

## Schwerpunktthema

# OFDM - der Signalligator

von Dr. Franz-Joachim Kauffels

Im Rahmen des professionellen Einsatzes drahtloser Netze benötigt man eine höhere Datenrate und eine gute Störfestigkeit. Dem wollen die Standards IEEE 802.11a im 5 GHz-Band und IEEE 802.11g im 2,4 GHz Band Rechnung tragen. Mit der OFDM-Technik sollen Datenraten bis 54 Mbit/s. erzielt werden.

Während es für IEEE 802.11a erste Produkte gibt, deren Einsatz hierzulande allerdings z.Zt. noch nicht erlaubt ist, weil die betreffenden Frequenzen im 5 GHz-Band durch andere Dienste belegt sind, ist die Standardisierung nach IEEE 802.11g wirklich interessant. Bei beiden wird, wie auch im wesentlich komplexeren Vorschlag HIPERLAN/2 von ETSI, die OFDM-Technik für die Synthetisierung des Sendesignals benutzt.



Signalligator: bevor man dieses Signal wirklich stört beißt es zurück

Die OFDM-Technik (Orthogonal Frequency Division Multiplex) wird für die schnellen Varianten der WLANs nach IEEE 802.11a für die Aufprägung der durch die zu übertragende Nachrichtenmenge auf den zur Verfügung stehenden Trägerfrequenzbereich verwendet.

OFDM ist keine simple Modulationstechnik, sondern im betrachteten Zusammenhang ein relativ komplexes mehrstufiges Verfahren zur Signalsynthetisierung.

Es wird im Markt vielfach überhaupt nicht verstanden, wie OFDM arbeitet und wie seine Vorzüge zu bewerten sind. Das werden wir in diesem Artikel klären.

weiter Seite 6

Zum Geleit

# 24-Stunden- und Mehrschicht-Betrieb erfolgreich umsetzen

Im Betrieb von Client-Server-Systemen und Lokalen Netzwerken gibt es seit Jahren einen starken Trend hin zum Mehrschicht- bis hin zum 7 Tage 24-Stunden-Betrieb. Der Wechsel von einem Einschichtbetrieb hin zu einer realen Mehrschichtsituation wird spätestens dann gravierend, wenn flexible Arbeitszeitmodelle zur Ausdehnung der normalen Betriebszeiten nicht mehr greifen. Die entstehenden Probleme und Aufgaben sind erstaunlicher Weise nicht rein organisatorischer Natur, vielmehr behindern technische Unzulänglichkeiten häufig eine organisatorisch sinnvolle Lösung. Hier haben sich in den letzten Monaten neue Ansätze im Markt ergeben, die sowohl die Umsetzung von Mehrschichtbetrieb erleichtern als auch die Ausstattung der UHDS signifikant verbessern können.

Dieses Thema wird auf dem Netzwerk- und System-Management Forum 2002 im November aufgegriffen.

Nachfolgend wird in die Problematik eingeführt.

Dieser Trend zum Mehrschichtbetrieb ist nicht auf Großunternehmen reduziert. Wann und ob ein Unternehmen den Mehrschichtbetrieb aufnimmt, ist mehr von der individuellen Bedarfslage abhängig.

Typische Motivationen sind:

- Backup-Betrieb
- Batch-Betrieb in gemischten Mainframe-, Client-Server-Umgebungen
- Arbeitszeitsituation im Unternehmen
- Home-Office- und Remote-Zugang zu relevanten Applikationen außerhalb der normalen Arbeitszeiten
- Zunehmende Bedeutung einer immer verfügbaren Mail- (bzw. Unified Messaging) Lösung
- Betrieb von Webservern, die von außen genutzt werden können (Kunden, Zulieferer, andere Standorte, sonstige)

- Round the clock Betrieb für international agierende Unternehmen

- Sicherstellung, dass Störungen, die Nachts auftreten, vor dem Beginn des Tages beseitigt sind bzw. soweit gefixt sind, dass der normale Tagesablauf nicht signifikant gestört wird

- 24 Stunden-Betriebsnotwendigkeit von Sicherheits-Lösungen (Firewall, Proxies, Scanner, VPN usw)

Speziell die Sicherstellung eines geordneten Tagesbetriebs durch rechtzeitige Erkennung von Störungen und Einleitung der notwendigen Gegenmaßnahmen ist eine häufig anzutreffende Motivation. Auch der gesamte Sicherheitsbereich beeinflusst derartige Überlegungen zunehmend, da Angriffsszenarien sich nicht auf die Kernarbeitszeit reduzieren lassen. Nun sind diese Anforderungen im Großrechnerbereich seit Jahrzehnten gegeben und gelöst. Was ist also neu daran?

weiter Seite 2

## 24-Stunden- und Mehrschicht-Betrieb erfolgreich umsetzen

### Fortsetzung von Seite 1

Nun, wir treffen bei der Umsetzung von Mehrschicht-Situationen auf die typischen Probleme der Client-Server-Welt:

- unklare Betriebsregelungen
- fehlendes Operating
- keine geeigneten Operating-Werkzeuge
- Werkzeuge und Hilfsmittel auf Spezialisten zugeschnitten
- komplexe Abhängigkeiten in heterogenen Architekturen zwischen Hardware, Betriebssystem, Kommunikation, Applikation, Benutzerverwaltung

### Impressum

Verlag:  
Dr. Suppan  
International Institute b.v.  
Ahornenlaan 12  
4493 DG Kamperland  
Niederlande

Telefon (0049)02408/955-400  
Fax (0049)02408/955-399

Herausgeber  
und verantwortlich  
im Sinne des Presserechts:  
Dr. Jürgen Suppan

Gestaltung:  
Zweipfennig

Erscheinungsweise:  
Monatlich,  
12 Ausgaben im Jahr

Bezug:  
Kostenlos  
als PDF-Datei  
über den eMail-  
VIP-Service  
der ComConsult Akademie

Für unverlangt  
eingesandte Manuskripte  
wird keine Haftung übernommen

Nachdruck,  
auch auszugsweise  
nur mit Genehmigung  
des Verlages

© Dr. Suppan International Institute b.v.



Für die meisten Unternehmen liegt der Schlüssel zum Erfolg beim Wechsel auf einen Mehrschicht-Betrieb im Aufbau eines geeigneten Operatings. Unter diesem Begriff soll die Konsol-basierte permanente Überwachung und Steuerung der Betriebssituation von Netzwerken und Client-Server-Systemen durch speziell ausgebildetes Operating-Personal verstanden werden.

Dabei sind zwei Kernprobleme zu lösen:

- Es muss Operating-Personal aufgebaut werden, dessen spezielle Leistung in der Abdeckung aller Technologien, weniger aber im Spezialistentum einzelner Technologien liegt.
- Es müssen Konsolen geschaffen werden, die einen Komplett-Überblick über den Betriebszustand aller eingesetzten Technologien mit besonderer Berücksichtigung des Know-how-Profiles der Operateure gestatten.

Dabei ist davon auszugehen, dass die typischen Störungen, die auftreten, nicht im Bereich von Totalausfällen zu suchen sind, sondern mehr im Bereich der Störung von Einzeldiensten, einer fehlerhaften Konfiguration von Netzwerk-Komponenten oder Betriebssystemen, einer schwankenden Performance usw.

Es ist nicht zu erwarten, dass im Operating jede derartige Störung beseitigt werden kann, dafür ist das abzudeckende Know-how-Spektrum zu groß und die zur Verfügung stehende Arbeitszeit in der Nachtschicht zu gering. Deshalb wird der Schwerpunkt im Normalfall auf der Erkennung und Bewertung des Gefahrengades sowie der Einleitung von Sofort-Maßnahmen liegen. Sofort-Maßnahmen können

neben eigenen Aktivitäten aus der Aktivierung eines Bereitschaftsdienstes, der Einschaltung externer Dienstleister oder anderer Personen bestehen.

Die Anforderung der betriebstechnischen Bewertbarkeit von Störungen deckt sich zudem mit dem gegebenen Bedarf, ein Service Level Management einzuführen. SLM beinhaltet ebenfalls die Strukturierung der gegebenen technischen und organisatorischen Abläufe und deren Zuordnung zu Service-Zusagen. Dem entsprechend setzt SLM eine Bewertbarkeit einer Störung im Sinne der Identifikation der betroffenen Services und des Grades der Störung voraus.

Der technische Schwerpunkt der Umsetzung von Mehrschichtbetrieb liegt also in der Bereitstellung geeigneter Konsolen. Dies ist deshalb so zu betonen, weil die traditionellen Konsolen der einschlägigen Produkte die notwendigen Betriebsanforderungen an dieser Stelle nicht erfüllen. Sie setzen zu stark ein Spezial-Know-how voraus und sind nicht auf ein Klientel zugeschnitten, dessen Spezialisierung in der Abdeckung der gesamten Technologie-Bandbreite besteht. Von daher laufen die traditionellen Werkzeuge an Operating-Arbeitsplätzen ins Leere. Dies ist einer der Gründe, warum in vielen Fällen mit hohen Kosten aufwändige Konsollösungen geschaffen werden, die in der täglichen Praxis nicht genutzt werden. Diese Konsolen sind zu wenig am Bedarf des Personals orientiert.

Gleiches gilt übrigens häufig auch im UHD. Zwar besteht schon seit Jahren die Anforderung, die Netzwerk- und System-Management-Konsolen auch dem UHD zugänglich zu machen, doch sind eben diese Konsolen nicht auf Generalisten zugeschnitten. Die Oberflächen sind zu wenig aussagefähig.

Typische Fragen wie „existieren Probleme im Umfeld des Anrufers“, „gibt es Störungsmeldungen die den Dienst xyz betreffen“, „welche anderen Anwender wären von einer derartigen Störung betroffen“ lassen sich den Oberflächen nicht entnehmen.

Natürlich werden hier die jeweiligen Hersteller widersprechen, haben ihre Konsolen doch diverse Möglichkeiten der Anpassung an Kundenbedürfnisse und der Einprogrammierung spezifischer Störsituationen. Trotzdem wird die traditionelle Konsole im Operating und im UHD in vielen Fällen nicht ausreichen.

## 24-Stunden- und Mehrschicht-Betrieb erfolgreich umsetzen

Dies hat mindestens zwei Gründe:

- Bestehende Konsolen ermöglichen zwar eine weitgehende Programmierung der Bewertung von Störsituationen, doch sind derartige Automatismen in der Praxis so wenig nutzbar und abdeckbar, dass doch häufig Alarmer ungefiltert auf den Konsolen auflaufen.
- Die üblichen Alarmlisten mit farblicher Repräsentanz der Störringlichkeit wirken sicher beeindruckend, beinhalten aber keinerlei Funktionalität, eine Betroffenheit einzelner Anwendungen oder Services aus einer Störung abzuleiten.

Dies soll an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden, doch eines erscheint deutlich: wir benötigen für den erfolgreichen Mehrschichtbetrieb eine andere Form von Konsole.

Dies hat auch erhebliche Auswirkung auf die Logistik und die Schulung des Personals. Wäre eine geeignete Konsole vorhanden, kann die Einarbeitung und Qualifizierung völlig anders aussehen. Das bestehende Personal könnte wesentlich erfolgreicher die angestrebten Ziele umsetzen. Bereits vorhandenes Personal könnte viel schneller und viel erfolgreicher zur Umsetzung von Client-Server-Operating geschult werden.

### Wie sollte also die optimale Konsole für ein Mehrschicht-Operating und den UHD aussehen?

Diese Frage wird auf dem Netzwerk- und System-Management Forum 2002 ausführlich diskutiert. Hier werden neue Produktentwicklungen der letzten Monate aufgegriffen, die die Umsetzung derartiger Konsolen gestatten. Dies wurde auch

erfolgreich in größeren Betriebsumgebungen nachgewiesen.

Wichtig ist, dass der technische Zusammenhang zwischen Komponenten auf den Konsolen im Service-relevanten Sinne dargestellt werden kann. Die Auswirkung einer Störung auf einen Service muss grafisch sofort sichtbar sein. Dies gilt nicht nur für Ausfälle sondern auch für Performance-Störungen und ähnliche nicht-deterministische Erscheinungen. Ziel ist im Endeffekt im Operating die Betriebsqualität von Services und nicht von einzelnen Objekten zu bewerten.

Ich würde mich freuen, dieses Thema intensiver mit Ihnen auf dem Netzwerk- und System-Management Forum 2002 diskutieren zu können.

Ihr  
Dr. Jürgen Suppan

Anzeige

# 10 % Frühbucherrabatt bis 31.08.02

## Netzwerk- und System-Management Forum 2002 04.11. - 07.11.02 in Königswinter

Noch bis zum 31.08.2002 bieten wir eine Vorbuchungsphase für das Forum an. Die Buchung ist verbindlich, kann aber jederzeit auf andere Mitarbeiter Ihres Unternehmens übertragen werden.

4 Tage (mit Tutorium) zum Preis von € 1.610,-- statt 1.790,-- zzgl. MwSt.  
3 Tage (ohne Tutorium) zum Preis von € 1.430,-- statt 1.590,-- zzgl. MwSt.

Fax-Antwort an ComConsult 02408/955-399

# Anmeldung Management Forum 2002

Ich melde mich an zum  
**Netzwerk- und System- Management  
Forum 2002** in Königswinter

☐ vom 04.11. - 07.11.02 (**mit Tutorium**)  
zum Preis von € 1.610,-- zzgl. MwSt.

☐ vom 05.11. - 07.11.02 (**ohne Tutorium**)  
zum Preis von € 1.430,-- zzgl. MwSt.

☐ Bitte buchen Sie für mich ein Zimmer im  
Maritim Königswinter

von \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_  
(Übernachtung/Frühstück € 110,--)

Name

Firma

Straße

Telefon

eMail

Vorname

Funktion

PLZ, Ort

Fax

Unterschrift

# SQL Server 2000: Features, Integration in Active Directory und MS Backoffice

Vom 8. bis 9. Oktober 2002 veranstaltet die ComConsult Akademie in Aachen zum ersten Mal ihr neues Seminar "SQL Server 2000: Features, Integration in Active Directory und MS Backoffice, Trends - Technologien - Komponenten - Werkzeuge".

Auf dem Hintergrund von .NET werden Kenntnisse des SQL-Server immer wichtiger. SQL.Net weist den Weg zu einem universalen Data-Store für die künftigen Windows-Versionen. Ebenso sollen der künftig häufiger werdende Einsatz von Webservices mit SOAP und XML mit Datenzugriff auf den SQL-Server beleuchtet werden. Querverbindungen von SQL zu Office und Backoffice-Produkten und seine bisherige Integration in das Active Directory werden anschaulich dargestellt und diskutiert.

Das Seminar richtet sich an Planer, Betreiber und Administratoren, die Microsoft Backoffice-Produktlinie im Unternehmensnetz einsetzen wollen. Spezielle Vorkenntnisse sind nicht erforderlich. Kenntnisse in Windows und Datenbankgrundlagen wer-



den vorausgesetzt.

Das Seminar soll einen Überblick bieten über die vielen Features, die der SQL-Server 2000 Ihrer Firma bieten kann. Dabei wird auf die Schnittstellen zu Active Directory und den Office bzw. Backoffice-Produkten ebenso Wert gelegt wie auf die Erklärung der verschiedenen Datenzu-

griffspfade der Programmierwelt. In den Vorträgen werden die unterschiedlichen Leistungsmerkmale, Features und Funktionen vorgestellt.

Dabei werden viele Bestandteile live oder durch Videoaufnahmen demonstriert. Vom Einblick in die Speicherstrukturen bis hin zu den Aspekten der Replikation von Daten zu mobilen Mitarbeitern. Im Vordergrund stehen die Aspekte, die der Administrator berücksichtigen muss. Tools von Drittherstellern wie NETIQ zur Administration und Systemwartung werden ebenso vorgestellt.

Der Referent Hans-Willi Kremer ist bei der ComConsult Beratung und Planung GmbH als Berater im Kompetenz Center Backoffice tätig und ist Microsoft Certified Systemingenieur + Internet (MCSE + I), Microsoft Certified Database Administrator (MCDBA), Microsoft Certified Solution Developer (MCSD) und Microsoft Certified Trainer. Er besitzt langjährige Erfahrung insbesondere in seinen Spezialgebieten Exchange- und SQL-Server.

## SQL Server 2000 – Der Inhalt

### Die Verwaltungstools

- Für Alltagsverwaltung, Troubleshooting und Monitoring
- Tools für die Konsole
- Tools von NetIQ für den Administrator
- Hilfen für den Admin: Der SQL Server 2000 Operations Guide aus dem Microsoft Operation Framework (MOF)

### Netzwerkprotokolle, Security, Benutzerauthentifizierung und Berechtigungen

- Zugriffe über NTLM, Kerberos- oder SQL Server-Authentifizierung
- Erforderliche Konfiguration von Zugriffssicherheit über Konten und Rollen
- Absicherung über SSL-Verschlüsselung
- Welche Rolle spielt das Active Directory?
- Berechtigungsarchitektur im SQL Server

### Grundlagen Datenspeicherung

- Der DATA-Store und seine Speicherstrukturen
- Transaktionsprotolle und ihre Bedeutung für Sicherung und Wiederherstellung
- Parallele Zugriffe Transaktionen und Sperren
- Die SQL-Server-Engine und ihre Verwendung in .NET-Backoffice

### Datensicherung und Wiederherstellung

- Sicherungstopologien
- Standby-Server und Clusterserver-Konzepte
- Löschen, Verschieben und Umbenennen von Datenbanken

### Die wichtigsten Programmierobjekte

- Einschränkungen
- Views
- Gespeicherte Prozeduren
- Funktionen

### Automatisierung von Aufgaben

- Der SQL Server Agent
- Jobs, Operatoren und Warnungen
- Wartungspläne und Indexpflege

### Wenn mehrere Server im Spiel sind

- Verbindungsserver, verteilte Abfragen und verteilte Transaktionen
- Zentrale Verwaltung und zentrales Monitoring

### Replikation

- Replikationstopologien: vom Snapshot bis zur dynamischen Mergereplikation
- Szenario für mobile Vertriebsmitarbeiter mit je eigenen Regionaldaten
- Replikationsveröffentlichungen im Active Directory

## SQL Server 2000

### Mailfunktionalität SQL-Mail und SQL-Server Agent-Mail

- Einsatzgebiete: Wenn Sie Ihren Mitarbeitern pünktlich zum Geburtstag gratulieren wollen oder: nach jedem Backup erhalten Sie automatisch eine Vollzugsmeldung per E-Mail
- Die Zusammenarbeit zwischen Exchange 2000 Server und SQL Server 2000

### Migration von 7.0 auf 2000

- Migrationsszenarien und -pfade
- Erfahrungen

### Direkte Zugriffe auf SQL Server von Office XP-Clients

- Beispiele aus Word, Excel, Frontpage

### Data Transformation Services (DTS)

- Von hier nach dort: Das universelle Tool zum Transfer und zur Transformation von Daten
- Von der Programmierbarkeit des DTS

### Volltextsuche: wie im Web

- Der MS Search Dienst und erweiterte Möglichkeiten der Suche nach Daten - Architektur
- Vergleich mit anderen Backoffice Volltextsuchmechanismen

### Virtuelle Serverinstanzen

- Mehrere SQL-Server auf einer Hardware-Maschine: Sie treten mit Ihrem SQL-Server als Application Service Provider auf!

