

EINFÜHRUNG IN DIE STATISTISCHE ÜBERTRAGUNGSTHEORIE

VON

FRIEDRICH ALEXANDER FISCHER

HONORARPROFESSOR AN DER
TECHNISCHEN HOCHSCHULE DARMSTADT



BIBLIOGRAPHISCHES INSTITUT • MANNHEIM/ZÜRICH

HOCHSCHULTASCHENBÜCHER-VERLAG

INHALT

Einleitung

KAPITEL I

Analyse der Struktur der Signale

| | |
|---|----|
| A) Die harmonische Schwingung als Aufbauelement | 13 |
| § 1 Die harmonische Schwingung | 13 |
| § 2 Periodische Vorgänge (Die Fourier-Reihe) | 14 |
| § 3 Das Gibbs-Phänomen | 18 |
| § 4 Die Leistung eines periodischen Vorgangs | 22 |
| § 5 Unperiodische Vorgänge mit endlicher Energie (Das Fourier-Integral). | 22 |
| § 6 Die Unschärferelation impulsartiger Signale | 29 |
| § 7 Die Zeitfrequenzspektren und die Ungenauigkeitsrelation der praktischen Frequenzanalyse. | 34 |
| § 8 Die Fourier-Transformation und ihr Zusammenhang mit der Laplace-Transformation. | 39 |
| § 9 Die Momentanfrequenz und das analytische Signal | 43 |
| § 10 Das Linienspektrum einer Impulsfolge | 55 |
| B) Die „Stoßfunktion“ als Aufbauelement | 58 |
| § 1 Die δ -Funktion als „uneigentliche“ Funktion. | 58 |
| § 2 Die Auffassung der δ -Funktion als „Distribution“ nach LAURENT SCHWARTZ | 60 |
| C) Die Sprungfunktion als Aufbauelement | 63 |
| D) Weitere mögliche Aufbauelemente. | 64 |

KAPITEL II

Frequenzbandbeschränkte Signale

| | |
|--|----|
| § 1 Der Probensatz (Sampling Theorem) | 68 |
| § 2 Die Energie eines frequenzbandbeschränkten Signals | 72 |
| § 3 Frequenzbandbeschränkte Funktionen mit von Null ver- schiedener unterer Grenze ihres Frequenzbandes | 72 |
| § 4 Zeitlich beschränkte Signale | 75 |

KAPITEL III

*Harmonische Analyse nicht abklingender,
insbesondere statistischer Vorgänge*

| | |
|---|----|
| § 1 Die erweiterte harmonische Analyse von NORBERT WIENER | 78 |
| § 2 Der Begriff der spektralen Leistungsdichte | 79 |
| § 3 Der Begriff der Autokorrelation | 81 |
| § 4 Das Wiener-Theorem | 84 |
| § 5 Rauschsignale | 85 |
| § 6 Die Beeinflussung eines linearen Systems durch einen nicht-abklingenden Vorgang | 86 |

KAPITEL IV

*Anwendung der erweiterten harmonischen Analyse zur
Erreichung eines optimalen Signal-zu-Störverhältnisses*

| | |
|---|----|
| § 1 Die Auffindung versteckter Periodizitäten | 91 |
| § 2 Signalangepaßte (matched) Filter und die Korrelations-technik | 93 |

KAPITEL V

Die Struktur der stationären Geräusche

| | |
|---|-----|
| § 1 Exkurs über die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie | 98 |
| § 2 Wahrscheinlichkeitsverteilungen | 105 |
| § 3 Zufällige Prozesse | 108 |
| § 4 Die verschiedenen Momente und die charakteristische Funktion | 114 |
| § 5 Die Verteilungsfunktion einer unendlichen Summe voneinander unabhängiger stochastischer Vorgänge mit untereinander gleicher, aber beliebiger Wahrscheinlichkeitsverteilung. Zentraler Grenzwertsatz (Central limit theorem) der Statistik | 117 |
| § 6 Regression und Kreuzkorrelation | 119 |
| § 7 Zweidimensionale Normalverteilungen | 121 |

KAPITEL VI

*Die Entdeckung einzelner Signale bei Anwesenheit von
Störungen nach der statistischen Entscheidungstheorie*

| | |
|---------------------------------------|-----|
| § 1 Das Theorem von BAYES | 124 |
| § 2 Die einfachste Entscheidungsregel | 125 |

| | |
|--|------|
| § 3 Die Entscheidungsregel mit Berücksichtigung der Kosten | 126 |
| § 4 Die Entdeckung von Signalen in weißem Gaußschen Rauschen | .128 |
| §5 Die Empfänger-Arbeitscharakteristik | .131 |

KAPITEL VII

Der statistische Begriff „Information“

| | |
|---|------|
| § 1 Entstehung einer Nachricht durch Auswahl eines Zeichens aus einem Zeichenvorrat | .136 |
| § 2 Binärzeichen und binäre Entscheidung | .138 |
| §3 Der Entscheidungsgehalt einer Zeichenmenge. | .138 |
| § 4 Der Informationsgehalt eines Zeichens von gegebener Wahrscheinlichkeit | .139 |

KAPITEL VIII

Das allgemeine Schema einer Nachrichtenübertragung

| | |
|---|------|
| § 1 Die Aufbauteile einer allgemeinen Nachrichtenübertragung | 142 |
| § 2 Die Entropie einer Quelle | .143 |
| § 3 Die Kapazität eines ungestörten Nachrichtenkanals | 144 |
| § 4 Die Kapazität eines gestörten Kanals | .145 |

KAPITEL IX

Der Begriff der Entropie in der Informationstheorie und die optimale Codierung

| | |
|--|------|
| § 1 Ähnlichkeit mit dem Begriff der Entropie in der Thermodynamik | .146 |
| § 2 Anzahl der wahrscheinlichsten Wörter aus Buchstaben von gegebener Wahrscheinlichkeit | .149 |
| § 3 Die günstigste Codierung | .151 |
| § 4 Die Fundamenteigenschaften der Entropiefunktion . . . | 155 |
| §5 Die Entropie bei einem Markoff-Prozeß | .157 |

KAPITEL X

Nichtoptimale Codierungen

| | |
|---|------|
| § 1 Einfachste Beispiele für Codes mit Möglichkeiten zur Fehlererkennung und Fehlerkorrektur. | .159 |
|---|------|

KAPITEL XI

*Der Begriff der Kapazität eines Nachrichtenkanals
und die bedingten Entropien*

- § 1 Der bedingte Informationsgehalt eines Ereignisses und der Begriff der Transinformation.162
- § 2 Der Shannonsche Existenzbeweis für die optimale Codierung bei der Nachrichtenübertragung durch einen gestörten Kanal.166

KAPITEL XII

Die Übertragung von Information durch kontinuierliche Signale

- §1 Die Entropie einer kontinuierlichen Quelle.170
 - § 2 Das weiße Gaußsche Rauschen als Quelle maximaler Entropie bei gegebener Leistung.171
 - § 3 Die Shannonsche Formel für die Kanalkapazität und die ihr zu Grunde liegenden Voraussetzungen.174
 - § 4 Die Pulsmodulationen als Approximation der optimalen Codierung.175
- Schriftumsverzeichnis.*181
- Register.*184