

---

**Modulbezeichnung:** **Satellitenkommunikation (SATKOM)** **5 ECTS**  
 (Satellite Communications)

Modulverantwortliche/r: Albert Heuberger  
 Lehrende: Christian Rohde

---

Startsemester: SS 2021	Dauer: 1 Semester	Turnus: jährlich (SS)
Präsenzzeit: 60 Std.	Eigenstudium: 90 Std.	Sprache: Deutsch und Englisch

---

**Lehrveranstaltungen:**

Satellitenkommunikation (SS 2021, Vorlesung, 2 SWS, Christian Rohde)  
 Übung Satellitenkommunikation (SS 2021, Übung, 2 SWS, Marcelo Michael)

---

**Empfohlene Voraussetzungen:**

Keine formalen Voraussetzungen

---

**Inhalt:**

Nach einem historischen Rückblick zur Entwicklung der Satellitenkommunikation werden die einzelnen Komponenten eines typischen Gesamtsystems (Boden- und Raumsegment) näher betrachtet. Hierzu zählt der prinzipielle Aufbau von Trägerraketen, von Satelliten (Satellitenplattformen, Subsysteme, Nutzlasten), die meist genutzten Umlaufbahnen und die verschiedenen Kommunikationsverbindungen (Uplink, Downlink, Inter-Satellite-Link). Die Besonderheiten der Signalausbreitung und -übertragung über große Entfernungen zwischen Bodenstationen und Satelliten werden erklärt und mit Beispielen ergänzt. Dabei wird insbesondere eingegangen auf verwendete Frequenzen, Signaldispersion und -dämpfung, atmosphärische Effekte sowie Störeinflüsse der Weltraumumgebung. Die Architektur transparenter und regenerativer Kommunikationseinheiten wird ausführlich an Beispielen kommerziell verfügbarer Transponder und Onboard-Prozessoren erklärt. Die Prinzipien moderner, standardisierter Verfahren zur Signalaufbereitung und Übertragung von Video-/Bild und Audiosignalen über Satellit (z.B. MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X) werden erläutert und diskutiert. Dies umfasst Verfahren zur Quellencodierung, Kanalcodierung und Modulation, Kanalzugriff und -diversität. Außerdem wird auf die im Orbit und im kommerziellen Einsatz befindlichen Kommunikationssatelliten und der damit verbundenen großen Dienstvielfalt eingegangen wie z.B. bei TV- und Breitbandversorgung sowie in Mobilkommunikationssystemen. Abschließend werden einige Herausforderungen und Forschungsansätze im Zusammenhang mit den neuen Megakonstellationen und Next Generation High Throughput Satellites (HTS) für zukünftige Satellitensysteme vorgestellt. Die in der Vorlesung behandelten physikalischen, elektro- und nachrichtentechnischen Zusammenhänge werden in den ergänzenden Übungen mit Rechenbeispielen vertieft.

**Gliederung der Vorlesung:**

1. Einführung: Überblick über die Hauptkomponenten, Satelliten, Anwendungen und Dienste, sowie Orbits, Aufgaben und Frequenzen der Satellitennetze
2. Historie der Satellitenkommunikation: Wichtige Meilensteine, Entwicklung in Europa und Deutschland
3. Orbits und Konstellationen: Keplersche Gesetze, Beschreibung von Orbits, verwendete Umlaufbahnen, Bodenspuren, erreichbare Abdeckung
4. Trägersysteme: Trägerraketen, Entwicklung, Anbietermarkt, Nutzlastfähigkeit, Startplätze, Startverlauf
5. Satellitenaufbau: Auswahl aktueller Satellitenplattformen, Satellitenaufbau, Plattformkomponenten, Montageschritte und Tests
6. Satellitennutzlast (Payload): Komponenten, Industrielle Beispiele, Aufbau und Aufgaben der Payload, Transponderarchitekturen, Antennen
7. Signalausbreitung und Leistungsbilanz: Signalausbreitung, Freiraumverluste, Signaldämpfung, Rauschen, Signal-Rausch-Verhältnis, Linkbudget
8. Weltraumumgebung: Weltraumumgebungsbedingungen, Einflüsse auf den Satelliten und die Elektronik der Nutzlast
9. Quellencodierung: Audio-, Bild- und Videokompression - das Content des Satellitenfernsehens

10. Signalmodulation und Kanalcodierung: Signalkonstellationen, Modulation und Codes zur Fehlerkorrektur
11. Diversitäts- und Zugriffsverfahren: Medium Access, Duplextechniken, Multiplexmethoden, Diversitätstechniken
12. Moderne Satellitenkommunikationssysteme: Rundfunksysteme wie Sirius XM Satellite Radio, zellulare Internetversorgung mittels Satellitenkommunikation
13. Neueste Themen aus Forschung und Entwicklung

SatKom auf StudOn: <http://www.studon.uni-erlangen.de/crs117969.html>

After a historical retrospective about the developments in satellite communication, the core components of a typical satellite system (ground- and space-segment) are introduced. The principles and architectures of rockets/ carriers, satellites (platform, subsystems, payload), used orbits, and the various communication links (uplink, downlink, inter-satellite-link) are shown. The special features and properties of signal transmission over such large distances are explained and stuffed with examples. In particular, more details are provided on the used frequencies, signal dispersion and attenuation, atmospheric effects as well as impairments due to space environment. The architecture of transparent and regenerative communication payloads are described in detail, accompanied by corresponding examples of commercially used transponders and onboard-processors and their technology. The principles of modern standardized methods for signal transmission and preparation of video-/image- and audio-signals via satellite, e.g., MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X, are illustrated and discussed. This includes methods for efficient source coding, channel coding and modulation, channel access and diversity schemes. Furthermore, the currently available communication satellites in orbit and the related variety of commercial services are introduced like, e.g., TV- and broadband services as well as mobile communication services and systems. Based on that, a few challenges and perspectives for research and development for future satellite systems are highlighted with respect to the upcoming new mega constellations and next generation high throughput satellites (HTS). The physical, electro-technical and communications concepts and schemes shown in the lectures are complemented by tutorials with sample calculations.

