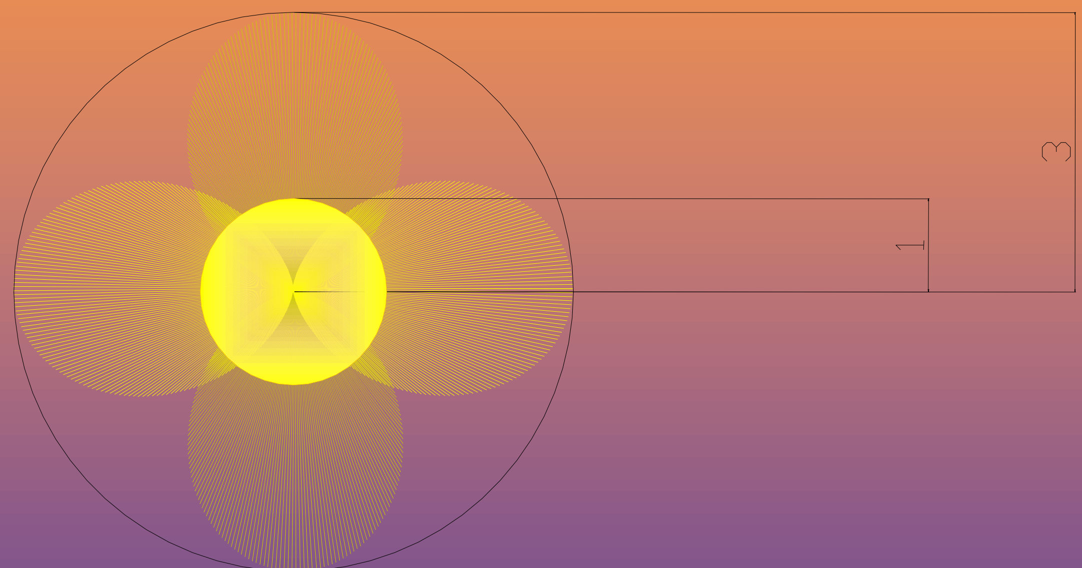

Sinus-Funktion in Polarkoordinaten
60°
45°
30°
Sinus-Funktion im Einheitskreis
60°
45°
30°
Sinus-Funktion in kartesischen Koordinaten
270°
30°
45°
60°
90°
180°
360°
Winkel Theta

