

## Zum Inhalt dieses Buches

Seit den ersten Anfängen der Nachrichtenübertragung als naturwissenschaftliche Disziplin war es das Bestreben vieler Ingenieure und Mathematiker, ein quantitatives Maß für die in einer Nachricht enthaltene Information zu finden. Hierbei soll unter Information ganz allgemein die Kenntnis über irgend etwas verstanden werden, während wir im folgenden eine Nachricht stets als eine Zusammenstellung von Symbolen und/oder Zuständen betrachten, die zur Übermittlung von Information dient. Die (abstrakte) Information wird durch die (konkrete) Nachricht mitgeteilt und kann in vielerlei Hinsicht als Interpretation einer Nachricht aufgefasst werden.

**Claude Elwood Shannon** gelang es 1948, eine in sich konsistente Theorie über den Informationsgehalt von Nachrichten zu begründen, die zu ihrer Zeit revolutionär war und ein neues, bis heute hochaktuelles Wissenschaftsgebiet kreierte: die nach ihm benannte **Shannonsche Informationstheorie**. Von dieser handelt dieses Lehrbuch, das im Mai 2011 begonnen und im Sommer 2015 fertiggestellt wurde.

Das Buch ist wie folgt gegliedert ist (die Links führen zur jeweiligen Kurzübersicht):

1. Entropie wertdiskreter Nachrichtenquellen (28T, 32G, 3I, 3V, 8A, 4Z)
  2. Quellencodierung – Datenkomprimierung (41T, 67G, 5I, 14A, 7Z)
  3. Information zwischen wertdiskreten Zufallsgrößen (32T, 61G, 3I, 4V, 14A, 7Z)
  4. Wertkontinuierliche Informationstheorie (29T, 76G, 5I, 6V, 10A, 7Z)
- ⇒ **Gesamtes Buch:** 128T, 236G, 9V, 14I, 46A, 25Z.

Hierbei bedeuten:

A = Aufgabe, G = Grafik, I = Interaktionsmodul, T = Theorie, V = Lernvideo, Z = Zusatzaufgabe.

Der Umfang dieses Buches entspricht einer Lehrveranstaltung mit zwei Semesterwochenstunden (SWS) Vorlesung und einer SWS Übungen. Die **PDF-Version** zum Buch (insgesamt 394 Seiten) finden Sie auf der Startseite unter DOWNLOADS, unterteilt nach

- Vorbemerkungen (4 Seiten),
- Theorie (128 Seiten),
- Aufgaben (151 Seiten), und
- Musterlösungen (111 Seiten).

Im Mai 2015 wurde das Buch aus unserer Sicht letztmalig überarbeitet. Natürlich werden wir weiterhin Fehler und Unstimmigkeiten beheben, wenn uns solche von Ihnen gemeldet werden.

**Wir wünschen Ihnen viele Erkenntnisse und etwas Spaß bei der Bearbeitung des Buches!**

## Hinweise zu den Lernvideos

Ein Charakteristikum von *LNTwww* sind **Lernvideos**, auf die wir hier besonders hinweisen:

- **Klassische Definition der Wahrscheinlichkeit** (Grundlagen, Dauer 5:19)
- **Statistische Abhängigkeit und Unabhängigkeit** (Grundlagen, 3-teilig, Dauer 11:53)
- **Berechnung der Momente bei diskreten Zufallsgrößen** (Grundlagen, Dauer 6:32)
- **Übertragungskanal – Eigenschaften & Beschreibungsgrößen** (Kap. 3.3, Dauer 2:00)
- **Wahrscheinlichkeit und Dichtefunktion** (Kapitel 4.1, 2-teilig, Dauer 12:05)
- **Zusammenhang WDF – VTF** (Kapitel 4.1, 2-teilig, Dauer 10:00)
- **Der AWGN-Kanal – Teil 1** (Kapitel 4.2 und 4.3, Dauer 6:00)
- **Der AWGN-Kanal – Teil 2** (Kapitel 4.2 und 4.3, Dauer 5:15)
- **Der AWGN-Kanal – Teil 3** (Kapitel 4.2 und 4.3, Dauer 6:15)

## Hinweise zu den Interaktionsmodulen

Des Weiteren finden Sie im Buch einige **Interaktionsmodule**. Darunter verstehen wir Berechnungen und kleinere Simulationen, die Sie online durchführen können. Die Reihenfolge der folgenden Aufstellung entspricht der Reihenfolge im Buch.

Zunächst eine Zusammenstellung der vier Multimedia–Elemente, die speziell für dieses Buch „Einführung in die Informationstheorie“ realisiert wurden:

- **Entropien von Nachrichtenquellen** (zu Kapitel 1.1 und 3.1)
- **Lempel–Ziv–Algorithmen** (zu Kapitel 2.2)
- **Shannon–Fano– und Huffman–Codierung** (zu Kapitel 2.3)
- **Transinformation zwischen diskreten Zufallsgrößen** (zu Kapitel 3.3)

Zusammenstellung (irgendwie) passender Multimedia–Elemente aus anderen Büchern:

