

---

**Modulbezeichnung:** **Praktikum Digitale Übertragung (PrDÜ)** **2.5 ECTS**  
 (Digital Communications Lab)

Modulverantwortliche/r: Clemens Stierstorfer  
 Lehrende: Clemens Stierstorfer

---

Startsemester: SS 2022	Dauer: 1 semester	Turnus: jährlich (WS)
Präsenzzeit: 35 Std.	Eigenstudium: 40 Std.	Sprache: Deutsch und Englisch

---

**Lehrveranstaltungen:**

Praktikum Digitale Übertragung (SS 2022, Praktikum, 3 SWS, Clemens Stierstorfer)

---

**Empfohlene Voraussetzungen:**

Das Praktikum richtet sich ausschließlich an Studierende, die das Moduls "Digitale Übertragung" bereits absolviert haben oder es parallel zum Praktikum belegen. Die Inhalte dieses Moduls sind unabdingbare Grundlage und werden von den Studierenden beherrscht, d.h., sie können die entsprechenden Zusammenhänge erklären, Problemstellungen mathematisch formulieren und benötigte Größen berechnen.

Grundlegende Kenntnisse der Software MATLAB sind unbedingt notwendig (bspw. aus "Software für die Mathematik" oder "Simulationstools").

The lab course is aimed exclusively at students who have already completed the "Digital Communications" module or are taking it in parallel with the practical course. The contents of this module are an indispensable basis and are mastered by the students, i.e. they can explain the corresponding relationships, formulate problems mathematically and calculate required quantities.

Solid knowledge of MATLAB is absolutely required.

---

**Inhalt:**

- 1 Digital Transmission of Data 1.1 Introduction, Background, Motivation 1.2 Purpose 1.3 Lab Environment 1.3.1 Transmitter 1.3.2 Receiver 1.4 Lab Exercises 1.4.1 Signal Generation at the Transmitter 1.4.2 (Coherent) Receivers for Pulse Amplitude Modulation 1.4.3 Transmission over the AWGN Channel
- 2 Implementation of Transmitter and Receiver in Matlab 2.1 Introduction, Background, Motivation 2.2 Purpose 2.3 Lab Environment 2.3.1 Oversampling factor 2.3.2 Transmitter 2.3.3 Channel 2.3.4 Receiver 2.4 Lab Exercises 2.4.1 Transmitter 2.4.2 Channel 2.4.3 Receiver 2.4.4 BER calculation
- 3 Variants of PAM-Transmission Schemes 3.1 Introduction, Background, Motivation 3.2 Purpose 3.3 Lab Environment 3.4 Lab Exercises 3.4.1 Basic Pulse Shape 3.4.2 Offset-QAM 3.4.3 Gaussian Minimum Shift-Keying 3.4.4 "Carrierless" Amplitude and Phase Modulation
- 4 OFDM 4.1 Introduction, Background, Motivation 4.1.1 Orthogonal Frequency-Division Multiplexing 4.1.2 Bit Loading 4.2 Purpose 4.3 Lab Environment 4.4 Lab Exercises 4.4.1 OFDM Transmitter 4.4.2 OFDM Receiver 4.4.3 Bit Loading
- 5 Signal Space Representation 5.1 Introduction, Background, Motivation 5.2 Purpose 5.3 Lab Environment 5.4 Signal Space Representation 5.4.1 Orthogonality 5.4.2 Orthogonalization 5.5 Lab Exercises 5.5.1 Transmission with signal elements 5.5.2 Gram-Schmidt Procedure 5.5.3 Frequency Shift Keying
- 6 Signal Processing in MIMO Systems 6.1 Introduction, Background, Motivation 6.2 Lab Environment 6.3 Lab Exercises 6.3.1 System Model 6.3.2 SISO 6.3.3 SIMO 6.3.4 MIMO

**Lernziele und Kompetenzen:**

Die Studierenden analysieren die Eigenschaften digitaler Pulsamplitudenmodulation und Varianten digitaler PAM. Sie bestimmen mit üblichen Messgeräten (Oszilloskop, Effektivwertmesser) die relevanten Parameter (Symbolrate, Bandbreite usw.) typischer PAM-Sendesignale und bewerten diese. Sie bestimmen die Störabstände und Fehlerraten von Empfangssignalen und nutzen diese ebenso zur Bewertung der Übertragungsverfahren.