### Datenpräsentation in HTML

- Publizierung von Daten im Internet
- Erstellung automatisierter aktueller Webseiten
- neuere Zugriffsmöglichkeiten für Programmierer unter Darstellung von ASP.NET

### Der SQL Server als Webdienst

- Datenzugriff über den Browser und XML, Beispiele
- Virtuelle SQLXML-Verzeichnisse des IIS
- Anforderungen an den Administrator bezüglich IIS und SQL Server
- Das SQL Server 2000 Web Services Toolkit

### Einsatzsszenarien

- Mobile Endgeräte: SQL Server CEe
- Microsoft Desktop Engine MSDE als Alternative zur JET-Engine

### Neuere Entwicklungen

- Der 64-Bit SQL Server
- Der SQL Server Notification Service
- Ausblicke auf den nächsten SQL Server

Der Veranstalter behält sich Änderungen im Programm vor.

Fax-Antwort an ComConsult 02408/955-399

# Anmeldung SQL Server 2000

Ich melde mich an für das Seminar  
**SQL Server 2000**

☐ vom 08. - 09.10.02 in Köln  
zum Preis von € 1.290,-- zzgl. MwSt.

☐ Bitte buchen Sie für mich ein Zimmer im  
Park Plaza vom \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_  
(€ 110,-- pro Übernachtung / Frühstück)

Faxen Sie uns einfach diesen Abschnitt  
an **02408/955-399** oder schicken Sie eine  
eMail an **mail@comconsult-akademie.de**  
oder buchen Sie über unsere Web-Seite  
**http://www.comconsult-akademie.de**  
Ihren Platz auf unserer Veranstaltung.

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Firma

\_\_\_\_\_  
Position

\_\_\_\_\_  
Straße

\_\_\_\_\_  
Telefon

\_\_\_\_\_  
eMail

\_\_\_\_\_  
Vorname

\_\_\_\_\_  
Abteilung

\_\_\_\_\_  
Funktion

\_\_\_\_\_  
PLZ, Ort

\_\_\_\_\_  
Fax

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

## OFDM – Der Signalligator

Fortsetzung von Seite 1

### 1. Einführung

Man spricht dann von Orthogonaler Modulation oder Orthogonalem Multiplex, wenn im Rahmen des Modulations- oder Multiplexverfahrens nicht überlappende Unterträger benutzt werden, also z.B. Unterträger mit verschiedener Amplitude, Frequenz oder Phase, die so konstruiert werden, dass sie spektral gesehen jeweils dort idealerweise den Wert Null haben, wo die anderen Unterträger gerade Informationen aussenden wollen. Grundsätzlich lässt sich Orthogonale Modulation sowohl in Kombination mit Amplituden- aber auch in Kombination mit Winkelmodulation durchführen.

Bei OFDM wird, wie der Name schon sagt, ein System aus Unterträgern gewählt, die orthogonale Frequenzkomponenten haben. Bild 1 zeigt ein solches System. Auf jeden dieser Unterträger kann man nun Information aufprägen. Das tut man sinnvollerweise aber jetzt nicht gerade in der Dimension, wo die Orthogonalität definiert ist, sondern in anderen Dimensionen. So wird man ein System von Unterträgern, die in der Frequenz orthogonal sind, in der Amplitude oder in der Phase modulieren, aber nicht in der Frequenz.

Der zu übertragende Bitstrom wird also zunächst in Gruppen zerlegt, deren Anzahl der der zur Verfügung stehenden Unterträger entspricht. In der Praxis lässt man gerne einige Unterträger für Steuerungs- oder Synchronisationsanwendungen frei, wie z.B. für die Kreation eines Pilotsignals. Die übertragende Datenrate bestimmt sich nun aus

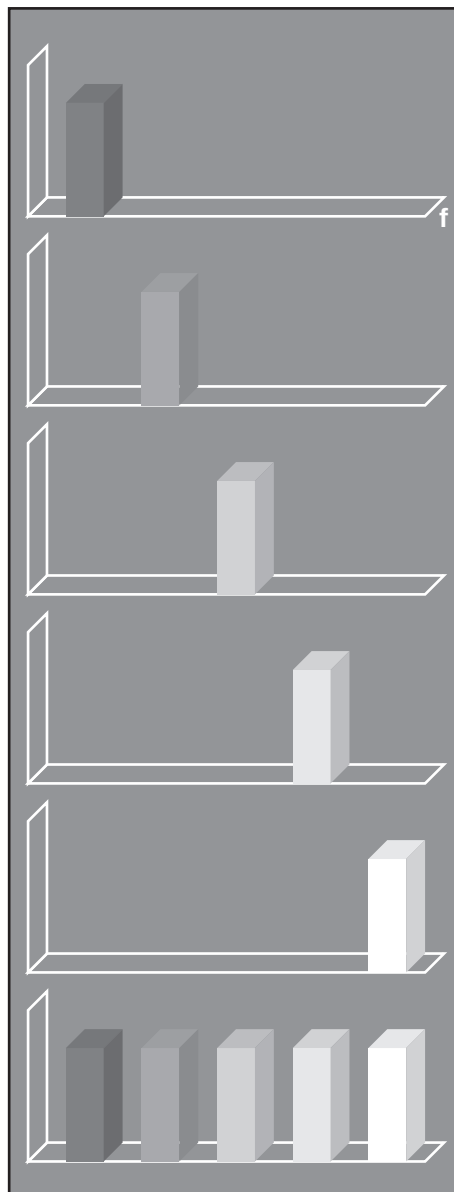
- der Rate, in der die Unterträger als Gruppe insgesamt erzeugt werden
- der Anzahl der in einer Gruppe auf einen Unterträger modulierten Bits



### Der Autor

Dr. Franz-Joachim Kauffels ist einer der bekanntesten und erfahrensten Referenten der Netzwerkszene. Bekannt geworden durch vielfältige Publikationen, Seminare und Kongresse setzt sich der selbständige Unternehmensberater für eine fortschrittliche und wirtschaftliche Nutzung der neuen Technologien ein.

Bild 1: Orthogonale Unterträger



- der Anzahl der für die Datenübertragung nutzbaren Unterträger

Erzeugt man also z.B. pro Sekunde 2000 Zyklen aus je 50 Unterträgern und moduliert auf jeden Unterträger z.B. mit 16-QAM vier Bits, kann man pro Zyklus die Informationen von 800 Bits unterbringen, also insgesamt 1,6 Mbit/s.

Hat man diese Vorbereitungen getroffen, stehen nun die einzelnen modulierten Unterträger bereit. Stellt man sie alle nebeneinander, so erzeugt man ein übersichtliches Spektrum. Dies ist begrenzt durch die Mittenfrequenzen des jeweils unteren bzw. oberen Unterträgers.

Mittels der Fourier-Transformation kann man aus einer beliebigen Schwingung ein geeignetes Frequenzspektrum mit diskreten Werten erzeugen. Diese Art der Transformation ist ja auch die Grundlage für alle Systeme, die analoge Signale in digitale umwandeln, schlicht abtasten.

Jetzt können wir einen besonderen "Trick" anwenden: mathematisch gesehen kann man die Fourier-Transformation auch in der Rückrichtung durchführen, also aus einem diskreten Frequenzspektrum ein entsprechendes Signal "bauen", welches die gesamten Frequenzanteile enthält. Das machen wir z.B. auch, wenn wir eine CD anhören, die Informationen liegen auch in digitaler Form vor und der CD-Spieler macht daraus ein analoges, für uns hörbares Signal. Eine solches Vorgehen heißt auch "Fourier-Rücktransformation" oder "Inverse Fourier Transformation". Manchmal will man auch ausdrücken, dass der für diese Transformationen zugrundeliegende Algorithmus besonders schnell ist. Dann spricht man von Fast Fourier Transformation FFT oder Inverser Fast Fourier Transformation IFFT.

## OFDM – Der Signalligator

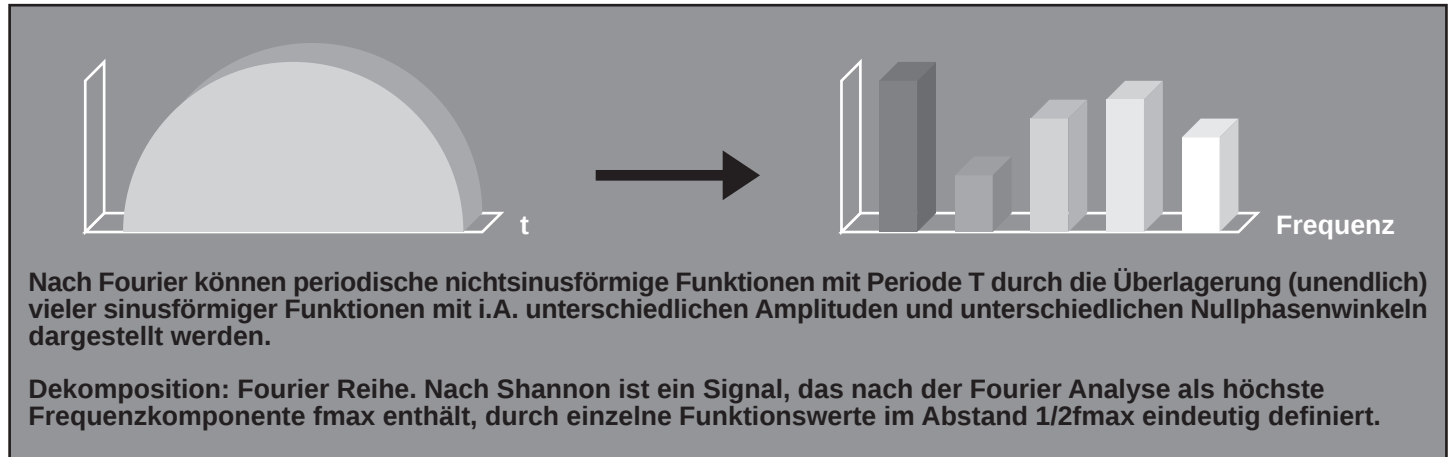
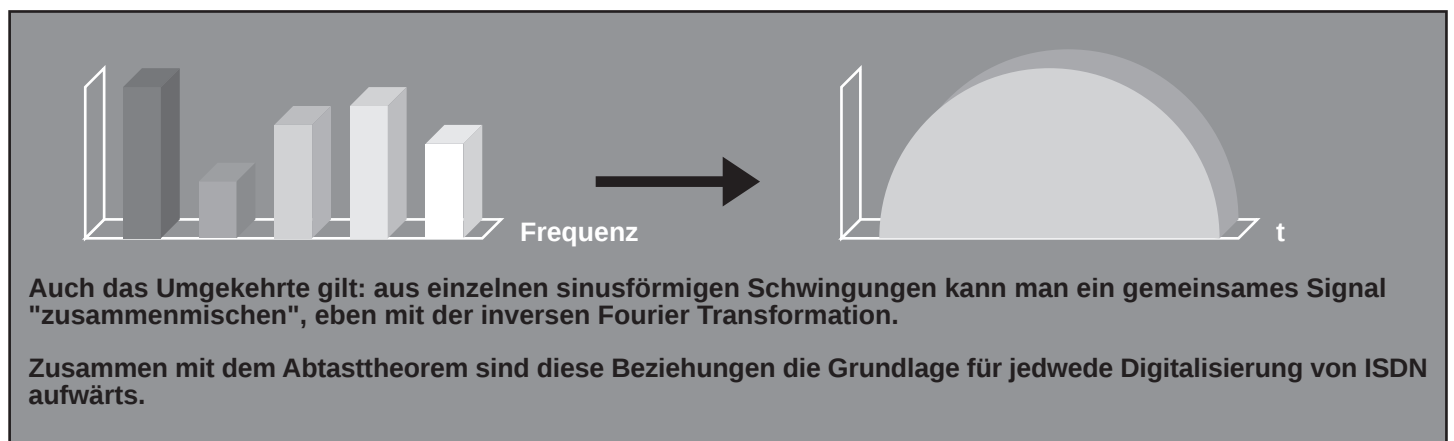


Bild 2 (oben) Fourier Transformation

Bild 3 (unten) Fourier Rücktransformation



Das durch die IFFT konstruierte Signal hat eine Reihe von Vorteilen. Die Unterträger wurden ja so gewählt, dass sie sich gegenseitig nicht stören. Also kann jeder Unterträger das ihm zu Verfügung stehende Frequenzspektrum vollständig ausnutzen. Das ist eine elegante Lösung des sonst oft anstehenden Problems der sog. Intersymbol-Interferenz, wo sich die zulässigen Symbole gegenseitig stören und es gar keiner äußeren Einflüsse bedarf, um die Signalqualität ernsthaft herabzusetzen. Das transformierte Summensignal "erbt" jetzt die Eigenschaften seiner Teilsignale. Es ist ein sehr "sauberes" Signal ohne weitere Störkomponenten und kann ebenfalls das ihm zur Verfügung gestellte Spektrum vollständig ausnutzen. Gleichzeitig werden aber kaum (theoretisch: gar keine, praktisch: einige wenige) unerwünschte Frequenzen neben dem Summensignal erzeugt und die Trennung von anderen Summensignalen auf benachbarten Frequenzbereichen ist sehr gut. Deshalb benötigt man auch im Gegensatz zu den meisten anderen Modu-

lationsverfahren keine steilflankigen Filter. Auch auf der Empfängerseite ist OFDM sehr günstig, weil durch die Umkehrung der Funktion, mit der man das Signal konstruiert hat, die einzelnen Unterträger wieder schön vereinzelt und anschließend demoduliert werden können.

In den Standards ETSI HIPERLAN/2 und IEEE 802.11a wird die erhöhte Zuverlässigkeit und mögliche Übertragungsrate dazu benutzt, sehr viel redundante Bits zu übertragen. Man erzeugt aus dem zu übertragenden Bitstrom durch die Anwendung von Faltungscodierern einen viel größeren Bitstrom mit sog. Vorwärts-Fehlerkorrektur (Forward Error Correction FEC). Dieser Bitstrom wird dann so geschickt auf die zur Verfügung stehenden Unterträger verteilt, dass durch Störungen durchaus eine Reihe von Unterträgern abhanden kommen kann, ohne die Möglichkeit zu gefährden, aus dem verbliebenen Rest die originale Bitfolge wieder zu erstellen.

Der Netzwerker, der sich mit solchen Dingen nicht so oft beschäftigt, mag nun den Eindruck bekommen, dass es sich bei den genannten Verfahren um besonders komplizierte Algorithmen handelt, die sehr teuer in der Implementierung sind und Sender und Empfänger für WLANs preislich nach oben treiben. Das Gegenteil ist der Fall.

Das Problem, in einem WLAN unter der Anwesenheit von Störungen Daten zu übertragen, ist in etwa dem Problem äquivalent, Musik von einer zerkratzten CD zu hören. Auch hier ist die binär gespeicherte Information teilweise zerstört. Das dann benutzte Oversampling ist auch nichts anderes als die systematische Verwendung eines FEC. Ich habe jetzt absichtlich ein Beispiel aus der Unterhaltungselektronik gewählt, im Mobilfunk sind derartige Systeme auch schon millionenfach im Einsatz. Sowohl GSM als auch UMTS arbeiten mit orthogonalen Verfahren oder Mischungen von orthogonalen und anderen Verfahren.

## OFDM – Der Signalligator

### 2. Modulationsverfahren und Störfestigkeit

Die Modulationsverfahren haben einen wesentlich größeren Anteil an der Störfestigkeit eines Funksignals und damit mittelbar auf die Reichweite, als man das zunächst vermuten mag.

Man kann jetzt das Problem mathematisch angehen, als ich das aber einmal bei einer größeren Veranstaltung gemacht habe, habe ich nur traurige Augen geerntet.\* Also habe ich mir zur Erklärung etwas anderes, bildlich ansprechenderes einfallen lassen müssen.

Wir betrachten das "Wellenfrontmodell" auf Bild 4. (Funk)-Wellen breiten sich vom Sender ausgehend mit "Wellenberg" und "Wellentälern" aus. Der Abstand zwischen den Wellenbergen entspricht der Frequenz, die Höhe der Wellenberge der Amplitude und die relative Lage eines Wellenberges zu einem gedachten Nullpunkt dem relativen Nullphasenwinkel.

Betrachten wir nun zunächst ein Signal mit Amplitudenmodulation. Die binäre Signalfolge 1 0 1 0 1 1 1 werde aufmoduliert. Dadurch entstehen "breite" und "schmale" Wellenberge, eben entsprechend einer hohen oder geringen Amplitude. Wir sehen das in Bild 5.

Nun lassen wir eine Impulsstörung einwirken. Diese tritt in unserem Modell ebenfalls als Welle auf, nur eben aus einer anderen Richtung. Um die Dramatik zu erhöhen, nimmt die Impulsstörung das modulierte Signal mittendrin in die Zange. Wir sehen das in Bild 6.

Dadurch wird die Amplitude erheblich zusammengedrückt. Kommt dieses Signal so beim Empfänger an, wird es zu "0" decodiert, weil für die Darstellung einer "1" einfach zu wenig Intensität vorliegt.

Und so hat die Impulsstörung es geschafft, das Signal so zu stören, dass ein Bitfehler erzeugt wurde.

Das ist übrigens viel dramatischer als wenn die Impulsstörung das Nutzsignal vollständig weg gehauen hätte, das hätte der Empfänger sofort bemerkt und einen Fehler angezeigt. Der Bitkipper wird erst in der CRC erkannt.

\* Die Physiker unter den Lesern springen bitte zum nächsten Unterkapitel.

