



### Seminarort

IBZ „Eulenhof“  
Verein Internationales Begegnungs Zentrum  
der Universität Stuttgart e.V.  
Robert-Leicht-Straße 161, D-70569 Stuttgart

Eine Lageskizze sowie Hinweise für die Anreise und Übernachtung schicken wir Ihnen mit der Bestätigung der Anmeldung zu.

### Gebühr

EUR 1.890,-  
Die CCG ist ein gemeinnütziger Verein und in Deutschland von der Umsatzsteuer befreit. Für Veranstaltungen an ausländischen Standorten gelten die dortigen Steuerregelungen.

Mitglieder der CCG erhalten 10% Rabatt. Studentenrabatte sind auf Nachfrage verfügbar. Die Rabatte sind nicht miteinander kombinierbar.

Bitte zahlen Sie bargeldlos nach Erhalt der Rechnung.

### Anmeldungen

Bitte melden Sie sich möglichst bis 14 Tage vor Seminarbeginn an:  
Carl-Cranz-Gesellschaft e.V., Argelsrieder Feld 22, D-82234 Weßling  
Tel. +49 (0) 8153 / 88 11 98 -12  
E-Mail: [anmelden@ccg-ev.de](mailto:anmelden@ccg-ev.de)  
Internet: [www.ccg-ev.de](http://www.ccg-ev.de)

Die Anmeldungen werden schriftlich bestätigt.

### Weitere Informationen zum Inhalt

Prof. Dr.-Ing. Stephan ten Brink,  
Institut für Nachrichtenübertragung,  
Universität Stuttgart  
E-Mail: [tenbrink@inue.uni-stuttgart.de](mailto:tenbrink@inue.uni-stuttgart.de)

### Stornierung

Bei Stornierungen, die später als 14 Tage vor Seminarbeginn eingehen, werden 25% der Gebühr, bei Nichterscheinen die volle Gebühr in Rechnung gestellt. Die Vertretung eines angemeldeten Teilnehmers ist selbstverständlich möglich.

### Ausfall von Seminaren oder Dozenten

Die CCG behält sich vor, bei zu geringer Teilnehmerzahl oder aus anderen triftigen Gründen ein Seminar bis 14 Tage vor Beginn abzusagen. Sie behält sich weiter vor, entgegen der Ankündigung im Programm auch kurzfristig einen Dozenten und evtl. auch dessen Thema zu ersetzen. Ein Schadensersatzanspruch bleibt ausgeschlossen.



### Teilnehmer

Ingenieure, Informatiker und Physiker aus Industrie, Behörden und Forschungseinrichtungen, die die Grundlagen der modernen Informationstechnik kennen lernen oder ihr Wissen auf diesem Gebiet auffrischen und ergänzen möchten.

### Seminarinhalte

Durch die ständig wachsende Bedeutung der Informationstechnik werden Verfahren zur Übertragung digitaler Informationen immer wichtiger. Ein wesentlicher Bestandteil von Mobilfunkgeräten, Satellitensystemen und Datenmodems sind digitale Modulationsverfahren.

In diesem dreitägigen Seminar werden Ihnen Grundlagen, Anwendungen und Realisierungsaspekte von digitalen Modulationsverfahren vermittelt. Der Schwerpunkt besteht in einer soliden Vermittlung von Grundlagen. Am ersten Tag wird die Klasse der so genannten linearen Modulationsverfahren vorgestellt. Lineare Modulationsverfahren werden beispielsweise in modernen Mobilfunksystemen, in der Satellitenkommunikation und in Richtfunkstrecken verwendet.

Am zweiten Tag werden zunächst Mobilfunkaspekte wie Mehrfachzugriffsverfahren vermittelt. Anschließend werden Spreizbandverfahren vorgestellt. Das DS-CDMA-Spreizbandverfahren wird beispielsweise im UMTS-System und im GPS-Navigationssystem eingesetzt. Von großem aktuellem Interesse sind Mehrträger-Modulationsverfahren. Das OFDM-Mehrträgerverfahren findet beispielsweise in DSL, DAB, DVB-T, WLAN, WiMAX und LTE-Anwendung. Anschließend werden nichtlineare Modulationsverfahren besprochen, die beispielsweise im GSM-Mobilfunksystem eingesetzt werden.

