

---

**Modulbezeichnung:** Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung (E AS DÜ) 2.5 ECTS  
 (Equalization and Adaptive Systems for Digital Communications)

Modulverantwortliche/r: Wolfgang Gerstaecker  
 Lehrende: Wolfgang Gerstaecker

---

Startsemester: WS 2020/2021	Dauer: 1 Semester	Turnus: jährlich (WS)
Präsenzzeit: 30 Std.	Eigenstudium: 45 Std.	Sprache: Englisch

---

**Lehrveranstaltungen:**

Equalization and Adaptive Systems for Digital Communications (WS 2020/2021, Vorlesung, 2 SWS, Wolfgang Gerstaecker)

---

**Empfohlene Voraussetzungen:**

Vorkenntnisse in Systemtheorie und digitaler Signalverarbeitung, sowie entweder der Vorlesung Nachrichtentechnische Systeme oder Digitale Übertragung sind für die Teilnahme hilfreich.

---

**Inhalt:**

Bei der digitalen Übertragung spielen Kanalverzerrungen aufgrund ständig steigender Datenraten eine immer grössere Rolle. Bei vielen Anwendungen müssen für eine zuverlässige Übertragung komplexe Entzerrverfahren eingesetzt werden. Dies gilt sowohl für die leitungsgebundene als auch die drahtlose Kommunikation. Z.B. werden in der xDSL-Systemfamilie (Digital Subscriber Lines), die eine schnelle digitale Übertragung über Ortsanschlussleitungen gewährleistet, oft entscheidungsrückgekoppelte Entzerrverfahren oder Vorkodierungsverfahren eingesetzt und beim Mobilfunkstandard GSM und seiner Weiterentwicklung EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) Maximum-Likelihood-Sequenzschätzung bzw. zustandsreduzierte Entzerrung. Eng im Zusammenhang mit der eigentlichen Entzerrung stehen Adaptionsverfahren, mit denen die Parameter des Entzerrers optimal an den Übertragungskanal angepasst werden können.

Lernziel: Ziel der Vorlesung ist eine umfassende Darstellung gebräuchlicher Entzerrungs- und Adaptionsverfahren. Den Teilnehmern sollen fundierte Kenntnisse der verschiedenen Verfahren vermittelt werden, die sie zu deren sinnvollem Einsatz in der Praxis befähigen.

Content:

Channel distortions are playing an increasingly important role in digital transmission due to constantly increasing data rates. In many applications, complex equalization techniques must be used for a reliable transmission. This applies to both wired and wireless communication. For example, decision feedback equalization or precoding techniques are often used in the xDSL (Digital Subscriber Lines) system family, which ensures fast digital transmission over local subscriber loops, and the GSM system and its advanced version EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) employ maximum likelihood sequence estimation and state-reduced equalization. Closely related to the task of equalization are adaptation methods with which the parameters of the equalizer can be optimally adjusted to the transmission channel. Objective: The aim of the lecture is a comprehensive presentation of common equalization and adaptation methods. The participants should acquire an in-depth knowledge of the various procedures which enables them to make meaningful design decisions in practice.

**Lernziele und Kompetenzen:**

Die Studierenden

- beschreiben verschiedene Verfahren zur Entzerrung frequenzselektiver Übertragungskanäle wie lineare Entzerrung, entscheidungsrückgekoppelte Entzerrung und Maximum-Likelihood-Sequenzschätzung,
- setzen die verschiedenen Ansätze in Blockdiagramme um und optimieren deren Komponenten,
- vergleichen Entzerrverfahren hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit, charakterisiert durch die Fehlerrate, und Komplexität,
- wählen geeignete Verfahren für verschiedene Anwendungen wie leitungsgebundene und drahtlose Übertragung aus,
- entwerfen neuartige Verfahren für gegebene Anforderungen,

- formulieren Adaptionalgorithmen zur automatischen Anpassung des Empfängers eines Übertragungssystems an den Kanal,
- ordnen Entzerrverfahren einen geeigneten Adaptionalgorithmus zu.

Learning Objectives and Competences:

The students

- describe various methods for equalizing frequency-selective transmission channels such as linear equalization, decision feedback equalization and maximum likelihood sequence estimation,
- realize various approaches in block diagrams and optimize their components,
- compare equalization methods in terms of their performance, characterized by the error rate, and complexity,
- select suitable methods for various applications such as wired and wireless transmission,
- design novel schemes for given requirements,
- formulate adaptation algorithms for automatic adaptation of the receiver of a transmission system to the channel,
- assign suitable adaptation algorithms to equalization schemes.

#### Literatur:

Gerstacker, W.: Skriptum zur Vorlesung Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung.

Huber, J.: Trelliscodierung, Springer Verlag, Berlin, 1992.

Benedetto, S., Biglieri, E.: Principles of Digital Transmission with Wireless Applications, Kluwer Academic Publishers, New York, 1999.

Proakis, J. G.: Digital Communications. McGraw-Hill, New York, 3. ed., 1995.

Haykin, S.: Adaptive Filter Theory, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 3. ed., 1996.