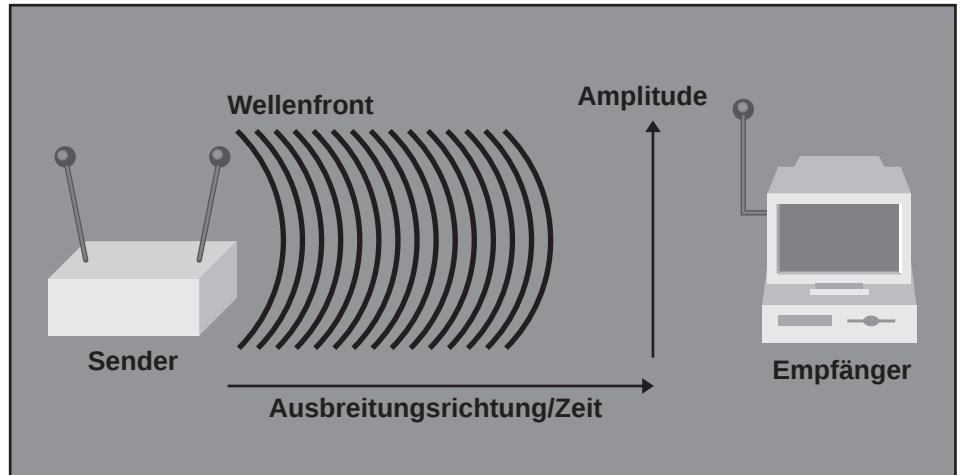


Bild 4

Wellenfrontmodell

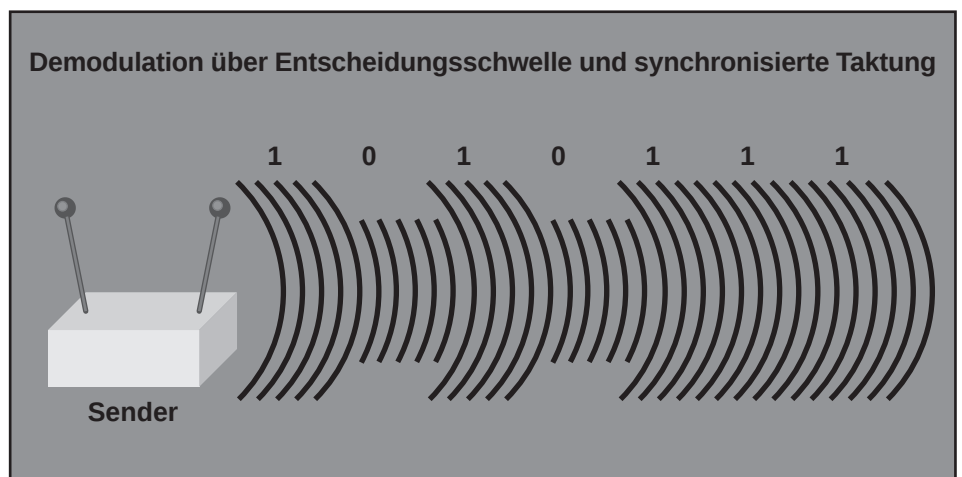


Bild 5

Amplitudentastung ASK ungestört

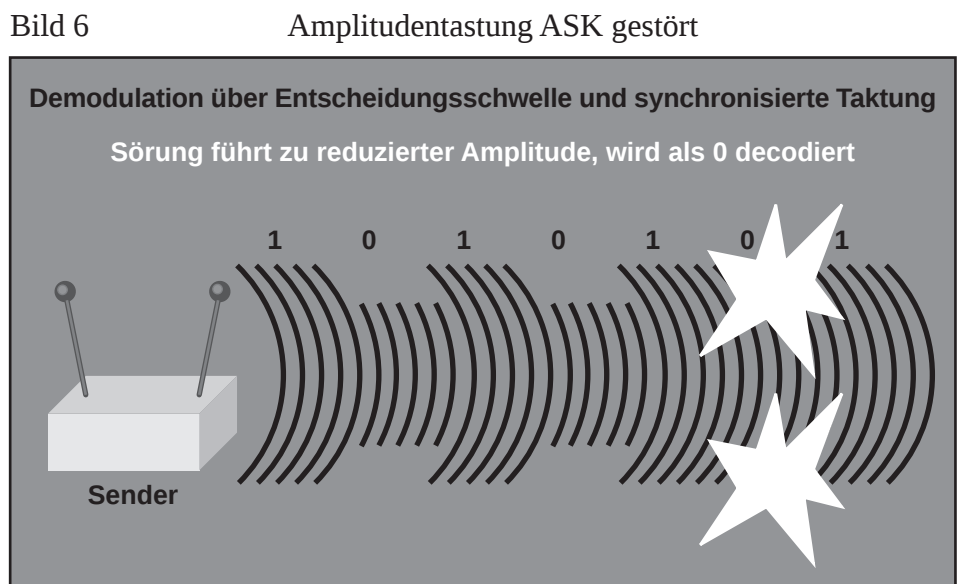


Bild 6

Amplitudentastung ASK gestört

## OFDM – Der Signalligator

Störungen eines Funksignals wirken immer ausschließlich auf die Amplitude, wie wir jetzt sehen werden.

In Bild 7 sehen wir eine Frequenzmodulation mit der gleichen primären Zeichenschwingung 1 0 1 0 1 1 1. Wir lassen jetzt aus Fairnessgründen die gleiche Störung einwirken.

In Bild 8 sehen wir aber folgendes: die Amplitude des modulierten Sendesignals wird wieder in der gleichen Weise zusammenge-drückt, die Anzahl der Wellenfronten ändert sich aber im zusammen gedrückten Abschnitt nicht. Die zu übertragende Information ist aber grade bei FM durch die Anzahl der Wellenfronten im Zeitintervall des zu übertragenden Informationssymbols repräsentiert. Die Störung wirkt sich also auf den Informationsgehalt nicht aus und das Signal kann korrekt decodiert werden.

Auch im "richtigen Leben" können Sie diesen Effekt leicht beobachten. Stellen Sie Ihr Radio auf AM (Mittelwelle) ein. Sie werden einige Sender hören, aber das Signal ist verrauscht und jede Art von Störung ist sofort zu hören. Stellen Sie dazu das Radio neben den Kühlschrank und öffnen Sie die Tür solange, bis der Kühlschrank anspringt. Stellen Sie jetzt das Radio auf FM (Ultrakurzwelle). Das Signal kann mehr oder weniger vorhanden sein, aber ab einer gewissen Feldstärke empfangen Sie die Musik sehr störungsarm bzw. störungsfrei. Erst wenn das Signal sehr sehr schwach ist, gibt es ein Rauschen. Das kommt aber nicht von externen Störungen sondern von dem verzweiferten Bemühen Ihres Empfängers, aus dem schlappen Signal noch etwas für Sie Hörbares zu machen. Sie hören nicht etwa ein Rauschen von außen, sondern das Rauschen der Empfängerschaltkreise, die sich auf maximale Verstärkung einregeln. Bitte verwechseln Sie jetzt nicht diese Effekte mit dem generellen Bandbreitengewinn bei der – ansonsten störungsfreien – Übertragung wenn man von Mittelwelle auf UKW geht. Dass sich die Musik bei UKW insgesamt besser anhört, liegt daran, dass ca. 100 kHz Bandbreite für einen UKW-Rundfunkkanal zur Verfügung stehen und nur ca. 5 - 10 für einen Mittelwellenkanal. Die Störungsfreiheit von FM hat mehr Einfluss auf Ihr Leben als Sie glauben. Sie bot nicht nur die Möglichkeit zur Einführung des Stereo- und später HiFi-Rundfunks in den sechziger Jahren sondern auch die Konstruktion zuverlässiger Autoradios.

Die Argumentation für die Phasenmodulation ist die gleiche, auch hier wird eine Impulsstörung es nicht schaffen, die Phase zu ändern.

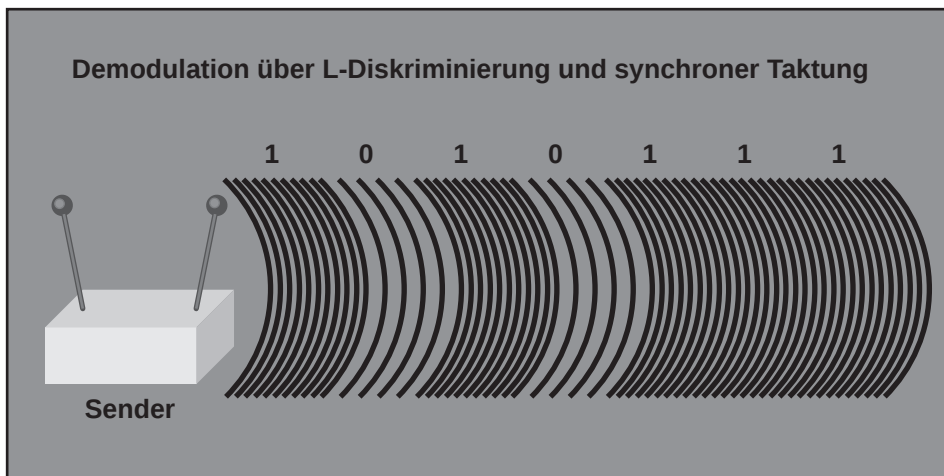
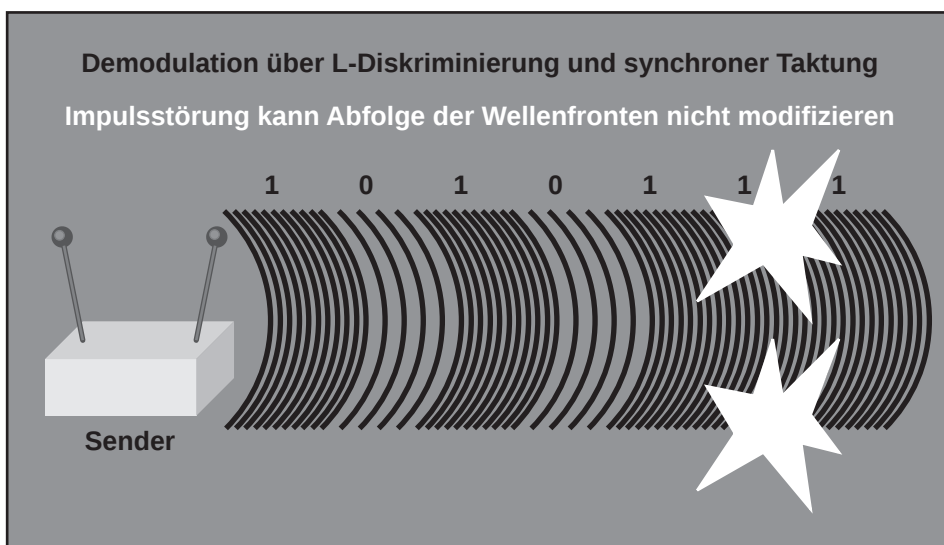


Bild 7

Frequenzumtastung FSK ungestört

Bild 8

Frequenzumtastung FSK gestört



### 3. OFDM Beispiel und OFDM Signalligator

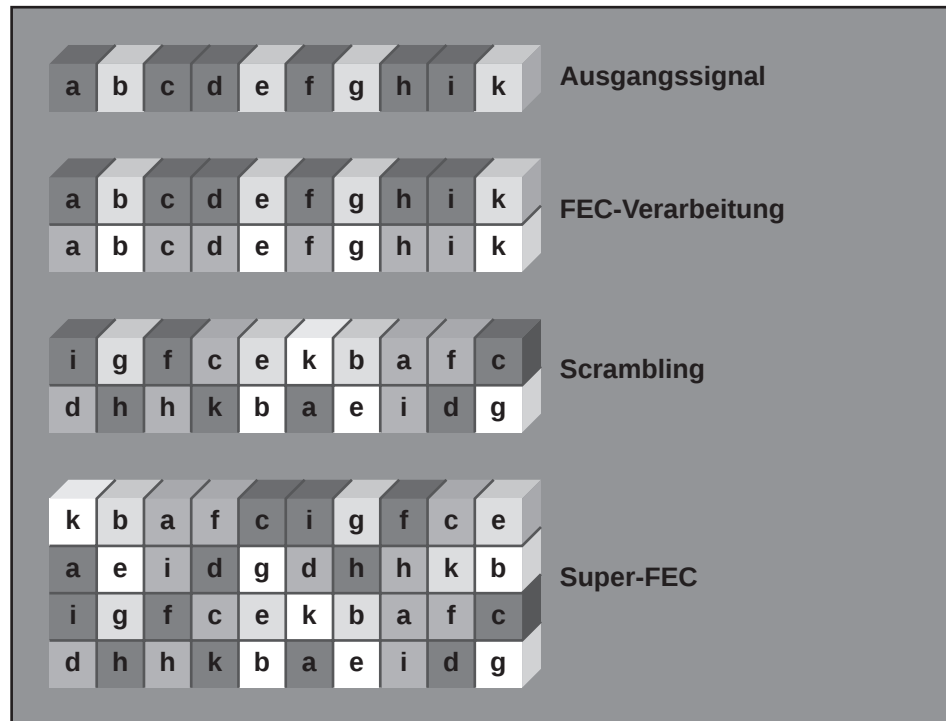
Die Signalerzeugung bei IEEE 802.11a/g ist relativ komplex, so dass ich zunächst an einem vereinfachten Beispiel die Bildung des OFDM-Signals diskutieren möchte. An diesem Beispiel können wir dann auch sofort die wichtigsten Vorteile von OFDM sehen.

Bild 9 (nächste Seite) zeigt zunächst die rein digitale Vorverarbeitung. Ausgehend von einem Bitstring wird zunächst ein Bitstring mit Vorwärtsfehlerkorrektur erzeugt. Das machen wir hier sehr einfach, indem wir den String einfach verdoppeln.

Es gibt jede Menge intelligentere Verfahren, sie sind aber leider auch mathematisch sehr aufwändig und hier auch schlecht zu erklären.

Danach verwürfeln wir den String. Auch hier nehmen wir wieder ein einfaches Verfahren. Wir versuchen nämlich, die Bits möglichst weit auseinanderzubringen, es sollten keine Bits, die im ursprünglichen String nebeneinander stehen, nach der Verwürfelung immer noch zusammenstehen. Und den Rest machen wir mit ein bisschen Schiebung.

## OFDM – Der Signalligator



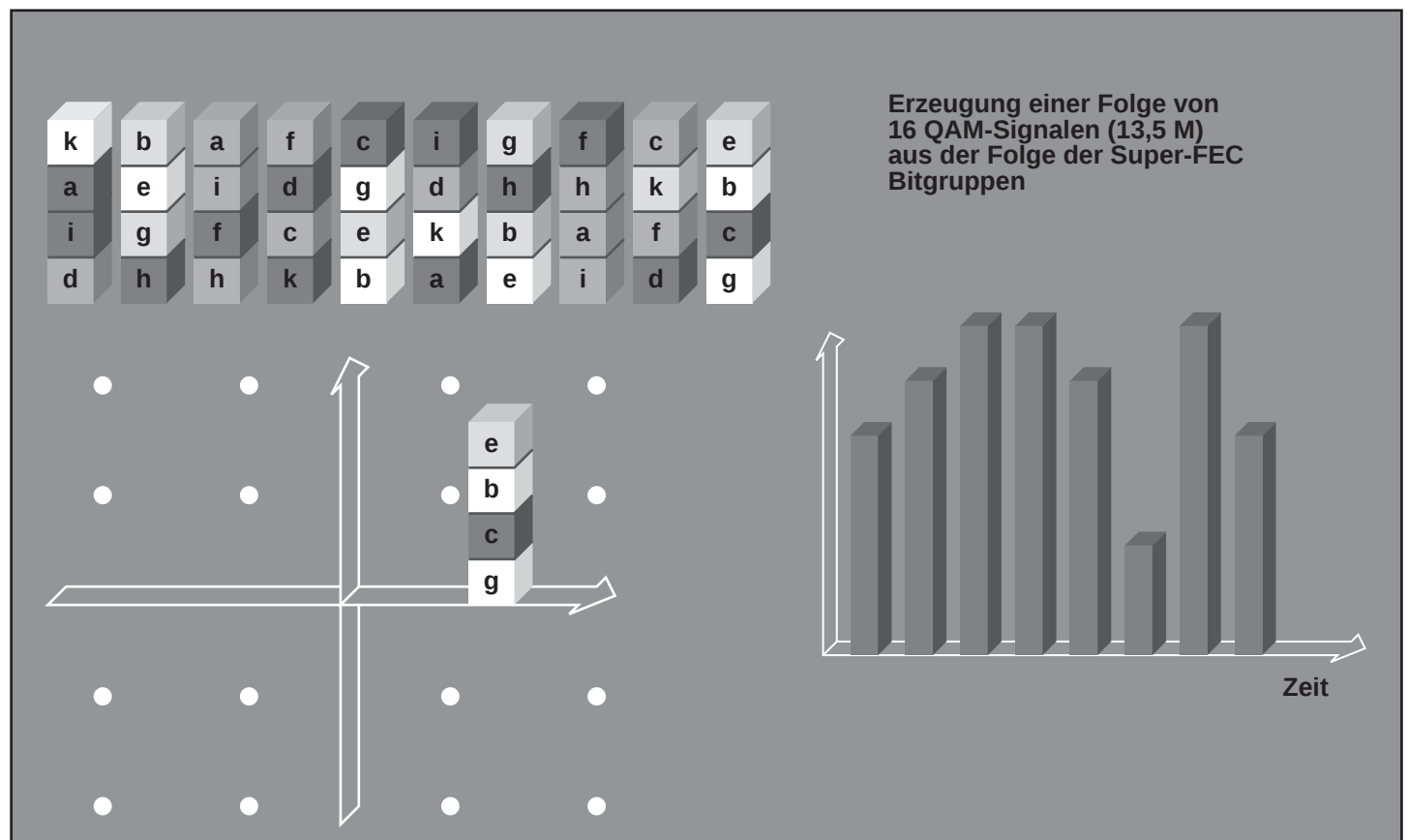
Natürlich gibt es in den Standards an dieser Stelle ein "richtiges" Verfahren, welches überdies für eine gute Symbolverteilung hinsichtlich einer möglichst optimalen Ausnutzung der Kanalbandbreite sorgt. Als letzten rein digitalen Schritt vollziehen wir die "Super-FEC", bei der nochmals eine Verdopplung des Bitstrings vorgenommen wird und der Zehnerblock oben links nach unten rechts und der oben rechts nach unten links kopiert wird. Wieder hier ganz simpel, wieder ganz komplexe, mathematisch saubere Verfahren in den Standards.

Der Super-FEC-Block kommt dann unter die Brotschneidemaschine und es werden jeweils Gruppen von vier Bit abgeschnitten. Jede dieser Gruppen wird dann vermöge der 16-QAM-Modulation auf einen OFDM-Unterträger abgebildet. Alle Unterträger sind zueinander orthogonal wie beschrieben. Schließlich wird das Signal aus den Unterträgern mittels schneller inverser Fourier-Transformation synthetisiert.

Den Vorgang sehen wir in den nachfolgenden Bildern.

