

Max Drömmner

# Relativität und Realität

Zur Physik und Philosophie der allgemeinen  
und der speziellen Relativitätstheorie

mentis  
PADERBORN

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	15
---------------	----

Einleitung .....	17
------------------	----

## KAPITEL 1

Allgemeine Bemerkungen zur Philosophie und Physik der speziellen und der allgemeinen Relativitätstheorie. Analysen von Koordinatentransformationshypothesen

1 Einleitung .....	31
2 Transformationshypothesen. Die Philosophie von Raum und Zeit der speziellen Relativitätstheorie. Fragen der Referenz und Repräsentation von Raum- und Zeitdaten .....	32

## KAPITEL 2

Der Zweck von Transformationsforderungen. Invarianz und Kovarianz bezüglich Koordinatentransformationen. Raum und Zeit. Die Forderung der Persistenz einer Theorie

1 Einleitung .....	45
2 Wozu Transformationshypothesen? .....	46
3 Invarianz .....	46
4 Kovarianz .....	48
5 Raum und Zeit .....	53
6 Die These der Gleichberechtigung aller Bezugskörper .....	60
7 Schluss .....	62

## KAPITEL 3

Bemerkungen zur allgemeinen Relativitätstheorie. Geometrisierung der Physik. Nicht-geometrische Versionen der allgemeinen Relativitätstheorie? Persistenz: eine pragmatische Lösung des Invarianzproblems

1 Einleitung .....	67
2 Geometrisierung der Physik .....	67
3 Persistenz bezüglich einer ad-hoc-Folge von Bezugssystemen. Eine pragmatische Lösung des Invarianzproblems .....	69
4 Schluss .....	73

## KAPITEL 4

Zur Interpretation der Koordinaten in den Gesetzen der allgemeinen Relativitätstheorie und bei der Anwendung der Gesetze

1	Einleitung .....	77
2	Probleme der Interpretation der Koordinaten bei ihrer Verwendung in Gesetzen der allgemeinen Relativitätstheorie .....	77
3	Deutung der Koordinaten bei der Anwendung eines Gesetzes .....	87
4	Schluss .....	87

## KAPITEL 5

Zur Verwendung der Minkowski-Metriken in der allgemeinen Relativitätstheorie. Verwendung der Riemannschen anstatt der Semi-Riemannschen Geometrie?

1	Einleitung .....	91
2	Abstandsdefinitionen nach Euklid, Riemann und Minkowski .....	92
3	Dreidimensional bestimmte räumliche Minkowski-Abstände und Zeitdifferenzen. Beispiele von Nullabständen .....	94
4	Nicht-Euklidische Abstände nach Riemann und nach Art von Minkowski und Einstein .....	96
5	Zwischenbemerkung .....	99
6	Schluss .....	99

## KAPITEL 6

Zur Bewegungsgleichung der allgemeinen Relativitätstheorie

1	Einleitung .....	103
2	Analyse .....	105
3	Bestimmung der Bahnen frei fliegender Teilchen im 3-dimensionalen Raum .....	116
4	Konkrete Anwendung der Theorie im 3-dimensionalen Raum .....	118
5	Konsequenzen der Schwarzschildmetrik .....	124
6	Der Unterschied zwischen der euklidischen globalen und der relativistischen lokalen Bestimmung von Geschwindigkeit und Beschleunigung .....	132
7	Schluss .....	135
	Anhang 1 .....	137
	Anhang 2 .....	144

## KAPITEL 7

Allgemeine Relativitätstheorie ohne Relativität und ohne apriorische Vorgabe der Lichtgeschwindigkeit  $c$ . Die Rolle von Definitionen in der Physik. 3-dimensional bestimmte Begriffe in der klassischen und der allgemein-relativistischen Theorie. Existenzkriterien der Gravitation

1	Einleitung	151
2	Die allgemeine Relativitätstheorie als eine Gravitationstheorie ohne Relativität	152
3	Andeutung des Aufbaus der Theorie ohne Relativität und ohne die Konstante $c$	153
4	Zur Gewinnung von 3-dimensional bestimmten Begriffen (z.B. des Ortes, der Geschwindigkeit und Beschleunigung) in der geometrischen Physik	153
5	Die axiomatische Rolle von Definitionen (eine Nebenbemerkung)	154
6	Zur ›Apriorizität‹ von Raum und Zeit	155
7	Einige dreidimensional bestimmte Begriffe in der allgemeinen Relativitätstheorie. Die Divergenz in klassischen und relativistischen Feldgleichungen	156
8	Klassische und relativistische Kriterien der Existenz eines Gravitationsfeldes	161
9	Schluss	162
	Anhang	163

## KAPITEL 8

Zu Newtons Zwei-Körper-Gravitationstheorie. Relativistische und nicht-relativistische Kritik. Interpretationsfragen

1	Einleitung	167
2	Zur Axiomatik der Newtonschen Theorie der Anziehungskraft zweier Massen	168
3	Eine (quasi) relativistische Korrektur der Newtonschen Axiome?	170
4	Relatives Gewicht und Anziehungskraft	173
5	Das ›Wesen‹ der Gravitation. Wie wirkt die Gravitation? Gibt es eine Trägheit gegen Gravitation?	175
6	Die Frage der Erklärbarkeit der Gleichheit von Trägheit und Schwere	178
7	Ein Zusammenhang zwischen der Interpretation von $K$ durch $\mathcal{E}$ und der Hypothese, dass es keine Trägheit gegen Gravitation gibt	180

8	Instantane Wirkung der Gravitation? .....	181
9	Newtons Experiment und der ›absolute Raum‹. Ist der Raum a priori ›absolut‹? .....	182
10	Zwei Beispiele zur Newtonschen Axiomatik und ihrer Interpretation. ›träge Masse‹ und ›schwere Masse‹ .....	184
11	Schluss .....	186

## KAPITEL 9

Relativistische Bezugssystemabhängigkeit der Gravitation.  
Die Transformationsunabhängigkeit geodätischer Weltlinien.  
Physikalisch illegitime Übergänge zu anderen Bezugssystemen.

1	Einleitung .....	191
2	Der rein konventionelle Übergang zu anderen Bezeichnungen (Koordinaten) mittels eines Bezugskörperwechsels dargestellt durch eine Koordinatentransformation .....	192
3	Übergang mittels Koordinatentransformation von einem Bezugskörper A zu einem anderen, gemäß einer physikalischen Theorie verformten Bezugskörper B .....	194
4	Koordinatentransformation als Übergang von einem zu einem anderen, gegenüber dem ersten bewegten Bezugssystem – wobei die Raum-Zeit-Verhältnisse auf dem jeweils anderen Bezugssystem entsprechend der physikalischen Theorie beschrieben werden .....	195
5	Mathematische und physikalische Voraussetzungen zur Formulierung des Geodätentransformationsgesetzes, das möglicherweise Einsteins These der allgemeinen Relativität verstanden als Gleichberechtigung aller Bezugskörper motiviert hat ...	196
6	Ein differentialgeometrisches Transformationstheorem für Metrikfelder, das mittels Koordinatentransformationen definiert ist, aber nicht als Aussage der Gleichberechtigung transformierter Bezugskörper interpretierbar ist .....	198
7	Bemerkungen zur Rolle der Intuition in der Physik .....	202
8	Schluss .....	204

## KAPITEL 10

Bemerkungen zu den Prinzipien der allgemeinen Relativitätstheorie  
und zum Postulat der Identität von Trägheit und Schwere

1	Einleitung .....	209
2	Trägheit und Schwere .....	209

Inhaltsverzeichnis 11

3 Die experimentelle Basis des Äquivalenzprinzips .....	213
4 Hypothetische Erklärung dafür, dass alle Körper gleich schnell fallen .....	214
5 Vier Versionen des Äquivalenzprinzips .....	214
6 Schluss .....	217

KAPITEL 11

Skizze einer nicht-relativistischen nicht-klassischen Gravitationstheorie

1 Einleitung .....	221
2 Die Skizze .....	222
3 Eine pragmatische Anwendungsregel für physikalische Theorien .....	226
4 Schluss .....	227

KAPITEL 12

Axiome der speziellen Relativitätstheorie in Gestalt der symmetrischen Lorentztransformationshypothese. Inkonsistenz einer Erweiterung der Theorie

1 Einleitung .....	233
2 Intuitive Darstellung der Theorie .....	234
3 Formale axiomatische Darstellung der Lorentztransformations- hypothese .....	235
4 Der ›Begriff‹ der J-Zeit .....	242
5 Schluss .....	244

KAPITEL 13

Ist die spezielle Relativitätstheorie konsistent?

1 Einleitung .....	249
2 Inkonsistenzbegriffe .....	249
3 Prämissen zu Inkonsistenzbeweisen .....	252
4 Beweise der externen Inkonsistenz der Lorentztransformations- hypothese .....	253
5 Motivation .....	257
6 Philosophische Motivation .....	258
7 Schluss .....	259

## KAPITEL 14

Über physikalische Axiome und physikalische Modelle. Axiome der allgemein relativistischen (geometrischen) Gravitationstheorie im Vergleich zu einer nicht-relativistischen nicht-geometrischen Gravitationstheorie

1	Einleitung	263
2	Physikalische Axiome	263
3	Physikalische Modelle, Untertheorien	265
4	Mögliche Grundbegriffe und Axiome einer nicht-geometrischen Gravitationstheorie	268
5	Bemerkungen zur ›Absolutheit‹ von Raum und Zeit. Unterschiede zwischen relativistischen und nicht-relativistischen Gravitationstheorien	272
6	Grundbegriffe und Axiome der allgemeinen Relativitätstheorie?	274
7	Schluss	277

## KAPITEL 15

Wozu Gerüste?

1	Einleitung	281
2	Euklidische und nicht-euklidische Koordinatengerüste	284
3	›Koordinatenfreie‹ Darstellung der allgemeinen Relativitätstheorie (keine Gerüste?)	285
4	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit in allen inertialen Gerüsten?	286
5	Schluss	

## KAPITEL 16

Schlussbemerkungen

1	Einleitung	293
2	Widerlegung physikalischer Theorien?	295
3	Die Kritik am intuitiven Denken. Die Sprache der speziellen Relativitätstheorie	297
4	Die Sprache der allgemeinen Relativitätstheorie	298
5	Einsteins Philosophie der Relativität und Realität	298
6	Wahrheit?	299
7	Galileis Dogma, Einsteins konservative Einstellung. Notlösungen	300
8	Die geometrische Methode	302
9	Schluss	303

Inhaltsverzeichnis	13
Nachtrag .....	305
Anmerkungen .....	311
Personen und Sachverzeichnis .....	317
Literaturverzeichnis .....	321