

Otto Rang

Die Kodierung physikalischer Merkmale

**Skizze einer Theorie
der quantitativen Naturbeschreibung**

franzbecker

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Bibliographic information published by Die Deutsche Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche
Nationalbibliografie; detailed bibliographic data is available in the
Internet at <<http://dnb.ddb.de>>.

ISBN 3-88120-323-0

Otto Rang

Die Kodierung physikalischer Merkmale

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere die der
Vervielfältigung und Übertragung auch einzelner Textabschnitte, Bilder oder
Zeichnungen vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche
Zustimmung des Verlages in irgendeiner Form reproduziert werden
(Ausnahmen gem. 53, 54 URG). Das gilt sowohl für die Vervielfältigung
durch Fotokopie oder irgendein anderes Verfahren als auch für die Über-
tragung auf Filme, Bänder, Platten, Transparente, Disketten und andere
Medien.

© 2005 by Verlag Franzbecker, Hildesheim, Berlin

Über den Autor:

Otto Rang, Diplomingenieur der Elektrotechnik so wie promovierter und habilitierter Physiker, ist Professor i. R. an der Hochschule Mannheim, Honorarprofessor an der Technischen Universität Darmstadt und Honorarprofessor an der Universität Mannheim. Sein Fachgebiet ist Physik und Didaktik der Physik. Er arbeitet ehrenamtlich im Normenausschuss Technische Grundlagen, speziell im Unterausschuss für Einheiten und Formelgrößen des Deutschen Instituts für Normung, Berlin und ist korrespondierendes Mitglied im Fachnormenausschuss Technisches Berechnungswesen des Österreichischen Normungsinstituts Wien.

Inhaltliche Gliederung

Teil I Einleitendes	1
1 Vorbemerkungen	2
1.1 Der Standort dieses Buches	2
1.2 Modelle, Klassen, Funktionen, semantische Informationen	3
1.3 Weitere Vorbemerkungen	5
2 Merkmalsorten	7
2.1 Merkmale, Ausprägungen, Kodezahlen	7
2.2 Nominalmerkmale	8
2.3 Ordinalmerkmale	9
2.4 Intervallmerkmale	10
2.5 Verhältnismerkmale	13
2.6 Absolutmerkmale	17
2.7 Zur Definition zyklischer Merkmale	18
2.8 Zu Klärendes bei zyklischen Merkmalen	19
Teil II Vollgleichungstaugliche Merkmalbegriffe	21
3 Die zulässigen Rechenoperationen bei Verhältnismerkmalen	22
3.1 Objektkonfiguration, Einzelobjekt und Transformationszahl	22
3.2 Die Rechenoperationen	25
4 Zur Kodierung von Verhältnismerkmalen	29
4.1 Die Transformation von Einsausprägungen	29
4.2 Einausprägungssätze	30
4.3 Zu den Definitionsverfahren für Einsausprägungen	31
4.4 Der Raum der Transformationszahlen	41
4.5 Der physikalische Dimensionsbegriff	45
5 Der Weg zum Größenbegriff	48
5.1 Kodierfunktionen	48
5.2 Eichfunktionen und Maßstäbe	49
5.3 Größen und Größenwerte	51
5.4 Zusammenstellung	53
6 Die Kalküle quantifizierender Funktionen	55
6.1 Zum algebraischen Umgang mit Funktionen	55
6.2 Funktionengleichungen mit Kodierfunktionen, Maßstäben und Größenwerten	57
6.3 Funktionengleichungen mit Eichfunktionen und Größen	60

6.4	Die Regeln der Kalküle für quantifizierende Funktionen	61
7	Das Informationsproblem, Einheitenräume und die Zerlegung der Funktionen	62
7.1	Strukturelevante und anwendungsrelevante Informationen	62
7.2	Einheiten	68
7.3	Die Zerlegung der quantifizierenden Funktionen	73
7.4	Einheitenräume	77
8	Weitere Funktionenklassen	80
8.1	Systeme	80
8.2	Bündel	82
8.3	Zur Terminologie	84
9	Zum Grad von Sätzen, Räumen und Systemen	88
9.1	Erhöhungen des Grades	88
9.2	Verminderungen des Grades	91
9.3	Systeme vom Grad null	93
Teil III Zur Definition von Begriffssystemen		95
10	Das WESTPHALsche Ökonomieprinzip	96
11	Das Raumspiegelungsverhalten der Merkmale	98
11.1	Die Raumspiegelung	98
11.2	Das Paritätswertpostulat	104
11.3	Einzelheiten zum Paritätswertpostulat	107
11.4	Zur Anwendung des Paritätswertpostulats	109
11.5	Zu den Paritätswerten nichtgeometrischer Systemelemente	113
11.6	Komplexe Paritätswerte	117
12	Das Zeitspiegelungsverhalten der Merkmale	120
12.1	Die Zeitspiegelung	120
12.2	Das Zeitspiegelwertpostulat	121
12.3	Folgen und Anwendungen des Zeitspiegelwertpostulats	123
12.4	Komplexe Zeitspiegelwerte	124
13	Das Ladungsspiegelungsverhalten der Merkmale	125
13.1	Die Ladungsspiegelung	125
13.2	Das Ladungsspiegelwertpostulat	127
13.3	Folgen und Anwendungen des Ladungsspiegelwertpostulats	127

