



Gesellschaft für digitale  
Signalverarbeitung m.b.H.  
Karl-Götz-Str. 5  
97424 Schweinfurt

Telefon: 09721 / 67529 - 0  
Telefax: 09721 / 67529 - 22

Die Firma GDS Gesellschaft für digitale Signalverarbeitung GmbH eröffnet neben den bestehenden Geschäftsfeldern ein neues Segment:

## „Aus- und Weiterbildung für Elektrotechniker und -Ingenieure“

Hierbei stehen mehrere Professoren federführend in der Gestaltung und für das Abhalten der Seminare zur Verfügung.

Die geplanten Kurse gliedern sich in drei Hauptgruppen:

- I Weiterbildung hervorragender Facharbeiter, Techniker und Meister, um den vorhandenen und entstehenden Mangel an Elektroingenieuren zukünftig teilweise zu kompensieren.
- II Aufbaukurse für bereits im Beruf stehende Ingenieure der Fachrichtungen Elektrotechnik, Maschinenbau oder Physik
- III Einstiegsseminare für Entscheidungsträger in die Grundbegriffe und Grundlagen der digitalen Signalverarbeitung, der Bustechnik und des Rechnerwesens.

## I Weiterbildung hervorragender Facharbeiter, Techniker und Meister, um den vorhandenen und entstehenden Mangel an Elektroingenieuren zukünftig teilweise zu kompensieren.

Betrachtet man die zahlreichen Bemühungen deutschlandweit, den vorhandenen Mangel an Ingenieuren durch andere Maßnahmen als die normale Hochschulausbildung zu beheben, so scheint es geraten, durch intensive innerbetriebliche Weiterbildung, hervorragende Facharbeiter, Techniker und Meister zumindest sektoriell theoretisch so auszubilden, dass sie zunächst im Team und später alleine, ingenieursähnliche Arbeitsleistungen erbringen können.

Bei fehlenden nötigen theoretischen Grundlagen werden zusätzlich Firmenmitarbeiter, Gymnasiallehrer sowie qualifizierte Lehrer von Berufs- und Berufsfachschulen eingesetzt.

Die an den Hochschulen gelehrtten nötigen Grundlagenfächer für diese Aufgabe könnten in mehrtägiger innerbetrieblicher Ausbildung oder extern von Hochschulprofessoren vermittelt werden.

Bestehende Skripten (Lehrunterlagen) werden im seminaristischen Unterricht in der Firma oder an einer zentralen geeigneten Ausbildungsstätte, z. B. Technologiezentren, behandelt und durch zahlreiche Beispiele (Übungsbetrieb) vertieft. Eine eventuelle Abschlussprüfung in den einzelnen Fächern wertet die Teilnahme auf und qualifiziert die Teilnehmer weiter.

Die speziellen Voraussetzungen und die Zielsetzung der einzelnen Seminare/Vorlesungen sind den folgenden detaillierten Aufstellungen zu entnehmen.

Erfahrungsgemäß sollten Veranstaltungen, die mehrere Tage benötigen, nicht in einem geschlossenen Block, sondern verteilt über mehrere Wochen absolviert werden.

Kurse aus dem Block I können auch zur Auffrischung der Theorie für langjährig tätige Ingenieure dienen.