Die
Sinus-Funktion
in Polarkoordinaten
von 0° bis 360°

Cosinus-Funktion in
Polarkoordinaten
von 0° bis 360°



Die
p-Orbitale
der Atomhülle

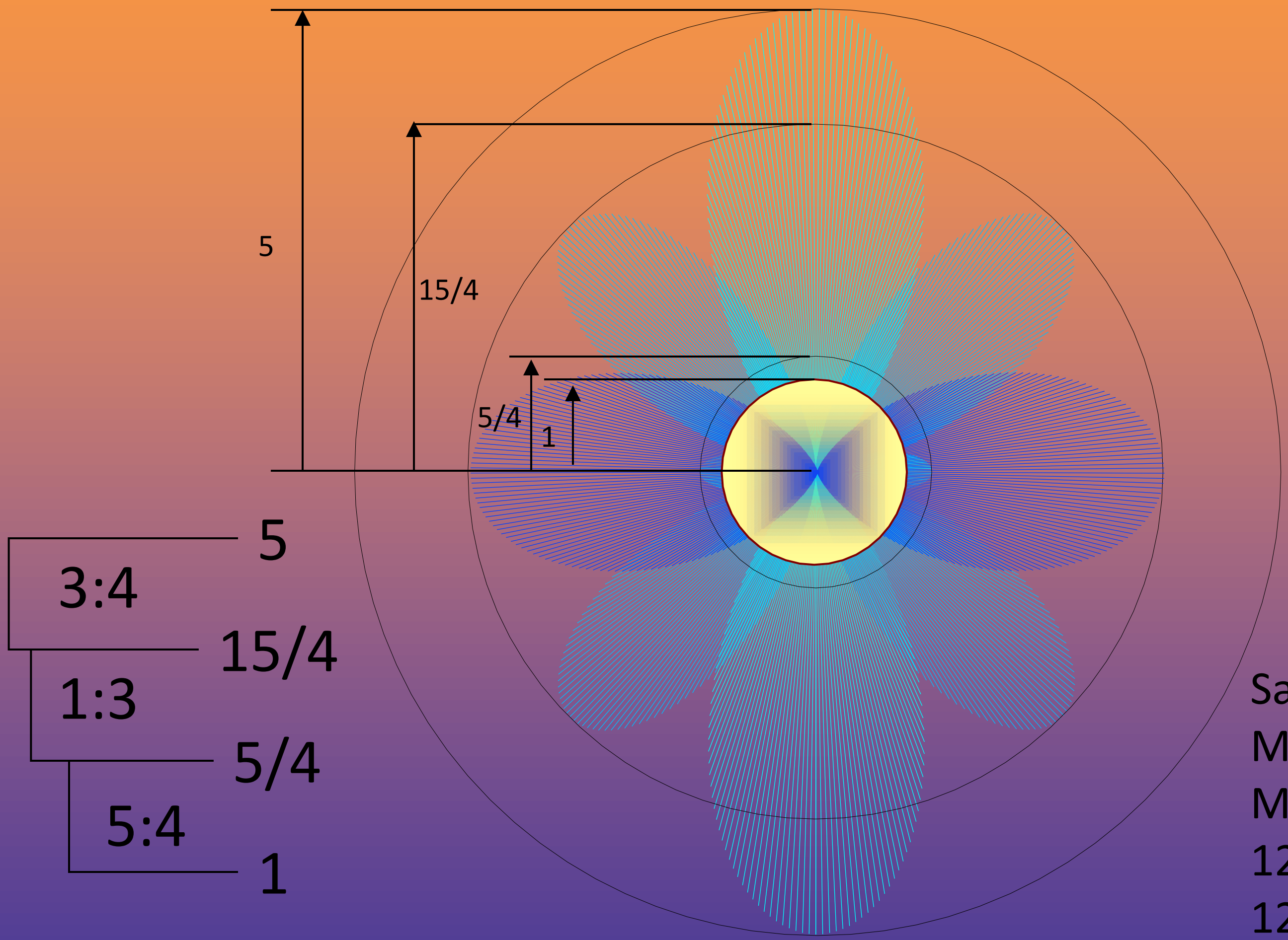


Die d-Orbitale der Atomhülle

l=2 m=0

l=2 m=+-1

l=2 m=+-2



Saitenlängen an einem Monochord mit 120 cm Mensur

120x 1 = 120.0 cm

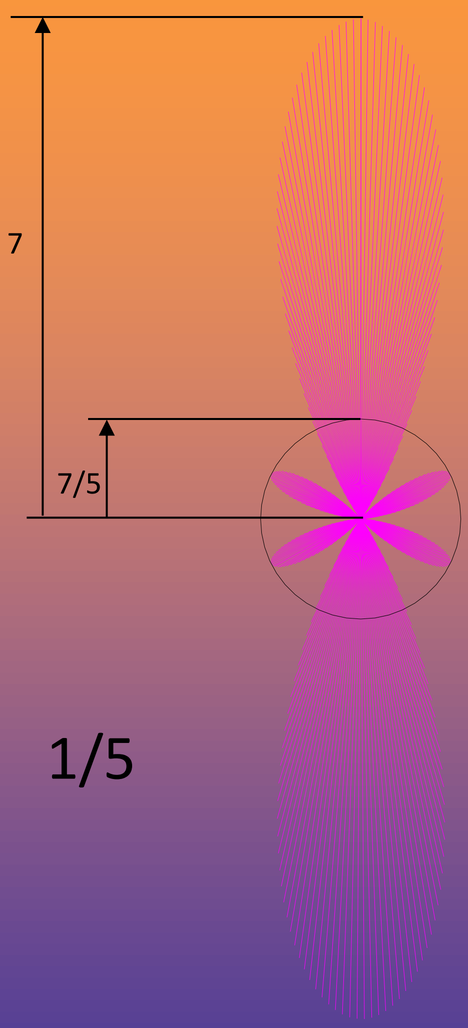
