

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Die Zweite Quantisierung . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1	Identische Teilchen . . . . .	3
1.2	„Kontinuierliche“ Fock-Darstellung . . . . .	9
1.3	„Diskrete“ Fock-Darstellung . . . . .	21
1.4	Aufgaben . . . . .	28
	Kontrollfragen . . . . .	33
<b>2</b>	<b>Viel-Teilchen-Modellsysteme . . . . .</b>	<b>35</b>
2.1	Kristallelektronen . . . . .	37
2.1.1	Nicht wechselwirkende Bloch-Elektronen . . . . .	37
2.1.2	Jellium-Modell . . . . .	42
2.1.3	Hubbard-Modell . . . . .	53
2.1.4	Aufgaben . . . . .	57
2.2	Gitterschwingungen . . . . .	62
2.2.1	Harmonische Näherung . . . . .	62
2.2.2	Phononengas . . . . .	66
2.2.3	Aufgaben . . . . .	72
2.3	Elektron-Phonon-Wechselwirkung . . . . .	74
2.3.1	Hamilton-Operator . . . . .	74
2.3.2	Effektive Elektron-Elektron-Wechselwirkung . . . . .	78
2.3.3	Aufgaben . . . . .	82

<b>2.4 Spinwellen . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>2.4.1 Klassifikation der magnetischen Festkörper . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>2.4.2 Modellvorstellungen . . . . .</b>	<b>88</b>
<b>2.4.3 Magnonen . . . . .</b>	<b>91</b>
<b>2.4.4 Spinwellennäherung . . . . .</b>	<b>96</b>
<b>2.4.5 Aufgaben . . . . .</b>	<b>97</b>
<b>Kontrollfragen . . . . .</b>	<b>100</b>
<b>3 Green-Funktionen . . . . .</b>	<b>105</b>
<b>3.1 Vorbereitungen . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>3.1.1 Bilder . . . . .</b>	<b>107</b>
<b>3.1.2 Linear-Response-Theorie . . . . .</b>	<b>113</b>
<b>3.1.3 Magnetische Suszeptibilität . . . . .</b>	<b>117</b>
<b>3.1.4 Elektrische Leitfähigkeit . . . . .</b>	<b>119</b>
<b>3.1.5 Dielektrizitätsfunktion . . . . .</b>	<b>121</b>
<b>3.1.6 Spektroskopien, Spektraldichte . . . . .</b>	<b>124</b>
<b>3.1.7 Aufgaben . . . . .</b>	<b>129</b>
<b>3.2 Zweizeitige Green-Funktionen . . . . .</b>	<b>131</b>
<b>3.2.1 Bewegungsgleichungen . . . . .</b>	<b>131</b>
<b>3.2.2 Spektraldarstellungen . . . . .</b>	<b>136</b>
<b>3.2.3 Spektraltheorem . . . . .</b>	<b>140</b>
<b>3.2.4 Exakte Relationen . . . . .</b>	<b>143</b>
<b>3.2.5 Kramers-Kronig-Relationen . . . . .</b>	<b>146</b>
<b>3.2.6 Aufgaben . . . . .</b>	<b>148</b>
<b>3.3 Erste Anwendungen . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>3.3.1 Nicht wechselwirkende Bloch-Elektronen . . . . .</b>	<b>151</b>
<b>3.3.2 Freie Spinwellen . . . . .</b>	<b>157</b>
<b>3.3.3 Das Zwei-Spin-Problem . . . . .</b>	<b>159</b>
<b>3.3.4 Aufgaben . . . . .</b>	<b>170</b>

3.4	Das Quasiteilchenkonzept . . . . .	173
3.4.1	Ein-Elektronen-Green-Funktion . . . . .	174
3.4.2	Elektronische Selbstenergie . . . . .	176
3.4.3	Quasiteilchen . . . . .	181
3.4.4	Quasiteilchenzustandsdichte . . . . .	185
3.4.5	Innere Energie . . . . .	188
3.4.6	Aufgaben . . . . .	190
	Kontrollfragen . . . . .	191
4	Wechselwirkende Teilchensysteme . . . . .	195
4.1	Festkörperelektronen . . . . .	197
4.1.1	Der Grenzfall des unendlich schmalen Bandes . . . . .	197
4.1.2	Hartree-Fock-Näherung . . . . .	200
4.1.3	Elektronenkorrelationen . . . . .	205
4.1.4	Interpolationsmethode . . . . .	209
4.1.5	Momentenmethode . . . . .	210
4.1.6	Das exakt halbgefüllte Band . . . . .	219
4.1.7	Aufgaben . . . . .	223
4.2	Kollektive elektronische Anregungen . . . . .	227
4.2.1	Ladungsabschirmung (Thomas-Fermi-Näherung) . . . . .	227
4.2.2	Ladungsdichtewellen, Plasmonen . . . . .	232
4.2.3	Spindichtewellen, Magnonen . . . . .	240
4.2.4	Aufgaben . . . . .	243
4.3	Elementaranregungen in ungeordneten Legierungen . . . . .	247
4.3.1	Problemstellung . . . . .	247
4.3.2	Methode des effektiven Mediums . . . . .	250
4.3.3	Coherent Potential Approximation . . . . .	252
4.3.4	Diagrammatische Methoden . . . . .	256
4.3.5	Anwendungen . . . . .	266