## **Konkretisierung**

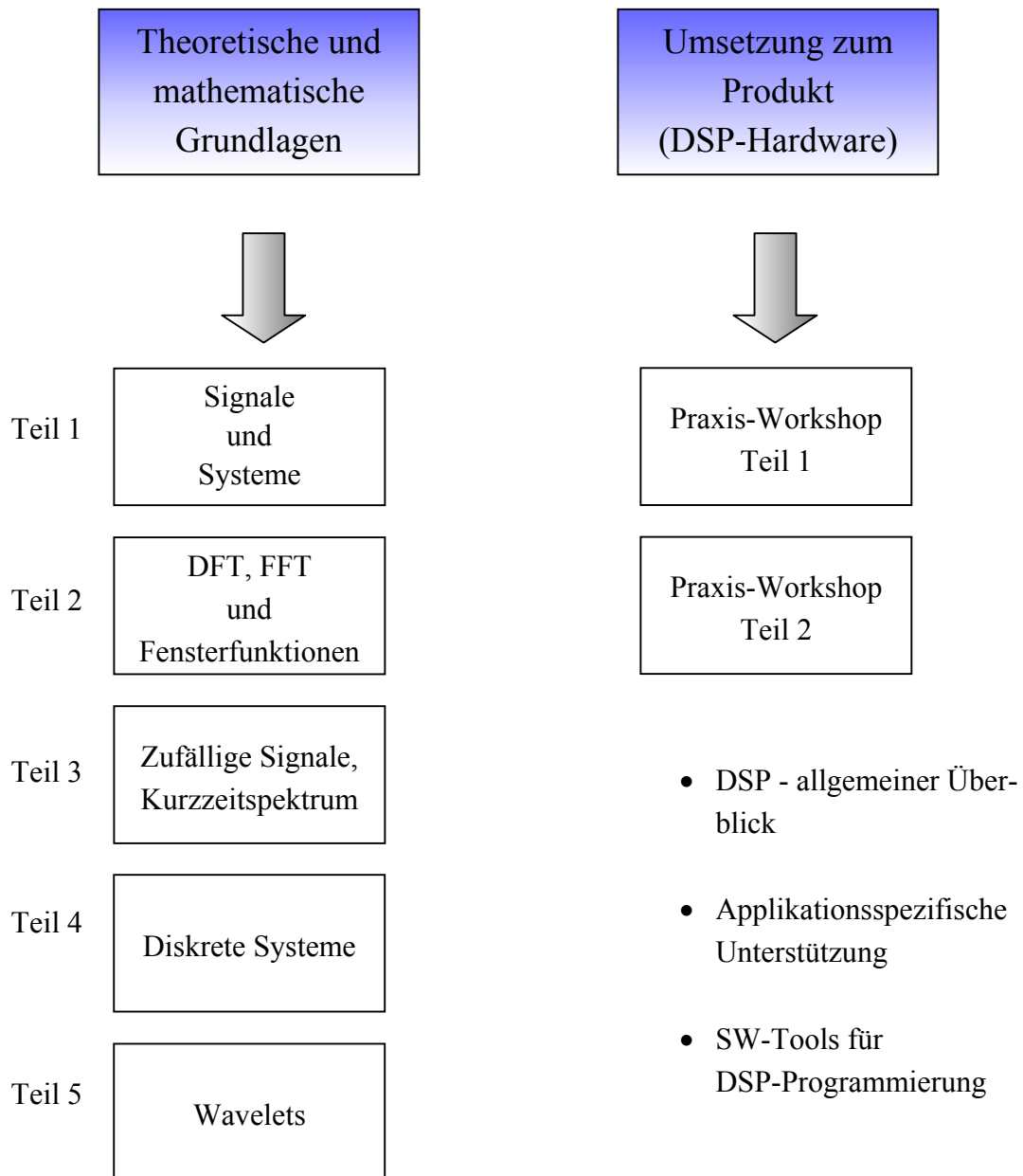
1. Vorlesung: *Signal- und Systemtheorie* **28h (5 Tage)**  
Kontinuierliche Signale und Systeme, Laplace- und Fouriertransformation  
Voraussetzung: Beherrschen der Differential- und Integralrechnung und der komplexen Rechnung, Kenntnisse über Differentialgleichungen und der komplexen Funktionstheorie.  
Dozenten: Prof. Dr-Ing. Lehmann, FH WÜ-Schweinfurt  
Prof. Dr-Ing. Lambert, FH WÜ-Schweinfurt
2. Vorlesung: *Prozessdatenverarbeitung I* **28h (5 Tage)**  
Fähigkeit diskrete Signale und Systeme bezüglich ihres technischen Einsatzes beschreiben zu können.  
Voraussetzung: Absolvierung der Vorlesung Signal- und Systemtheorie oder entsprechende Kenntnisse.  
Dozent: Prof. Dr-Ing. Lehmann, FH WÜ-Schweinfurt
3. Vorlesung: *Regelungstechnik 1* **56h (10 Tage)**  
Entwurf und Synthese von Regelkreisen mit kontinuierlichen linearen Systemen, Stabilität, Frequenzkennlinien und Wurzelortskurven  
Voraussetzung: Absolvierung der Vorlesungen 1 und 2 oder entsprechende Kenntnisse.  
Dozenten: Prof. Dr-Ing. Lambert, FH WÜ-Schweinfurt  
Prof. Dr-Ing. Lehmann, FH WÜ-Schweinfurt
4. Vorlesung: *Regelungstechnik 2* **14h (2 bis 3 Tage)**  
Behandlung von nichtlinearen Systemen im Regelkreis, Einführung in die Behandlung diskreter Regelkreise (Abtastsysteme)  
Voraussetzung: Absolvierung der Vorlesung 1 bis 3 oder entsprechende Kenntnisse.  
Dozenten: Prof. Dr-Ing. Lambert, FH WÜ-Schweinfurt  
Prof. Dr-Ing. Lehmann, FH WÜ-Schweinfurt
5. Vorlesung: *Mikrocomputertechnik* **56h (10 Tage)**  
Grundlagen, CPU-Aufbau, Adressdecoder, Speicher, Ein-/Ausgabe, Rechnerentwurf mit Mikroprozessoren, Mikrocontroller 68332, NF-300 Rechner und seine Programmierung  
Voraussetzung: Kenntnisse digitaler Grundsaltungen  
Dozent: Prof. Dr-Ing. Urbanek, FH Nürnberg  
Es liegt zu dieser Vorlesung ein gerade erschienenenes Lehrbuch vor.

6. Vorlesung: *Statistische Verfahren der Informationsverarbeitung I*      **28h (5 Tage)**  
Mathematische Beschreibungsmethoden von Zufallsprozessen für reale technische Zeitfunktionen  
Voraussetzung:      Kenntnisse, wie sie beispielsweise in den Vorlesungen 1 und 2 vermittelt werden.  
Dozenten:            Prof. Dr-Ing. Lehmann, FH WÜ-Schweinfurt oder  
                         Prof. Dr-Ing. Lambert, FH WÜ-Schweinfurt
7. Vorlesung: *Statistische Verfahren der Informationsverarbeitung II*      **28h (5 Tage)**  
Aufbauend auf die Vorlesung 6 werden Anwendungen der statistischen Signal- und Systembeschreibung behandelt, wie weiterführende Beziehungen im Zeit und Frequenzbereich, Kurzzeitspektren, Entfaltung von AKF, KKF und VDF  
Voraussetzung:      Kenntnisse, wie sie beispielsweise in den Vorlesungen 1, 2 und 6 vermittelt werden, oder Kenntnisse durch einen einschlägigen Abschluss an einer Hochschule.  
Dozent:                Prof. Dr-Ing. Lehmann, FH WÜ-Schweinfurt

Zu den vorgeschlagenen Vorlesungen 1 bis 4, 6 und 7 liegt eine detaillierte Inhaltsangabe bei.