120x 3/4 = 90.0 cm

120x 1/4 = 30.0 cm

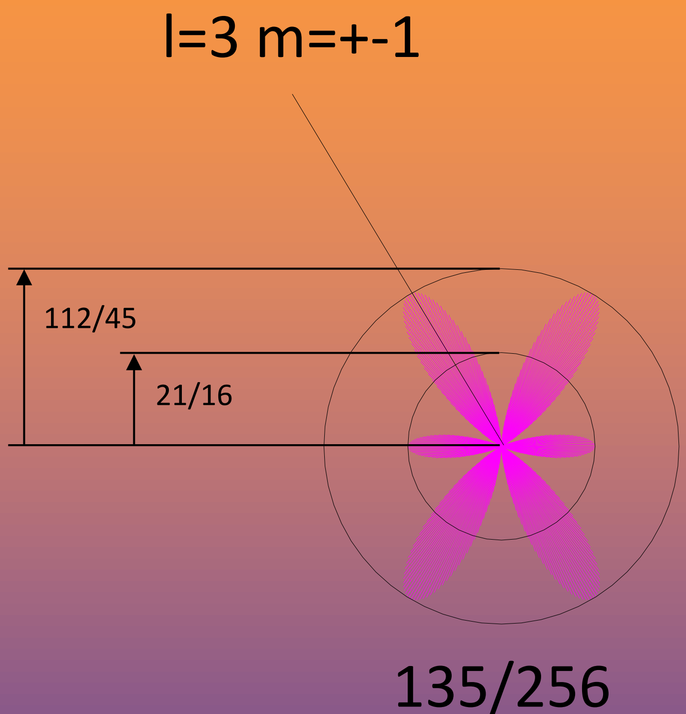
120x 1/5 = 24.0 cm

Die f-Orbitale der Atomhülle

l=3 m=0



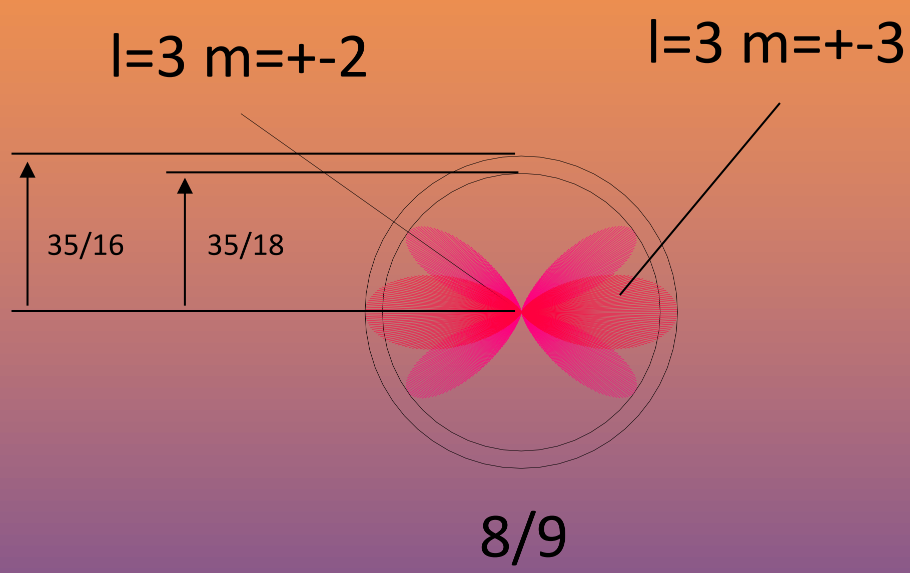
Die f-Orbitale der Atomhülle



Die chromatische Sekunde 24:25 wird auch mit 128:135 angegeben.
Deren Umkehrung 135:256 ist die verminderte Oktave.