**Table of contents:**

1. Introduction: Overview of main components, satellites, applications and services, orbits, tasks, frequencies, satellite networks
2. History of satellite communications: Major milestones, development in Europe and Germany
3. Orbits and constellations: Kepler's laws, description of orbits, orbits used, ground tracks, achievable coverage
4. Launcher systems: Launch vehicles, providers, payload capabilities, launch sites, launch history
5. Satellite structure: Selection of current satellite platforms, satellite structure, platform components, assembly steps and tests
6. Payload: Components, structure and tasks of payload, transponder architecture, antennas
7. Signal propagation and link budget: Signal propagation, free space losses, signal attenuation, noise, signal to noise ratio, link budget
8. Space environment: Space environmental conditions, influences on the satellites and payload electronics
9. Source coding: Audio, image and video compression - the satellite TV broadcasting content
10. Signal modulation and channel coding: Signal constellations, modulation and error correction coding
11. Diversity and access schemes: Medium access, duplex methods, multiplex methods, diversity techniques
12. Modern satellite communications systems: Broadcasting systems like Sirius XM Satellite Radio, satellite cellular broadband communication
13. Latest topics in research and development

**Lernziele und Kompetenzen:**

- Die Studierenden bekommen einen guten Überblick über alle Aspekte der Satellitenkommunikation inklusive Historie.
- Die Studierenden lernen die weltweit führenden oder in Europa ansässigen Firmen und Organisationen kennen, die in den Bereichen Satellitenbau und -betrieb, Satellitendienste bzw. -anwendungen, sowie

Forschung und Entwicklung tätig sind.

- Die Studierenden können die Herausforderungen der Weltraumumgebung sowie Vor- und Nachteile verschiedener Orbits einschätzen und wichtige Kenngröße berechnen
- Die Studierenden lernen die Signalverarbeitungsschritte im Sender, Satelliten und Empfänger kennen - von der Audio/Video-Quelle über Link-Budget-Berechnungen bis zur Datensinke.
- Die Studierenden lernen den Aufbau und wichtige Kenngrößen von Satelliten, Konstellationen und Launchern kennen und dabei verwendete Konzepte zu unterscheiden und zu klassifizieren bzgl. deren Vor- und Nachteilen.

#### Literatur:

Skriptum zur Lehrveranstaltung

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

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

##### [1] Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science) | Studienrichtung Maschinenbau (Studienbeginn ab 01.10.2018) | Gesamtkonto | Technische Wahlmodule und Hochschulpraktikum | Technische Wahlmodule | Satellitenkommunikation)

##### [2] Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science)

(Po-Vers. 2018w | TechFak | Wirtschaftsingenieurwesen (Bachelor of Science) | Studienrichtung Elektrotechnik (Studienbeginn ab 01.10.2018) | Gesamtkonto | Technische Wahlmodule und Hochschulpraktikum | Technische Wahlmodule | Satellitenkommunikation)

Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "123#67#H", "Berufspädagogik Technik (Bachelor of Science)", "Berufspädagogik Technik (Master of Education)", "Computational Engineering (Rechnergestütztes Ingenieurwesen) (Master of Science)", "Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Bachelor of Science)", "Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (Master of Science)", "Informatik (Bachelor of Arts (2 Fächer))", "Informatik (Bachelor of Science)", "Informatik (Master of Science)", "Information and Communication Technology (Master of Science)", "Informations- und Kommunikationstechnik (Bachelor of Science)", "Informations- und Kommunikationstechnik (Master of Science)", "Mathematik (Bachelor of Science)", "Mechatronik (Master of Science)", "Wirtschaftsingenieurwesen (Master of Science)" verwendbar.

#### Studien-/Prüfungsleistungen:

Satellitenkommunikation (Prüfungsnummer: 34601)

(englische Bezeichnung: Satellite Communication)

Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90

Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%

weitere Erläuterungen:

Es kann individuell gewählt werden, ob die Prüfung in Deutsch oder Englisch abgelegt wird.

Prüfungssprache: Deutsch oder Englisch

Erstablingung: SS 2021, 1. Wdh.: WS 2021/2022

1. Prüfer: Christian Rohde

#### Organisatorisches:

**Virtuelles Angebot:** Videos zu Vorlesung und Übung werden über StudOn bereitgestellt. StudOn-Zugangspasswort wird per Email an die Studierende verteilt, die sich über MeinCampus angemeldet haben. Für manche Studiengänge lässt MeinCampus keine Einschreibung zu. In diesem Fall bitte direkt per Email beim Dozenten melden.

**Online-Fragestunde:** Zum Semesterstart werden Zeitslots mittels Umfrage ermittelt für online Fragestunden, wo bei Bedarf Fragen zum Stoff oder Organisatorischem gestellt werden können. Daraus resultierende Informationen von allgemeinem Interesse werden wir für alle Studierende zum Nachschlagen auf StudOn hochladen.

#### Bemerkungen:

Sprache: Vortrag in Deutsch, Skript in Englisch