## II Aufbaukurse für bereits im Beruf stehende Ingenieure der Fachrichtungen Elektrotechnik, Maschinenbau oder Physik

### Digitale Signalverarbeitung



Zusätzlich zu den oben aufgeführten Themen sind noch die Kurse A bis G als Erweiterung vorgesehen. Alle Kurse können bei Bedarf mit einer Prüfung abgeschlossen werden. Bei entsprechendem Bedarf können weitere Fächer bzw. Fachgebiete angeboten werden, z. B. Hochfrequenztechnik, Schaltungstechnik, Felder und Wellen etc.









## Digitale Signalverarbeitung – Teil 5: Wavelets

- **Zielgruppe** Entwickler
- **Teilnehmervoraussetzungen** Kenntnisse und Fähigkeiten determinierte Signale und Zufallssignale in kontinuierlicher und zeitdiskreter Form im Zeit- und Bildbereich beschreiben zu können.
- **Zielsetzung** Einführung in die Methoden zur Zeit-Frequenz-Signalanalyse. Besondere Schwerpunkte bilden die Kurzzeit-Fourier-Transformation und die Wavelet-Transformation.
- **Inhalte**

Die Veranstaltung behandelt die Probleme bei der Spektralanalyse von Signalen. Der Übergang zur Kurzzeit-Fourier-Transformation oder zur Wavelet-Transformation kann einige Nachteile der klassischen Methoden beseitigen. Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede bei den Zeit-Frequenzbereichsverfahren werden ausführlich behandelt.

  - ◆ Beschreibung von Signalen und die Fourier-Transformation
  - ◆ Kurzzeit-Fourier-Transformation, Fensterung
  - ◆ allgemeine Zeit-Frequenzbereichsdarstellungen, Atome
  - ◆ Wavelets, Wavelet-Transformation, inverse Wavelet-Transformation
  - ◆ diskrete Wavelet-Transformation, orthogonale Wavelets, Filterbänke, perfekte Rekonstruktion
- **Hinweise an die Teilnehmer**

Referent(en) apl. Prof. Dr. P. Steffen  
Universität Erlangen-Nürnberg

Dauer 1 Tag

## Digitale Signalverarbeitung – Praxis-Workshop Teil 1

- **Zielgruppe** Entwickler
- **Teilnehmervoraussetzungen** Grundkenntnisse in der Theorie der digitalen Signalverarbeitung wie Signal- und Systembeschreibung, Spektraltransformationen. Kenntnisse über Simulationssoftware, beispielsweise MATLAB.
- **Zielsetzung** Durch weitere Theorie, einer Übersicht über „digitale Signalprozessoren“ am Beispiel der Motorola-Familie, Behandlung des 56002 DSP-Boards und der Vorstellung weiterer Simulationssoftware wird der Teilnehmer in die Lage versetzt, eigenständig am PC in Verbindung mit einem DSP-Board einfache Aufgaben zu lösen.
- **Inhalte**

In dem Workshop werden neben erforderlicher theoretischer Ergänzung an einem Arbeitsplatz, bestehend aus PC, DSP-Board, Funktionsgenerator und Oszilloskop, Beispiele lauffähig umgesetzt. Außerdem werden weitere Software-Pakete zur Simulation nachrichtentechnischer Probleme vorgestellt und beispielhaft eingesetzt.

  - ◆ Übersicht über die Motorola-DSP-Familie
  - ◆ Das DSP56002-EVM-Board
  - ◆ Die Hilbert-Transformation, Entwurf und Implementierung eines Beispiels auf dem DSP
  - ◆ Simulationssoftware ergänzend zu MATLAB (SCI-LAB, PTOLEMY), Beispiele (FIR-, IIR-Filter, CORDIC-Algorithmus, Polynominterpolation)
  - ◆ SICOS und das DSP-Board, Beispiele und Hinweise
- **Hinweise an die Teilnehmer**

Referent(en) Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann  
Prof. Dipl.-Ing. J. Weith  
FH WÜ-Schweinfurt

Dauer 1 Tag





## Digitale Signalverarbeitung – Kurs B: Zustandsregelung

- **Zielgruppe** Entwickler
- **Teilnehmervoraussetzungen** Beherrschen der Differential- und Integralrechnung und der komplexen Rechnung, Kenntnisse über Differentialgleichungen und der komplexen Funktionstheorie, Kenntnisse über die klassische Regelungstechnik.
- **Zielsetzung** Fähigkeit zur Beschreibung von Systemen im Zustandsraum und zum Entwurf von Zustandsreglern mit Beobachter im Zeit- und Frequenzbereich.
- **Inhalte**

Die Lehrveranstaltung beginnt mit einer Darstellung linearer kontinuierlicher Systeme im Zustandsraum. Damit wird, insbesondere mit den Begriffen der Regelbarkeit und Steuerbarkeit, ein tieferer Einblick in das Systemverhalten als mit Übertragungsfunktionen möglich. Um den Formalismus in Grenzen zu halten, werden schwerpunktmäßig „Single-Input-Single-Output“-Systeme behandelt. Desweiteren wird besprochen, wie Zustandsgleichungen im Zeit- und Frequenzbereich gelöst werden, und zwar unter Verwendung des CAE-Tools MATLAB. Daran schließt sich der Entwurf von Zustandsreglern wie folgt an:

