

## SEMINAR „FIT FÜR WIRELESS I“

### Ziel:

Mit diesem Seminar wird eine Einführung in die Hochfrequenztechnik gegeben. Das Basiswissen, „Sprache“ und Denkweise werden vermittelt. Die Teilnehmer lernen HF-Schaltungen zu analysieren und Schaltungen und Systeme in Zusammenarbeit mit einem HF-Entwickler beispielsweise als Test-Ingenieur zum Erfolg zu führen. Der Teilnehmer wird in die Lage versetzt, einfache HF-Systeme und Schaltungen selber zu dimensionieren und zu entwerfen.

### Inhalt:

#### **HF-Technik Basiswissen und „Sprache“ (ca. 1 Tag)**

beinhaltet eine grundsätzliche Einführung in das Thema. Vorgestellt werden die Rechnung in dB, das Konzept der Leitung (Leitungstheorie), der Wellenwiderstand, Reflexion. Einen angemessenen Raum nehmen die Vierpolparameter, vor allem die S-Parameter, ein. Die Methode der Signalflussgraphen wird vorgestellt, um auch ohne Simulationsprogramm eine einfache Anordnung von Mikrowellenkomponenten zu visualisieren und zu berechnen. Das Smith-Diagramm als eine zwar alte, aber weit verbreitete Form der Darstellung von Hochfrequenzparametern wird eingeführt. Ein zentrales Thema in Hochfrequenzschaltungen ist das Rauschen, das als thermisches Rauschen und beschreibend als Rauschzahl erläutert wird.

#### **Komponenten in der HF-Technik: Leitung, Filter, Verstärker, Mischer, Antenne: (ca. 1,5 Tage)**

Hier werden einfache und diskret aufgebaute HF-Schaltungen eingeführt. Dazu gehören die Leitungen, wobei auf die Mikrostreifenleitung besonders eingegangen wird. Es werden allgemeine Einführungen zum Layout angesprochen, wie Dimensionierung für einen bestimmten Wellenwiderstand, Leitungsführung („mitered bend“), Vias (Short) und Opens. Einfache passive Schaltungen in verteilter Technik werden erläutert, wie auch Dämpfungsglieder, einfache Koppler und Filter in planarer Technik. Verstärker werden am Beispiel des Ein-Transistoren-Verstärkers behandelt. Anpassung der Komponente – auch in verteilter Technik – nimmt einen breiten Raum ein. Nichtlineare Verzerrungen (Interzept- und Kompressionspunkte) sind weiterer Bestandteil. Diese Nichtlinearitäten werden bei Mischern ausgenutzt; der Diodenmischer wird eingeführt, wozu auch der Hybrid-Koppler in verteilter Technik gehört.

Die Funktionsweise von Antennen und ihre beispielhafte Realisierung als Mikrostrip-Patch-Antenne schließen das Thema ab.

Zusammenfassend wird eine vereinfachte Beschreibung von Systemkomponenten nach Verstärkung/ Dämpfung, Rauschen und Nichtlinearitäten eingeführt, die den Ingenieur in die Lage versetzt, Systemblöcke und Systemleistung überschläglich ohne Mikrowellen-Simulationsprogramm zu beurteilen.

**Anwendungen (ca. 0.5 Tage)**

Der HF-Teil eines TV-Satelliten-Empfängers (LNB) wird dargestellt, ein einfacher Transceiver (auf Blockschaltbildebene) wird behandelt.

**Messungen: Netzwerkanalyse (Linear), Spektrumanalyse, HF-Signalgenerator (ca. 1 Tag)**

Vorstellung und (Blockschaltbild) Funktionsweise der gängigen Messgeräte. Messverfahren, Fehlerkorrektur (Kalibration) und Genauigkeit der Geräte werden erläutert. Durchführung der Messungen, beispielsweise (lineare) Vierpolmessungen, Spektrumanalyse, Rauschen/ Phasenrauschen, Nichtlineare Verzerrungen (IP3) wird erklärt.

**Dauer:**

4 Tage a mindestens 6 Zeitstunden Unterricht

**Veranstaltungsort:**

vom Auftraggeber gestellt, im Inland (Ausland bitte separat anfragen), Räumlichkeiten sind der Teilnehmerzahl angemessen, Infrastruktur wie Beamer, Tafel/ Flipchart stellt der Auftraggeber.

**Sprache:**

Die Seminarsprache ist Deutsch oder Englisch

**Unterlagen:**

Unterlagen zum Seminar (gezeigte Folien) werden ausgedruckt in englischer Sprache zur Verfügung gestellt (bei Wunschsprache Deutsch bitte Rücksprache)

**Teilnahmevoraussetzungen:**

Bei der Planung des Seminars gehe ich von elektrotechnischem Basiswissen, wie es in einem ingenieurwissenschaftlichen Elektrotechnikstudium vermittelt wird, aus. Insbesondere die komplexe Wechselstromrechnung sollte vertraut sein, hilfreich ist Kenntnis trigonometrischer Funktionen (sin, cos, exponential), Grundbegriffe der Felder und Wellen (E-, H-Feld, Stromdichte). Sollten die Voraussetzungen nicht erfüllt sein, passe ich – mit zweiwöchiger Vorlaufzeit – den Inhalt des Seminars gerne an.