<b>4.4</b>	<b>Spinsysteme</b>	<b>267</b>
4.4.1	Tyablikow-Näherung	267
4.4.2	„Renormierte“ Spinwellen	274
4.4.3	Aufgaben	279
<b>4.5</b>	<b>Elektron-Magnon-Wechselwirkung</b>	<b>280</b>
4.5.1	Magnetische $4f$ -Systeme ( $s-f$ -Modell)	281
4.5.2	Das unendlich schmale Band	283
4.5.3	Legierungsanalogie	288
4.5.4	Das magnetische Polaron	289
4.5.5	Aufgaben	299
	<b>Kontrollfragen</b>	<b>300</b>
<b>5</b>	<b>Störungstheorie (<math>T = 0</math>)</b>	<b>305</b>
5.1	<b>Kausale Green-Funktion</b>	<b>307</b>
5.1.1	„Konventionelle“ zeitunabhängige Störungstheorie	307
5.1.2	„Adiabatisches Einschalten“ der Wechselwirkung	311
5.1.3	Kausale Green-Funktion	317
5.1.4	Aufgaben	320
5.2	<b>Das Wick'sche Theorem</b>	<b>322</b>
5.2.1	Das Normalprodukt	322
5.2.2	Der Wick'sche Satz	325
5.2.3	Aufgaben	331
5.3	<b>Feynman-Diagramme</b>	<b>331</b>
5.3.1	Störungsentwicklung für die Vakuumamplitude	332
5.3.2	Linked-Cluster-Theorem	341
5.3.3	Hauptsatz von den zusammenhängenden Diagrammen	346
5.3.4	Aufgaben	348
5.4	<b>Ein-Teilchen-Green-Funktion</b>	<b>349</b>
5.4.1	Diagrammatische Störreihe	349

5.4.2	Dyson-Gleichung	356
5.4.3	Aufgaben	360
5.5	Grundzustandsenergie des Elektronengases (Jellium-Modell)	361
5.5.1	Störungstheorie erster Ordnung	361
5.5.2	Störungstheorie zweiter Ordnung	364
5.5.3	Korrelationsenergie	369
5.6	Diagrammatische Partialsummen	380
5.6.1	Polarisationspropagator	380
5.6.2	Effektive Wechselwirkung	387
5.6.3	Vertexfunktion	392
5.6.4	Aufgaben	395
	Kontrollfragen	396
6	Störungstheorie bei endlichen Temperaturen	401
6.1	Matsubara-Methode	403
6.1.1	Matsubara-Funktionen	403
6.1.2	Großkanonische Zustandssumme	409
6.1.3	Ein-Teilchen-Matsubara-Funktion	412
6.1.4	Aufgaben	416
6.2	Diagrammatische Störungstheorie	417
6.2.1	Das Wick'sche Theorem	417
6.2.2	Diagrammanalyse der großkanonischen Zustandssumme	421
6.2.3	Ringdiagramme	428
6.2.4	Ein-Teilchen-Matsubara-Funktion	431
6.2.5	Dyson-Gleichung, Skelett-Diagramme	436
6.2.6	Hartree-Fock-Näherung	440
6.2.7	„Störungstheorie“ zweiter Ordnung	442
6.2.8	Hubbard-Modell	445
6.2.9	Jellium-Modell	446

6.2.10 Imaginärteil der Selbstenergie im Niederenergiebereich . . . . .	448
6.2.11 Quasiteilchen, Fermi-Flüssigkeit . . . . .	451
6.2.12 Aufgaben . . . . .	458
6.3 Mehr-Teilchen-Matsubara-Funktionen . . . . .	461
6.3.1 Dichtekorrelation . . . . .	461
6.3.2 Polarisationspropagator . . . . .	468
6.3.3 Effektive Wechselwirkung . . . . .	472
6.3.4 Vertexfunktion . . . . .	476
6.3.5 Transversale Spinsuszeptibilität . . . . .	480
6.3.6 Aufgaben . . . . .	483
Kontrollfragen . . . . .	484
Lösungen der Übungsaufgaben . . . . .	487
Sachverzeichnis . . . . .	665