  - ◆ Regelsysteme mit Rückführung des Zustandsvektors
  - ◆ Entwurf vollständiger Zustandsrückführungen
  - ◆ Einheitsbeobachter (Luenberger Beobachter)
  - ◆ Beobachter reduzierter Ordnung
  - ◆ Separationsprinzip
  - ◆ Entwurf im Frequenzbereich
  - ◆ Zustandsregelung mit I-Anteil
  - ◆ Zustandsregelung unter Berücksichtigung einer Stellsignalbegrenzung
  - ◆ Praxisnahe Demonstrationsbeispiele mit MATLAB / SIMULINK
- **Hinweise an die Teilnehmer**

Referent(en) Prof. Dr.-Ing. L. Lambert  
FH WÜ-Schweinfurt

Dauer 2x2 Tage (4 Tage)  
oder als Steilkurs bei entsprechenden Vorkenntnissen: 2x1 Tag





## Kurs E: Biologie in der biomedizinischen Technik

- **Zielgruppe** Physiker und ingenieurwissenschaftliche Hochschulabsolventen, sowie Techniker und Meister aller Fachrichtungen, die sich für eine interdisziplinäre Tätigkeit (Zusammenarbeit mit Mitarbeitern aus dem Bereich der Biowissenschaften) in der biomedizinischen Technik qualifizieren möchten.
  
- **Teilnehmervoraussetzungen** Interesse für biologische Zusammenhänge
  
- **Zielsetzung** Die Teilnehmer erlangen Kenntnisse über biologische Grundprinzipien, die in einer interdisziplinären Zusammenarbeit auf dem Gebiet der biomedizinischen Technik von fundamentaler Bedeutung sind.
  
- **Inhalte**

Das Seminar vermittelt wichtige biologische Grundlagen über die Organisation und Funktion biologischer Systeme. Ferner wird in die biologisch-medizinische Terminologie eingeführt.

  - ◆ Organisation biologischer Systeme
  - ◆ Biomembranen
  - ◆ Bau und Funktion biologischer Zellen
  - ◆ Herz und Kreislaufsystem (incl. EKG)
  
- **Hinweise an die Teilnehmer**

Referent(en)	Dr. rer. nat. R. Schnettler Dozent für Physiologie, Biophysik und Analysentechnik FH WÜ-Schweinfurt
Dauer	12 Stunden

## Kurs F: Mikrobiologie für Medizintechniker

- **Zielgruppe** Physiker und ingenieurwissenschaftliche Hochschulabsolventen, sowie Techniker und Meister aller Fachrichtungen.
- **Teilnehmervoraussetzungen** Interesse für biologische Zusammenhänge
- **Zielsetzung** Die Teilnehmer erlangen Kenntnisse zur Biologie von Mikroorganismen. Es wird besonders auf Mikroorganismen eingegangen, die beim Umgang mit medizintechnischen Geräten und Anlagen auftreten können. Ferner wird die Problematik der Desinfektion und Sterilisation kontaminierter Medien und Oberflächen behandelt. Die Ausstattung mikrobiologischer Labors zur Untersuchung von Entkeimungsfragen ist ebenso Gegenstand des Seminars.
- **Inhalte**
  - ◆ Was sind Mikroorganismen?
  - ◆ Die Biologie von Viren, Bakterien, Pilzen und eukaryontischen Zellen.
  - ◆ Wasserkeime
    - Bedeutung
    - Einteilung und Unterscheidung
    - Nachweismethoden
  - ◆ Krankheitserreger in medizintechnischen Geräten und Anlagen
  - ◆ Toxinbildung und Freisetzung
  - ◆ Grundlagen der Desinfektion und Sterilisation
  - ◆ Bioindikatoren zur Prüfung auf Wirksamkeit von Desinfektions- und Sterilisationsverfahren
  - ◆ Biofilmbildung und daraus resultierende Probleme der Sterilisation und Desinfektion
  - ◆ Die Ausstattung mikrobiologischer Labors, die mit der Untersuchung der Entkeimungsfragen befasst sind.
- **Hinweise an die Teilnehmer**
  - Referent(en) Dr. rer. nat. R. Schnettler  
Dozent für Physiologie, Biophysik und Analysetechnik  
FH WÜ-Schweinfurt
  - Dauer 6 Stunden

## Kurs G: Projektmanagement

- **Zielgruppe** Hochschulabsolventen, Techniker und Meister aller Fachrichtungen
- **Teilnehmervoraussetzungen**
- **Zielsetzung** Sie erlangen Kenntnisse und Fähigkeiten, die für eine effiziente Leitung und/oder Mitarbeit in Projektteams benötigt werden.
- **Inhalte**

Das Seminar macht mit einer grundsätzlich neuen Denkweise vertraut. Es werden die wichtigsten Prinzipien und Werkzeuge des Projektmanagements vorgestellt.

  - ◆ Leistungssteigerung durch Projektmanagement
  - ◆ Zielfindung
  - ◆ Projektplanung
  - ◆ Projektsteuerung
  - ◆ Projektmanagementsysteme
  - ◆ Projektabschluss
  - ◆ Dokumentation
  - ◆ Risikomanagement
- **Hinweise an die Teilnehmer**

Referent(en) Dr. rer. nat. R. Schnettler  
Projektmanagement-Fachmann (RKW/GPM)  
zertifiziert durch das Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW) und der Gesellschaft für Projektmanagement INTERNET Deutschland e.V. (GPM)

Dauer 12 Stunden





### Kurs J: Workshop über digitale Modulationsverfahren und Powerline-Technik

Im Vortragsteil von Herrn Prof. Mann (etwa eine Stunde) wird über die Methodik der digitalen Modulationsverfahren berichtet. Solche Verfahren führen zu einer Steigerung der Übertragungskapazität bei zur Verfügung stehenden Kanalressourcen.