Bild 9 OFDM-Synthese I

Bild 10 OFDM-Synthese II



## OFDM – Der Signalligator



Bild 11 OFDM-Synthese III

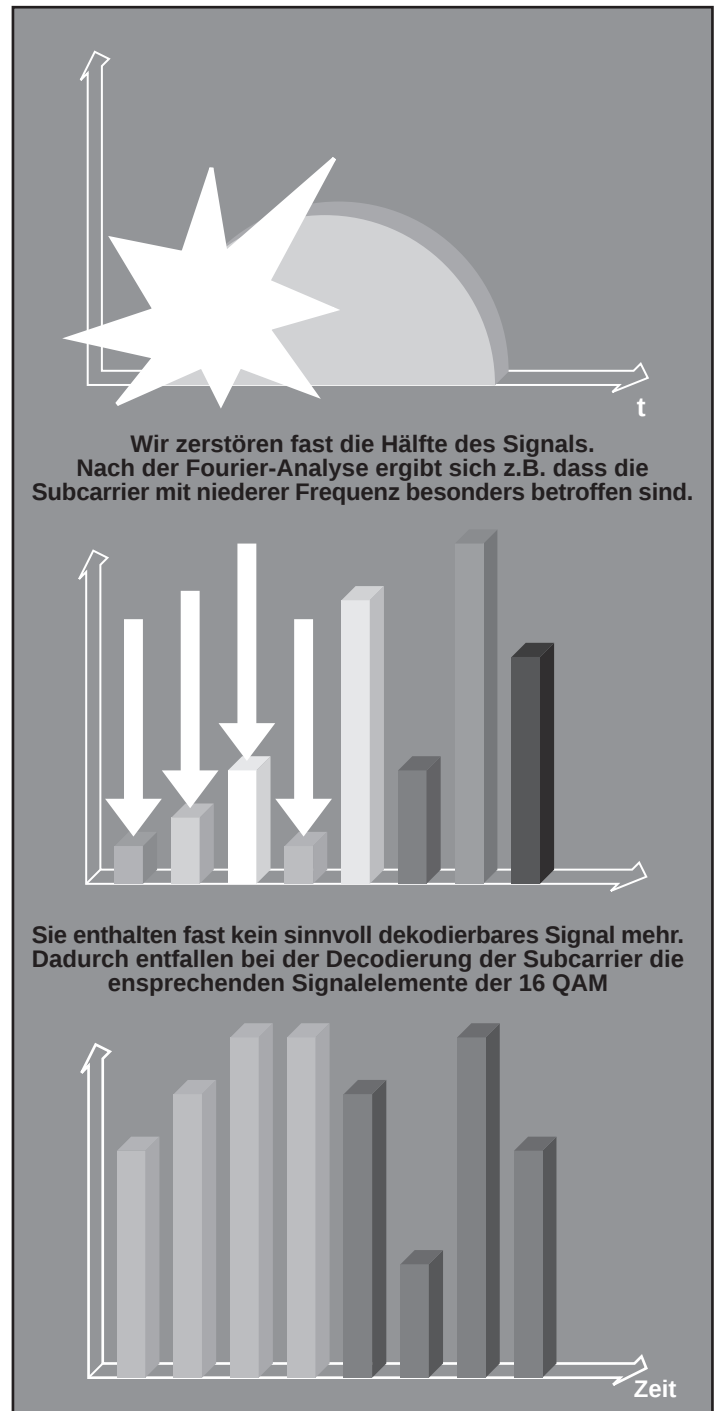


Bild 12 OFDM-Signalligator I

Das OFDM-Signal ist unglaublich stabil. Deshalb habe ich es Signalligator getauft. Warum es diesen Namen verdient, zeigen wir wieder an unserem Beispiel. Wir stören das Signal mit einer erheblichen Impulsstörung. Dabei wird es, siehe Bild 12 - 13, so schwer beschädigt, dass nach der Fourier Transfor-

mation die Hälfte der orthogonalen Unterträger keine sinnvoll decodierbare Information enthalten. Es ist die Eigenschaft einer Impulsstörung, nur über eine gewisse Zeit und spektral gesehen auf einem engen Bereich zu stören. Die Annahme, dass die Hälfte der orthogonalen Unterträger davon betroffen

ist, ist schon sehr extrem hinsichtlich normaler Impulsstörungen. Allerdings könnte eine Interferenzstörung z.B. aus einer Bluetooth-Umgebung diese Wirkung haben: über die Zeit ihrer Existenz schlägt sie immer in die gleichen orthogonalen Unterträger ein und zerstört den Informationsinhalt.

## OFDM – Der Signalligator

Aber, dem OFDM-Signalligator macht das gar nichts aus. Wir füllen den Informationsgehalt der verbliebenen Unterträger nach Decodierung wieder in das Super-FEC-Raster, was jetzt ziemlich leer aussieht. Dennoch sind genau die Blocks gerettet, die wir brauchen, um den Descrambler zu füllen. Hier führen wir die Entwüfelung durch und, oh Wunder, wir erhalten unsere ursprüngliche Signalfolge, sogar doppelt, die erste FEC-Stufe braucht also gar nicht in Aktion zu treten.

Damit kann ich sogar an diesem Beispiel zeigen, dass noch mehr Störungen verkraftet werden können. In Bild 14 seien einfach 60% der Unterträger zerstört. Dennoch können wir den Informationsgehalt vollständig zurück gewinnen, dieses Mal unter Benutzung der Redundanz auch der ersten FEC-Stufe.

### 4.

#### OFDM im IEEE 802.11a/g

Wir beschränken uns hier auf die detaillierte Darstellung von IEEE 802.11a, weil 802.11g in verschiedenen Kleinparametern noch nicht fertig verabschiedet ist, aber im Großen und Ganzen ändert sich bis auf die Grundfrequenz nicht viel.

Der Standard definiert die PHY-Arbeitseinheit für ein OFDM-Übertragungssystem (Orthogonal Frequency Division Multiplex) und die Zusätze, die nötig sind, um dies in die bisherigen Standards einzubringen bzw. mit ihnen zu harmonisieren. Es werden die in den USA unlicenzierten Frequenzen 5,15-5,25, 5,25-5,35 und 5,725 - 5,825 GHz benutzt, die Bestandteil der sog. U-NNI-Bänder sind, der "Unlicensed National Information Infrastructure". Zur Zeit der Manuskripterstellung sind diese Bänder für Europa bzw. in Deutschland nicht frei benutzbar. Sie konfliktieren auch mit den Europäischen HiperLAN/2-Bemühungen. Das kann sich aber täglich ändern und im Zuge der Vollständigkeit der Darstellungen beschreiben wir jetzt diesen Standard ohne weitere Rücksichtnahme auf die lokale Implementierbarkeit. Hersteller wie Cisco Systems bieten bereits Produkte dafür an. Das OFDM-System realisiert ein WLAN mit den Übertragungsgeschwindigkeiten 6,9,12,18,24,35,48 und 54 Mbit/s. Dabei müssen die Raten 6,12 und 24 Mbit/s immer unterstützt werden. Das System benutzt 52 Unterträger, die mit binärer Phasenmodulation BPSK, Quadratur-Phasenmodulation QPSK, sowie Quadratur-Amplitudenmodulation mit 16 (16-QAM) oder 64 (64-QAM) Zielelementen moduliert werden. Forward Error Correction wird durch Faltungs-codierung mit einer Codierungsrate von 1/2, 2/3 oder 3/4 erreicht.

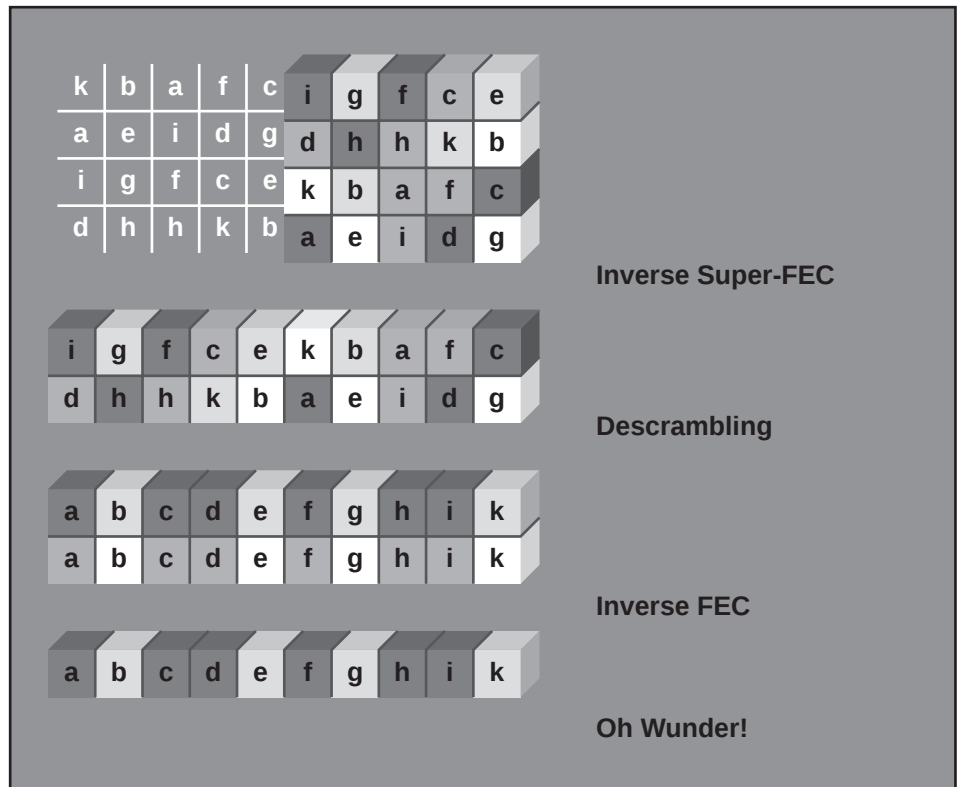
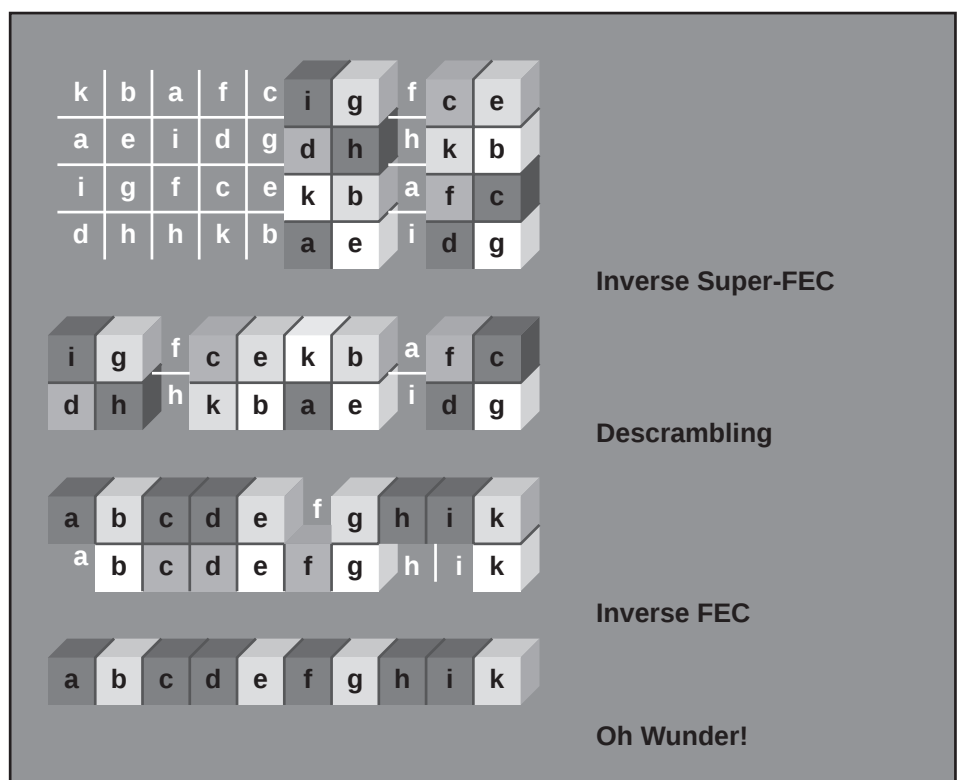


Bild 13

OFDM-Signalligator II

Bild 14

OFDM-Signalligator III



## OFDM – Der Signalligator

#### 4.1 Generelle Vorbemerkungen und Parameter

Die OFDM-PHY besteht – wie könnte es anders sein – aus zwei Protokollfunktionen, nämlich der PHY-Konvergenzfunktion, die die Möglichkeiten des PMD-Systems an den PH-Service anpasst und dem PMD-System. Die Konvergenzfunktion wird wie bei den anderen Standards durch die Physical Layer Convergence Procedure PLCP unterstützt, die eine Methode zur Abbildung von IEEE 802.11 PHY Teilschicht Service Dateneinheiten (PSDUs) in ein Frameformat unterstützt, welches dazu geeignet ist, Benutzerdaten und Management-Information zwischen zwei oder mehr Stationen, die das entsprechende PMD-System benutzen, auszutauschen. Das PMD-System definiert die Eigenschaften und die Nutzung des OFDM-Systems für die Übertragung von Daten im drahtlosen Netz.

Die OFDM-PHY stellt ihre Dienste über die gleiche Schnittstelle zwischen MAC-Teilschicht und PHY-Schicht zur Verfügung wie in den anderen Standards. Damit die MAC ohne weitere Belastungen und Abhängigkeiten arbeiten kann, wird die PLCP-Teilschicht als Konvergenzschicht definiert. Die PMD-Teilschicht leistet die Übertragung im 5MHz-Band und die PHY Management Arbeitseinheit PLME führt das Management der lokalen PHY-Funktionen in Zusammenarbeit mit der MAC-Management Arbeitseinheit durch.

Wegen der neuen Datenraten gibt es eine Reihe neuer Parameter. Die Architektur der IEEE 802.11 MAC-Teilschicht ist unabhängig von Aufbau und effektiver Leistung einer PHY. Manche PHY-Implementierungen benötigen jedoch abstrakte Automaten, die in der

MAC ablaufen, für die Durchführung bestimmter Aufgaben. Diese von der PHY abhängigen abstrakten Kontrollautomaten sind in der Management-Arbeitseinheit MLME der MAC-Teilschicht beheimatet. Bei manchen PHY-Implementierungen kann es nötig sein, dass die MLME mit der PLME als Teil der normalen Ausführung der PHY Service Access Point Primitive zusammenarbeitet. Diese Interaktionen werden in Zusammenhang mit der PLME-Parameterliste, die in den PHY-Dienstprimitiven als TXVECTOR und RXVECTOR niedergelegt ist, definiert. Die Liste dieser Parameter und die Werte, die sie repräsentieren, sind in den jeweils passenden PHY-Spezifikationen für jede PMD niedergelegt.

Für die 5GHz-PMD braucht man folgende neue bzw. erweiterte Parameter. Beginnen wir mit dem TXVECTOR. Das Längenfeld kann Werte zwischen 1 und 4095 annehmen und zeigt die Anzahl von Oktetten in der MPDU an, die aktuell zur Übertragung ansteht. Der Wert wird von der PHY dazu benutzt, die Anzahl von Oktett-Transfers zu bestimmen, die auftreten werden, wenn die MAC die PHY zur Sendung auffordert. Die Datenrate kann die Werte 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 und 54 annehmen. Das Service Feld besteht aus 7 Nullbits für die Initialisierung des Scramblers und 9 Nullbits, die für spätere Zwecke reserviert sind. Die erlaubten Werte für den Powerlevel bewegen sich zwischen 1 und 8. Im RXVECTOR gibt es auch wieder das Längenfeld mit dem gleichen Wertebereich, das RSSI-Feld (Receive Signal Strength Indicator) mit Werten von 0 bis zu einem RSSI-Maximum. Der Wert dient der PHY-Teilschicht für die Bestimmung des Energieniveaus beim Empfang der aktuellen Sendung und sollte während der Präambel gemessen werden. Weiterhin gibt es das Feld für die Datenrate mit den schon genannten möglichen Werten und das Service Feld mit dem Wert Null.

#### 4.2 Die OFDM PLCP-Teilschicht

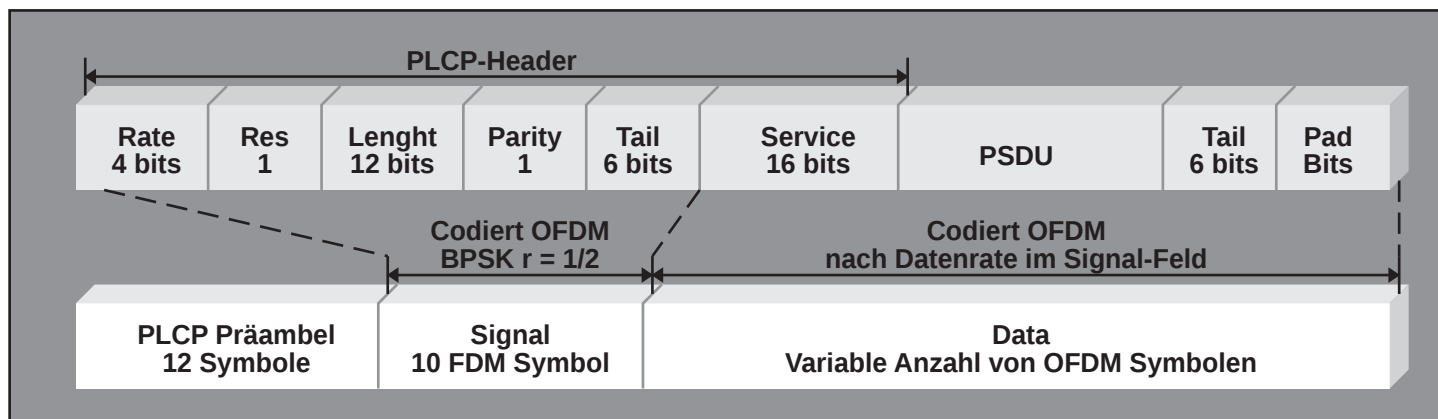
Für diese Schicht muss hauptsächlich definiert werden, wie PSDUs in PPDU's verwandelt werden und vice versa. Für die Übertragung muss die PSDU eine PLCP-Präambel und einen Header bekommen, damit aus ihr eine PPDU wird. Am Empfänger müssen PLCP-Präambel und Header bearbeitet werden, um die PSDU richtig zu demodulieren und abzuliefern.

Bild 15 zeigt die PPDU einschließlich der OFDM PLCP Präambel, dem OFDM Header, Schwanz- und Füllbits.

Der PLCP-Header enthält die Felder für die Datenrate, die Länge, ein Paritätsbit, ein reserviertes Bit, 6 Schwanzbits und das Service-Feld. Wenn man das Service-Feld abzieht, bilden die anderen Felder zusammen ein separates einzelnes OFDM-Symbol mit der Bezeichnung SIGNAL, welches mit der robustesten Wertkombination der BPSK-Modulation und einer Faltcodierungsrate von 1/2 gesendet wird. Das Service-Feld des PLCP-Headers und die PSDU mit angehängten 6 Schwanzbits und Füllbits werden als DATA bezeichnet und mit der Datenrate ausgesendet, die im RATE-Feld angegeben ist. Sie können dabei mehrere OFDM-Symbole bilden. Die Schwanzbits im SIGNAL-Symbol erlauben die Decodierung des Raten- und des Längenfeldes unmittelbar beim Empfang dieser Bits. Man braucht die Informationen aus diesen Feldern, um den DATA-Teil des Paketes richtig zu decodieren. Außerdem kann der CCA-Mechanismus um die Voraussage der Dauer des Paketes erweitert werden, wenn er die Werte aus den Feldern für Datenrate und Länge auswerten kann, auch wenn diese Datenrate von der betreffenden Station gar nicht unterstützt wird.

Bild 15

OFDM-PPDU Frame Format



## OFDM – Der Signalligator

## 4.2.1

Der PPDU-Codierungsprozess,  
Einführung

Der PPDU-Codierungsprozess ist beliebig kompliziert, allerdings versteht man den Rest des Standards überhaupt nicht mehr, wenn man sich das nicht ansieht. Oben wurden die Grundzüge der OFDM-Übertragung schon einmal grob vorgestellt. Wir wollen den Prozess für IEEE 802.11a-WLANs zunächst einmal in seinen wesentlichen Zügen zusammenfassen.