Am dritten Tag lernen Sie zunächst Verfahren zur Entzerrung und Kanalschätzung von Mehrwegekanälen kennen. Diese Verfahren finden beispielsweise im GSM-System und anderen Mobilfunksystemen, in der Unterwasser-Kommunikation und in Datenmodems Anwendung. Die Illustration der Kursinhalte über interaktive Web-Apps rundet dieses Seminar ab.

### Vortragender

Prof. Dr.-Ing. Stephan ten Brink    Institut für Nachrichtenübertragung,  
Universität Stuttgart



### Seminar DK 1.03

## Digitale Modulationsverfahren

30. Juni – 02. Juli 2025  
Stuttgart

### Wissenschaftliche Leitung

Prof. Dr.-Ing. Stephan ten Brink  
Institut für Nachrichtenübertragung  
Universität Stuttgart

## Seminarprogramm

---

**Montag, 30.06.2025**

**08.30 – 16.30 Uhr**

---

|               |  |
|---------------|--|
| 08.30 – 08.45 | Begrüßung, Einführung, Organisation  |
| 08.45 – 10.15 | <b>Grundlagen digitaler Modulation</b>   |
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abtasttheorem, Quantisierung</li> </ul>   |
| 10.30 – 12.00 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsformung, Nyquistkriterium</li> <li>• Raised Cosine-Impulse</li> <li>• Signale im Zeit- und Frequenzbereich</li> <li>• Puls-Amplitudenmodulation (PAM)</li> <li>• Thermisches Rauschen</li> <li>• Augendiagramm</li> <li>• Symbolfehlerwahrscheinlichkeit</li> </ul> |
| 13.00 – 14.30 | <b>Modulation in den Bandpassbereich</b>   |
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Signale im Basisband- und Bandpassbereich</li> </ul>  |
| 15.00 – 16.30 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplitudenmodulation</li> <li>• Frequenzmultiplex</li> <li>• Einseitenband-AM, Hilbert-Filter</li> <li>• Frequenzmodulation, M-FSK</li> <li>• Digitale Quadratur-Amplitudenmodulation (QAM)</li> <li>• Konstellationsdiagramme und EVM</li> </ul>                         |

**Dienstag, 01.07.2025**

**08.30 – 16.30 Uhr**

---

|               |  |
|---------------|--|
| 08.30 – 10.00 | <b>Empfängerkonzepte</b>   |
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sender-/Empfängerunzulänglichkeiten</li> <li>• Frequenzoffset, I/Q-Imbalance</li> <li>• Taktrückgewinnung, S-Diagramm</li> <li>• Bandspreizung, Rake-Empfänger</li> <li>• Auto- und Kreuzkorrelation</li> <li>• Mehrbenutzerbetrieb im Code-Multiplex (CDMA)</li> </ul> |
| 10.30 – 12.00 |  |
| 13.00 – 14:30 | <b>Moderne Modulationsformate</b>  |
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrträgermodulation</li> <li>• Orthogonaler Frequenzmultiplex (OFDM)</li> <li>• Sender und Empfänger für OFDM</li> <li>• Zeitdiskrete Basisbandimplementierung</li> <li>• FFT, Cyclic Prefix, PAPR</li> </ul>  |
| 15.00 – 16.30 |  |

**Mittwoch, 02.07.2025**

**08.30 – 16.30 Uhr**

---

|               |   |
|---------------|---|
| 08.30 – 10.00 | <b>Besonderheiten des Funkkanals</b>  |
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pfadverlust und statistische Charakterisierung</li> <li>• Shadow- und Rayleigh-fading</li> <li>• Link budget und Empfängerempfindlichkeit</li> <li>• Stochastische Kanalmodelle: Zeit- und Frequenzselektivität</li> <li>• Mehrantennenkanäle (MIMO): Diversität und räumlicher Multiplex</li> </ul> |
| 10.30 – 12.00 |   |
| 13.00 – 14.30 | <b>Empfangsalgorithmik für den Funkkanal</b>  |
|               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstellationsbit-Detektion mit Zuverlässigkeitswerten</li> <li>• Lineare Entzerrer (ZF, LS, MMSE)</li> <li>• Nichtlineare Entzerrer, Viterbi-Algorithmus</li> <li>• Signalverarbeitung für Open-/Closed Loop MIMO</li> </ul>  |
| 15.00 – 16:30 |   |

### Unterlagen

---

Jeder Teilnehmer erhält die Vortragsunterlagen sowie eine Einführung in interaktive Web-Apps, welche die Inhalte weiter vertiefen.