



## Contents

Friedrich Hund  
zum siebzigsten Geburtstag  
SIEGFRIED FLÜGGE

1

Der Magnetische  
Barkhausen-Effekt  
KLAUS STIERSTADT

2

Canonical Quantization  
of Gauge Invariant  
Field Theories  
WOLFGANG KUNDT

107

# Der Magnetische Barkhausen-Effekt

KLAUS STIERSTADT\*

I. Physikalisches Institut  
der Universität München  
(z. Z. Centre National  
de la Recherche Scientifique, Grenoble)

Eingegangen im Januar 1966

## Inhaltsverzeichnis

Abstract . . . . .	3
I. Einleitung . . . . .	4
1. Die Bedeutung des Barkhausen-Effekts für Physik und Technik . . . . .	4
2. Historischer Überblick . . . . .	5
3. Die elementaren Magnetisierungsvorgänge beim Barkhausen-Effekt . . . . .	6
a) Das Potentialmodell . . . . .	7
b) Die Sprungdauer . . . . .	8
II. Der normale Barkhausen-Effekt in kompakten Metallen bei isothermer Magnetisierung . . . . .	9
1. Die Zahl und Größe der Sprünge . . . . .	9
a) Magnetisches Moment und Sprungvolumen . . . . .	9
b) Theoretische Überlegungen zur Häufigkeitsverteilung der Sprung- größen . . . . .	10
c) Experimentelle Untersuchungen der Häufigkeitsverteilung der Sprunggrößen . . . . .	12
d) Die „mittlere“ Sprunggröße . . . . .	15
e) Entwicklung und heutiger Stand unserer Kenntnisse von der Sprunggröße . . . . .	16
f) Die Sprunggrößenverteilung längs der Magnetisierungskurve . . . . .	18
g) Die Sprunggröße als Funktion der Temperatur . . . . .	21
h) Die Sprunggröße als Funktion des Entmagnetisierungsfaktors . . . . .	24
i) Der Einfluß mechanischer Deformation . . . . .	25
2. Der Barkhausen-Anteil der Magnetisierung und der Suszeptibilität . . . . .	28
3. Der zeitliche Ablauf des einzelnen Sprunges . . . . .	32
a) Die Bestimmungsgrößen der Wandgeschwindigkeit . . . . .	32
b) Die Berechnung der Wandgeschwindigkeit . . . . .	33
c) Experimentelle Ergebnisse . . . . .	35
α) Der Sixtus-Tonks-Versuch . . . . .	35
β) Die Wandgeschwindigkeit in großen Einkristallen . . . . .	36
γ) Die Dauer der Barkhausen-Sprünge in Vielkristallen . . . . .	37
δ) Die Bestimmung der Sprungdauer aus dem Rauschen . . . . .	39
4. Der zeitliche Abstand und die Kopplung der Sprünge . . . . .	40
a) Qualitative Beobachtungen der Kopplung . . . . .	40
b) Die Zeitabstände zwischen den Sprüngen . . . . .	41

\* Der Verfasser ist der Fritz-Thyssen-Stiftung für die Gewährung eines Stipendiums zu großem Dank verpflichtet.

c) Untersuchung des Rauschens . . . . .	45
d) Einfluß der Kopplung im Preisach-Diagramm . . . . .	46
5. Die Richtung der Sprünge . . . . .	46
a) Der Winkel zwischen bewegter Wand und Feldrichtung . . . . .	46
b) „Negative“ Barkhausen-Sprünge . . . . .	49
c) Die Bewegungsrichtung der Wände im Einkristall . . . . .	50
III. Der Barkhausen-Effekt unter besonderen äußereren Bedingungen und in speziellen magnetischen Werkstoffen . . . . .	51
1. Der „mechanische“ Barkhausen-Effekt . . . . .	52
2. Der Barkhausen-Effekt bei thermischer Idealisierung . . . . .	54
3. Der Procopiu-Effekt . . . . .	57
4. Barkhausen-Sprünge bei magnetischer Nachwirkung . . . . .	60
5. Barkhausen-Sprünge in Ferrimagnetika . . . . .	62
6. Barkhausen-Sprünge in kleinen Teilchen und dünnen Schichten . . . . .	64
7. Große Barkhausen-Sprünge . . . . .	67
8. Das Rauschen von Spulen mit ferromagnetischem Kern . . . . .	69
a) Analytische Darstellung des Rauschspektrums . . . . .	71
b) Messungen der Frequenzabhängigkeit des Barkhausen-Rauschens . . . . .	72
c) Das Rauschen des thermischen Schwankungsfeldes . . . . .	75
9. Barkhausen-Effekt und Preisach-Diagramm . . . . .	76
10. Begleiterscheinungen des Barkhausen-Effekts . . . . .	79
a) Längenänderung . . . . .	80
b) Widerstandsänderung . . . . .	80
c) Matteucci-Effekt . . . . .	80
d) „Innerer“ Barkhausen-Effekt . . . . .	80
IV. Meßmethoden . . . . .	80
1. Messung des Volumens und des magnetischen Moments der Sprünge . . . . .	81
a) Optische Methoden . . . . .	81
b) Elektrische Methoden . . . . .	82
c) Geometrie der Versuchsanordnung . . . . .	83
d) Verstärker und Registriergeräte . . . . .	84
2. Eichung des magnetischen Flusses in der Suchspule . . . . .	85
3. Messung der Sprungdauer . . . . .	88
4. Messung der Zeitabstände zwischen den Sprüngen . . . . .	89
V. Schlußbetrachtungen . . . . .	91
Literatur . . . . .	92