Zunächst muss das PLCP-Präambel Feld produziert werden. Es ist aus 10 Wiederholungen der sog. "Kurzen Training Sequenz" und zwei Wiederholungen der sog. "langen Training Sequenz" zusammengesetzt. Die kurzen Training Sequenzen werden für AGC-Konvergenz (Kontrolle des Antennengewinns), Auswahl einer Antenne bei Diversity, Wiedergewinnung des Taktes und Grobeinstellung der Empfangsfrequenz im Empfänger benutzt. Die langen Training Sequenzen werden für die Bestimmung des Kanals und die Feinabstimmung der Empfangsfrequenz im Empfänger benutzt. Zwischen diese Gruppen kommt noch ein sog. Guard Intervall GI. Dann muss der PLCP-Header aus den Raten-, Längen- und Service-Feldern des TXVECTORS zusammengesetzt werden. Raten- und Längenfeld des PLCP-Headers werden mit einem Verwülfelungscode der Rate 1/2 codiert und werden dann auf ein mit einfacher BPSK codiertes OFDM-Symbol abgebildet, welches wie schon erwähnt als SIGNAL-Symbol bezeichnet wird. Um eine zuverlässige und zeitnahe Auswertung des Raten- und Längenfeldes zu ermöglichen, müssen die sechs Schwanzbits eingeschoben werden. Die Codierung des SIGNAL-Symbols durchläuft dann die Schritte Faltungscodierung, Überlappung, BPSK-Modulation, Pilot-Einschub, Fourier-Transformation und Einschub eines Guard Intervalls, die wir weiter unten noch genauer beschreiben werden. Das SIGNAL-Symbol wird dann mit 6 Mbit/s. übertragen. Es wird aber nicht verwülfelt.

Aus dem RATE-Feld des TXVECTORS müssen dann die Anzahl der Datenbits pro OFDM-Symbol (NDPBS), die Codierungsrate, die Anzahl der Bits in jedem OFDM Unterträger und die Anzahl der codierten Bits pro OFDM-Symbol berechnet werden. Dies werden wir später weiter auseinanderlegen. Die PSDU muss dann an das SERVICE-Feld des TX-Vektors angehängt werden. Der resultierende Bitstring muss mit wenigstens sechs Nullbits oder mehr so erweitert werden, dass die Länge des Resultats ein ganzzahliges Vielfaches von NDPBS ist. Dann wird der

ganze String mit einer Pseudozufallszahl verwülfelt, indem man beides zusammen durch ein EXOR-Gatter schickt. Die Nullbits müssen aber nach dem Verwülfelungsvorgang wieder so ersetzt werden, dass es wieder unverwülfelte Nullbits sind. Der erweiterte, verwülfelte Datenstring muss dann mit einer Rate 1/2 einen Faltungscodierer durchlaufen. Dabei gibt es ein Punktierungsmuster, nach dem einige Bits des codierten Strings ausgelassen werden, um die gewünschte Codierungsrate zu erzielen. Dann muss der codierte Bitstring in Gruppen der Größe NCBPS, die Anzahl der codierten Bits pro OFDM-Symbol, aufgeteilt werden. Jede dieser Bitgruppen wird dann anhand der Modulations-Codierungstafel einer komplexen Zahl zugeordnet. So entsteht eine Folge komplexer Zahlen. Dieser String komplexer Zahlen muss dann in Gruppen von je 48 komplexen Zahlen aufgeteilt werden. Jeder dieser Gruppen wird dann ein OFDM-Symbol zugeordnet. Die komplexen Zahlen einer jeden Gruppe werden von 0 bis 47 nummeriert und danach in die OFDM-Unterträger -26 bis -22, -20 bis -8, -6 bis -1, 1 bis 6, 8 bis 20 und 22 bis 26 abgebildet. Die Unterträger -21, -7, 7 und 21 werden dabei ausgelassen, weil sie für den Einsatz von Pilotträgern gebraucht werden. Der Unterträger 0 entspricht der Mittenfrequenz und wird mit Null gefüllt. Es gibt also insgesamt 54 Unterträger. Alle diese Unterträger werden dann mittels der inversen Fourier Transformation in die Zeitdimension konvertiert. Dann muss der resultierenden Schwingung eine kreisförmige Erweiterung von sich selbst vorangestellt werden, die somit ein Guard Intervall erzeugt. Die resultierenden periodischen Wellen müssen aber dann auf die Länge eines einzelnen OFDM-Symbols abgeschnitten werden um das durch den Zeitmultiplex vorgegebene Fenster einzuhalten. Die so erzeugten OFDM-Signale werden dann beginnend mit dem SIGNAL-Symbol eins nach dem anderen aufgereiht. Zur Erinnerung: wir haben eine komplexe Wellenform im Basisband erzeugt. Erst ganz am Schluss entsteht daraus eine Radiofrequenz im gewünschten Kanal, die übertragen werden kann.

Es ist mir klar, dass vielen Lesern an dieser Stelle die umfangreiche Signalaufbereitung vollständig unklar bleibt. Ich will versuchen, hier i.F. etwas Licht ins Dunkel zu bringen, aber dabei nur so viele Vereinfachungen zu machen, wie nötig. An vielen Stellen ist das Standardisierungsdokument nämlich auch nicht besonders aussagekräftig bzw. es werden viele Sachen einfach vorausgesetzt.

Besonders verwirrend ist auf den ersten Blick die komplexe Notation für das Basisbandsignal. Das tatsächlich übertragene Signal ist mit dem komplexen Basisbandsignal über

folgende Gleichung verbunden:

$$r_{RF}(t) = \text{Re} \{ r(t) \exp(j 2\pi f_c t) \}$$

wobei der linke Term das zu übertragende Radiofrequenzsignal mit der Zeit und der rechte Teil der Realteil der in den geschweiften Klammern angegebenen komplexen Zahl ist. Der Term  $f_c$  steht für die Mittenfrequenz des Trägers.

Das zu übertragende Signal im Basisband ist

$$r_{\text{PACKET}}(t) = r_{\text{PREAMBLE}}(t) + r_{\text{SIGNAL}}(t - t_{\text{SIGNAL}}) + r_{\text{DATA}}(t - t_{\text{DATA}})$$

wobei

$$t_{\text{SIGNAL}} = 16 \mu\text{s}$$

und

$$t_{\text{DATA}} = 20 \mu\text{s}$$

Mit der Fourier-Analyse können periodische nichtsinusförmige Funktionen mit einer bestimmten Periode  $T$  durch die Überlagerung unendlich vieler sinusförmiger Funktionen mit i.a. unterschiedlichen Amplituden und Nullphasenwinkeln dargestellt werden. Die Fourier Analyse ist daher ein mathematisches Hilfsmittel der Nachrichtentechnik, um z.B. festzustellen, welche Frequenzanteile in einem Signal genau enthalten sind, um daraus z.B. zu schließen, ob man ein bestimmtes Signal auf einer bestimmten Leitung übertragen kann. Ein zusammengesetztes komplexes Signal kann damit mathematisch so zerlegt werden, dass man vergleichsweise in einem chemischen Linienspektrum alle beteiligten Frequenzanteile berechnen und z.B. in einem Spektrum darstellen kann, dessen x-Achse die Frequenz und dessen y-Achse die Intensität des Frequenzanteils im Signal ist. In meinem Buch "Lokale Netze" findet der Leser weitere Erklärungen in dieser Hinsicht. Dort wird gezeigt, dass ein idealer Rechteckimpuls z.B. Frequenzen enthält, die man beim besten Willen nicht mehr übertragen kann und dass man sich deshalb bei der Übertragung z.B. auf metallischen Leitern mit anderen, ähnlichen Signalen behelfen muss, die zwar so ungefähr aussehen wie eine Rechteckschwingung, aber nicht diese unendlichen Frequenzanteile in ihrem Frequenzspektrum haben.

## OFDM – Der Signalligator

In der Mathematik besteht glücklicherweise oft die Möglichkeit, auch Dinge andersherum zu machen. Hat man also eine Menge von einzelnen Schwingungen mit eigenen Intensitäten auf einzelnen Frequenzen, so kann man diese einzelnen Schwingungen zu einem gemeinsamen Signal "zusammenrechnen". Dieses Signal würde z.B. physikalisch dann entstehen, wenn z.B. diese einzelnen Schwingungen elektrische Wechselströme bzw. -Spannungen wären und man diese auf einem Medium, z.B. auf einem Draht, zusammenführt. Diesen umgekehrten Vorgang der Fourier Analyse könnte man auch als Fourier-Synthese bezeichnen, das ist aber eher selten. Man spricht meist bei der Analyse von einer Fourier-Transformation und bei der Synthese von einer inversen Fourier-Transformation. Die echten Mathematiker unter den Lesern mögen mir jetzt diese groben Vereinfachungen verzeihen, aber sie würden das ja auch so verstehen, es geht um die andere Leute :). Alle Subframes des Signals werden nunmehr als inverse Fourier-Transformation einer Menge von Koeffizienten zusammengesetzt. Diese Koeffizienten stellen die Daten, die Pilotträger und die Training-Symbole dar, wie wir das später noch erläutern werden. Insgesamt ergibt sich für die inverse Transformation die Summenformel:

$$r_{\text{SUBFRAME}}(t) = w_{\text{rSUBFRAME}}(t) \sum_{K=-N_{\text{ST}}/2}^{N_{\text{ST}}/2} C_K \exp(j 2\pi k \Delta_f)(t - T_{\text{GUARD}})$$

mit  $C_K$  Koeffizienten  
 $N_{\text{ST}}$  52 (Subcarrier)  
 $\Delta_f$  0,3125 MHz (Frequenzabstand zwischen Subcarriern)  
 $K$  Index  
 $w_{\text{TSUBFRAME}}(t)$  Window Funktion

Die Parameter sollen hier nicht einzeln erklärt werden. Die resultierende Wellenform ist periodisch mit der Periodendauer reziprok zum Kanalabstand zwischen Unterträgern. Etwas anderes wäre auch gar nicht möglich, wenn man das Signal in diese Unterträger einordnen möchte. Die Windows-Funktion ist einfach eine Rechteckschwingung, die das Fenster nur zu dem gewünschten Intervall öffnet und sonst Null ist, womit die ganze Funktion auch Null wird, wenn das Fenster geschlossen ist und der Summenterm nur zu einem Ergebnis bei geöffnetem Fenster führt. Das ist letztlich die Durchsetzung des Zeitfensters für das Zeitmultiplexen. Das Zeitfenster kann sich aber über mehrere Perioden erstrecken.

Die Bilder 16 und 17 zeigen einen durch die Funktion entstandenen OFDM-Frame mit entsprechenden Zeitangaben.

Diese mathematischen Vorgaben müssen jetzt bei einer Implementierung konkretisiert werden.

Dabei hilft zunächst die Parameterliste, die in den Tabellen 1 (unten) und 2 (nächste Seite) dargestellt ist.

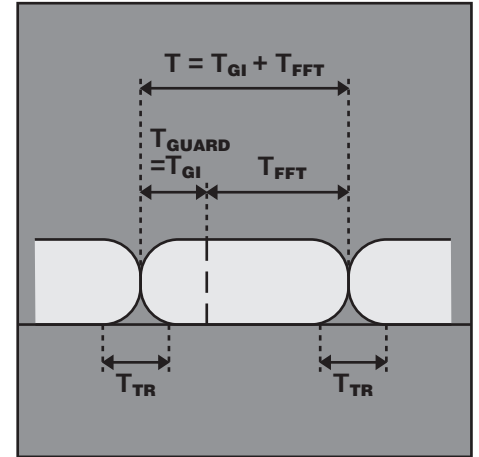


Bild 16 (oben): OFDM-Frame mit zyklischer Erweiterung und Fensterbildung für einfachen Empfang der FFT Periode

Bild 17 (unten): OFDM-Frame mit zyklischer Erweiterung und Fensterbildung für doppelten Empfang der FFT Periode

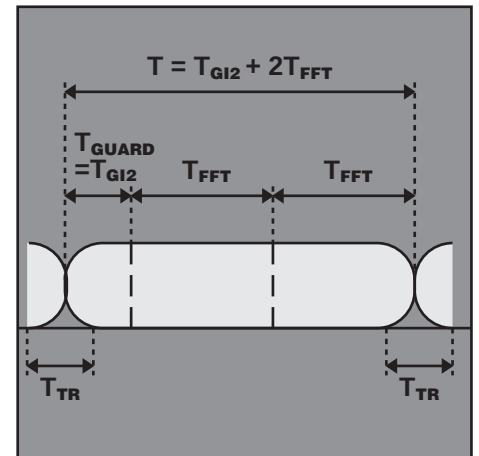


Tabelle 1 Parameter in Abhängigkeit von der Datenrate

| Datenrate in Mbit/s | Modulation | Codier Rate | Codierte Bits pro Unterträger | Codierte Bits pro OFDM Symbol | Datenbits pro OFDM Symbol |
|---------------------|------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 6                   | BPSK       | 1/2         | 1                             | 48                            | 24                        |
| 9                   | BPSK       | 3/4         | 1                             | 48                            | 36                        |
| 12                  | QPSK       | 1/2         | 2                             | 96                            | 48                        |
| 18                  | QPSK       | 3/4         | 2                             | 96                            | 72                        |
| 24                  | 16-QAM     | 1/2         | 4                             | 192                           | 96                        |
| 36                  | 16-QAM     | 3/4         | 4                             | 192                           | 144                       |
| 48                  | 64-QAM     | 2/3         | 6                             | 288                           | 192                       |
| 54                  | 64-QAM     | 3/4         | 6                             | 288                           | 216                       |

## OFDM – Der Signalligator

|                                       | Value                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|
| Anzahl der Daten-Unterträger          | 48                                         |
| Anzahl der Pilot-Unterträger          | 4                                          |
| Gesamtzahl der Unterträger            | 52 ( $N_{SD} + N_{SP}$ )                   |
| Frequenzabstand zwischen Unterträgern | 0,3125 MHz (= 20 MHz / 64)                 |
| TFFT / FFT / FFT Perle                | 3,2 $\mu$ S ( $1 / \Delta F$ )             |
| Dauer der PLCP Präambel               | 16 $\mu$ S ( $T_{SHORT} + T_{LONG}$ )      |
| Dauer des Signal OFDM Symbols         | 4,0 $\mu$ S ( $T_{GI} + T_{FFT}$ )         |
| Dauer des Guard Intervalls            | 0,8 $\mu$ S ( $T_{FFT} / 4$ )              |
| Dauer des GI im Training Symbol       | 1,6 $\mu$ S ( $T_{FFT} / 2$ )              |
| Symbol Intervall                      | 4 $\mu$ S ( $T_{GI} + T_{FFT}$ )           |
| Dauer der kurzen Training Sequenz     | 8 $\mu$ S ( $10 \times T_{FFT} / 4$ )      |
| Dauer der langen Training Sequenz     | 8 $\mu$ S ( $T_{GI2} + 2 \times T_{FFT}$ ) |

Tabelle 2 Timing Parameter

Unter Anwendung dieser Parameter kommt man dazu, dass 20 Millionen Abtastungen pro Sekunde vorgenommen werden. Für die Implementierung der Inversen Fast Fourier Transformation IFFT benötigt man einen entsprechenden integrierten Schaltkreis, der eingangsseitig mit den Koeffizienten belegt wird und einen entsprechenden Zeitmulti-

plex-Ausgang erzeugt. Diese Schaltungen sind gar nicht besonders kompliziert und bestehen in der ersten Stufe in einem Signalverstärker und Filter und in der zweiten Stufe aus einem zyklischen Mischer / Zeitmultiplexer. Die entsprechenden Schaltkreise sind in der herkömmlichen Mobilfunktechnik im Einsatz.

### 4.2.2 Der PPDU-Codierungs- und Modulationsprozess

Wir kommen nun zu weiteren Einzelheiten. Die PLCP-Präambel wird zur Synchronisation benutzt. Sie besteht aus 10 kurzen Symbolen und zwei langen und ist in Bild 18 zu sehen.

Nach der Präambel kommen die SIGNAL und DATA Felder. Die Gesamtdauer der Trainingssequenzen ist 16  $\mu$ sec. Die GI werden im Rahmen der Periodizität der Inversen Fourier Transformation gebildet. Ein kurzes OFDM-Trainingssymbol besteht aus 12 Unterträgern, die durch die Elemente einer bestimmten Sequenz moduliert worden sind. Ein langes OFDM Trainingsymbol besteht aus allen 53 Unterträgern einschließlich dem Träger der Mittenfrequenz. Alle Unterträger bis auf diesen sind mit einer speziellen Sequenz moduliert. Das SIGNAL-Feld soll die Angaben über die Datenrate und die Länge des TXVECTORS enthalten. Das RATE Feld enthält die Datenrate, mit der der Rest der Information gesendet werden soll. Das SIGNAL-Feld soll als einzelnes OFDM-Symbol mit BPSK-Modulation und einer Faltungscodierung mit der Rate 1/2 erfolgen. Das Signal wird nicht verwürfelt. Das SIGNAL-Feld besteht aus 24 Bits und wir sehen es in Bild 19.

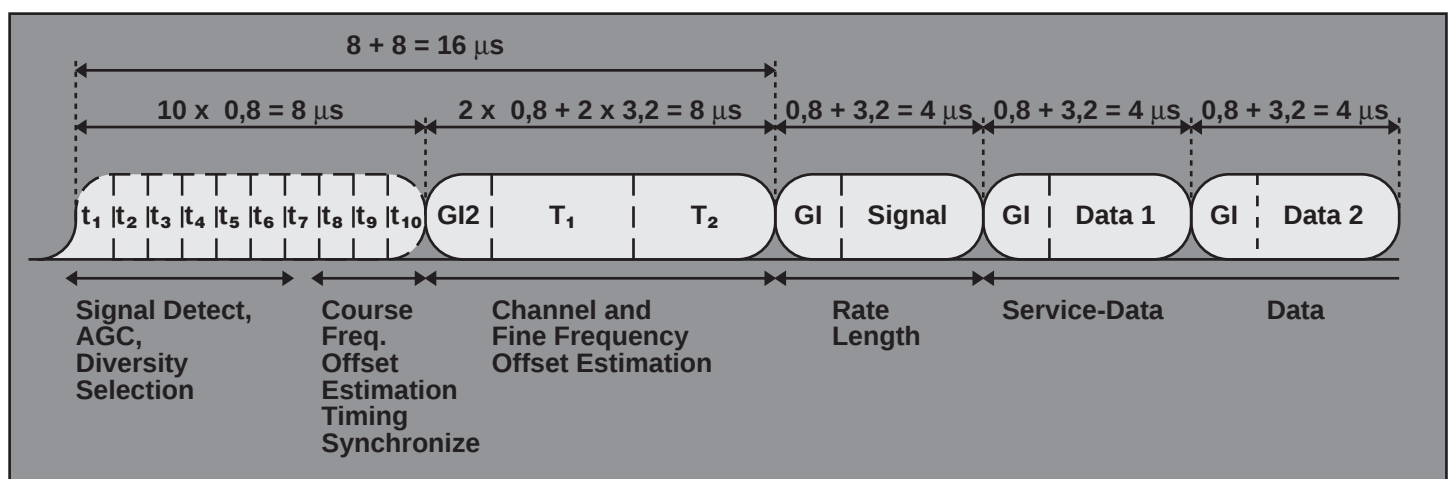
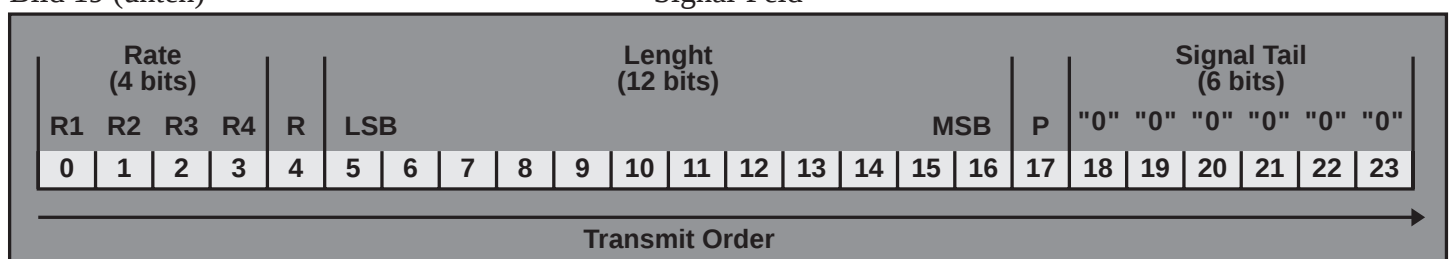


Bild 18 (oben) OFDM-Trainingsstruktur in der PLCP-Präambel

Bild 19 (unten) Signal-Feld



## OFDM – Der Signalligator

Die vier Bits 0 bis 3 enthalten eine Codierung für die Datenrate, 6 Mbit/s = 1101, 9 Mbit/s = 1111, 12 Mbit/s = 0101, 18 Mbit/s = 0111, 24 Mbit/s = 1001, 36 Mbit/s = 1011, 48 Mbit/s = 0001 und 54 Mbit/s = 0011. Bit 4 wird vorsichtshalber für die Zukunft reserviert und die Bits 5 - 16 codieren das Längenfeld als Integer Zahl ohne Vorzeichen, die die für die aus der MAC anstehende Anzahl von Oktetten angibt. Das Parity Bit und der Signalschwanz aus sechs Nullen schließen das Feld ab. Das Datenfeld besteht aus dem SERVICE-Feld, der PSDU und dem Schwanz mit Füllbits. Die ersten sechs Bits des Service Feldes bestehen aus Nullen und dienen der Initialisierung des Scramblers, die restlichen Bits bleiben reserviert. Die Schwanzbits sind sechs Nullen und die PAD Bits sorgen dafür, dass die Anzahl der Bits im Datenfeld ein ganzzahliges Vielfaches der Anzahl der codierten Bits in einem OFDM-Symbol ist. Das können 48, 96, 192 oder 288 Bits sein.