Anzahl der Teilnehmer ist prinzipiell unbegrenzt, praktisch hat sich eine Gruppenstärke von 15 Personen als Obergrenze erwiesen.

## SEMINAR „FIT FÜR WIRELESS II“

**Ziel:**

Im Rahmen dieses Seminars lernen die Teilnehmer komplexe Kommunikationssysteme kennen. Sie verstehen die verschiedenen Modulationsverfahren und Frequenzspreizungstechniken, wie sie in modernen breitbandigen Kommunikationssystemen eingesetzt werden. Die Analyse der (HF-Teile) gängiger Standards nimmt einen wichtigen Raum ein, um die verschiedenen Messungen zu Abnahme und Qualitätssicherung zu verstehen und selber durchführen/ vorbereiten zu können.

**Inhalt:****Modulation, Analog und Digital (ca. 1 Tag)**

Vorstellung der Amplitudenmodulation (AM), des Spektrums und der Unterarten (Zweiseitenband, Einseitenband). Weiterführung in die Frequenzmodulation (FM).

Darauf basierend wird die komplexe IQ-Modulation vorgestellt und es werden die gebräuchlichen Einträger-Verfahren aufgezeigt (QPSK, QAM, GMSK), das Konstellationsdiagramm und Charakteristika der Modulationsarten werden eingeführt. Schematisch wird auch der IQ-Modulator/ Demodulator eingeführt.

**Komplexe Modulationsverfahren (Spread Spectrum) (ca. 1,5 Tage)**

Warum das Spektrum aufspreizen? Wie das Spektrum aufspreizen? Modulationsformen des Frequency Hopping (Bluetooth), Code Division Multiple Access (UMTS) und Orthogonal Frequency Multiplexing (WIMAX/ WLN/ LTE) werden vorgestellt und einige Spezifika und Herausforderungen erläutert. Welche Anforderungen werden an die HF-Technik gestellt?

**Messung komplexer Modulationsarten (ca. 0.5 Tage)**

Hier führen wir die gängigen Begriffe Adjacent Channel (Leakage) Power Ratio, Occupied Bandwidth, und weitere ein, mit denen heute Kommunikationssysteme charakterisiert werden. Daten und Leistung gängiger Messgeräte werden vorgestellt. Messung der Bitfehlerrate (BER).

**Messung nach Standard (ca. 0.5 Tage)**

Wo finde ich einen UMTS-Standard, welche Version ist relevant? Anforderungen der Prüfungen, was wird getestet und warum, welche Parameter sind kritisch und wie erfülle ich die Anforderungen? An diesem Tag wird beispielhaft ein reales Standardisierungsdokument (HF-Teil) durchgegangen.

**Protokolle, die untersten Ebenen (ca. 0,5 Tage)**

Die untersten Ebenen (Layer) eines typischen Kommunikationsprotokolls werden vorgestellt. Hier sind zu nennen: Kanäle, Kanalkodierung/ -dekodierung (Forward Error Correction).

**Dauer:**

4 Tage a mindestens 6 Zeitstunden Unterricht

**Veranstaltungsort:**

vom Auftraggeber gestellt, im Inland (Ausland bitte separat anfragen),  
Räumlichkeiten sind der Teilnehmerzahl angemessen, Infrastruktur wie  
Beamer, Tafel/ Flipchart sind vorhanden.

**Sprache:**

Die Seminarsprache ist Deutsch oder Englisch

**Unterlagen:**

Unterlagen zum Seminar (gezeigte Folien) werden ausgedruckt in  
englischer Sprache zur Verfügung gestellt (bei Wunschsprache Deutsch  
bitte Rücksprache)

**Teilnahmevoraussetzungen:**

Bei der Planung des Seminars gehe ich von elektrotechnischem  
Basiswissen, wie es in einem ingenieurwissenschaftlichen  
Elektrotechnikstudium vermittelt wird, aus. Insbesondere die komplexe  
Wechselstromrechnung sollte vertraut sein, hilfreich ist Kenntnis  
trigonometrischer Funktionen (sin, cos, exponential), Grundbegriffe der  
Nachrichtentechnik (Kanal, Störungen, Codierung). Sollten die  
Voraussetzungen nicht erfüllt sein, passe ich – mit zweiwöchiger Vorlaufzeit  
– den Inhalt des Seminars gerne an.

Anzahl der Teilnehmer ist prinzipiell unbegrenzt, praktisch hat sich eine  
Gruppenstärke von 15 Personen als Obergrenze erwiesen.