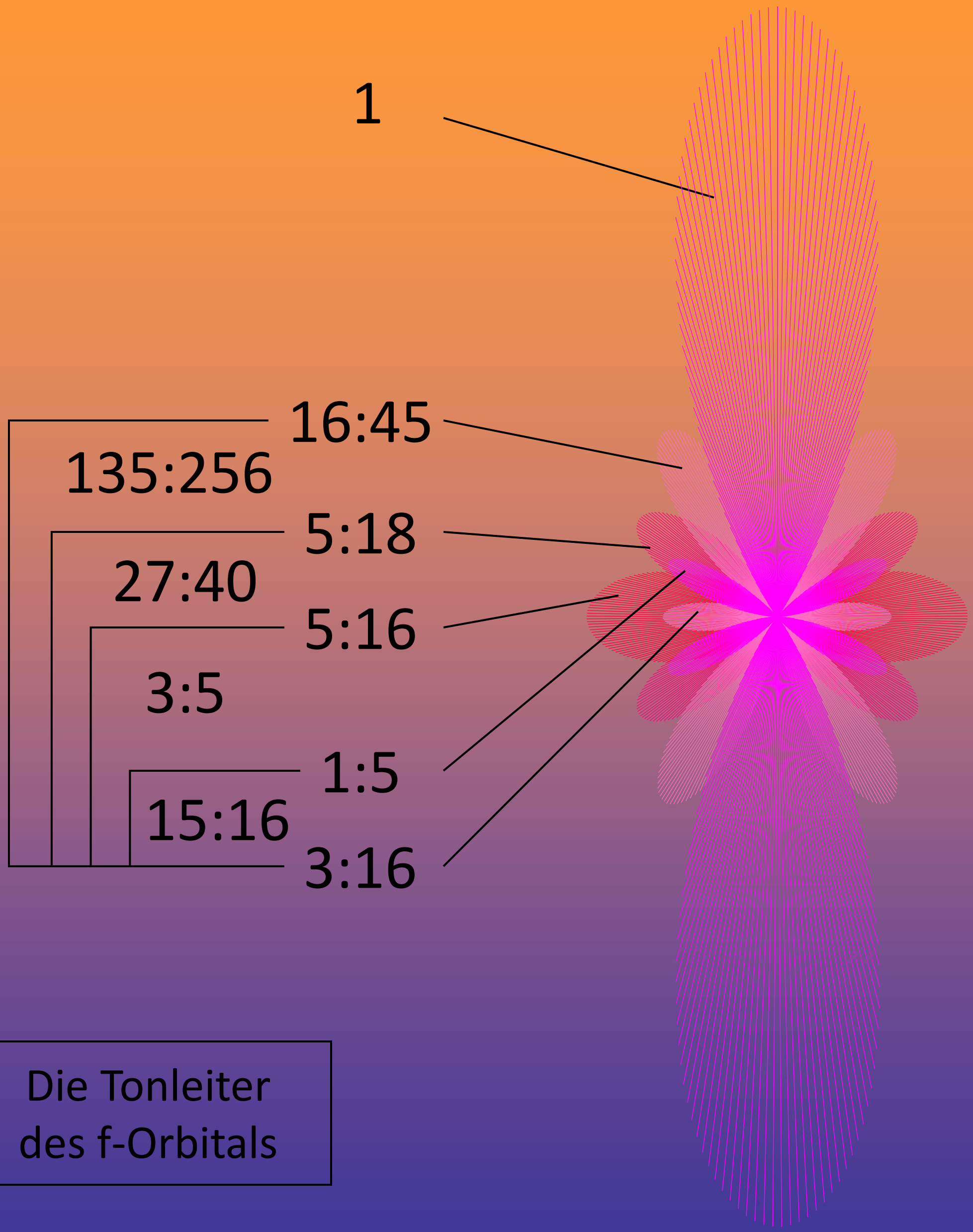
Quelle: Quelle: **Meyers Konversations-Lexikon, 1888**; Autorenkollektiv, Verlag des Bibliographischen Instituts, Leipzig und Wien, Vierte
Auflage, 1885-1892;8. Band: Hainleite - Iriartea, Seite 1003; .
Auszug <https://peter-hug.ch/lexikon/Intervall>

