

Zum Inhalt dieses Buches

Im Mittelpunkt des umfangreichen eLearning-Tutorials **Digitalsignalübertragung** steht die Berechnung der Fehlerwahrscheinlichkeit, die für digitale Systeme das entscheidende Qualitätsmerkmal darstellt. Die Beschreibung erfolgt vorwiegend im Basisband, doch lassen sich die meisten Ergebnisse auch auf die digitalen Trägerfrequenzsysteme übertragen.

Das Buch gliedert sich wie folgt (alle Links beziehen sich jeweils auf die Kurzübersicht). Es bedeuten: A = Aufgabe, G = Grafik, I = Interaktionsmodul, T = Theoriseite, V = Video, Z = Zusatzaufgabe):

- 1. Digitalsignalübertragung bei idealisierten Bedingungen** (47T, 55G, 12V, 10I, 10A, 7Z)
- 2. Codierte und mehrstufige Übertragung** (33T, 42G, 2V, 6I, 8A, 4Z)
- 3. Impulsinterferenzen und Entzerrungsverfahren** (64T, 83G, 5V, 10I, 13A, 8Z)
- 4. Verallgemeinerte Beschreibung von digitaler Modulation** (55T, 85G, 7V, 7I, 19A, 9Z)
- 5. Digitale Kanalmodelle** (21T, 34G, 4V, 1I, 8A, 4Z)

Für das Verständnis der fünf Kapitel dieses Buches werden Grundkenntnisse der *Signaldarstellung* und der *Stochastischen Signaltheorie* vorausgesetzt, die Sie sich beispielsweise mit Hilfe des ersten und des dritten Buches dieses Tutorials aneignen können.

Hinweis: Dieses Buch wurde 2007 begonnen und im August 2011 letztmalig überarbeitet. Der Inhalt entspricht einer Lehrveranstaltung mit drei Semesterwochenstunden (SWS) Vorlesung und zwei SWS Übung. Es beinhaltet 220 Theoriseiten, fast 300 Grafiken sowie 90 Aufgaben mit 465 Teilaufgaben.

Desweiteren werden noch 24 interaktive Flash-Module und (derzeit) 18 Lernvideos bereitgestellt. Da gegenüber unserer Planung noch 6 Lernvideos fehlen, wird der Fertigstellungsgrad mit 95% angegeben.

Hinweise zu den Lernvideos

Ein Charakteristikum von *LNTwww* sind **Lernvideos**, auf die hier besonders hingewiesen werden soll:

- **Analoge und digitale Signale** (Grundlagen, Teil 1: 1.76 MB, 3:46 – Teil 2: 1.42 MB, 3:28)
- **Herleitung/Visualisierung der Diracfunktion** (Grundlagen, Dateigröße 0.56 MB, Dauer 2:50)
- **Rechnen mit komplexen Zahlen** (Grundlagen, Dateigröße 5.86 MB, Dauer 11:52)
- **Eigenschaften des Übertragungskanals** (Kapitel 1.1, Dateigröße 2.00 MB, Dauer 5:50)
- **Der AWGN-Kanal – Teil 1** (Kapitel 1.1 und Kapitel 5.1, Dateigröße 2.0 MB, Dauer 6:00)
- **Der AWGN-Kanal – Teil 2** (Kapitel 1.1 und Kapitel 5.1, Dateigröße 1.92 MB, Dauer 5:15)
- **Der AWGN-Kanal – Teil 3** (Kapitel 1.1 und Kapitel 5.1, Dateigröße 2.49 MB, Dauer 6:15)
- **Klassische Definition der Wahrscheinlichkeit** (Kapitel 1.2, Größe 2.5 MB, Dauer 5:20)
- **Das Bernoullische Gesetz der großen Zahlen** (Kapitel 1.2, Größe 1.97 MB, Dauer 4:25)
- **Gesetze der Fouriertransformation** (Kapitel 1.3, 2-teilig: 2.89 MB, 5:57 – 2.89 MB, 5:55)
- **Harmonische Schwingungen** (Kapitel 1.5, 2-teilig: 2.38 MB, 4:33 – 3.76 MB, 6:15)
- **Eigenschaften von TP- und BP-Signalen** (Kapitel 1.5, Größe 1.76 MB, Dauer 5:16)
- **Anmerkungen zur Übertragungsfunktion** (Kapitel 3.1, Dateigröße 4.53 MB, Dauer 9:08)
- **Lineare und nichtlineare Verzerrungen** (Kapitel 3.1, noch nicht eingebunden)
- **Momente von diskreten Zufallsgrößen** (Kapitel 4.1, Dateigröße 2.27 MB, Dauer 6:30)
- **Statistische Abhängigkeit und Unabhängigkeit** (Kapitel 4.2, Größe 4.3 MB, Dauer 11:40)
- **Wahrscheinlichkeit und Wahrscheinlichkeitsdichte** (Kap. 4.2, Größe 5.2 MB, Dauer 12:05)
- **Mengentheoretische Begriffe und Gesetze** (Kapitel 4.3, Größe 4.3 MB, Dauer 12:20)