Nach einer kurzen Zusammenfassung wichtiger Grundlagen der Signaltheorie werden die Methoden vorgestellt, mit denen eine Übertragung dieser Signale möglich wird. Es schließen sich Beispiele für digitale Modulationsverfahren an.

Anschließend berichtet Herr Dipl.-Ing. (FH) Wimmer über die normativen Grundlagen bei der Nutzung des elektrischen 230/400V-Verteilnetzes als Übertragungsmedium (etwa eine Stunde). Auf die Schwierigkeit der ständig wechselnden Netzeigenschaften und die vorhandenen Störelastungen wird eingegangen. Trotz der vorliegenden physikalisch bedingten Problematik bei der Nutzung des Verteilnetzes ist eine Datenübertragung mit moderaten Datenraten möglich. Die in Europa geltende Normenreihe EN 50065 regelt die Nutzung von Frequenzbändern, Pegeln und Zugriffsverfahren. Als nationale Norm ist diese Reihe unter DIN VDE 0808 veröffentlicht. Die entsprechenden Vorschriften werden erläutert.

Danach gibt Herr Prof. Lehmann (etwa eineinhalb Stunden) eine Übersicht über die Entwicklung der Powerline-Technik. Auf das entstehende Innovationspotential durch den Wegfall von Monopolen wird eingegangen, wobei auch die Breitbandnutzung des elektrischen Verteilnetzes behandelt wird. Nach einer Übersicht über die Übertragungseigenschaften des elektrischen Verteilnetzes (Frequenzgang, Kanalkapazität) werden moderne und erprobte Modulationstechniken (Zweiton- Mehrton-FSK und OFDM) behandelt. Insbesondere wird ein neuartiges OFDM-Konzept mit reduziertem Aufwand und neuartige Synchronisationskonzepte zur Blocksynchronisation vorgestellt.

Nach diesem theoretischen Teil haben die Teilnehmer Gelegenheit, in einem etwa halbstündigen Block Fragen an die Referenten zu stellen, um Ansätze zur Lösung von eigenen Problemen finden zu können.

#### ■ Hinweise an die Teilnehmer

Referent(en)	Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann und Prof. Mann Dipl.-Ing. (FH) Wimmer Fachhochschule WÜ-Schweinfurt
Dauer	4½ Stunden

# Anhang

- Verzeichnis der teilnehmenden Professoren
  
- Weiterbildungsseminare I
  - 1) Signal- und Systemtheorie  
Überblick über Lehrinhalte
  - 2) Prozessdatenverarbeitung I  
Kurzbeschreibung  
Überblick über Lehrinhalte
  - 3) Regelungstechnik I  
Überblick über Lehrinhalte
  - 4) Regelungstechnik II  
Überblick über Lehrinhalte
  - 5) Statistische Verfahren der Informationsverarbeitung I  
Kurzbeschreibung  
Überblick über Lehrinhalte
  - 6) Statistische Verfahren der Informationsverarbeitung II  
Überblick über Lehrinhalte
  
- Weiterbildungsseminare II
  - 1) Teil 1 bis 4  
Überblick über Lehrinhalte
  - 2) Teil 5 „Wavelets zur Signalanalyse“  
Überblick über Lehrinhalte

## Verzeichnis der teilnehmenden Professoren

- Prof. Dr. Lambert  
Fachhochschule Wü-Schweinfurt  
Regelungstechnik, Signal- und Systemtheorie  
Einsatz von MATLAB und Simulink
- Prof. Dr. Lehmann  
Fachhochschule Wü-Schweinfurt  
Digitale Signalverarbeitung,  
Signal- und Systemtheorie,  
Regelungstechnik, allgemeine Organisation
- Prof. Mann  
Fachhochschule Wü-Schweinfurt  
Hochfrequenztechnik, analoge und digitale  
Übertragungs- und Schaltungstechnik
- Prof. Dr. Möhringer  
Fachhochschule Wü-Schweinfurt  
Video- und Fernsehtechnik
- Prof. Dr. Poddig  
Fachhochschule Wü-Schweinfurt  
Antennen und Radar, Felder und Wellen
- Dr. rer. nat. Schnettler  
Fachhochschule Wü-Schweinfurt,  
freier Mitarbeiter der GDS GmbH  
Biomedizin, Projektmanagement
- apl. Prof. Dr. Steffen  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Wavelets, moderne Transformationen, mathe-  
matische Problemlösungen
- Prof. Dr. Urbanek  
Fachhochschule Nürnberg  
Mikrocomputertechnik
- Prof. Dr. Vary  
RWTH Aachen  
Quellen und Kanalcodierung, Sprachverarbei-  
tung
- Prof. Weith  
Fachhochschule Wü-Schweinfurt  
Simulationswerkzeuge,  
DSP-Einsatz in der Nachrichtentechnik

# Signal- und Systemtheorie

Fachhochschule  
Würzburg-Schweinfurt

Prof. Dr.-Ing. L. Lambert

Labor für Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann

Labor für digitale Signalverarbeitung und Mikrocomputer

---

## Überblick über Lehrinhalte

### 1 Einführung

### 2 Signale

2.1 Determinierte Elementarsignale

2.2 Eigenschaften von Signalen

### 3 Systeme

3.1 Systemeigenschaften

3.2 Systembeschreibungen durch Sprung- und Impulsantwort

3.2.1 Sprung- und Impulsantwort

3.2.2 Zusammenhang zwischen Sprung- und Impulsantwort

3.2.3 Die Impulsantwort als Systemcharakteristik

3.2.4 Ein Stabilitätskriterium

3.3 Die Übertragungsfunktion

## 4 Die Laplace-Transformation

- 4.1 Die Grundlagen der Laplace-Transformation
- 4.2 Zusammenhang zwischen Fourier- und Laplace-Transformation
- 4.3 Eigenschaften der Laplace- Transformation
- 4.4 Korrespondenz-Tabelle der Laplace-Transformation
- 4.5 Verfahren zur Umkehrung der Laplace-Transformation

