

Karin Reich

# **Die Entwicklung des Tensorkalküls**

Vom absoluten Differentialkalkül  
zur Relativitätstheorie

1994

Birkhäuser Verlag  
Basel · Boston · Berlin

# Inhaltsverzeichnis

1	<b>Einleitung</b>	13
2	<b>Tensoren ohne Tensorbegriff</b>	
2.1	Vorformen von Tensoren in der Differentialgeometrie	19
2.1.1	Die Gaußsche Flächentheorie	19
2.1.2	Differentialparameter	22
2.1.3	Der Riemannsche Krümmungstensor	26
2.1.3.1	Riemann	26
2.1.3.2	Riemanns Nachfolger	29
2.2	Vorformen von Tensoren in der Elastizitätstheorie	34
2.2.1	Der Cauchysche Spannungs- und Verzerrungstensor	34
2.2.2	Weitere Charakteristika des Spannungs- und/oder Verzerrungstensors	38
3	<b>Die Theorie der Formen und Invarianten</b>	
3.1	Anfänge der Formentheorie	43
3.2	Anfänge der Invariantentheorie	47
3.2.1	Die britische Schule	47
3.2.2	Ausbau der Formen- und Invariantentheorie	53
4	<b>Die Entwicklung eines Tensorbegriffs und eines Tensorkalküls</b>	
4.1	Die Theorie der quadratischen Differentialformen bzw. Differentialinvarianten	57
4.1.1	Die kovariante Ableitung	59
4.1.2	Der absolute Differentialkalkül	65
4.1.2.1	Vorbereitende Arbeiten	67
4.1.2.2	Der Ausbau des absoluten Differentialkalküls	71
4.1.2.3	Anwendungen	75
4.1.2.4	Gesamtdarstellungen	78
4.1.2.5	Besprechungen	83
4.1.3	Theorie der Differentialinvarianten	87
4.1.3.1	Gruppenkonzept und dessen Verbindung mit dem absoluten Differentialkalkül	88
4.1.3.2	Riccis Konzepte in neuer Symbolik	93
4.1.3.3	Verallgemeinerungen von Riccis Konzepten	97

4.1.3.4	Anwendungen des Gruppenkonzeptes	101
4.1.3.5	Wrights Lehrbuch	105
4.1.3.6	Differentialinvarianten und Vektorrechnung	107
4.1.3.7	Die Theorie der Differentialinvarianten als eigenständiges Gebiet	108
4.2	Kristallographie	111
4.2.1	Voraussetzungen	111
4.2.2	Voigts Einführung des Tensorbegriffs	113
4.2.3	Tensoren höherer Ordnung	122
4.2.4	Tensoranalysis	124
4.2.5	Voigts "Kristallphysik" von 1910	126
4.2.6	Die Rezeption der Voigtschen Tensoren in der Vektorrechnung, Elektrodynamik und Elastizitätstheorie	128
4.2.7	Weiterentwicklung der Voigtschen Tensoren	129
4.3	Vektorrechnung	133
4.3.1	Lineare Vektorfunktionen	133
4.3.2	Dyadics	139
4.3.3	Rezeption	142
4.3.4	Die Synthese mit den Voigtschen Tensoren	146
4.3.5	Weitere Entwicklungen	149
4.3.5.1	Die Binäranalyse	150
4.3.5.2	Die "Omografia vettoriali"	151
4.3.5.3	Die Affinoranalysis	152
5	<b>Tensoren in der Relativitätstheorie</b>	
5.1	Einsteins mathematische Voraussetzungen	160
5.2	Spezielle Relativitätstheorie	167
5.2.1	Minkowskis Raum-Zeit	168
5.2.1.1	Einsteins unmittelbare Reaktion auf Minkowski	174
5.2.2	Vierdimensionale Tensoren, vierdimensionaler Vektorkalkül	175
5.2.2.1	Max Abraham	176
5.2.2.2	Gilbert N. Lewis	177
5.2.2.3	Arnold Sommerfeld	178
5.2.2.4	Max von Laue	181
5.3	Allgemeine Relativitätstheorie	184
	Die Rezeption des absoluten Differentialkalküls in der Differentialgeometrie und in der Physik	184
5.3.2	Einsteins und Großmanns Zusammenarbeit	189
5.3.3	Die Jahre 1914–1916	199
5.4	Die Geometriesierung der Relativitätstheorie	208

<b>6</b>	<b>Schlußbetrachtung</b>	<b>213</b>
<b>Anhang 1</b>	Fachsprache und Symbolik des absoluten Differentialkalküls	222
<b>Anhang 2</b>	Graphische, chronologische Darstellung der Entwicklung des Tensorkalküls	233
<b>Anhang 3</b>	Kurzfassung der einzelnen Abschnitte	234
	<b>Verzeichnis der Figuren, Tabellen und Abbildungen, Abbildungsnachweis</b>	<b>251</b>
	<b>Verzeichnis der Abkürzungen</b>	<b>253</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>257</b>
	<b>Namen- und Sachverzeichnis</b>	<b>316</b>