# Canonical Quantization of Gauge Invariant Field Theories

WOLFGANG KUNDT

I. Institut für Theoretische Physik  
der Universität Hamburg

Received March 1966

## Contents

Introduction . . . . .	108
Acknowledgements and Historical Remarks . . . . .	109
Part I: Canonical Quantization. . . . .	110
1. Classical System of Finite Dimension . . . . .	110
1.1 Regular Theory . . . . .	110
1.2 Phase Space Description . . . . .	110
1.3 Statistical Ensemble . . . . .	111
1.4 Equation of Motion. . . . .	112
1.5 Invariance Group . . . . .	112
1.6 Unitary Representation of the Invariance Group . . . . .	114
1.7 Summary . . . . .	115
2. Quantized System of Finite Dimension . . . . .	115
2.1 Commutation Relations . . . . .	115
2.2 Quantum Ensemble . . . . .	116
2.3 Equation of Motion. . . . .	117
2.4 Implications . . . . .	119
2.5 Different Foundations . . . . .	120
2.6 Invariance Group . . . . .	120
2.7 Unitary Representation of the Invariance Group . . . . .	122
2.8 Summary . . . . .	122
3. Comparison between Classical and Quantized System . . . . .	122
3.1 Confrontation . . . . .	122
3.2 Invariance of Canonical Quantization . . . . .	123
3.3 Phase Space Representation of a Quantized System . . . . .	124
3.4 Invariant Quantization Prescriptions . . . . .	127
3.5 Statistics . . . . .	128
4. Classical Field . . . . .	129
4.1 Functional Derivative . . . . .	129
4.2 Configuration Space Description . . . . .	130
4.3 Phase Space Description . . . . .	131
4.4 Field Equation. . . . .	132
4.5 Statistical Ensemble . . . . .	133
4.6 Summary . . . . .	134
5. Quantized Field . . . . .	134
5.1 Preface . . . . .	134
5.2 Hamiltonian Dynamics . . . . .	135
5.3 Expectation Value . . . . .	136
5.4 Difficulties . . . . .	137
5.5 Frame Theory . . . . .	137
5.6 Fermi-Dirac Fields . . . . .	138
5.7 Electromagnetic Field . . . . .	139
5.8 Gravitational Field . . . . .	140
5.9 Summing Remarks . . . . .	143

Part II: Canonical Regularization . . . . .	143
6. Hamiltonian Formalism . . . . .	143
6.1 Preface . . . . .	143
6.2 Primary Constraints, Hamiltonian . . . . .	144
6.3 Lagrangean Constraints, Constraint Surface . . . . .	146
6.4 Observables, Reduced Phase Space . . . . .	147
6.5 Electromagnetic Field . . . . .	149
7. Canonical Transformations . . . . .	151
7.1 Derivatives . . . . .	151
7.2 Definition, Generating Functional . . . . .	152
7.3 Dirac Bracket . . . . .	153
7.4 Summary . . . . .	158
8. Lagrangean Formalism . . . . .	158
8.1 Invariant Canonical Transformations . . . . .	158
8.2 Peierls Bracket . . . . .	160
Appendix: Weyl Wigner Isomorphism . . . . .	162
References . . . . .	166