## 5 Stabilität linearer Systeme

- 5.1 Stabilitätsdefinitionen und –bedingungen
- 5.2 Ein algebraisches Stabilitätskriterium: das Hurwitz- Kriterium

## 6 Weitere Transformationen

### 6.1 Ergänzungen

- 6.1.1 Allgemeine Systembeschreibung
- 6.1.2 Allgemeine Signalbeschreibung

### 6.2 Fourier-Transformation

- 6.2.1 Eigenfunktionen von LTI-Systemen
- 6.2.2. Das Fourier-Integral
- 6.2.3 Allgemeine Definition der Fourier-Transformation
- 6.2.4 Voraussetzung für die Existenz des Fourier-Integrals
- 6.2.5 Fourier-Transformierte von unstetigen Funktionen
- 6.2.6 Fourier-Transformierte betragsintegrabler Funktionen
- 6.2.7 Theoreme der Fourier- Transformation
- 6.2.8 Transformation singulärer Funktionen

## 7 Fourier- Reihen

## 8 Ergänzung zur Systemdarstellung

## 9 Gleichungszusammenfassung zum Teil II

## 10 Ergänzende Literatur

## Prozessdatenverarbeitung I

Fachhochschule  
Würzburg-Schweinfurt

Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann

Labor für digitale Signalverarbeitung und Mikrocomputer

---

### Kurzbeschreibung

■ **Zielsetzung**

Fähigkeit, diskrete Signale und Systeme bezüglich ihres technischen Einsatzes beschreiben zu können.

■ **Inhalte**

Beschreibung zeitdiskreter Signale, Abtasttheorem im Zeit- und Frequenzbereich, Fensterfunktionen und deren Einsatz, diskrete und schnelle diskrete Fourier-Transformation (FFT), z-Transformation. Beschreibung diskreter Systeme, Stabilität, bilineare und anregungsinvariante Transformation, numerische Integrationsregeln und deren Stabilität.

## Überblick über Lehrinhalte

- Einführung
- Klassifikation von Systemen
- Simulationsbeispiel
- Impulskamm im Zeitbereich
- Das Abtasttheorem
- Abtastung im Zeitbereich
- Aliasing-Filter
- „Abtastung“ im Frequenzbereich
- Fourier-Transformation diskreter Signale
- Zusammenhang zwischen DFT und kontinuierlicher Fourier-Transformation
- Fensterfunktion, Vorbetrachtung
- Weitere Fensterfunktionen
- Die schnelle Fourier-Transformation (FFT)
- Die Z-Transformation
- Diskrete Systeme
- Stabilität
- Bilineare Transformation
- Nichtrekursive Systeme
- Anregungsinvariante Transformation
- Numerische Integrationsformeln bzw. -Regeln

# Regelungstechnik

Fachhochschule  
Würzburg-Schweinfurt

## Teil 1

**Prof. Dr.-Ing. L. Lambert**

Labor für Regelungstechnik

**Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann**

Labor für digitale Signalverarbeitung und Mikrocomputer

---

## Überblick über Lehrinhalte

### 1 Einführung

1.1 Klärung der Begriffe "Steuerung" und "Regelung"

### 2 Prinzipielle Funktionsweise einer Regelung

### 3 Grundstruktur von Regelkreisen

## 4 Beschreibung linearer kontinuierlicher Systeme im Frequenzbereich

- 4.1 Linearität von Systemen
- 4.2 Die Laplace-Transformation
  - 4.2.1 Definition
  - 4.2.2 Haupteigenschaften der Laplace-Transformation
- 4.3 Korrespondenzen- Tabelle der Laplace-Transformation

## 5 Systembeschreibung

- 5.1 Übergangs- und Gewichtsfunktion
- 5.2 Übertragungsfunktion  $H(p)$  eines Systems
- 5.3 Das Rechnen mit Übertragungsfunktionen
- 5.4 Frequenzgang
- 5.5 Darstellung des Frequenzganges durch Frequenzkennlinien (Bode-Diagramm)
- 5.6 Frequenzkennlinien elementarer Übertragungsglieder
  - 5.6.1 Das proportional wirkende Übertragungsglied: P-Glied
  - 5.6.2 Das integrierende Übertragungsglied: I-Glied
  - 5.6.3 Das differenzierende Übertragungsglied: D-Glied
  - 5.6.4 Verzögerungsglied 1. Ordnung:  $PT_1$ -Glied ( $VZ_1$ -Glied)
  - 5.6.5 Verzögerungsglied 2. Ordnung:  $PT_2$ -Glied ( $VZ_2$ -Glied)
  - 5.6.6 Das Vorhaltglied:  $DT_1$ -Glied
  - 5.6.7 PD-Glied
  - 5.6.8 PI-Glied
- 5.7 Pole- und Nullstellen der Übertragungsfunktion
- 5.8 Ermittlung der Übergangsfunktion aus der Übertragungsfunktion
  - 5.8.1 Ermittlung der Übergangsfunktion eines  $PT_2$ -Systems
- 5.9 Systeme mit minimalem und nichtminimalem Phasenverhalten