Die Studierenden implementieren MATLAB-Routinen, die die Simulation einer kompletten PAM-Übertragung mit Sender, Kanal und Empfänger am Rechner modellieren.

Die Studierenden ergänzen die Simulation mit eigens implementierten Routinen zur Modellierung einer

OFDM-Übertragung und analysieren die Funktionsweisen von OFDM-Sendern und -empfängern. Sie untersuchen die Arbeitsweise von Ladealgorithmen bei OFDM-Systemen und implementieren diese in MATLAB.

Die Studierenden nutzen das Konzept der Signalraumdarstellung der digitalen Übertragung und implementieren dieses in ein beispielhaftes System in MATLAB. Sie erstellen Routinen zur Gram-Schmidt-Orthogonalisierung und zur FSK-Übertragung in MATLAB.

Die Studierenden analysieren einfache MIMO-Szenarien und implementieren entsprechende Empfängeralgorithmemen.

Die Studierenden bereiten die Bearbeitung der Versuche im Labor anhand der ausgegebenen Unterlagen und den Unterlagen zum Modul "Digitale Übertragung" selbständig vor. Sie sind in der Lage, die für den jeweiligen Versuch notwendigen theoretischen Kenntnisse vor und während des Versuchs zu erklären und zur Lösung der Laboraufgaben und vorbereitenden Hausaufgaben einzusetzen. Sie dokumentieren die durchgeführten Versuche selbständig in ihren Unterlagen bzw. dokumentieren den erstellten Code, so dass die Nachvollziehbarkeit der Arbeiten durch die Betreuer jederzeit gegeben ist. Die Arbeit im Labor organisieren sie in Kleingruppen (2-3 Personen) selbst. Sie erkennen die Notwendigkeit gewissenhafter Vorbereitung der Lerninhalte und disziplinierter Arbeitsweise im Labor.

Die Unterrichtssprache ist wahlweise Deutsch oder Englisch. Unterlagen werden ausschließlich auf Englisch zur Verfügung gestellt, weswegen die Studierenden die englischen Fachtermini kennen und nutzen.

—  
The students analyze the properties of digital pulse amplitude modulation and variants of digital PAM. They determine the relevant parameters (symbol rate, bandwidth, etc.) of typical PAM transmit signals using common measuring instruments (oscilloscope, RMS meter) and evaluate them. They determine the signal-to-noise ratios and error rates of received signals and likewise use these to evaluate transmission methods.

Students implement MATLAB routines that model the simulation of a complete PAM transmission with transmitter, channel, and receiver on a computer.

Students supplement the simulation with self-implemented routines to model an OFDM transmission and analyze the operation of OFDM transmitters and receivers. They investigate the operation of loading algorithms in OFDM systems and implement them in MATLAB.

Students use the concept of signal space representation of digital transmission and implement it in an example system in MATLAB. They create routines for Gram-Schmidt orthogonalization and FSK transmission in MATLAB.

Students analyze simple MIMO scenarios and implement corresponding receiver algorithms.

The students independently prepare the experiments in the laboratory using the issued documents and the documents for the module "Digital Transmission". They are able to explain the theoretical knowledge required for the respective experiment before and during the experiment and use it to solve the laboratory tasks and preparatory homework. They independently document the experiments carried out in their papers or document the code produced so that the work can be traced by the supervisors at any time. They organize the work in the laboratory themselves in small groups (2-3 persons). They recognize the necessity of conscientious preparation of the learning content and disciplined working methods in the laboratory.

The language of instruction is either German or English. Documents are provided exclusively in English, which is why the students know and use the English technical terms.

#### **Literatur:**

- Skriptum zum Praktikum
- Skriptum zur Vorlesung Digitale Übertragung bzw. Digital Communications
- übliche Standardlehrwerke zur Thematik (Proakis, Haykin usw.)

