

# **Detektoren für Teilchenstrahlung**

Von Prof. Dr. rer. nat. Konrad Kleinknecht  
Universität Mainz

3., durchgesehene und erweiterte Auflage  
Mit 154 Figuren und 20 Tabellen



B.G. Teubner Stuttgart 1992

# Inhalt

<b>Kapitel 1. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN</b>	8
1.1 Anwendungsbereiche für Strahlungsdetektoren	8
1.1.1 Natürliche Strahlungsquellen	8
1.1.2 Einheiten der Strahlungsmessung	10
1.1.3 Künstliche Radioaktivität	13
1.1.4 Teilchenbeschleuniger	15
1.2 Wechselwirkung von Teilchenstrahlung mit Materie	20
1.2.1 Nachweis von geladenen Teilchen	21
1.2.2 Nachweis von Photonen	33
1.2.3 Bremsstrahlung von Elektronen	39
1.3 Elektronen und Ionen in Gasen	41
1.3.1 Beweglichkeit von Ionen	41
1.3.2 Diffusion in feldfreiem Gas	42
1.3.3 Rekombination und Elektronenanlagerung	44
1.3.4 Elektronendrift in elektrischen Feldern	47
1.3.5 Elektronendrift in elektrischen und magnetischen Feldern	53
1.3.6 Diffusion von Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern	58
1.4 Kenngrößen für Detektoren	65
<b>Kapitel 2. IONISATIONSMESSUNG</b>	71
2.1 Ionisationskammern	71
2.2 Proportionalzähler	77
2.3 Auslösezähler	82
2.4 Ionisationsmessung in Flüssigkeiten	85
2.5 Halbleiterzähler	90
<b>Kapitel 3. ORTSMESSUNG</b>	98
3.1 Vieldrahtproportionalkammer	98
3.2 Ebene Driftkammern	104
3.3 Zylindrische Drahtkammern	108
3.4 Die Jet-Driftkammer	113
3.5 Zeit-Projektionskammer (TPC)	117

<b>3.6</b>	<b>Simulation von Teilchenspuren mit UV-Lasern</b>	<b>121</b>
<b>3.7</b>	<b>Blasenkammern</b>	<b>124</b>
<b>3.8</b>	<b>Streamerkammern</b>	<b>130</b>
<b>3.9</b>	<b>Flashkammern</b>	<b>135</b>
<b>3.10</b>	<b>Funkenkammern</b>	<b>135</b>
<b>3.11</b>	<b>Kernspuremulsion</b>	<b>137</b>
<b>3.12</b>	<b>Silizium-Streifendetektoren und CCD's</b>	<b>139</b>
<b>3.13</b>	<b>Szintillierende Fibern</b>	<b>143</b>
<b>3.14</b>	<b>Vergleich von Ortsdetektoren</b>	<b>144</b>
<b>Kapitel 4. ZEITMESSUNG</b>		<b>146</b>
<b>4.1</b>	<b>Photomultiplier</b>	<b>146</b>
<b>4.2</b>	<b>Szintillatoren</b>	<b>153</b>
<b>4.3</b>	<b>Lichtsammlung</b>	<b>160</b>
<b>4.4</b>	<b>Ebene Funkenzähler</b>	<b>165</b>
<b>Kapitel 5. TEILCHENIDENTIFIZIERUNG</b>		<b>168</b>
<b>5.1</b>	<b>Neutronenzähler</b>	<b>168</b>
<b>5.2</b>	<b>Flugzeitmessung</b>	<b>174</b>
<b>5.3</b>	<b>Cherenkov-Zähler</b>	<b>175</b>
<b>5.4</b>	<b>Übergangsstrahlungs-Detektoren</b>	<b>189</b>
<b>5.5</b>	<b>Mehrfachmessung der spezifischen Ionisation</b>	<b>195</b>
<b>5.6</b>	<b>Vergleich der Methoden zur Identifizierung geladener Teilchen</b>	<b>204</b>
<b>Kapitel 6. ENERGIEMESSUNG</b>		<b>207</b>
<b>6.1</b>	<b>Elektron-Photon-Schauerzähler</b>	<b>207</b>
<b>6.2</b>	<b>Hadron-Kalorimeter</b>	<b>219</b>
<b>6.3</b>	<b>Eichung und Überwachung von Kalorimetern</b>	<b>2333</b>
<b>Kapitel 7. IMPULSMESSUNG</b>		<b>236</b>
<b>7.1</b>	<b>Magnetformen für Experimente bei ruhendem Target</b>	<b>236</b>
<b>7.2</b>	<b>Magnetformen für Speicherringexperimente</b>	<b>243</b>
<b>7.3</b>	<b>Zentrale Spurdetektoren für Speicherringexperimente</b>	<b>245</b>

**Kapitel 8. BEISPIELE FÜR ANWENDUNGEN VON  
DETEKTORSYSTEMEN**

	249	
8.1	Medizinische Anwendungen	250
8.2	Geophysikalische Anwendungen	253
8.3	Anwendungen in der Raumfahrt	255
8.4	Eine atomphysikalische Apparatur	260
8.5	Ein kernphysikalisches Experiment	262
8.6	Detektorsysteme in der Hochenergiephysik	265
8.6.1	Ein Detektor für hadronische Reaktionen	265
8.6.2	Ein Neutrino-Detektor	265
8.6.3	Ein Detektor für Elektron-Positron-Stöße im Speicherring	269
8.6.4	Ein Detektor für Proton-Antiproton-Stöße im Speicherring	270
8.6.5	Die vier Detektoren am Elektron-Positron-Speicherring LEP	271
8.6.6	Die beiden HERA-Detektoren	276
8.7	Detektoren zum Protonenzerfall	279

**LITERATURNACHWEIS****SACHVERZEICHNIS**

284

294