Die f-Orbitale
der Atomhülle



Die Sekunde 8:9 oder der diatonische große Ganzton

Die f-Orbitale der Atomhülle



l=3 m= 0

l=3 m=+-1

l=3 m=+-2

l=3 m=+-3

Saitenlängen an einem Monochord mit 240 cm Mensur

240x 1 = 240 cm

240x16/45 = 85.3 cm

240x 5/18 = 66.7 cm

240x 5/16 = 75.0 cm

240x 1/ 5 = 48.0 cm

240x 3/16 = 45.0 cm

Die Tonleiter des f-Orbitals

Die Verhältniszahlen der maximalen Größenausdehnungen der Orbitale spiegeln die Quantenzahlen wieder.

Es gibt:

1 Form des s-Orbitals

Quantenzahlen n=1, l=0, m=0

2 Formen der p-Orbitale

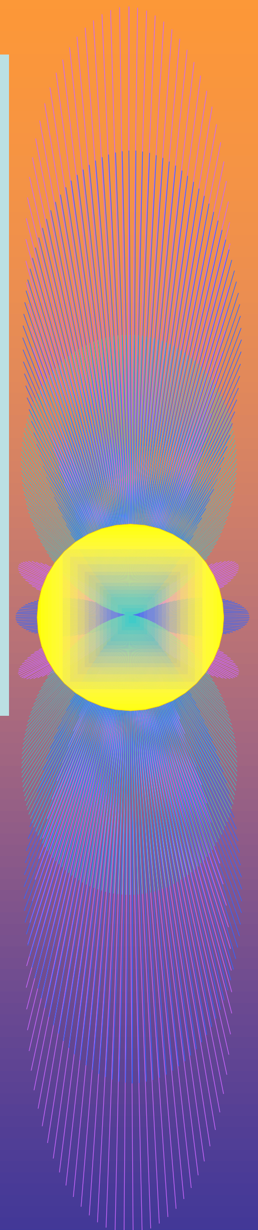
Quantenzahlen n=2, l=1, m={0,+-1}

3 Formen der d-Orbitale

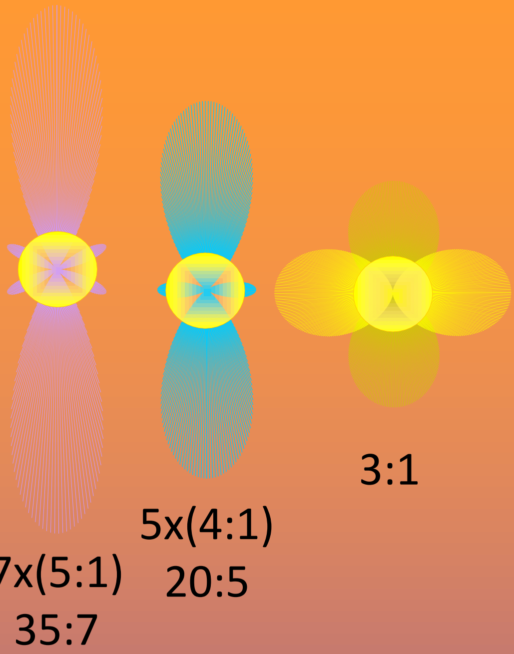
Quantenzahlen n=3, l=2, m={0,+-1,+-2}

4 Formen der f-Orbitale

Quantenzahlen n=4, l=3, m={0,+-1,+-2,+-3}



f-Orbital	7
d-Orbital	5
p-Orbital	3
s-Orbital	1

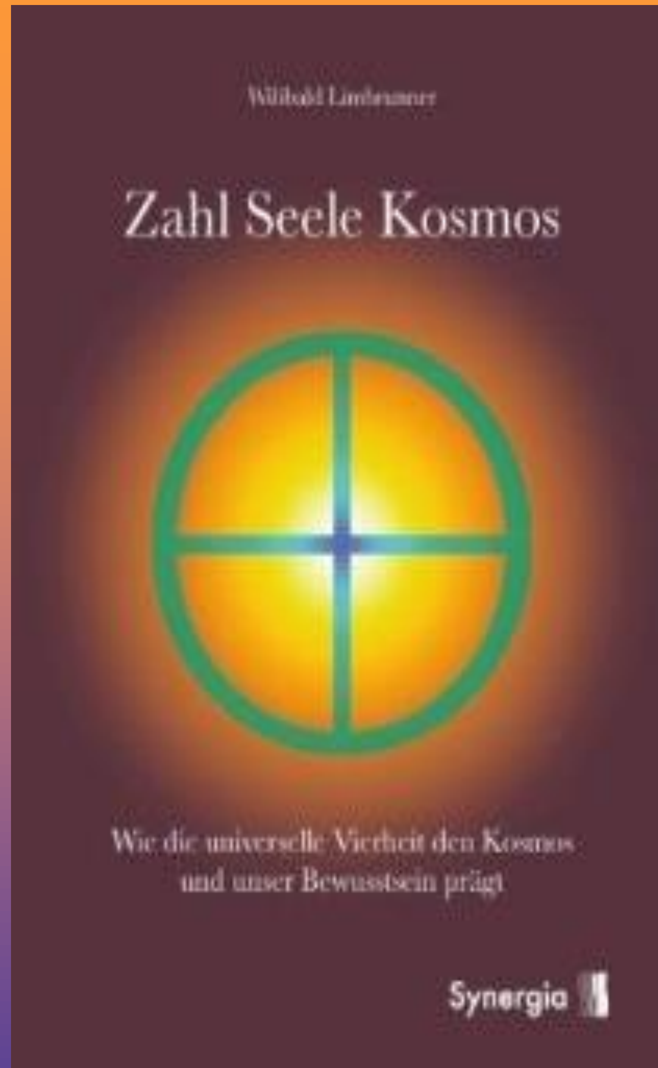


Tonname	Intervall	Die Wurzeln der Brüche ergeben die Klangröhrenlängen	Zerlegung in Primzahlen	Dezimalwert
C	Prim	1	1	1,0
Cis	Second minor	$\frac{15}{16}$	$\frac{3\times 5}{2\times 2\times 2\times 2}$	0,9375
D	Second	$\frac{8}{9}$ oder $\frac{9}{10}$	$\frac{2\times 2\times 2}{3\times 3}$ oder $\frac{3\times 3}{2\times 5}$	0,8888… oder 0,9
