

**Einführung in die
Quantengeometrie
der Atomkerne**

Uwe Kraeft

2014

Berichte aus der Physik

Uwe Kraeft

**Einführung in die Quantengeometrie
der Atomkerne**

Shaker Verlag
Aachen 2014

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Copyright Shaker Verlag 2014

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2635-1

ISSN 0945-0963

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Dieses Buch ist der elfte Band eines einführenden Lehrgangs der Mathematik. In den letzten vorangehenden Texten wurden Theorien und Hypothesen zum geometrischen Aufbau der Atome dargestellt. Die heute weitgehend anerkannten energetischen Theorien der Atomkerne und Teilchen sind vor allem die Quantentheorie mit der Quanten- und Wellenmechanik sowie der Quantenelektrodynamik und das sogenannte Standardmodell der Elementarteilchen. Diese werden in einem Hilbert-Raum beschrieben, der keine echten Abstände und Winkel kennt, die erst im Euklidischen Raum hinzukommen. Während sich die Vorgänge der genannten Theorien sozusagen unsichtbar und unvorstellbar im Verborgenen abspielen, zeigen sich die Auswirkungen in unserem euklidischen Raum, wie beispielsweise in der Wärme eines Reaktors. Dazu existieren mehrere sogenannte Modelle. Umgekehrt sind „Kommunikationen“ vom euklidischen zum Hilbert-Raum zum Beispiel durch Magnetfelder möglich. Darüber hinaus können Teilchen „sichtbar“ gemacht werden.

Eine „koordinatenbezogene“ Geometrie ist auch in einem Hilbert-Raum möglich, aber nicht vorstellbar. Hier hat beispielsweise eine Kugel eine nahezu beliebige stetige Form, da das Koordinatengerüst nicht fixiert ist. Diese wird erst im euklidischen Raum vorstellbar.

Die dargestellten Zusammenhänge erfahren ihre Berechtigung dadurch, dass geometrische Zusammenhänge, zum Beispiel in Form von Bahnen oder „Wolken“ oder Durchmessern mit euklidischen Abmessungen, zumindest für die Elektronenhülle der Atome leicht erkennbar sind. Es ist naheliegend diese Überlegungen in Form von geometrischen Modellen auch auf den Atomkern zu übertragen. Dieser stellt ja nicht einen anderen Raum als das Äußere davon dar. Auch im Standardmodell gibt es Wirkungsfelder, die nur geometrisch zu definieren sind.

Die energetischen Atommodelle, wie das Schalenmodell und besonders das sogenannte Tröpfchenmodell von George Gamow, sind mit einem euklidisch geometrischen Modell weitgehend vereinbar. Das hier im Vergleich mit dem Molekülmodell aus Heliumkern-Tetraedern behandelte Tröpfchenmodell wurde unter anderem von C. F. von Weizsäcker entscheidend weiter entwickelt [vW]. Dieser hat

insbesondere in späteren Jahren versucht, die tieferen Fragen der Physik auch philosophisch zu erklären.

Die Kristallstrukturforschung hat gezeigt, dass geometrische Vorstellungen nicht nur Reaktionen erklären und nahe legen, sondern beispielsweise mit dem Moleküldesign sogar neue „Konstruktionen“ ermöglichen können. So wäre zum Beispiel auch an ein Kerndesign zu denken, wobei aus vorhandenen Elementen neue gebildet werden, was auch nützlich sein könnte und grob energetisch eher zufällig geschieht. Erste Überlegungen dieser Art betreffen radioaktive Stoffe mit großer Halbwertszeit, die in andere Elemente mit relativ kurzer Halbwertszeit der Radioaktivität umgewandelt werden sollen, was für die Endlagerung ein interessanter Aspekt ist. Aber auch die Erzeugung von seltenen technisch verwertbaren Stoffen ist zumindest denkbar, wenn auch sicher wegen der Radioaktivität schwierig zu realisieren. Derzeit ist allerdings die Kernfusion besonders im Hinblick auf die Energiegewinnung von Interesse. Unabhängig davon kann die Quantentheorie möglicherweise in Rechenanlagen genutzt werden.

In diesem Text werden in 10 Kapiteln nach einer Einführung der mechanische Drehimpuls, die Magnetfelder von bewegten Elektronen, der Bahndrehimpuls und Spin der Elektronenschalen, der Kerndrehimpuls, Folgerungen für das geometrische Kernmodell, die Feinstruktur der Spektren, die Hyperfeinstruktur der Spektren, ausgewählte quantentheoretische Ergebnisse sowie das Tröpfchenmodell im Vergleich mit dem Molekülmodell im Hinblick auf geometrische Eigenschaften in elementarer Weise dargestellt. Eine kurze Literaturliste ist beigefügt. Die Zitate im Text betreffen wie in den vorangehenden Bänden nicht nur die Übernahme von Inhalten, sondern sind auch ein Hinweis für interessierte Leser, um mehr über ein Thema zu erfahren.

Das Buch stellt die Meinung des Autors nach dem Studium der Literatur und dessen Kenntnissen dar. Der Inhalt wurde sorgfältig auf Fehler geprüft, die aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden können. Eine Gewährleistung oder Garantie für die Richtigkeit des Textes kann nicht übernommen werden. Ich bin für entsprechende Hinweise oder Verbesserungsvorschläge dankbar.

Auswahl von Symbolen

$\Rightarrow, \Leftarrow, \Leftrightarrow$	hieraus folgt (in den angegebenen Richtungen)
\in	ist Element von (ist enthalten in)
$A=\{a,b,c\}$	Beispiel einer Menge A mit Elementen a, b und c
$=$	(genau) gleich (nur in der Mathematik); etwa gleich in physikalischen Formeln
\cong	angenähert gleich (Grenzwert)
\approx	ungefähr gleich
\sim	von ähnlicher Größenordnung, auch proportional
\mathbb{N}	natürliche Zahlen 1, 2, 3, ...
\mathbb{N}^0	natürliche Zahlen einschließlich der Null 0, 1, 2, 3, ...
$\mathbb{Q}^+, \mathbb{Q}^-$	positive, negative rationale Zahlen
z, z^*, \bar{z}	komplexe Zahlen $z=a+bi$, $z^*=\bar{z}=a-bi$
\vec{v}	Vektor, z. B. (x,y,z)
\bullet	Skalarprodukt
$\frac{dy}{dx}, \frac{\partial \psi}{\partial x}$	Ableitung, partielle Ableitung

\vec{v}	Geschwindigkeit
c	Lichtgeschwindigkeit
$\vec{\omega}$	Winkelgeschwindigkeit
$f, \nu; \bar{f}$	Frequenz; $\bar{f} = \frac{1}{\lambda} = \frac{f}{c}$ Wellenzahl
Θ, J	Trägheitsmoment (Tensor)
\vec{p}	Impuls
\vec{q}, \vec{L}	Bahndrehimpuls
\vec{S}	Spindrehimpuls
\vec{J}	Gesamtdrehimpuls Elektronenhülle, Drehimpulsoperator
\vec{I}	Gesamtdrehimpuls Kern
l	Bahndrehimpulsquantenzahl
s	Spinquantenzahl
j	$j=l+s$ Drehimpulsquantenzahl der Elektronenhülle
J, I	Gesamtdrehimpulsquantenzahl: J Elektronenhülle, I Kern
M, p_m	Magnetisches Moment
Z	Protonenzahl, Ordnungszahl
N	Neutronenzahl
A	$=Z+N$ Massenzahl oder Nukleonenzahl
g, u	gerade, ungerade Protonen-/ Neutronenzahl
gg	gerade-gerade
uu	ungerade-ungerade
gu	gerade-ungerade
${}^A_Z X$	Atomkern oder Isotop mit Z Protonen und A Nukleonen
m_p	Protonenmasse
m_n	Neutronenmasse
m_Z	Atommasse
W_B, \bar{W}_B	Bindungsenergie je Atom(kern), je Nukleon
h	Planck-Konstante
\hbar	$= h / 2\pi$
R	Rydberg-Konstante alt ($R \cdot c$ Rydberg-Konstante neu)
n, l, m, s	Quantenzahlen der Elektronenhülle
s, p, d, f	Bahndrehimpulsquantenzahl $l=0, 1, 2, 3, \dots$
S, P, D, F	Terme

Anm. Die Bedeutung einiger mehrfach benutzter Symbole ergibt sich aus dem Zusammenhang. Andere spezielle Symbole werden im Text erklärt.

Inhalt

	Seite
1. Einführung - - - - -	- 1
2. Mechanischer Drehimpuls - - - - -	- 5
3. Magnetfelder von bewegten Elektronen - - - - -	- 9
4. Bahndrehimpuls und Spin der Elektronenschalen - - - - -	- 11
5. Kerndrehimpuls - - - - -	- 15
6. Die Feinstruktur der Spektren - - - - -	- 19
7. Die Hyperfeinstruktur der Spektren - - - - -	- 27
8. Ausgewählte quantentheoretische Ergebnisse - - - - -	- 29
9. Folgerungen für das geometrische Kernmodell - - - - -	- 37
10. Das Tröpfchenmodell im Vergleich mit dem Molekülmodell - - - - -	- 49
Literaturauswahl - - - - -	- 63
Lehrgang der Mathematik - - - - -	- 65
Studies in Number Theory - - - - -	- 70