



## Seminarort

CCG-Zentrum, Technologiepark  
Argelsrieder Feld 22, Geb. TE 03, D-82234 Weßling-Oberpaffenhofen  
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

Univ.-Prof. Dr. Gerhard Bauch, TU Hamburg-Harburg  
Institut für Nachrichtentechnik, Eißendorfer Str. 40, D-21073 Hamburg  
Tel. +49 (0) 40 / 42878-3128, E-Mail: [bauch@tuhh.de](mailto:bauch@tuhh.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, Physiker, Informatiker und Mathematiker aus Industrie, Behörden, Forschung und Entwicklung, die sich mit Problemen der zuverlässigen und hochratischen digitalen Nachrichtenübertragung über Funk befassen.

## Seminarinhalte

Die Verwendung mehrerer Antennen an Sender und Empfänger eines drahtlosen Informationsübertragungssystems ermöglicht erhebliche Kapazitätsgewinne über Systeme mit einer Antenne (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO). Diese MIMO-Technologie wird bereits in kommerziellen Systemen eingesetzt (UMTS, WLAN, LTE). Das Seminar behandelt die vielfältigen Aspekte von MIMO-Übertragungsverfahren von den theoretischen Grundlagen, Kanalmodellen, Übertragungs- und Codierungsverfahren, Detektionsverfahren, Multiuser-MIMO, massive MIMO bis hin zur praktischen Umsetzung in kommerziellen Systemen, wobei besonders das 3GPP-LTE-System besprochen wird.

## Vortragender

G. Bauch	Univ.-Prof. Dr.	Technische Universität Hamburg-Harburg, Institut für Nachrichtentechnik
----------	-----------------	---

## Seminar DK 1.04

# Mehrantennensysteme (MIMO-Systeme)

19. – 21. März 2025  
Oberpaffenhofen bei München

## Wissenschaftliche Leitung

Univ.-Prof. Dr. Gerhard Bauch  
Technische Universität Hamburg-Harburg

## Seminarprogramm

**Mittwoch, 19.03.2025**  
10.15 – 16.30 Uhr

10.15 – 10.30	Begrüßung, Einführung, Organisation
10.30 – 12.00 G. Bauch	<b>Einführung in MIMO-Systeme</b> Prinzip, Entwicklung und Potential von MIMO-Systemen, Typen von MIMO-Übertragungsstrategien, Prinzip von MIMO-OFDM, Prinzip des Beamforming, Look-Direction Beamforming, Eigenbeamforming, Prinzip von Single-User MIMO und Multi-User MIMO
13.00 – 14.30 G. Bauch	<b>MIMO-Kanalmodelle</b> Unkorrelierter MIMO-Kanal, korrelierte MIMO-Kanäle, Kronecker Modell, Line-of-Sight (LOS) MIMO Kanal, Keyhole-Kanal, WINNER Kanalmodell
15.00 – 16.30 G. Bauch	<b>MIMO-Kanalkapazität</b> Bedeutung der Kanalkapazität, Outage-Kapazität und ergodische Kapazität bei Fading-Kanälen, MIMO-Kanalkapazität, Einfluss von sender- und empfangsseitiger Kanalkennntnis auf die MIMO-Kanalkapazität, Prinzip des Waterfilling, Kapazität von MIMO-OFDM, Kanalkapazität statischer (LOS) MIMO-Kanäle

**Donnerstag, 20.03.2025**  
08.30 – 15.45 Uhr

08.30 – 10.00 G. Bauch	<b>Diversity-Verfahren und Space-Time Codes</b> Prinzip von Empfangsantennen- und Sendeantennen-Diversityverfahren, Delay-Diversity, Cyclic Delay Diversity, Space-Time Trellis Codes, Alamouti-Schema, Space-Time Block Codes und Space-Frequency Block Codes, Differentielle Space-Time Modulation mit nicht-kohärenter Detektion
10.30 – 12.00 G. Bauch	<b>Spatial Multiplexing</b> Prinzip des Spatial Multiplexing, Übertragungs- und Detektionsstrategien: Kanaldiagonalisierung mittels Singulärwertzerlegung, Maximum-Likelihood (ML) Detektion, BLAST-Detektion, Successive Interference Cancellation (SIC), Zero-Forcing und MMSE-Detektion
13.00 – 14.30 15.00 – 15.45 G. Bauch	<b>Multi-User MIMO</b> Prinzip des Multi-User Diversity, Multi-User MIMO in Uplink- und Downlink, lineares und nicht-lineares Precoding, Prinzip des Dirty-Paper-Coding und seiner Anwendung in Multiuser-MIMO, theoretische Grenzen von Multi-User MIMO

**Freitag, 21.03.2025**  
08.30 – 14.30 Uhr

08.30 – 10.00 G. Bauch	<b>MIMO Modes in 3GPP-LTE und LTE-Advanced</b> Open-Loop und Closed-Loop Single-User MIMO, Multiuser MIMO in 3GPP-LTE und LTE-A
10.30 – 12.00 G. Bauch	<b>Massive MIMO</b> Prinzip und mögliche Gewinne durch massive MIMO, Channel Hardening, Lineare oder nicht-lineare Signalverarbeitung für massive MIMO? Einfluß nicht-perfekter Hardware, Hybrides analoges und digitales Beamforming
13.00 – 14.30 G. Bauch	<b>Massive MIMO in 5G</b> Codebook-based transmission, non-codebook-based transmission, beam management

### Unterlagen

Jeder Teilnehmer erhält die Vortragsunterlagen.  
Die Kosten dafür sind in der Gebühr enthalten.