---

#### Verwendbarkeit des Moduls / Einpassung in den Musterstudienplan:

Das Modul ist im Kontext der folgenden Studienfächer/Vertiefungsrichtungen verwendbar:

[1] **123#67#H**

(Po-Vers. 2008 | TechFak | Computational Engineering (Master of Science with Honours) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Technisches Anwendungsfach | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

[2] **Advanced Signal Processing & Communications Engineering (Master of Science)**

(Po-Vers. 2016w | TechFak | Advanced Signal Processing & Communications Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlmodule | Technical Electives | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

[3] **Advanced Signal Processing & Communications Engineering (Master of Science)**

(Po-Vers. 2020w | TechFak | Advanced Signal Processing & Communications Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Technical Electives | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

[4] **Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2011 | TechFak | Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science) | Studienrichtung Elektrotechnik und Informationstechnik | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

[5] **Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)**

(Po-Vers. 2020w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

[6] **Berufspädagogik Technik (Master of Education)**

(Po-Vers. 2010 | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Studienrichtung Elektro- und Informationstechnik (Masterprüfungen) | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

[7] **Berufspädagogik Technik (Master of Education)**

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

[8] **Berufspädagogik Technik (Master of Education)**

(Po-Vers. 2020w | TechFak | Berufspädagogik Technik (Master of Education) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule Fachwissenschaft | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

- [9] **Communications and Multimedia Engineering (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2011 | TechFak | Communications and Multimedia Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule | Technische Wahlpflichtmodule | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [10] **Communications and Multimedia Engineering (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2011 | TechFak | Communications and Multimedia Engineering (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlmodule | Technische Wahlmodule | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [11] **Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2008 | TechFak | Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtbereich Technisches Anwendungsfach | Entzerrung und adaptative Systeme in der Digitalen Übertragung)
- [12] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**  
(Po-Vers. 2007 | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Studienrichtungen (Wahlpflichtmodule) | Studienrichtung Informationstechnik | Vertiefungsmodule Informationstechnik | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [13] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science): 5-6. Semester**  
(Po-Vers. 2009 | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Studienrichtungen | Studienrichtung Informationstechnik | Vertiefungsmodule (Wahlpflichtmodule) Informationstechnik | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [14] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science)**  
(Po-Vers. 2017w | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Studienrichtung Informationstechnik | Vertiefungsmodule Informationstechnik | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [15] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science)**  
(Po-Vers. 2019w | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Studienrichtung Informationstechnik | Kern- und Vertiefungsmodule Informationstechnik | Vertiefungsmodule Informationstechnik | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [16] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science): 1-4. Semester**  
(Po-Vers. 2010 | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science) | Studienrichtung Informationstechnik | Vertiefungsmodule Informationstechnik | Entzerrung und adaptative Systeme in der Digitalen Übertragung)
- [17] **Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2015s | TechFak | Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Studienrichtung Informationstechnik | Vertiefungsmodule Informationstechnik | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [18] **Information and Communication Technology (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2019s | TechFak | Information and Communication Technology (Master of Science) | Gesamtkonto | Pflicht- und Wahlpflichtmodule der Studienschwerpunkte | Schwerpunkt Networks and Digital Communication | Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Networks and Digital Communication | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [19] **Informations- und Kommunikationstechnik (Bachelor of Science)**  
(Po-Vers. 2009 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Bachelor of Science) | Gesamtkonto | Wahlpflichtmodule, Wahlmodule, Seminar, Praktika, Bachelorarbeit | Wahlmodule aus EEI und INF | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [20] **Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2010 | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Übertragung und Mobilkommunikation | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Übertragung und Mobilkommunikation | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [21] **Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**  
(Po-Vers. 2016s | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Schwerpunkte im Masterstudium | Schwerpunkt Kommunikationsnetze und Übertragungstechnik | Wahlpflichtmodule | Wahlpflichtmodul aus EEI im Schwerpunkt Kommunikationsnetze | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)
- [22] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science): 1-2. Semester**

(Po-Vers. 2009 | TechFak | Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science) | Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen (bis 30.09.2018) | Gesamtkonto | Ingenieurwissenschaftliche Studienrichtungen | Studienrichtung Informations- und Kommunikationssysteme | Wahlpflicht- und Vertiefungsmodul Modulgruppe 4 | Vertiefungsmodul Modulgruppe 4 | Entzerrung und adaptative Systeme in der Digitalen Übertragung)

[23] **Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)**

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science) | Masterstudiengang Wirtschaftsingenieurwesen (Studienbeginn ab 01.10.2018) | Gesamtkonto | Studienrichtung Elektrotechnik | Schwerpunkt Informationstechnik | Wahlpflichtmodul 4 | Vertiefungsmodul 4 | Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung)

---

**Studien-/Prüfungsleistungen:**

Entzerrung und adaptive Systeme in der digitalen Übertragung\_ (Prüfungsnummer: 34001)

Prüfungsleistung, mündliche Prüfung, Dauer (in Minuten): 30

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

Erstablingung: WS 2020/2021, 1. Wdh.: SS 2021

1. Prüfer: Wolfgang Gerstacker

---