Mit dem im Bild 20 gezeigten Verwürfler wird das Datenfeld weiter für die Sendung vorbereitet. Er arbeitet mit einer zyklischen synchronen Grundfrequenz der Länge 127. Das Datenfeld bestehend aus SERVICE-Feld, PSDU, Schwanzbits und Füllbits muss für die Forward Error Correction mit einem Faltungscodiercode mit einer Codierungsrate 1/2, 2/3 oder 3/4 codiert werden, je nachdem, welche Datenrate man implementieren möchte. Der Faltungscodierer soll Generator-Polynome nach Industriestandard benutzen. Bild 21 zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Faltungscodierers. Das Bit "A" soll am Ausgang des Codierers immer vor dem Bit "B" stehen und so fort. Höhere Datenraten können aus diesem Faltungscodierer dadurch extrahiert werden, dass man mittels einer sog. Punktierung Datenbits aus dem Bitstrom entfernt. Dadurch senkt man die Anzahl der Bits und erhöht damit sozusagen in indirekter Wirkung die (Nutz-)Datenrate. Anstelle der ausgelassenen Bits müssen auf Empfängerseite entsprechende Dummys eingesetzt werden. Durch die weitere Verwürfelung der Bits wird die Leistungsfähigkeit des Faltungscodierers gesteigert und somit die Vorwärts-Fehlerkorrektur weiter optimiert. Der sog. Interleaver arbeitet mit einer Blocklänge, die der Anzahl der Bits in einem einzelnen OFDM-Symbol, NCPBS, entspricht. Der Interleaver ist mittels einer zweistufigen Permutation zu beschreiben. Die erste Permutation sorgt dafür, dass zwei benachbarte codierte Bits in jedem Fall auf nicht-benachbarte Unterträger abgebildet werden. Die zweite Permutation sorgt dafür, dass benachbarte codierte Bits abwechselnd auf mehr oder weniger signifikante Bits der Konstellation abgebildet werden und so langfristiges Auftreten unzuverlässiger Zustände minimiert wird.

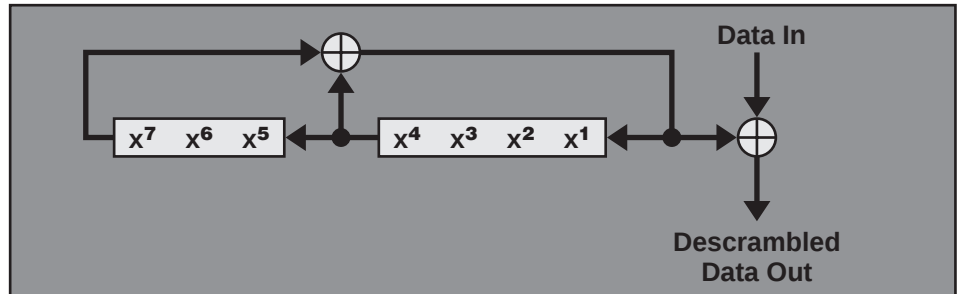


Bild 20

Scrambler / Descrambler

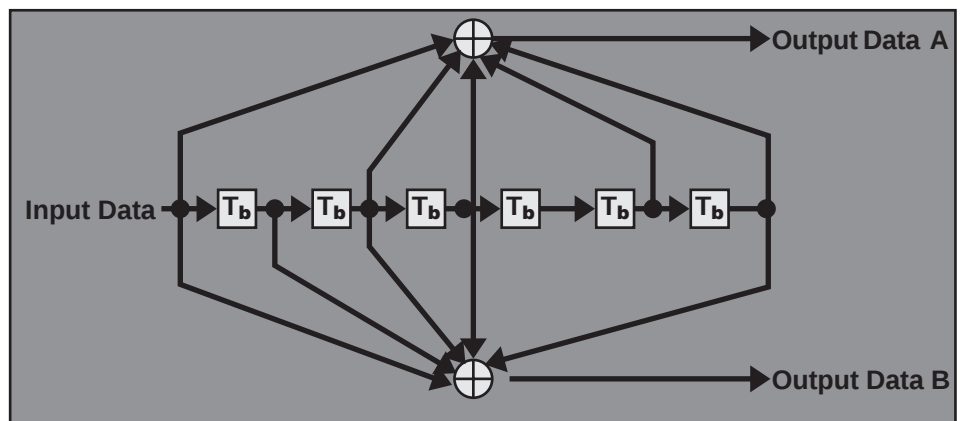


Bild 21

Faltungscodierer mit k = 7

Es sei k der Index des codierten Bits vor der Permutation, i der Index nach der ersten und vor der zweiten Permutation sowie j der Index nach der zweiten Permutation unmittelbar vor der Modulation. Die erste Permutation kann dann mit der Regel

$$i = \text{NCPBS}/16 (k \bmod 16) + \text{floor}(k/16) \quad k = 0,1, \dots, \text{NCPBS}-1$$

definiert werden, wobei die Funktion floor die größte Ganzzahl beschreibt, die den angegebenen Wert nicht übersteigt. Die zweite Permutation wird durch die Regel

$$j = s \cdot \text{floor}(i/s) + (i + \text{NCPBS} - \text{floor}(16 \cdot i/\text{NCPBS})) \bmod s \quad i = 0,1, \dots, \text{NCPBS}-1$$

beschrieben, wobei der Wert s durch die Anzahl der codierten Bits pro Unterträger nach der Formel

$$s = \max(\text{NBPSC}/2, 1)$$

zu berechnen ist. Der "Deinterleaver", der die inverse Relation durchführt, ist ebenfalls durch zwei Permutationen definiert.

Hier sei j der Index des original empfangenen Bits vor der ersten Permutation, i der Index nach der ersten und vor der zweiten Permutation sowie k der Index nach der zweiten Permutation vor der Auslieferung der Daten an den Viterbi Faltungscodierdecoder. Die erste Permutation ist dann

$$i = s \cdot \text{floor}(j/s) + (j + \text{floor}(16 \cdot j/\text{NCPBS})) \bmod s \quad j = 0,1, \dots, \text{NCPBS} - 1$$

Die zweite Permutation ist

$$k = 16 \times i - (\text{NCPBS}-1)\text{floor}(16 \cdot i/\text{NCPBS}) \quad i = 0,1, \dots, \text{NCPBS} - 1.$$

Viel Spaß beim Ausprobieren !

## OFDM – Der Signalligator

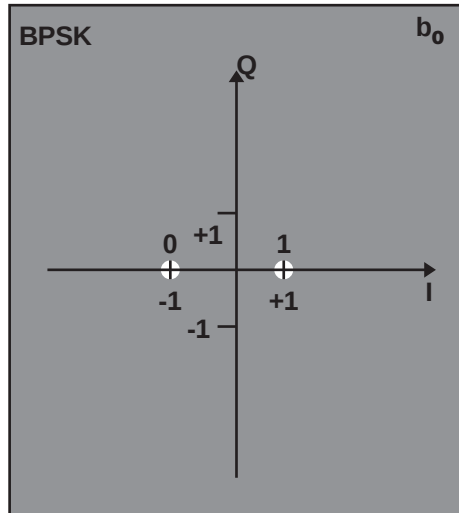


Bild 22  
Konstellationspunkte für BPSK

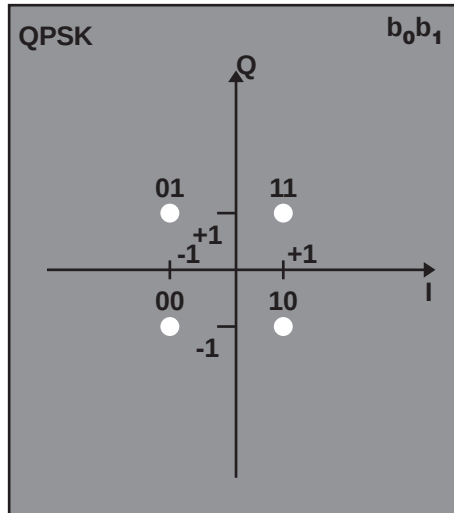


Bild 23  
Konstellationspunkte für QPSK

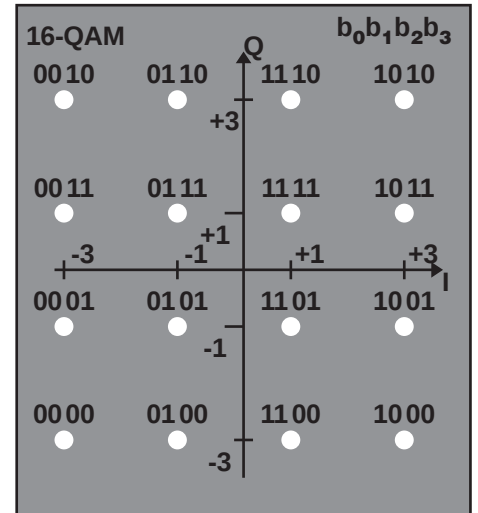
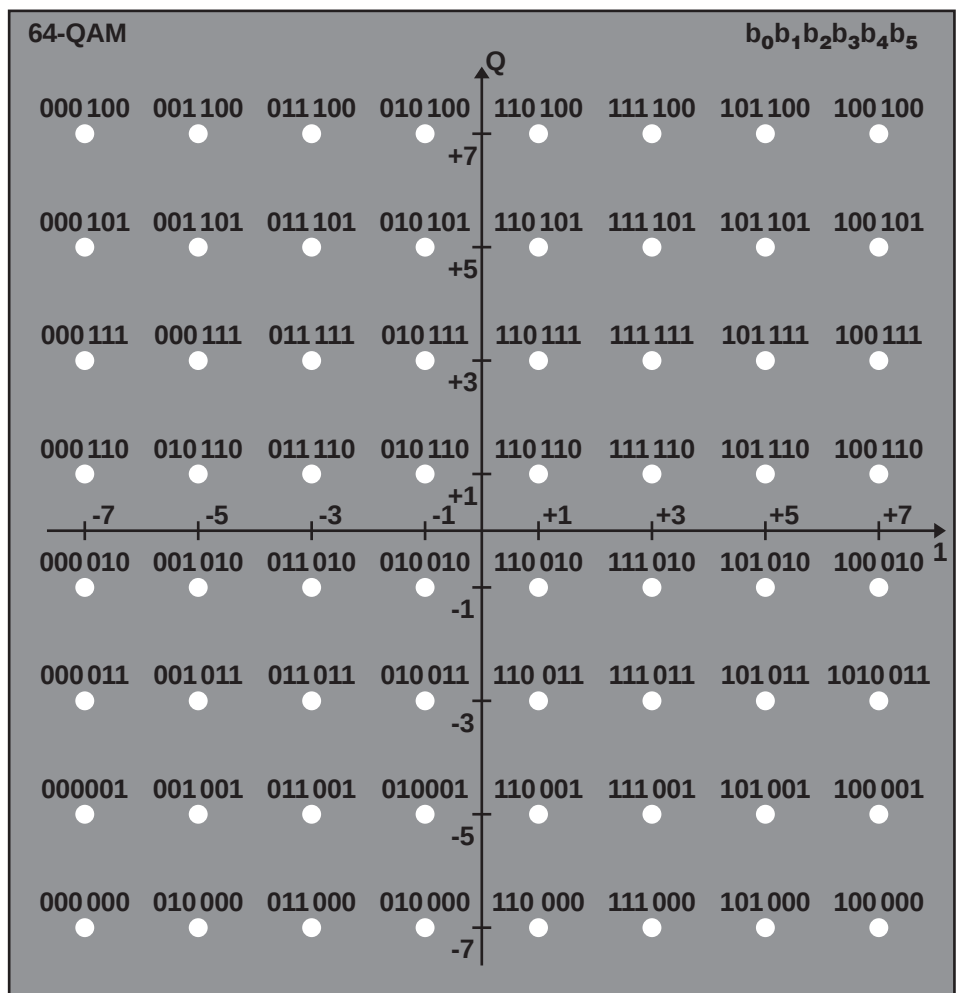


Bild 24  
Konstellationspunkte für 16-QAM

Die OFDM Unterträger müssen abhängig von der gewünschten Datenrate durch die Anwendung von BPSK, QPSK, 16-QAM oder 64-QAM Modulation moduliert werden. Der codierte und überlappende binäre serielle Input muss in zwei Gruppen von NBPSK (1,2,4 oder 6) Bits aufgeteilt und in komplexe Zahlen konvertiert werden, die die BPSK, QPSK, 16-QAM oder 64 QAM-Konstellationspunkte repräsentieren. Die Konversion sollte anhand von Gray-codierten Konstellationsabbildungen erfolgen, wobei das Input-Bit  $b_0$  das erste im zu übertragenden Bitstrom ist. Die Ausgangswerte  $d$  werden durch Multiplikation des resultierenden komplexen Wertes ( $I + jQ$ ) mit einem Normalisationsfaktor  $K_{MOD}$  normalisiert. Dieser Faktor hängt vom Basis-Modulationsmode ab. Für BPSK ist  $K_{MOD} = 1$ , für QPSK ist  $K_{MOD} = 1/\sqrt{2}$ , für 16-QAM ist  $K_{MOD} = 1/\sqrt{10}$  und für 64-QAM ist  $K_{MOD} = 1/\sqrt{42}$ . Der Modulationstyp kann am Anfang und am Ende der Übertragung anders sein, wenn das Signal von SIGNAL zu DATA wechselt. Der Sinn des Normalisierungsfaktors ist die Erreichung des gleichen Leistungsniveaus für alle Abbildungen. In der Praxis kann man für diesen Faktor auch einen Näherungswert verwenden, solange die Genauigkeit des Gesamtverfahrens gewährleistet wird.

Wie jetzt die einzelnen Bitkombinationen im Rahmen der unterschiedlichen Modulationen auf die Konstellationspunkte aufgeteilt werden, kann man in den Bildern 22 bis 25 sehen. Die grundsätzliche Bedeutung von Konstellationspunkten wurde ja bereits weiter oben erklärt.

Bild 25  
Konstellationspunkte für 64-QAM



## OFDM – Der Signalligator

Zu guter Letzt wird der Strom der komplexen Zahlen in Gruppen von je 48 komplexen Zahlen aufgeteilt. Die komplexe Zahl, die zu einem Unterträger  $k$  des OFDM-Symbols  $n$  korrespondiert, wird wie folgt definiert

$$d_{k,n} = d_{k + N_{SD} \cdot n} \quad k = 0, \dots, N_{SD} - 1, \quad n = 0, \dots, N_{SYM} - 1$$

Ein OFDM-Symbol ist dann definiert als

$$r_{DATA, n(t)} = w_{TSYM(t)} \left( \sum_{k=0}^{N_{SD}-1} d_{k,n} \exp(j 2\pi M(k) \Delta_f (t - T_{GI})) + P_{n+1} \sum_{k=-N_{ST}/2}^{N_{ST}/2} P_k \exp(j 2\pi k \Delta_f (t - T_{GI})) \right)$$

wobei die Funktion  $M(k)$  eine Abbildung vom logischen Unterträger mit der Zahl 0 - 47 in einen Frequenz-Offset-Index - 26 bis 26 angibt, wobei man die Pilot-Unterträger und den Unterträger mit der Nummer 0 auslässt.