Dis	Terz minor	$\frac{5}{6}$	$\frac{5}{2\times 3}$	0,8333…
E	Terz major	$\frac{4}{5}$	$\frac{2\times 2}{5}$	0,8
F	Quart	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2\times 2}$	0,75
Fis	Quarta falsa major oder Quinta falsa minor	$\frac{32}{45}$ oder $\frac{45}{64}$	$\frac{2\times 2\times 2\times 2\times 2}{3\times 3\times 5}$ oder $\frac{3\times 3\times 5}{2\times 2\times 2\times 2\times 2\times 2}$	0,7111… oder 0,7031…
G	Quint	$\frac{2}{3}$	1. $\frac{2}{3}$	0,6666…
Gis	Sext minor	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{2\times 2\times 2}$	0,625
A	Sext	$\frac{3}{5}$	2. $\frac{3}{5}$	0,6
B	Sept. minor	$\frac{9}{16}$ oder $\frac{5}{9}$	$\frac{3\times 3}{2\times 2\times 2\times 2}$ 3. oder $\frac{5}{3\times 3}$	0,5625 oder 0,5555…
1. H	Sept. major	$\frac{8}{15}$	$\frac{2\times 2\times 2}{3\times 5}$	0,5333…
2. C	Octav	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0,5

Ein „Oktavgesetz“ konnte ich hier nicht entdecken.

Die Primzahlen 3 und 5 sind elementar in der Harmonik und in der Bildung der Tonleitern.

Wie stets in harmonikalen Untersuchungen tritt die 7 nicht in Erscheinung.
Die f-Orbitale sind chemisch nicht aktiv.


Willibald Limbrunner
Zahl Seele Kosmos
Wie die universelle Vierheit den Kosmos
und unser Bewusstsein prägt
Synergia