---

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

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

##### **[1] Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)**

(Po-Vers. 2016s | TechFak | Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science) | Gesamtkonto | Wahlbereiche, Praktika, Seminar, Masterarbeit | Praktikum oder Projektarbeit | Praktikum Digitale Übertragung)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Communications and Multimedia Engineering (Master of Science)", "Information and Communication Technology (Master of Science)" verwendbar.

### Studien-/Prüfungsleistungen:

Praktikum Digitale Übertragung (Prüfungsnummer: 293179)

(englische Bezeichnung: Digital Communications Lab)

Studienleistung, Praktikumsleistung

weitere Erläuterungen:

+++ Deutsch +++

Es sind 5 Versuche zu absolvieren. Die zu bearbeitenden und zu lösenden Aufgaben sind in den Kursunterlagen angegeben.

- Jeder Versuch ist zu Hause vorzubereiten (Lesen der Versuchsbeschreibung, Lösen der jeweiligen Vorbereitungsaufgaben). Die handschriftliche Lösung der Vorbereitung wird zu Beginn eines Versuchs mündlich (ca. 5 min) mit den Studierenden bewertet (ausreichend/nicht ausreichend). Die Lösung ist zudem vor Beginn eines Versuchs auf StudOn elektronisch einzureichen.
- Während der Präsenzzeit im Labor sind die Durchführungsaufgaben aus den Kursunterlagen zu lösen. Die Lösungen sind schriftlich zu dokumentieren (Messergebnisse) und während der Versuchsdurchführung auf den Versuchsrechnern vorzuhalten (Programmieraufgaben). Zum Abschluss eines Versuchs werden die Lösungen mündlich (ca. 10 min) mit den Studierenden bewertet (ausreichend/nicht ausreichend). Zusätzlich sind erstellte Dateien und Unterlagen in Anschluss an die Versuchsdurchführung elektronisch auf StudOn zu hinterlegen.
- Zum Bestehen des Praktikums sind 5 ausreichende Versuchsvorbereitungen und 5 ausreichende Versuchsdurchführungen notwendig.
- Eine einführende Sicherheitsbelehrung und Unterweisung in die verwendeten Geräte sowie die Nutzung der Lernplattform StudOn sind Voraussetzung für die Teilnahme an den Versuchen des Praktikums.
- Das erfolgreiche Durcharbeiten eines vorbereitenden, asynchronen Lernmoduls auf StudOn ist obligatorisch und Voraussetzung für die weitere Teilnahme am Praktikum.
- Falls notwendig, erfolgen die oben genannten Besprechungen per ZOOM.
- die Wahl der Prüfungssprache erfolgt durch den/die geprüfte/n Studenten/-in.

+++ English +++

There are 5 experiments to be completed. The tasks to be worked on and solved are specified in the course documents.

- Each experiment has to be prepared at home (reading the description of the experiment, solving the respective preparation tasks). The handwritten solution of the preparation is evaluated orally (approx. 5 min) with the students at the beginning of an experiment (sufficient/not sufficient). The solution must also be submitted electronically on StudOn before the start of an experiment.
- During the attendance time in the laboratory, the implementation tasks from the course documents are to be solved. The solutions are to be documented in writing (measurement results) and kept on the experimental computers during the execution of the experiment (programming tasks). At the end of an experiment, the solutions are evaluated orally (approx. 10 min) with the students (sufficient/not sufficient). In addition, created files and documents are to be deposited electronically on StudOn following the execution of the experiment.
- In order to pass the practical course, 5 sufficient experimental preparations and 5 sufficient experimental executions are required.
- An introductory safety briefing and instruction in the equipment used as well as the use of the StudOn learning platform are prerequisites for participation in the experiments of the practical course.
- Successful completion of a preparatory, asynchronous learning module on StudOn is mandatory and a prerequisite for further participation in the lab course.
- If necessary, the above-mentioned discussions will take place via ZOOM.
- The choice of the examination language is made by the examined student.

Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablingung: SS 2022, 1. Wdh.: keine Angabe  
1. Prüfer: Clemens Stierstorfer

---

**Organisatorisches:**

Praktikum Digitale Übertragung