Wir möchten Sie noch darauf hinweisen, dass Sie diese mit FlashMX erstellten Lehrvideos über den **Download-Bereich** von *LNTwww* herunterladen können.

Für die Zukunft sind noch folgende Lernvideos geplant:

- **Nyquistsysteme im Zeit- und Frequenzbereich** (zu Kapitel 1.3)
- **Optimierung bei Leistungs- und Spitzenwertbegrenzung** (zu Kapitel 1.4)
- **AKF- und LDS-Berechnung bei digitalen Signalen** (zu Kapitel 2.1)
- **Blockweise und symbolweise Übertragungscodierung** (zu den Kapiteln 2.3 und 2.4)
- **Ursachen und Wirkungen von Impulsinterferenzen** (zu Kapitel 3.1)
- **MAP- und ML-Entscheidungsregel** (zu Kapitel 3.7 und Kapitel 4.2)

Sollten Sie an einer speziellen Multimedia-Anwendung besonderes Interesse haben, so bitten wir um eine Benachrichtigung. Es ist kein großes Problem, die Realisierung eines solchen Lehrvideos vorzuziehen.

Hinweise zu den Interaktionsmodulen

Des Weiteren finden Sie im Buch einige **Interaktionsmodule**. Darunter verstehen wir Berechnungen und kleinere Simulationen, die Sie online durchführen können.

- **Abtastung analoger Signale und Signalrekonstruktion** (Grundlagen – Größe 124 kB)
- **Einfluss einer Bandbegrenzung auf Sprache und Musik** (Grundlagen – Größe 11.4 MB)
- **Zur Verdeutlichung der grafischen Faltung** (Grundlagen – Größe 194 kB)
- **Impulse und deren Spektren** (Grundlagen – Größe 161 kB)
- **Komplementäre Gaußsche Fehlerfunktionen** (Kapitel 1.1 ff. – Größe 235 kB)
- **Gegenüberstellung Binomialverteilung – Poissonverteilung** (Kapitel 1.2 – Größe 22 kB)
- **Zur Verdeutlichung des Matched-Filters** (Kapitel 1.2 – Größe 391 kB)
- **Tiefpässe im Frequenz- und Zeitbereich** (Kapitel 1.3 – Größe 160 kB)
- **Prinzip der Quadratur-Amplitudenmodulation** (Kapitel 1.5 – Größe 162 kB)
- **Symbolfehlerwahrscheinlichkeit von Digitalsystemen** (Kapitel 2.2 und 1.2 – Größe 778 kB)
- **Prinzip der 4B3T-Codierung** (Kapitel 2.3 – Größe 301 kB)
- **Signale, AKF und LDS der Pseudoternär codes** (Kapitel 2.4 – Größe 761 kB)
- **Dämpfung von Kupferkabeln** (Kapitel 3.1 – Größe 411 kB)
- **Zeitverhalten von Kupferkabeln** (Kapitel 3.1 – Größe 946 kB)
- **Augendiagramm und Augenöffnung** (Kapitel 3.2 und 3.4 – Größe 648 kB)
- **Lineare Nyquistentzerrung** (Kapitel 3.5 – Größe 481 kB)
- **Entscheidungsrückkopplung** (Kapitel 3.6 – Größe 305 kB)
- **Viterbi-Empfänger für einen Vorläufer** (Kapitel 3.8 – Größe 335 kB)
- **Das Gram-Schmidt-Verfahren** (Kapitel 4.1 – Größe 1.43 MB)
- **Zweidimensionale Gaußverteilung** (Kapitel 4.2 – Größe 28 kB)
- **Zweidimensionale Laplaceverteilung** (Kapitel 4.3 – Größe 28 kB)
- **Optimale Entscheidungsregionen** (Kapitel 4.3 – Größe 1.41 MB)
- **Mehrstufiges Phase Shift Keying** (Kapitel 4.4 – Größe 2.13 MB)
- **Nichtkohärentes On-Off-Keying** (Kapitel 4.5 – Größe 2.18 MB)