- **Ereigniswahrscheinlichkeiten einer Markovkette** (zu Kapitel 1.2)
- **Signale, AKF und LDS der Pseudoternärcodes** (zu Kapitel 1.2)
- **Einfluss einer Bandbegrenzung für Sprache und Musik** (zu Kapitel 2.1)
- **Qualität verschiedener Sprach–Codecs** (zu Kapitel 2.1)
- **Ereigniswahrscheinlichkeiten der Binomialverteilung** (zu Kapitel 3.1)
- **WDF, VTF und Momente spezieller Verteilungen** (zu Kapitel 4.1)
- **Abtastung analoger Signale und Signalrekonstruktion** (zu Kapitel 4.1)
- **WDF und VTF bei Gaußschen 2D–Zufallsgrößen** (zu Kapitel 4.2 und 4.3)
- **Komplementäre Gaußsche Fehlerfunktion** (zu Kapitel 4.2 und 4.3)
- **Mehrstufige PSK und Union Bound** (zu Kapitel 4.3)

Die grundlegende Theorie wird auf 52 Seiten dargelegt. Dazu beinhaltet das Kapitel noch 104 Grafiken, 14 Aufgaben und neun Zusatzaufgaben mit insgesamt 101 Teilaufgaben, sowie ein Lernvideo (LV) und sieben Interaktionsmodule (IM):

- **Galoisfeld: Eigenschaften und Anwendungen** (LV zu den Grundlagen, Gesamtdauer 39:10)
- **Digitales Filter** (IM zu Kap. 3.1)
- **Zur Verdeutlichung der grafischen Faltung** (IM zu Kap. 3.2)
- **Korrelationskoeffizient und Regressionsgerade** (IM zu Kap. 3.4)
- **Viterbi–Empfänger** (IM zu Kap. 3.4)
- **M–PSK und Union Bound** (IM zu Kap. 3.5)
- **Diskrete Fouriertansformation** (IM zu den Grundlagen)
- **Komplementäre Gaußsche Fehlerfunktionen** (IM zu den Grundlagen)

## Über die Autoren dieses Buches

Autor des Online-Kurses „Einführung in die Informationstheorie“ ist Prof. Dr.-Ing. habil. **Günter Söder**. Im Gegensatz zu anderen Fachbüchern im *LNTwww* konnte er hier nur auf wenige eigene Manuskripte zurückgreifen. Berücksichtigt sind im Kurs insbesondere die Vorlesungsunterlagen

- [Meck09] von Dr.-Ing. **Michael Mecking**, der die englischsprachige Vorlesung *Information Theory* an der Technische Universität München in den Jahren 2002 bis 2012 gehalten hat,
- [Kra13] von Prof. Dr. sc. techn. **Gerhard Kramer**, der *Information Theory* seit 2012 liest. **Gerhard Kramer** ist Inhaber des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der TU München.

Alle Rechte am Buch verbleiben beim **Lehrstuhl für Nachrichtentechnik** der TU München.

Ich danke Herrn Professor **Gerhard Kramer**, dem Leiter des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik für die Gelegenheit, dieses Lerntutorial auch nach meinem Ruhestand (2011) noch zu Ende zu bringen. Ein Dankeschön geht auch an meine Ex-Kollegen Dr.-Ing. **Michael Mecking**, Dr.-Ing. **Tobias Lutz** und Dr.-Ing. **Bernhard Göbel** für Verbesserungsvorschläge. Wie bei allen anderen Büchern hat mich Frau **Doris Dorn** bei den redaktionellen Arbeiten wieder toll unterstützt. Herzlichen Dank!

Im Rahmen von Abschlussarbeiten waren an der multimedialen Umsetzung der Lehrinhalte beteiligt:

*Thomas Großer* (2007), *Bettina Hirner* (2005), *Thorsten Kalweit* (2003), *Alexander Laible* (2011), *Ji Li* (2003), *Eugen Mehlmann* (2010), *Stefan Müller* (2010) und *Martin Völkl* (2010).

Das zugrundeliegende Autorensystem *LNTwww* wurde konzipiert und implementiert von

- **Yven Winter**: Neukonzipierung und interner Bereich (DA 2004, seither freie Mitarbeit).
- **Martin Winkler**: Grundkonzeption, externer Bereich (DA 2001, danach freie Mitarbeit),

### Einige persönliche Anmerkungen des Autors Günter Söder:

Das Buch „Einführung in die Informationstheorie“ innerhalb der *LNTwww*-Reihe unterscheidet sich von anderen Fachbüchern zu dieser Thematik dadurch, dass

- es weitgehend auf die mathematischen Beweise der informationstheoretischen Theoreme und Gesetzmäßigkeiten verzichtet,
- dafür auf die numerische Auswertung und die grafische Darstellung der wichtigsten Größen zur Informationstheorie großer Wert gelegt wird.

Die Auswahl ergab sich aus meinem Fachgebiet *Simulation digitaler Übertragungssysteme* mit mehr fachlichem Bezug zur klassischen Übertragungstechnik als zur Informationstheorie.

- Ich glaube trotzdem, dass das Buch für solche Leser – insbesondere Studierende – von Interesse sein kann, die sich zum ersten Mal mit der Informationstheorie beschäftigen.
- Für Fortgeschrittene verweise ich auf die vielen guten Bücher und/oder Manuskripte echter Informationstheoretiker. Eine Auswahl nenne ich hier (und bei den Kapitelüberblicken):

**Literaturhinweise:** [Bla87] – [CT06] – [Fan61] – [For72] – [Joh92b] – [Kra13] – [Meck09] – [Sha48]