Es ist

$$M(k) = \begin{cases} k-26 & 0 \leq k \leq 4 \\ k-25 & 5 \leq k \leq 17 \\ k-24 & 18 \leq k \leq 23 \\ k-23 & 24 \leq k \leq 29 \\ k-22 & 30 \leq k \leq 42 \\ k-21 & 43 \leq k \leq 47 \end{cases}$$

Die Tabelle 3 fasst die wichtigsten Systemparameter des OFDM-Systems zusammen, während die Tabelle 4 die Übertragungsraten in Abhängigkeit von Modulationsverfahren und Coderate darstellt.

| Parameter                            | Wert                               |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| Abtastfrequenz $F_s = 1/T$           | 20 MHz                             |
| Symboldauer $T_U$                    | $64 \cdot T = 3,2 \mu s$           |
| Schutzzeit $T_{GI}$                  | 0,8 $\mu s$ , optional 0,4 $\mu s$ |
| Symbolintervall $T_s$                | 4 $\mu s$ , optional 3,6 $\mu s$   |
| Anzahl Unterträger für Daten         | 48                                 |
| Anzahl Unterträger für Pilotsegmente | 4                                  |
| Gesamtzahl Unterträger               | 52                                 |
| Unterträgerabstand                   | 0,3125 MHz                         |
| Abstand der äußeren Unterträger      | 16,25 MHz                          |
| Gesamte belegte Bandbreite           | 16,6 MHz                           |
| Fehlerkorrekturverfahren             | Faltungscodierung                  |
| Codierungsrate                       | 1/2    2/3    3/4                  |

Tabelle 3 OFDM Übertragungsparameter

Tabelle 4 Übertragungsrate in Abhängigkeit von Modulationsverfahren und Coderate

| Modulationsverfahren | Coderate | Codierbare Bits pro Symbol | Datenbytes pro Symbol | Nutzbare Datenrate (Mbit/s) |
|----------------------|----------|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| BPSK                 | 12       | 48                         | 3                     | 6                           |
| BPSK                 | 34       | 48                         | 4,5                   | 9                           |
| QPSK                 | 12       | 96                         | 6                     | 12                          |
| QPSK                 | 34       | 96                         | 9                     | 18                          |
| 16 QAM               | 16       | 192                        | 13,5                  | 27                          |
| 16 QAM               | 34       | 192                        | 18                    | 36                          |
| 64 QAM               | 12       | 288                        | 24                    | 48                          |
| 64 QAM               | 34       | 288                        | 27                    | 54                          |

## OFDM – Der Signalligator

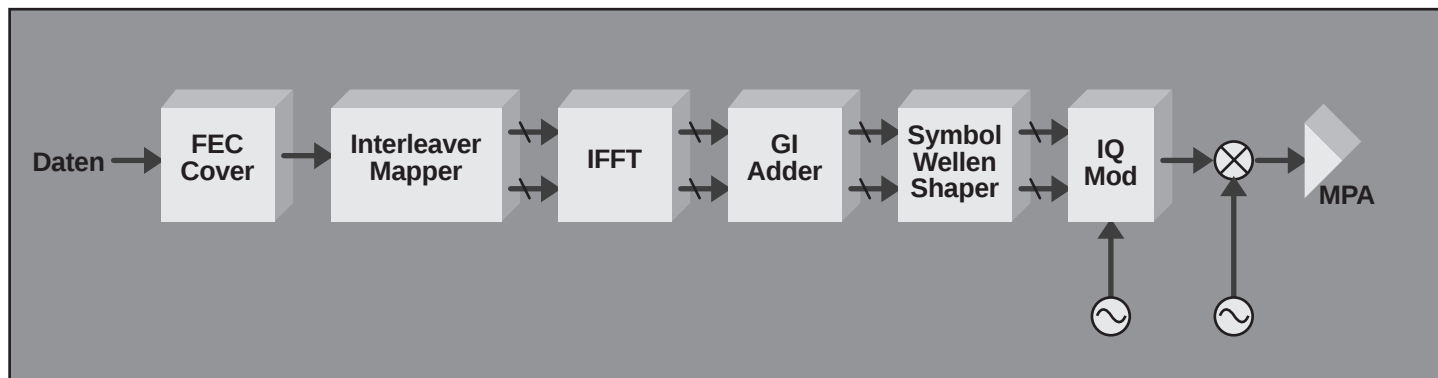


Bild 26

## OFDM-Sender

Die PLCP soll die Fähigkeit zum CCA haben und das Ergebnis der MAC mitteilen. CCA soll feststellen, ob das Medium belegt ist und dies mit dem Primitiv PHY-CCA.indicate mitteilen.

Die PLCP-Präambel muss mit einer festen OFDM modulierten Wellenform übertragen werden. Das IEEE 802.11a SIGNAL-Feld wird mit BPSK-OFDM bei 6 Mbit/s moduliert und zeigt die Modulation und Codierungsrate an, die für die Übertragung der MPDU benutzt werden soll. Sender und Empfänger müssen sich auf diese Rate einstellen können.

Die OFDM PHY muss die gemachten Spezifikationen in Sendung und Empfang durchsetzen.

Bild 26 zeigt den OFDM-Sender.

Von links beginnend sehen wir den Codierer für die Vorwärts-Fehlerkorrektur, der ja,

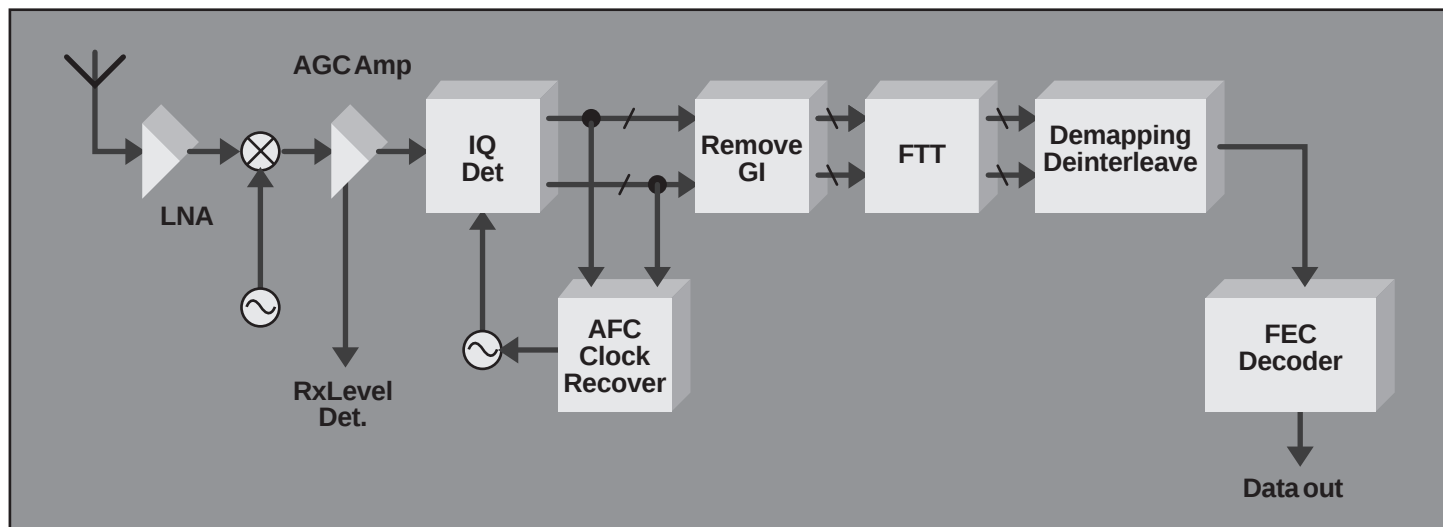
wie wir weiter oben gesehen haben, zwar eine theoretisch komplexe Funktionsweise hat, aber in der Praxis mit relativ preisgünstigen Standard-Komponenten aufgebaut werden kann. Danach kommt der Interleaver, der die Effizienz der FEC noch weiter erhöht. Es handelt sich bei diesen beiden Baugruppen um rein digital arbeitende Schaltkreise. Das nächste Element ist der Baustein für die Realisierung des invertierten Fast Fourier Transformationsalgorithmus. Auch dieser ist ein bekannter Baustein aus der Nachrichtentechnik. In der nächsten Baugruppe werden die Guard-Intervalle erzeugt. Diese Schutzintervalle bestehen lediglich aus dem hinteren Teil des OFDM-Symbols, welcher nach vorne kopiert wird. In jedem ordentlichen Sender ist eine Baugruppe, die die Wellen noch einmal ordentlich in Form bringt. Danach kommt der IQ-Modulator, der Mischer und ein Antennenverstärker.

Bild 27 zeigt den passenden Empfänger.

Das eingehende Hochfrequenzsignal wird zunächst einmal verstärkt und dann auf eine Zwischenfrequenz gemischt. Dann kommt ein weiterer Verstärker mit einer automatischen Verstärkungskontrolle (Automatic Gain Control AGC) der auch bereits eine Information für die Bestimmung der Stärke des eingehenden Signals beinhaltet. Der IQ Diskriminator wird mit einer steuerbaren Zwischenfrequenz gemischt, diese Steuerung geschieht durch die AFC-Baugruppe (Automatic Frequency Control). Gleichzeitig wird der Takt aus dem Eingangssignal zurückgewonnen. Der nächste Schaltkreis entfernt das Guide Intervall, so dass das dann entstandene Signal der Fast Fourier Transformation zugeführt werden kann. Diese erzeugt aus dem zusammenhängenden Signal ein Spektrum von Einzelsignalen, die den in den einzelnen OFDM-Unterträgern enthaltenen Informationen entsprechen, wären sie nicht noch ziemlich verwürfelt. Der Deinterleaver zieht die Signale wieder auseinander, so dass sie schließlich dem FEC-Decoder zugeführt werden können.

Bild 27

## OFDM-Empfänger



## OFDM – Der Signalligator

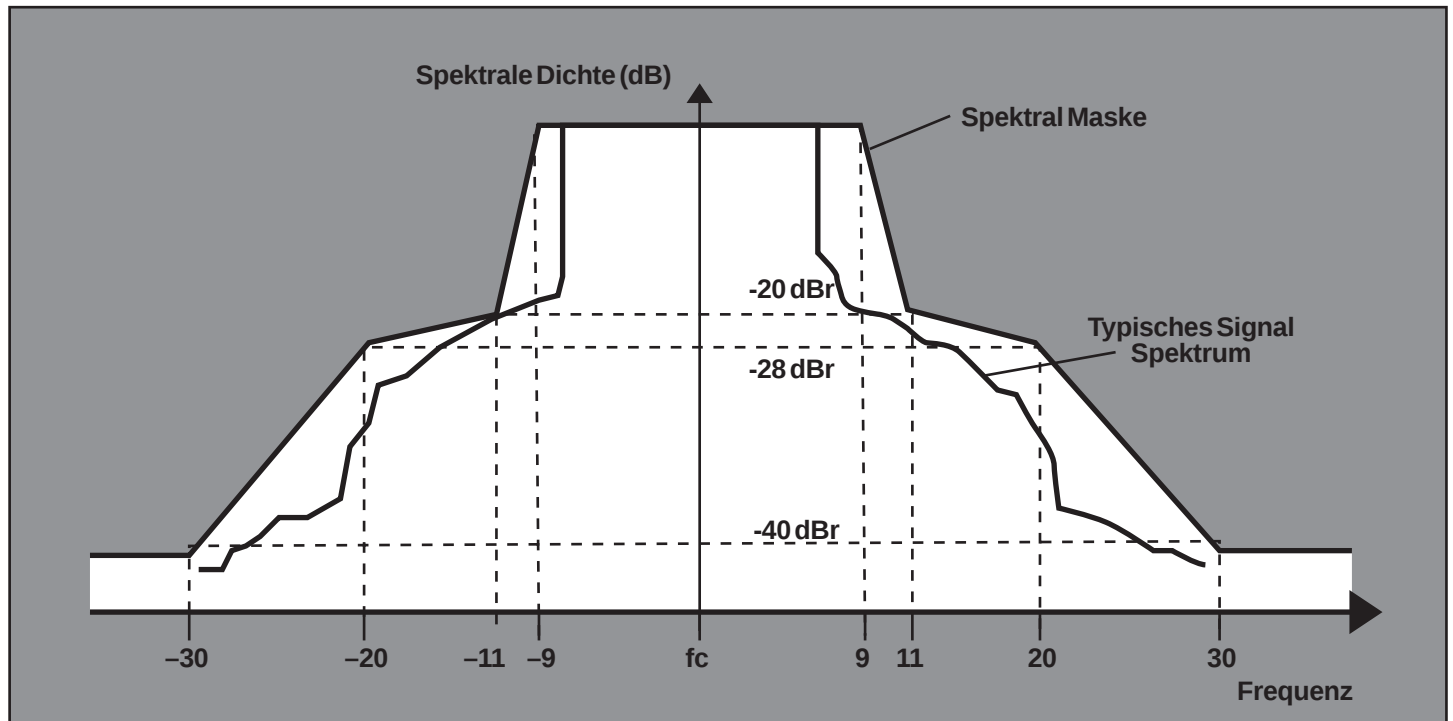


Bild 28

Spektralmaske

Im 5 GHz-Band sind bei einer Abtastrate von 20 Millionen Abtastungen pro Sekunde ca. 50 überlappungsfreie OFDM-Kanäle möglich.

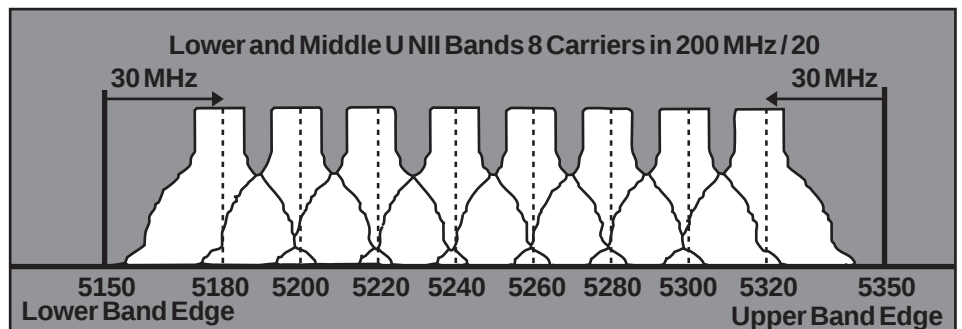
Es macht in diesem Artikel aber keinen großen Sinn, die US-Kanalaufteilung weiter zu besprechen, weil die betreffenden Kanäle in Europa weitestgehend durch das OFDM-Verfahren des HIPERLAN/2-Standards besetzt sind und es sich in den nächsten Monaten noch herausstellen muss, inwieweit nun für Europa Kanäle freigegeben werden und wie man sie dann benutzen kann. Das Gleiche gilt für die erlaubten Ausgangsleistungen und Antennengewinne.

Bild 28 zeigt hingegen die Spektralmaske für ein Übertragungssignal. Mit dieser Maske könnte man durchaus auf einem Bandbreite-Bereich von 200 MHz acht überlappungsfreie Kanäle einrichten, wie dies in Bild 29 zu sehen ist.

Ein Empfänger muss für die Datenrate von 6 Mbit/s eine minimale Sensibilität von -82 dBm haben, während für 54 Mbit/s -65 dBm ausreichend sind. Die anderen Werte für die anderen Datenraten verteilen sich in diesem Bereich. In diesem Zusammenhang sollte die Paket Error Rate weniger als 10% für eine PSDU mit der Länge 100 Bytes betragen.

Bild 29

Überlappungsarme Kanäle



5

### Praktische Konsequenzen

Messungen werden ergeben, wie die Leistung von OFDM in realen Umfeldern zu bewerten ist. In den USA hat es bereits Messungen gegeben, die zunächst einmal Widersprüchliches gezeigt haben. Gegenüber dem Frequenzband 2,4 GHz sollte ein Transceiver im Frequenzband 5 GHz nur ein Viertel oder eine noch geringere Reichweite haben. Genau das ist aber nicht eingetreten, sondern die Reichweite der IEEE 802.11a-Komponenten war bei einer Übertragungsrate von 12 Mbit/s. etwas größer oder wenigstens vergleichbar der von IEEE 802.11b Komponenten bei 11 Mbit/s. Bei vergleichbarer Senderleistung und Empfängerempfindlichkeit ist dies offensichtlich das Verdienst von OFDM.

Unter genau gleichen Bedingungen würde ich grob folgendes abschätzen:

Der Gewinn durch den Einsatz von OFDM gegenüber anderen Modulations / Multiplexverfahren liegt in der Größenordnung 3 – 5, also z.B. vierfach höhere Datenübertragungsgeschwindigkeit bei gleicher Frequenz / Sendeleistung / Entfernung / Fehler-rate oder dreifache Reichweite oder fünffache Störfestigkeit usw.

Besonders interessant ist eben die Möglichkeit, Modulations- und damit Datenrate versus Vorwärtsfehlerkorrektur zu stellen.

# "Wireless LANs" und "Durchblick im Netz" zum Sonderpreis

**Der MITP-Verlag bietet eine Subskription für die im Oktober erscheinenden Bücher "Wireless LANs" und "Durchblick im Netz" von Dr. Franz-Joachim Kauffels an**

**"Wireless LANs" behandelt Anwendungen, Systeme und Standards für drahtlose Lokale Netze und deren Umfeld.**

Durch die neuen Standards und Entwicklungen können Wireless LANs zum ersten Male in großem Umfang professionell eingesetzt werden. Dabei ist es aber auch besonders wichtig, die entsprechenden Grundlagen der Funkübertragungstechnik zu kennen und die sich daraus ergebenden Möglichkeiten richtig einzuschätzen. Weitere Kapitel des Buches geben Aufschluss über die verschiedenen Standards von IEEE 802.11, andere drahtlose Übertragungssysteme wie Bluetooth und WPAN, gegenseitige Beeinflussungen und Störungen sowie den Einsatz von der neuen WLANs im Zusammenhang des Mobilfunks der vierten Generation. Die Standards von IEEE 802.11 werden detailliert vorgestellt, erläutert und hinsichtlich ihrer Grenzen analysiert. Die Planung größerer WLANs mit den dazugehörigen Distribution Systems sowie die besonderen Aspekte von Datenschutz und Datensicherheit im Zusammenhang mit drahtloser Übertragung runden das Buch ab. Das Buch versteht sich auch als technische Grundlage zum ComConsult-Technologie Report zu Wireless LANs. Das Buch wird einen Umfang von ca. 450 - 550 Seiten haben.



Neue Bücher von Dr. Kauffels

Das erfolgreiche Einsteigerbuch "Durchblick im Netz" wurde für seine fünfte Auflage erheblich überarbeitet und bietet einen vollständigen Überblick über Systeme und Techniken der modernen Datenkommunikation.

Vom Storage Area Network über LANs, MANs zu Weitverkehrsnetzen, von drahtgebundenen über optische zu drahtlosen Netzen, von HDLC über DSL zu Frame Relay und ATM, von SNA über OSI zu TCP/IP und Internet/Intranet-Anwendungsprotokolle, von PC-Netz Betriebssystemen über Workgroup Computing zu UNIX und von Problemen des Datenschutzes zur Transaktionsicherung.

Das Buch wird einen Umfang von ca. 700 Seiten und ein Abkürzungsverzeichnis mit ca. 1500 Stichworten haben.

Bestellen Sie die Bücher bis zum Stichtag 10. Oktober 2002 bei der ComConsult Technologie Information. Nach Erscheinen kommen die Bücher dann portofrei direkt von der Verlagsauslieferung zu Ihnen. Selbstverständlich risikofrei, denn Sie haben volles Rückgaberecht. Hinweis: diejenigen, die die Bücher schon auf Veranstaltungen bestellt haben, brauchen sie nicht erneut anzufordern.

Fax-Antwort an ComConsult 02408/955-399

## Buchbestellung

☐ Ja, ich mache von Ihrem Angebot Gebrauch und bestelle

Expl. **Wireless LANs**, ISBN 3-8266-0955-7, statt für € 39,95 zum Subskriptionspreis\* von € 32,- inkl. Umsatzsteuer zur portofreien Lieferung

Expl. **Durchblick im Netz**, 5. Aufl., ISBN 3-8266-0935-2 statt für € 32,- zum Subskriptionspreis\* von € 26,- inkl. Umsatzsteuer zur portofreien Lieferung

Name

Firma

Straße

Telefon

eMail

Vorname

Funktion

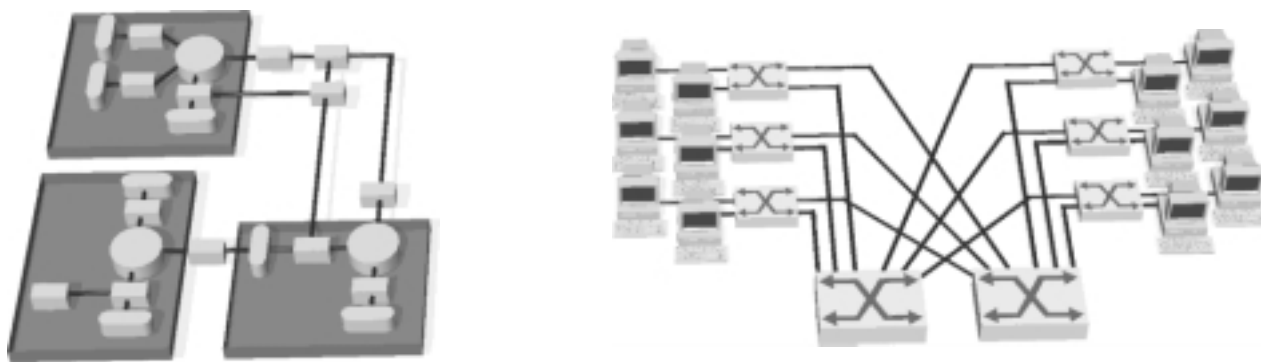
PLZ, Ort

Fax

Unterschrift

\* Subskriptionspreise gültig bis 10.10.02

# Neuer 4. Übungs-Tag für OSPF und VRRP optimal konfigurieren



## Zum Thema

Durch den Preisverfall von Layer 3 Switches halten Routingtechnologien auch in Lokalen Netzen zunehmend Einzug. Diese Verfahren bieten weitere Vorteile zu den klassischen Layer 2 Mechanismen.