Wir möchten Sie noch darüber informieren, dass Sie diese mit FlashMX Actionscript erstellten Module über den **Download-Bereich** von *LNTwww* herunterladen können.

Ferner möchten wir Sie darauf hinweisen, dass von der Homepage des Lehrstuhls für Nachrichtentechnik der Technischen Universität München sehr aufwändige und vielseitige **Offline-Simulationsprogramme** heruntergeladen werden können. Nähere Informationen zu den Programmen und Texten finden Sie unter

- **Simulationsmethoden in der Nachrichtentechnik**
- **Simulation digitaler Übertragungssysteme**

Über die Autoren dieses Buches

Dieser Online-Kurs basiert auf dem Fachbuch [ST 85] von Günter Söder und dessen Doktorvater **Karlheinz Tröndle**. Die englische Übersetzung ist in [TS87] erschienen. Wichtige Teile des Buches sind in den Anleitungen zu den beiden Praktika **Simulationsmethoden in der Nachrichtentechnik** sowie **Simulation digitaler Übertragungssysteme** zusammengefasst, die für Studierende der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik an der TU München abgehalten werden. Die in diesem Tutorial gewählte Darstellung/Notation wird auch in der Vorlesung **Leitungsgebundene Übertragungstechnik** verwendet, die Norbert Hanik an der TU München hält.

Verantwortlich für die vorliegende Online-Version sind gemeinsam Prof. Dr.-Ing. habil. **Günter Söder** und Prof. Dr.-Ing. **Norbert Hanik**. Alle Rechte an diesem Buch verbleiben bei den beiden Autoren und dem **Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der Technischen Universität München**.

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

- **Franz Kohl** : Verschiedene grundlegende Lernvideos (DA 2003/2004, danach freie Mitarbeit),
- **Thomas Großer** : Viele Lernvideos & Interaktionsmodule (DA 2007, danach freie Mitarbeit),
- **Thorsten Bürgstein** : Interaktionsmodule zu Kapitel 1 und 2 (DA 2007),
- **Cem Gencyilmaz** : Interaktionsmodul „Viterbi-Empfänger“ (BA 2008),
- **Sebastian Seitz** : Interaktionsmodul „Lineare Nyquist-Entzerrung“ (DA 2008/2009),
- **Stefan Müller** : Interaktionsmodule zu Kapitel 2.3 und 2.4 (DA 2010),
- **Martin Völkl** : Alle Interaktionsmodule zu Kapitel 4 (DA 2010, danach freie Mitarbeit).

Das zugrundeliegende Autorensystem *LNTwww* wurde konzipiert und implementiert von

- **Martin Winkler** : Grundkonzeption, externer Bereich (DA 2001, danach freie Mitarbeit),
- **Yven Winter** : Neukonzipierung und interner Bereich (DA 2003/2004, danach freie Mitarbeit).

Hierbei bedeuten BA: Bachelorarbeit, DA: Diplomarbeit, SA: Studienarbeit.

Die Autoren bedanken sich an erster Stelle bei Dr.-Ing. **Bernhard Göbel** für vielfältige Beiträge und Verbesserungen zu diesem Buch. Er hat auch einige der oben aufgeführten Abschlussarbeiten betreut. Weiterer Dank gilt Dr.-Ing. **Klaus Eichin** – dem Mitverantwortlichen von „LNTwww“ – und Herrn **Manfred Jürgens** für seine Mithilfe bei Fotoarbeiten sowie bei der Audio- und Videobearbeitung. Für die große Unterstützung bei reaktionellen Arbeiten bedanken wir uns ausdrücklich bei Frau **Doris Dorn**.