## 6 Stabilität linearer (kontinuierlicher) Regelungssysteme und Stabilitätsbedingungen

### 6.1 Das Nyquist-Kriterium

- 6.1.1 Das Nyquist-Kriterium in der Ortskurven-Darstellung
- 6.1.2 Anwendung auf Systeme mit Totzeit
- 6.1.3 Das Nyquist-Kriterium in der Frequenzkennlinien-Darstellung
- 6.1.4 Stabilitätsgüte

### 6.2 Das Wurzelortskurvenverfahren

- 6.2.1 Motivation
- 6.2.2 Grundgedanke des Verfahrens
- 6.2.3 Allgemeine Regeln zur Konstruktion von Wurzelortskurven
- 6.2.4 Anwendung der Regeln zur Konstruktion der WOK an einem Beispiel

## 7 Lineare Reglertypen

### 7.1 Ideale Reglertypen

### 7.2 Elektrische Regler

## 8 Verfahren zum Entwurf linearer Regelsysteme

### 8.1 Problemstellung

### 8.2 Methode der Polkompensation mit PI-, PD- und PID-Regler

### 8.3 Einstellregeln nach Ziegler-Nichols

### 8.4 Darstellung der Reglereigenschaften am Beispiel der Regelung einer $PT_3$ -Strecke

- 8.4.1 Führungsverhalten
- 8.4.2 Störverhalten

### 8.5 Zusammenhang zwischen Führungs- und Störsprungantworten

### 8.6 Synthese mit dem Frequenzkennlinien-Verfahren

### 8.7 Einstellregeln für die Reglerparameter

- 8.7.1 Das Betragsoptimum
- 8.7.2 Das symmetrische Optimum

## 9 Literaturverzeichnis

## Regelungstechnik

Fachhochschule  
Würzburg-Schweinfurt

### Teil 2

Nichtlineare Regelung  
Digitale Regelung

Prof. Dr.-Ing. L. Lambert  
Labor für Regelungstechnik

Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann  
Labor für digitale Signalverarbeitung und Mikrocomputer

---

### Überblick über Lehrinhalte

#### 9 Regelkreise mit nichtlinearen Reglern, Stellgliedern oder Strecken

##### 9.1 Beispiele nichtlinearer Glieder bzw. Systeme

9.1.1 Analyse nichtlinearer Regelkreise mit Hilfe der Beschreibungsfunktion

9.1.2 Berechnung der Beschreibungsfunktion

9.1.3 Stabilitätsuntersuchung mit Hilfe der Beschreibungsfunktion: „Zweiortskurven-Verfahren“

##### 9.2 Einfache Ein-Aus-Regelung bei Stecken mit Verzögerung höherer Ordnung

#### 10 Digitale Regelung

##### 10.1 Einführung

##### 10.2 Quasikontinuierliche Regelung

10.1.1 Taktzeit sehr klein gegenüber den relevanten Streckenzeitkonstanten

10.1.2 Berücksichtigung der Taktzeit  $T$

##### 10.3 Regelung mit endlicher Einstellzeit (Deadbeat-Regler)

##### 10.4 Stabilität

##### 10.5 Praktische Aspekte

## Statistische Verfahren der Informationsverarbeitung I

Fachhochschule  
Würzburg-Schweinfurt

Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann

Labor für digitale Signalverarbeitung und Mikrocomputer

---

### Kurzbeschreibung

■ **Zielsetzung**

Fähigkeit, die mathematischen Beschreibungsmöglichkeiten von zufälligen Signalen auf technische reale Zeitfunktionen anwenden zu können.

■ **Inhalte**

Beschreibung von zufälligen Signalen durch Erwartungswerte, Verteilungsdichtefunktion und Korrelationsfunktion. Stationäre und ergodische Prozesse, Schar- und Zeitmittelwerte. Fouriertransformation von zufälligen Signalen, Regressionsanalyse.

## Überblick über Lehrinhalte

### 0 Einführung

### 1 Wahrscheinlichkeitstheoretische Grundlagen

#### 1.1 Zufällige Ereignisse

#### 1.2 Verteilungsfunktion und Verteilungsdichtefunktion

#### 1.3 Erwartungswerte

#### 1.3.1 Beispiele von VDF und VF für determinierte Signale

#### 1.4 Die Tschebyschowsche Ungleichung

#### 1.5 Verteilungen für 2 Zufallsvariable

#### 1.6 Erwartungswerte zweidimensionaler Verteilungen

#### 1.7 Summe von Zufallsprozessen, Zentraler Grenzwertsatz

#### 1.8 Stationäre Prozesse

#### 1.9 Schar- und Zeitmittelwerte

#### 1.10 Ergodische Prozesse

#### 1.11 Kennwerte stationärer und ergodischer zufälliger Signale

### 2 Signalkenngrößen im Zeitbereich

#### 2.1 Die Autokorrelationsfunktion $\varphi_{xx}(\tau)$

##### 2.1.1 AKF für periodische und aperiodische Signale

##### 2.1.2 Ergodische und stationäre Zufallssignale

##### 2.1.3 Eigenschaften der AKF

##### 2.1.4 Messung der AKF

#### 2.2 Die Auto-(Ko)- Varianzfunktion $c_{xx}$

#### 2.3 Die Kreuzkorrelationsfunktion $\varphi_{xy}(\tau)$

#### 2.4 Die Kovarianzfunktion $c_{xy}(\tau)$

#### 2.5 Orthogonale Autokorrelierte $\varphi_{xx}^0(\tau)$

#### 2.6 Spektrale Spreizungstechnik

#### 2.7 Erweiterung der Korrelation auf komplexe Zeitsignale

### 3 Fouriertransformation von zufälligen Signalen.

#### 3.1 Faltung und Korrelation mit FFT

### 4 Regressionsanalyse

# Statistische Verfahren der Informationsverarbeitung II

Fachhochschule  
Würzburg-Schweinfurt

Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann

Labor für digitale Signalverarbeitung und Mikrocomputer

---

## Überblick über Lehrinhalte

### 1 Beschreibung stochastischer Signale im Frequenzbereich

- 1.1 Die Fourier-Transformation
- 1.2 Die Hilbert-Transformation
- 1.3 Verallgemeinerung des Korrelationsbegriffes
- 1.4 Transformation der AKF und KKF, Beispiele
- 1.5 Entfaltung vorgegebener AKF
  - 1.5.1 Beispiel Radartechnik
  - 1.5.2 Entfaltung