OSPF hat sich in den vergangenen Jahren zu dem Standard-Routing-protokoll für Unternehmen entwickelt. Mittlerweile wird es nicht nur von allen führenden Herstellern unterstützt sondern die Interoperabilität zwischen den verschiedenen Produkten ist hergestellt. So sind nicht nur Lastverteilung über kostengleiche Wege und schnelle Umschaltzeiten sondern auch die Möglichkeit der Fehlertrennung gute Gründe Routing einzusetzen. Viele schrecken heute vor dem Einsatz von OSPF noch zurück und arbeiten entweder ohne dynamisches Routing oder setzen veraltete bzw. herstellereigene Protokolle ein.

VRRP bietet die Möglichkeit eine geräteübergreifende Redundanz für Default-Gateways zu realisieren, ohne an den einzelnen Clients Änderungen vornehmen zu müssen. Aktuell ist die Tendenz festzustellen, dass der Standard VRRP sich immer mehr gegenüber den herstellereigenen Lösungen durchsetzt. Für die Realisierung eines vollständigen Redundanzkonzeptes ist eine solche Routerredundanz unverzichtbar.

**Im Anschluss an das 3-tägige Seminar "OSPF und VRRP optimal konfigurieren" bietet die ComConsult Akademie jetzt optional einen vierten Übungs-Tag an, um den Teilnehmern die Möglichkeit zu geben, das Erlernte aktiv und praxisnah zu erfahren. Dazu steht ihnen im ComConsult Trainingszentrum in der AGIT Aachen eine umfangreiche Netzwerk-Umgebung zur Verfügung.**

Beispielhaft wird eine Migration zu OSPF nachgestellt. Anhand der Migration können die Teilnehmer jeweils zu zweit an untereinander vernetzten Routern ausgewählte Aspekte der in den ersten drei Tagen vorgestellten Verfahren üben.

Das Seminar vermittelt die notwendigen Kenntnisse für die Migration und den erfolgreichen Betrieb von OSPF Netzen. Grundlegende Theorien werden eingehend erläutert und somit die notwendigen Grundlagen für ein erfolgreiches Troubleshooting gelegt.

Besonderer Wert wird dabei auf die direkte Anwendbarkeit durch Live-Vorführungen unter Einsatz von Produkten führender Hersteller gelegt.

Für ein umfassendes, Layer 3 basiertes Redundanzkonzept ist Router-Redundanz ein unverzichtbares Element. Aus diesem Grund wird VRRP eingehend behandelt und typische Fehlkonfigurationen werden anhand von Fallbeispielen dargestellt.

Abgerundet wird die Veranstaltung durch die Besprechung von LAN und WAN Installationsbeispielen.

Die Teilnehmer lernen:

- Wie die Verfahren VRRP und OSPF funktionieren
- Wann der Einsatz im LAN oder WAN Betrieb sinnvoll ist
- Wie man die Migration vorbereitet
- Worauf man bei der Implementierung achten muss
- Wie man typische Fehler vermeidet

Der Trainer, Markus Schaub ist seit vielen Jahren für die ComConsult Technologie Information GmbH tätig.

Seine Aufgabenbereiche umfassen die Evaluierung, Konfiguration und Inbetriebnahme neuester Hard- und Software aus dem Netzwerkumfeld. Insbesondere verfügt er über langjährige Betriebs- und Praxiserfahrung mit CISCO-Routern und CISCO-Switch-Systemen.

Er ist ComConsult Certified Network Engineer und von Cisco CCNP® zertifiziert. Darüber hinaus ist er für den Betrieb des CISCO-Router-Netzes der ComConsult Akademie verantwortlich.

## OSPF und VRRP optimal konfigurieren

### OSPF und VRRP optimal konfigurieren – Der Inhalt

#### Einleitung

- Routing
  - Wann Switching
  - Wann Routing
- Routingtabelle
  - Best Match Prinzip
  - Abgrenzung First Match
- Routing Konzepte
  - Statisch
  - Dynamisch
  - Distant Vector
  - Link State
  - Vor- und Nachteile der Verfahren
  - Anwendungsbeispiele

#### Einleitende Theorie

- VLSM / CLNS
- Aufbau von IP Adressen
- Aufbau von Subnetzmasken
- Route Aggregation
- Strukturiertes IP Design
- Beispiele

#### OSPF Grundlagen

- Topologie-Tabelle
  - Funktion
  - Aufbau
  - Algorithmu
- Routing-Tabelle
  - Funktion
  - Aufbau
- Equal Cost Routing
  - Funktionsweise
  - Effizientes Pfadkostendesign
- Nachbarn
  - Point-to-Point
  - Point-to-Multipoint
- Authentifizierung
- Routerstati
- Rerouting
- Sonderfälle
  - Externe Routen
  - TOS based Routing

#### OSPF Areas

- Konzept
  - Normal Area
  - Backbone Area
  - NSSA
  - Totally Stubby
- Router Typen
  - Internal Router
  - Backbone Router
  - ABR
  - ASBR
- LSA Typen
- Virtual Link
- Einsatzbeispiele
  - LAN
  - FrameRelay

#### VRRP

- Problembeschreibung
- Alternative Lösungen
- Virtual Router Konzept
  - Arbeitsweise
  - Master/Slave
  - Wahlverfahren
  - Fehlerbehandlung
- Lastverteilung
  - Funktionsprinzip
  - Einschränkung
  - Probleme
- Problemfälle
- Anwendungsszenarien
- Herstellerverfahren
  - HSRP
  - ESRP
  - FSRP

### Optional 4. Übungs-Tag – Die Szenarien

- der Aufbau eines WAN-Verbundes mehrerer Standorte am Beispiel eines Frame Relay Netzwerks
- das Backup der WAN-Leitungen
- der Aufbau eines typischen Standortes mit Rechenzentrum und Gebäudezugängen auf Basis eines Ethernet Netzwerks
- die Absicherung der Clients gegen Ausfall ihres Default Gateways

Der Veranstalter behält sich Änderungen im Programm vor.

Fax-Antwort an ComConsult 02408/955-399

# Anmeldung OSPF und VRRP

Ich melde mich an für das Seminar

#### OSPF und VRRP

optimal konfigurieren in Aachen

- ☐ vom 25. - 28.11.02 (**mit Übungstag**)  
zum Preis von € 1.990,--zzgl. MwSt. an.
- ☐ vom 25. - 27.11.02 (**ohne Übungstag**)  
zum Preis von € 1.590,--zzgl. MwSt. an.
- ☐ Bitte buchen Sie für mich ein Zimmer im Hotel

Faxen Sie uns einfach diesen Abschnitt an **02408/955-399** oder schicken Sie eine eMail an **mail@comconsult-akademie.de** oder buchen Sie über unsere Web-Seite **http://www.comconsult-akademie.de**

Name

Vorname

Firma

Abteilung

Position

Funktion

Straße

PLZ, Ort

Telefon

Fax

eMail

Unterschrift

# Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer

**Mit den neuen Terminen für 2003:**



## Nutzen Sie unsere Paketpreise!

**3er Paket:** Buchen Sie drei beliebige Seminare unserer Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer und Sie zahlen statt € 5.970,-- nur den Paketpreis von € 5.190,-- zzgl. MwSt.

**Komplett-Paket:** Für die komplette Ausbildung mit allen vier Seminaren zum ComConsult Certified Network Engineer zahlen Sie statt € 7.960,-- nur den Paketpreis von € 6.690,-- zzgl. MwSt.

## CCNE-Praxisseminar

Exclusives 3-tägiges Praxisseminar für die Ausbildung zum ComConsult Certified Network Engineer mit Musterprüfung  
Preis: € 1.490,-- zzgl. MwSt.

► **30.09 - 02.10.02 in Aachen**

**ComConsult  
Akademie**

### Lokale Netze

Einzelpreis: € 1.990,-- zzgl. MwSt.

- **23.09. - 27.09.02 in Aachen**
- **11.11. - 15.11.02 in Aachen**
- **09.12. - 13.12.02 in Aachen**
- **27.01. - 31.01.03 in Aachen**
- **17.03. - 21.03.03 in Aachen**
- **19.05. - 23.05.03 in Aachen**
- **21.07. - 25.07.03 in Aachen**
- **15.09. - 19.09.03 in Aachen**
- **06.10. - 10.10.03 in Aachen**
- **10.11. - 14.11.03 in Aachen**
- **08.12. - 12.12.03 in Aachen**

### Internetworking

Einzelpreis: € 1.990,-- zzgl. MwSt.

- **02.09. - 06.09.02 in Aachen**
- **18.11. - 22.11.02 in Aachen**
- **09.12. - 13.12.02 in Aachen**
- **20.01. - 24.01.03 in Aachen**
- **10.03. - 14.03.03 in Aachen**
- **05.05. - 09.05.03 in Aachen**
- **30.06. - 04.07.03 in Aachen**
- **06.10. - 10.10.03 in Aachen**
- **08.12. - 12.12.03 in Aachen**

### Neue Ethernet Technologien

Einzelpreis: € 1.990,-- zzgl. MwSt.

- **09.09. - 13.09.02 in Aachen**
- **11.11. - 15.11.02 in Aachen**
- **09.12. - 13.12.02 in Aachen**
- **27.01. - 31.01.03 in Aachen**
- **17.03. - 21.03.03 in Aachen**
- **12.05. - 16.05.03 in Aachen**
- **30.06. - 04.07.03 in Aachen**
- **15.09. - 19.09.03 in Aachen**
- **13.10. - 17.10.03 in Aachen**
- **08.12. - 12.12.03 in Aachen**

### TCP/IP und SNMP

Einzelpreis: € 1.990,-- zzgl. MwSt.

- **09.09. - 13.09.02 in Bonn**
- **07.10. - 11.10.02 in Bonn**
- **02.12. - 06.12.02 in Berlin**
- **27.01. - 31.01.03 in Bonn**
- **17.03. - 21.03.03 in Berlin**
- **05.05. - 09.05.03 in Bonn**
- **21.07. - 25.07.03 in Berlin**
- **22.09. - 26.09.03 in Berlin**
- **13.10. - 17.10.03 in Berlin**
- **08.12. - 12.12.03 in Berlin**

# ComConsult Akademie Network Professional Club: Runde Summen im September

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

Was wäre ein Club, wenn er seinen Mitgliedern keine echten Vorteile bieten würde?

In diesem Monat haben wir ein besonderes Angebot für Sie: Als Clubmitglied dürfen Sie alle Preise der Veranstaltungen im September auf die runde Summe (zwei Nullen vor dem Komma) abrunden. Statt 1.590,-- € zahlen Sie als Clubmitglied nur 1.500,-- € zzgl. MwSt.

Voraussetzung dafür ist lediglich Ihre Mitgliedschaft im Club und natürlich eine rechtzeitige Anmeldung. Bei dieser Gelegenheit möchte ich nochmal auf die vereinfachte Online-Anmeldung für Mitglieder aufmerksam machen. Nach Ihrem Einloggen brauchen Sie im Prinzip nur die Veranstaltung und den Termin auszuwählen, alles andere erledigen wir für Sie und berücksichtigen dabei auch automatisch Ihre Vorteile.

## ComConsult Akademie Network Professional Club

Der Club ist eine kostenfreie Dienstleistung der ComConsult Akademie. Nach der Anmeldung erhalten Sie Ihre persönliche Mitgliedskarte und Ihr Passwort, und können sofort die Leistungen des Clubs unter [www.comconsult-akademie.de](http://www.comconsult-akademie.de) nutzen: Teilweise eigens für die Clubseite erarbeitete und geschriebene Informationen über aktuelle Netzwerk-Technologien, die Schwerpunkttitel des Netzwerk Insiders als Jahrbuch, einmal wöchentlich alle Neuigkeiten der ITK-Branche im Überblick in Form der TK-News in Kooperation mit dem Pressebüro Stanossek. Zur Seminaranmeldung tippen Sie nur Namen und Mitgliedsnummer ein, den Rest erledigen wir. Bei Seminarbesuchen bekommen Sie Treuepunkte gutgeschrieben, die sie gegen Prämien einlösen können: Fachzeitschriften-Abos, Organizer, PDAs, Netzwerk-komponenten, kostenlose Seminare und Reisen in europäische Metropolen. Jedem Mitglied steht seine persönliche Abfrageseite zur Verfügung, die die aktuellen Punkte zeigt.



Wie Sie seit der Juni-Ausgabe regelmäßig im Insider (Rubrik „Club Corner“) beobachten können, tut sich auf unserem Clubserver auch sonst eine ganze Menge.

Vergangenem Monat haben wir ein weiteres Highlight mit einem eigenen Netzwerk-Diskussionsforum online gestellt. Damit verbinden wir den Wunsch, den Dialog zwischen den Club-Mitgliedern zu fördern und Technologiediskussionen in der Branche zu führen.

Angesichts der hohen Zugriffszahlen (siehe Kasten unten) auf das Diskussionsforum wundere ich mich doch sehr dass bisher nur so wenige Beiträge gepostet worden sind. Trauen Sie sich Ihre Beiträge im Club zu veröffentlichen! Nur keine Angst.

Aller Anfang ist halt schwer ...

## Fachliche Links

Ab sofort steht Ihnen eine geballte Informationssammlung auf dem Clubserver zur Verfügung, über die Sie sich zusätzlich zu den Download-Möglichkeiten verschiedener White Papers auch auf anderen Internetseiten zu den aktuellen Themen der Branche informieren können. Übersichtlich und für Sie zusammengestellt geben wir Ihnen entsprechende Hinweise. Damit entfällt die lästige Suche in den verschiedenen Suchmaschinen der Welt und der Informationszugang ist für Sie einfacher geworden.

Bitte, wir treiben keine Werbung für Hersteller oder andere Webseiten, aber manchmal muss man halt nicht das Rad zweimal erfinden wenn schon gute Informationen zu einem Thema existieren. Die Auswahl soll daher nicht wertend betrachtet werden.

Zu Beginn haben wir die Themengebiete

- Wireless LAN
- Ethernet
- Speichernetze und
- Voice over IP

gewählt, was natürlich noch ausbaufähig ist. Hier finden Sie Links zu gängigen Herstellern (Übersicht), Verweise auf Arbeitsgruppen in der Normung, Technologie-hintergründe, White Papers, spezielle Fragestellungen und vieles mehr. Wir hoffen Ihnen auch damit wieder einen Vorsprung in Ihrer täglichen Arbeit verschaffen zu können.

Ihr  
Roland Moos

## Der Clubserver unter [www.comconsult-akademie.de](http://www.comconsult-akademie.de)

Wir haben für Sie die Web-Statistiken zum Clubserver für den Monat Juni 2002 ausgewertet. Danach erfreuen sich die Prämienseiten (Platz 1) mit Abstand größter Beliebtheit und die damit verbundenen Abfragen Ihrer Punktestände (Platz 3), was uns in unserem Konzept natürlich bestätigt. „Härtester Konkurrent“ ist das neue Diskussionsforum. Und das, obwohl wir es erst in der zweiten Woche des letzten Monats veröffentlicht haben. Danach könnte man die Reihenfolge Fachartikel, Jahrbücher und TK-News aufstellen, doch die Zugriffszahlen unterscheiden sich so minimal, dass es nicht ins Gewicht fällt. Das heißt für uns: das Interesse verteilt sich relativ gleichmäßig auf das Spektrum des Clubangebots, es scheint also für jeden etwas dabei zu sein.

# Aktuelle Veranstaltungen

## ITIL-Foundation, 16. - 17.09.02 in Köln

Das Seminar ist der Einstieg in die ITIL-Thematik und bietet durch den optionalen Erwerb des "Foundation Certificate in IT Service Management" im Anschluss die Voraussetzung zur Ausbildung zum zertifizierten IT-Service Manager.

Referent: Dipl.-Kfm. Dipl.-Wirt. Bernd Holtz

Seminargebühr: € 990,-- zzgl. MwSt. / Prüfungsgebühr € 150,-- zzgl. MwSt.

## Redundanzverfahren und Design-Konzepte von LANs, 16. - 18.09.02 in Königswinter

Dieses Seminar vermittelt ausgerichtet auf das Client-Server, LAN und RZ-Umfeld Technologien, Methoden und Design-Alternativen zum Aufbau von Netzen im Umfeld steigender Verfügbarkeits-Anforderungen.

Referentin: Dipl.-Inform. Petra Borowka

Preis: € 1.590,-- zzgl. MwSt.

## IP-Wissen für die Praxis, 16. - 18.09.02 in Bonn

Das Seminar vermittelt die für den planvollen Betrieb von IP-Netzen notwendigen Grundlagen, Tipps und neueste Entwicklungen.

Referenten: Dipl.-Inform. Oliver Flüs und Dipl.-Inform. Andreas Meder

Preis: € 1.590,-- zzgl. MwSt.

## DNS-/IP-Design für Windows 2000 Active Directory, 16. - 18.09.02 in Köln

Dieses Seminar behandelt die Implementierungsgrundlagen aus dem IP-Bereich für Windows 2000 bzw. für das Active Directory.

Referenten: Markus Holländer, Lars Kuhl, Michael van Laak, Frank Neunzig

Preis: € 1.590,-- zzgl. MwSt.

## Integrierte Lösungen..., 16. - 18.09.02 in Bonn

Dieses Seminar beschäftigt sich mit integrierten Lösungen für Netzwerk-, System- und Service-Level-Management.

Referenten: Dipl.-Verwaltungswirt Jürgen Dierlamm und Dr. Jürgen Suppan

Preis: € 1.590,-- zzgl. MwSt.

## Moderne Datenkommunikation, 16. - 20.09.02 in Königswinter

Das Intensiv-Seminar vermittelt Techniken, Verfahren und Systeme der Datenkommunikation für Ein- und Umsteiger. Der Schwerpunkt liegt auf dem erfolgreichen Einsatz der Internet/Intranet-Technologien.

Referent: Dr. Franz-Joachim Kauffels

Preis: € 1.990,-- zzgl. MwSt.

## Cisco-Router erfolgreich einsetzen, 16. - 20.09.02 in Aachen

Das Seminar lehrt den Aufbau und die Arbeitsweise von Cisco-Routern an Cisco 2600 Routern, an denen die Teilnehmer aktiv arbeiten können. