

Peter Mittelstaedt

# Der Zeitbegriff in der Physik

Physikalische und  
philosophische Untersuchungen  
zum Zeitbegriff in der  
klassischen und relativistischen  
Physik

## INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	9	
<b>I</b>	<b>DIE KRITIK AN DER ABSOLUTEN ZEIT</b>	
1.1	Die absolute Zeit	15
1.2	Machs Kritik an der absoluten Zeit	17
1.3	Topologische und metrische Zeit	18
1.4	Die Auswahl eines Zeitmaßes bei Mach	21
1.5	Die Einheit der Zeit – Die Entropie des Weltalls	23
<b>II</b>	<b>ALTERNATIVE ZEITMASSE IN DER MECHANIK</b>	
2.1	Das Einfachheitsprinzip von Poincaré	26
2.2	Alternative Zeitmaße in der Mechanik	28
2.3	Prinzipien der neueren Wissenschaftstheorie	30
2.4	Inertiale Bewegungen als Uhren	33
2.5	Die Einheit der Zeit als methodisches Prinzip	36
<b>III</b>	<b>DIE GLEICHZEITIGKEIT IN VERSCHIEDENEN RAUM- PUNKTEN</b>	
3.1	Die Konventionalität der Gleichzeitigkeit	41
3.2	Koordinatentransformationen in einem Bezugssystem	45
3.3	Die Lichtausbreitung	49
3.4	Festsetzung des $\epsilon$ -Parameters durch physikalische Postulate	53
3.5	Die Festlegung des $\epsilon$ -Parameters durch Invarianz- prinzipien	59
<b>IV</b>	<b>DIE ZEIT IN VERSCHIEDENEN INERTIALSYSTEMEN</b>	
4.1	Das Relativitätsprinzip	65
4.2	Die Herleitung der verallgemeinerten Lorentz- Transformation	67
4.3	Kausalität und Zeit-Topologie	70
4.4	Die Festlegung der Konstanten $v_\infty$ nach Einstein	73
4.5	Die Topologie der relativistischen Zeit	77
4.6	Die Metrik der relativistischen Zeit	82
<b>V</b>	<b>DAS UHRENPARADOXON</b>	
5.1	Die Formulierung des Uhrenparadoxons	89
5.2	Die Zeitmessung in beschleunigten Bezugssystemen	92
5.3	Koordinatenzeit und Eigenzeit	95
5.4	Die Auflösung des Uhrenparadoxons	98
5.5	Berechnung eines Beispiels	102

VI	DIE KONVENTIONALITÄT DER LORENTZ-TRANSFORMATION	
6.1	Die verallgemeinerte Lorentz-Transformation . . . . .	107
6.2	Der Zusammenhang zwischen $T(v, v_\infty)$ und der $\epsilon$ -Konvention . . . . .	110
6.3	Konventionen zur Festlegung des $\epsilon$ -Parameters . . . . .	114
6.4	Die Bestimmung von $v_\infty$ aus der Lorentz-Invarianz . . . . .	120
6.5	Das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit . . . . .	124
VII	DIE REKONSTRUKTION DER ABSOLUTEN ZEIT IN DER RELATIVITÄTSTHEORIE	
7.1	Die Galilei-Transformationen . . . . .	127
7.2	Der Verzicht auf das Relativitätsprinzip . . . . .	131
7.3	Die absolute Gleichzeitigkeit ohne Relativitätsprinzip . . . . .	135
7.4	Postulate zur Festlegung von Galilei-Systemen . . . . .	141
VIII	DER ZEITBEGRIFF IN DER ALLGEMEINEN RELATIVITÄTSTHEORIE	
8.1	Problemstellung – Die Einbeziehung der Gravitation . . . . .	147
8.2	Die Metrik der Zeit an einem Raumpunkt . . . . .	149
8.3	Die Gleichzeitigkeit in räumlich entfernten Punkten . . . . .	156
8.4	Abschließende Bemerkungen . . . . .	165
Anhang		
I	Die Additivität der topologischen Zeit . . . . .	171
II	Die Definition der absoluten Temperatur . . . . .	174
III	Die kanonischen Gleichungen des homogenen Formalismus . . . . .	176
IV	Zur Herleitung der Lorentz-Transformation . . . . .	178
V	Die Kinematik in beschleunigten Bezugssystemen . . . . .	182
	Namen- und Sachverzeichnis . . . . .	185