13.4	Komplexe Ladungsspiegelwerte	129
14	Die Substanzartigkeit der Merkmale	130
14.1	Der Begriff Substanzartigkeit	130
14.2	Der Substanzwert	132
14.3	Das Substanzwertpostulat und seine Auswirkungen	133
15	Zusammenfassung der Forderungen an die Begriffssysteme	136
15.1	Die erweiterte Spiegelmatrix	136
15.2	Anwendung des erweiterten Spiegelwertpostulats	137
Teil IV Weitere quantifizierende Funktionen		148
16	Zum erkenntnistheoretischen Fortschritt	149
16.1	Etwas über die Begriffsbildung	149
16.2	Begriffsentwirrungen bei der quantitativen Naturbeschreibung	151
17	Weitere quantifizierende Funktionen	155
17.1	Die Auswahlfunktion und die Schnittfunktion	155
17.2	Die vier Kategorien der Kodierfunktionen	156
17.3	Die jeweils zwei Kategorien der Maßstäbe und der Größenwerte	159
17.4	Die jeweils vier Kategorien der Eichfunktionen und der Größen	163
18	Die Familien der quantifizierenden Funktionen	166
18.1	Die vier Kategorien von Funktionenfamilien	166
18.2	Die Zerlegung der Funktionen bzw. Kodezahlen	170
18.3	Die Gleichungstauglichkeit	179
Literatur		187
Fachausdruckregister		191

Teil I

Einleitendes

1 Vorbemerkungen

1.1 Der Standort dieses Buches

Ziel der Physik ist es, das Naturgeschehen letztlich strukturtreu auf Zahlen und Zahlenrelationen abzubilden. Dabei spielt der gedankliche Bereich, der zwischen den Phänomenen und den Zahlen liegt, eine wichtige Rolle. Von der Wissenschaftstheorie und speziell auch von der Fachdidaktik der Physik ist er bisher eher stiefmütterlich behandelt worden, d.h. man hat auf die Bereitstellung angemessener Denkzeuge noch nicht allzu viel Wert gelegt. Das zeigt sich in Schulbüchern, in Lehrbüchern und nicht zuletzt auch in zwischenstaatlichen Normen. Dort begnügt man sich meist mit eher handwerklichen Regelungen, die sich mehr oder weniger als bewährt – oft als weniger bewährt – herausgestellt haben. Inzwischen ist es aber an der Zeit, die handwerklichen Denkzeuge durch mathematisch fundierte zu ersetzen, d.h. an ihre Rekonstruktion auf logisch-mathematischer Grundlage heranzugehen. Einen Beitrag hierzu versuchen die folgenden Ausführungen.

Sie sind wissenschaftstheoretischer und wohl auch erkenntnistheoretischer Art und können demnach natürlich nicht zu neuen physikalischen Erkenntnissen führen. Gleichwohl können sie die gewonnenen Einsichten in einen besseren Rahmen setzen, indem sie die Begriffe ordnen und die Motivation zu so manch einer Begriffsbildung bewusst machen. Dadurch ergibt sich für Lernende ein zum Teil anderer als der traditionelle didaktische Zugang zur quantitativen Naturwissenschaft. Die folgenden Darlegungen sollen auch helfen, den Blick für den Unterschied zwischen Naturgegebenheiten und menschlichem Zutun bei deren Beschreibung zu schärfen.

Etwas mehr über die zunächst nur angedeutete Problematik findet der Leser (womit ich hier und auch später selbstverständlich Leser beiderlei Geschlechts meine) in Abschnitt 16.1. Hier in der Einleitung würde das dort Gesagte zunächst wohl verwirren, denn es setzt das Verständnis für einige der erst im Folgenden von mir entwickelten Fachbegriffe voraus.

1.2 Modelle, Klassen, Funktionen, semantische Informationen

Das Ziel, das Naturgeschehen auf Zahlen und Zahlenrelationen abzubilden, ist angesichts der Vielfältigkeit und Verwickeltheit der Phänomene wohl unerreichbar, und deshalb muss man sich in der Physik mit Näherungs- und Teilmodellen begnügen, deren Annäherung an die Wirklichkeit – was immer man auch darunter versteht – im Prinzip allerdings keine Grenzen gesetzt sind.

Die physikalischen Modelle darf man nicht mit den mathematischen verwechseln. Letztere sind keine Näherungs- sondern Realisierungsmodelle, indem sie abstrakte mathematische Strukturen verkörpern, d.h. indem sie konkrete Beispiele für solche Strukturen darstellen. Die physikalische Modellbildung beruht dagegen auf Abstraktion, auf dem Absehen von Unwesentlichem, von für unwesentlich Gehaltenerem oder bewusst außer Betracht Gelassenem.

Der Abstraktion entspricht mathematisch die Bildung von Klassen. Das erste mathematische Instrument, um der Wirklichkeit Zahlen und Zahlenrelationen zuzuordnen, ist somit die Bildung von Klassen. Elemente dieser Klassen sind physikalische Körper, Stoffe, Zustände physikalischer Systeme, Vorgänge usw., die man zusammenfassend als **physikalische Objekte** bezeichnet. Die Klassenbildung erfolgt aufgrund von Nichtunterscheidbarkeiten von Objekten, wobei es für diese Nichtunterscheidbarkeit eine riesige Menge von Kriterien gibt.

Betrachtet man solche Klassenbildungen im Rahmen bereits bestehender Modelle, dann nennt man jede von Objekten aufgrund einer bestimmten Nichtunterscheidung gebildete Klasse eine **Merkmal-
ausprägung**. Merkmalausprägungen, die auf gleichen Gesichtspunkten der Nichtunterscheidung beruhen, fasst man zu weiteren Klassen zusammen und nennt diese dann **Merkmale**.

Merkmalausprägungen beschreibt man mit Hilfe von **Merkmale-
werten**. Das sind entweder Wörter oder Zahlen oder sonstige mathematische Objekte. So nennt man einen Wert des Merkmals Farbton "blau", in der Medizin gibt man einen Wert des systolischen Blutdrucks mit "130" an, und ein Wert des Merkmals Körpergewicht wird