

---

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

Modulverantwortliche/r: Robert Schober  
 Lehrende: Clemens Stierstorfer

---

Startsemester: SS 2021	Dauer: 1 Semester	Turnus: jährlich (WS)
Präsenzzeit: 35 Std.	Eigenstudium: 40 Std.	Sprache: Deutsch und Englisch

---

**Lehrveranstaltungen:**

Praktikum Digitale Übertragung (SS 2021, 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 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 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 vertiefen und erweitern ihre Kenntnisse der digitalen Nachrichtenübertragungsverfahren und der zugehörigen mathematischen Grundlagen anhand von Laborversuchen. Sie analysieren die Eigenschaften digitaler Pulsamplitudenmodulation und Varianten digitaler PAM. Dazu erzeugen sie im Labor mit der zur Verfügung gestellten Ausrüstung Sendesignale, die sie mit Hilfe üblicher Messgeräte (Oszilloskop, Effektivwertmesser) analysieren. Sie bauen nach Anleitung Übertragungsstrecken für diese PAM-Verfahren auf und untersuchen die Effekte auf Empfängerseite. Sie bestimmen Störabstände, Fehlerraten usw.

Des Weiteren setzen die Studierenden ihre Kenntnisse der PAM-Übertragungsverfahren in selbst erstellte MATLAB-Routinen um, die die Simulation einer kompletten PAM-Übertragung mit Sender, Kanal und Empfänger am Rechner modellieren. In einem weiteren Versuch ergänzen die Studierenden dieses Modell um eine 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 verdeutlichen sich das Konzept der Signalraumdarstellung in der digitalen Übertragung und implementieren 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 Empfängeralgorithmen.

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, 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 gewisserhafter 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 deepen and broaden their knowledge of digital communication methods and the associated mathematical basics using laboratory tests. They analyze the properties of digital pulse amplitude modulation and variants of digital PAM. To do this, they generate transmit signals in the laboratory using the equipment provided, which they analyze using conventional measuring devices (oscilloscopes, RMS meters). According to the instructions, they set up transmission links for these PAM processes and examine the effects on the receiver side. They determine signal-to-noise ratios, error rates, etc.

Furthermore, the students convert their knowledge of the PAM transmission process into self-created MATLAB routines that model the simulation of a complete PAM transmission with transmitter, channel and receiver on the computer. In a further experiment, the students supplement this model with an OFDM transmission and analyze the functioning of OFDM transmitters and receivers. They investigate the functioning of loading algorithms in OFDM systems and implement them in MATLAB.

The students clarify the concept of signal space representation in digital transmission and implement an exemplary system in MATLAB. They create routines for Gram-Schmidt orthogonalization and for FSK transmission in MATLAB. The students analyze simple MIMO scenarios and implement corresponding receiver algorithms.

The students independently prepare the experiments in the laboratory on the basis of the documents issued and the documents relating to the "digital communications" module. They are able to explain the theoretical knowledge necessary for the respective experiment before and during the experiment and to use it to solve the laboratory tasks and preparatory homework. They independently document the tests carried out in their documents so that the supervisors can always understand the work. They organize the work in the laboratory in small groups (2-3 people) themselves. They recognize the need for careful preparation of the learning content and disciplined work in the laboratory.

The language of instruction is either German or English. Documents are only provided 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.)

---

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

## Praktikum Digitale Übertragung (Prüfungsnummer: 293179)

(englische Bezeichnung: Digital Communications Lab)

Studienleistung, Praktikumsleistung

weitere Erläuterungen:

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.

Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablingung: SS 2021, 1. Wdh.: keine Angabe

1. Prüfer: Robert Schober, 2. Prüfer: Clemens Stierstorfer

---

### Organisatorisches:

Praktikum Digitale Übertragung