



**Seminarort**

Hochschule Karlsruhe, Campus HKA2030+, Technologiepark Karlsruhe, Wilhelm-Schickard-Str. 9, Geb. E / 2. OG, D-76131 Karlsruhe  
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  
Internet: [www.ccg-ev.de](http://www.ccg-ev.de)  
Die Anmeldungen werden schriftlich bestätigt.

**Weitere Informationen zum Inhalt**

Prof. Dr.-Ing. Franz Quint  
Hochschule Karlsruhe, D-76012 Karlsruhe  
Tel. +49 (0) 721 / 925-1038  
E-Mail: [franz.quint@h-ka.de](mailto:franz.quint@h-ka.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**

Entwickler, Forscher, Planer und Entscheider aus Industrie und Verwaltung aus den Bereichen Elektrotechnik, Mechatronik, Informatik, Maschinenbau und Naturwissenschaften

**Seminarinhalte**

Das Seminar ermöglicht den Teilnehmern, mit Methoden der digitalen Signalverarbeitung Sensorsignale zu analysieren und relevante Informationen zu extrahieren. Nach einer einführenden Wiederholung der Grundlagen digitaler Signalverarbeitung werden Filterung und Spektralanalyse als die wesentlichen Elemente der Sensorsignalanalyse vorgestellt. Einen breiten Raum nehmen fortgeschrittene Techniken wie die Darstellung von Signalen in Vektor- bzw. Eigenräumen und die Schätzung der Modellparameter für typische in der Praxis vorkommende Signalklassen ein. Ziel ist es, die Analyse von Sensorsignalen auch bei schlechtem Signal-zu-Rauschverhältnis oder bei Verfügbarkeit von nur wenigen Messwerten erfolgreich durchzuführen.

Die praktische Umsetzung der erlernten Signalverarbeitungsalgorithmen wird an verschiedenen Anwendungsbeispielen gezeigt. So wird z.B. in einem Ultraschallsystem die Ortsauflösung durch Codierung des Sendesignals erheblich gesteigert. Ein weiterer Anwendungsbereich ist die Detektion sehr schwacher Signale bei Vorhandensein starker Störungen durch Eigenwertzerlegung.

Im Gesundheitswesen ist es zunehmend wichtig, die Vitalparameter von Menschen mit kontaktlosen Verfahren zu messen. Die Auswertung von Laserservibrometersignalen erlaubt es, die Herz- und Atmungsfrequenz festzustellen und Fehlfunktionen wie das Vorkammerflimmern zu erkennen.

Einen breiten Raum nimmt der professionelle Umgang mit Spektrumanalysatoren ein. Die Teilnehmer führen selbst Messungen durch und erlernen dabei nicht nur die korrekte Interpretation der Spektren, sondern sie können Fehler, die bei der realen A/D und D/A-Wandlung von Sensor- oder Kommunikationssignalen entstehen, bewerten und digitale Korrekturverfahren durchführen.

Im Seminar werden weitere Anwendungen der erlernten Verfahren präsentiert, wie die Analyse digital modulierter Signale und die Analyse von Signalen aus Sensor- bzw. Antennenarrays. Die praktische Umsetzung der Algorithmen wird mit Hilfe von Matlab-Simulationen gezeigt.

**Vortragende**

F. Quint	Prof. Dr.-Ing.	Hochschule Karlsruhe
N. Zeller	Prof. Dr.-Ing.	Hochschule Karlsruhe
K. Kroschel	Prof. Dr.-Ing.	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
P. Ahlemann	Dipl.-Ing.	HENSOLDT AG, Ulm