- 1.6 Einführung der spektralen Leistungsdichte
  - 1.6.1 Mitteilung über das Periodogramm
  - 1.6.2 Integriertes Periodogramm
  - 1.6.3 Die Wiener-Khintchine-Transformation
  - 1.6.4 Mittelung im Spektralbereich
- 1.7 Weißes Rauschen
- 1.8 Gleichanteil im Spektrum
- 1.9 Formfilterung von Rauschsignalen
- 1.10 Beispiele zur Rauschbefreiung
- 1.11 Die charakteristische Funktion
- 2 Verarbeitung stochastischer Signale durch lineare Systeme
  - 2.1 Beziehungen im Zeitbereich
  - 2.2 Beziehungen im Frequenzbereich
  - 2.3 Systemanalyse
- 3 Optimalfilter
  - 3.1 Störung durch weißes Rauschen
  - 3.2 Das Wiener-Filter
- 4 Erzeugung von Zufallssignalen
  - 4.1 Klassifizierung von Rauschsignalen
    - 4.1.1 Schmalbandrauschen
  - 4.2 Erzeugung von Pseudo-Zufallsfolgen mit binären Schieberregistern
    - 4.2.1 Zweiwertige PN-Folgen, Spektren
    - 4.2.2 Filterung von PN-Folgen
    - 4.2.3 Erzeugung vorgebar VDF
- 5 Das Kurzzeitspektrum
  - 5.1 Problemstellung
  - 5.2 Die Wigner-Verteilung

## Teil 1 bis 4 „Digitale Signalverarbeitung“

Fachhochschule  
Würzburg-Schweinfurt

Prof. Dr.-Ing. K. Lehmann  
Labor für digitale Signalverarbeitung und Mikrocomputer

---

### Überblick über Lehrinhalte

- Signale und Systeme
- Simulationsbeispiel
- Die Fourier-Transformation
- Impulskamm im Zeitbereich
- Das Abtasttheorem
- Aliasing-Filter
- „Abtastung“ im Frequenzbereich
- Beispiel, Chirp-Signal
- Fourier-Transformation diskreter Signale
- Zusammenhang zwischen DFT und kontinuierlicher Fourier-Transformation
- Fensterfunktionen
- Die schnelle Fourier-Transformation (FFT)
- Rechenzeiten für Probleme der Digitalen Signalverarbeitung
- Beschreibung zufälliger Signale

## Anhang: Weiterbildungsseminar II

- Scharmittelwerte
- Stationäre Prozesse
- Zeitmittelwerte
- Autokorrelationsfunktionen
- Kreuzkorrelationsfunktionen
- Verteilungsdichte
- Fourier-Transformation von zufälligen Signalen
- Faltung und Korrelation mit der FFT
- Beispiele zur Korrelation
- Kurzzeitspektren
- Die Wigner-Verteilung als Werkzeug zur Zeit-Frequenz-Analyse nichtstationärer Signale
- Rekursive Systeme
- Kanonische Strukturen
- Beispiel System 2. Ordnung
- Einfluss endlicher Wortlänge
- Stabilität
- Bilineare Transformation
- Die Z-Transformation
- Eigenschaften diskreter Systeme
- Beispiel, Allpaß 5. Ordnung, bilineare Transformation
- Beispiel, Aliasing-Filter 9. Ordnung
- Beispiel, Vorgabe von Betrag und Phase, Impulsantwort, AKF
- Beispiel, digitaler Allpaß 6. Ordnung
- Beispiel, nichtrekursives linearphasiges System 12. Ordnung
- Mögliche Impulsantworten für linearphasige Systeme
- Beispiel zur Systemzerlegung

Teil 5  
„Wavelets zur Signalanalyse“

Universität  
Erlangen - Nürnberg

apl. Prof. Dr. P. Steffen  
Lehrstuhl für Nachrichtentechnik I  
Digitale Signalverarbeitung und Multimedia Kommunikation

---

## Überblick über Lehrinhalte

### 1 Signalanalyse mit der Fourier-Transformation

### 2 Zeit-Frequenzbereichs-Darstellungen

#### 2.1 Einführung

#### 2.2 Lineare Transformationen

#### 2.3 Quadratische Transformationen

#### 2.4 Zusammenfassung

### 3 Wavelet-Transformation: Theorie

#### 3.1 Einführung

#### 3.2 Eigenschaften

### 4 Orthogonale Wavelets

#### 4.1 Definition

#### 4.2 Erzeugung des Vater-Wavelets

#### 4.3 Erzeugung des Mutter-Wavelets

#### 4.4 Eigenschaften bei $N=2$

#### 4.5 Filterbänke

### 5 Wavelet-Transformation: Realisierung

#### 5.1 Grundlagen bei $N=2$

#### 5.2 $N>2$

#### 5.3 Berechnung der Skalarprodukte

### 6 Neuere Arbeiten

### 7 Literatur