**Seminar SE 2.19**

**Sensorsignalanalyse**

**15. – 17. September 2025  
Karlsruhe**

**Wissenschaftliche Leitung**

Prof. Dr.-Ing. Franz Quint  
Hochschule Karlsruhe

## Seminarprogramm

**Montag, 15.09.2025**  
08.30 – 16.30 Uhr

- |                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08.30 – 08.45                      | Begrüßung, Einführung, Organisation                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 08.45 – 10.15<br>Niclas Zeller     | <b>Grundlagen der digitalen Signalverarbeitung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analoge und digitale Signale</li> <li>• LTI-Systeme</li> <li>• Fourier-Transformation</li> <li>• Abtasttheorem</li> <li>• Ideale vs. reale A/D- und D/A-Wandlung, Charakterisierung über das Spektrum</li> </ul>                                        |
| 10.30 – 12.00<br>Niclas Zeller     | <b>Stochastische Signale und Systeme</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufallsvariable</li> <li>• Erwartungswerte von Zufallsvariablen</li> <li>• Zufallsprozesse</li> <li>• Autokorrelationsfunktion und Spektrale Leistungsdichte</li> <li>• zufällige Signale und LTI-Systeme</li> </ul>                                              |
| 13.00 – 14.30<br>Niclas Zeller     | <b>Diskrete Fourier-Transformation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung Diskrete Fourier Transformation</li> <li>• Lineare und zyklische Faltung</li> <li>• Zero-padding</li> <li>• Fast Fourier Transform</li> <li>• Leck-Effekt</li> <li>• Fensterfunktion</li> </ul>                                                          |
| 15.00 – 16.30<br>Kristian Kroschel | <b>Anwendung digitaler Verfahren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Messung von Herz- und Atemfrequenz, Detektion von Kammerflimmern mit Laser-Vibrometrie</li> <li>• Laufzeitmessung mit orthogonalen Signalen und Matched-Filtern zur Störreduktion</li> <li>• Detektion leistungsschwacher Signale durch Eigenwertzerlegung</li> </ul> |

**Dienstag, 16.09.2025**  
08.30 – 16.30 Uhr

- |                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08.30 – 10.00<br>Franz Quint<br>Niclas Zeller                  | <b>Messverfahren zur Charakterisierung von Sensorsignalen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundprinzipien der Messung von Spektren</li> <li>• Aufbau und Funktion von Spektrumanalysatoren</li> <li>• Einstellung und Einfluss der Messparameter</li> <li>• Durchführung von Messungen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10.30 – 12.00<br>13.00 – 14.30<br>Franz Quint<br>Niclas Zeller | <b>Praktische Übungen an den Geräten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Takterzeugung und D/A-Wandlung</li> <li>• Spektren im Basisband und im Bandpassbereich von digital erzeugten Signalen</li> <li>• Auswirkungen von realen Bauelementen auf die Spektren von Signalen</li> <li>• I-Q Fehler</li> <li>• Trägerdurchschlag</li> <li>• Digitale Methoden, um Unzulänglichkeiten realer analoger Bauelemente auszugleichen</li> <li>• Korrektur von Frequenzgängen und Back-off</li> <li>• Interpolation und Mischen im D/A-Wandler</li> </ul> |
| 15.00 – 16.30<br>Franz Quint                                   | <b>Modellierung von Sensorsignalen mit rationaler Leistungsdichte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AR-, MA-, ARMA-Modelle</li> <li>• Schätzung der Modellparameter</li> <li>• Yule-Walker-Gleichung</li> <li>• Effizientes Lösungsverfahren: Levinson-Durbin Rekursion</li> <li>• Äquivalenz zwischen Schätzung der Modellparameter (Synthese) und Prädiktion (Analyse)</li> </ul>                                                                                                                                                             |

**Mittwoch, 17.09.2025**  
08.30 – 16.30 Uhr

- |                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 08.30 – 10.00<br>Franz Quint    | <b>Prädiktion von Sensorsignalen zur Datenreduktion und praktische Umsetzung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorwärts- und Rückwärtsprädiktion</li> <li>• Besondere Filterstruktur: Lattice-Filter</li> <li>• Praktische Umsetzung: Yule-Walker Methode, Kovarianz-Ansatz, modifizierter Konvarianz-Ansatz, Burg-Algorithmus</li> </ul> |
| 10.30 – 12.00<br>Franz Quint    | <b>Modellierung von Sensorsignalen mit harmonischen Komponenten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung harmonischer Signale im Vektorraum</li> <li>• Orthogonalität zwischen Signalunterraum und Rauschunterraum</li> <li>• Schätzung der Modellparameter als Eigenwertaufgabe</li> </ul>                                         |
| 13.00 – 14.30<br>Franz Quint    | <b>Verfahren zur Schätzung harmonischer Komponenten</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Methode von Pisarenko</li> <li>• Multiple Signal Classification (MUSIC)</li> <li>• ESPRIT-Verfahren</li> </ul>                                                                                                                                      |
| 15.00 – 16.30<br>Andreas Bantle | <b>Praktischer Einsatz eigenwertbasierter Verfahren</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Signalverarbeitung für Antennenarrays</li> <li>• Mehrwellenpeilung mit MUSIC</li> <li>• Schätzung der Anzahl harmonischer Komponenten</li> <li>• Praktische Randbedingungen und Einschränkungen</li> <li>• Einfluss von Kalibrierfehlern</li> </ul> |

### Unterlagen

Die Teilnehmer erhalten die Matlab-Programme, die im Kurs verwendeten Folien und Unterlagen sowie zusätzlich das Buch „Digitale Signalverarbeitung“, 10. Auflage, Springer-Verlag 2022, zum Vertiefen und Nachschlagen.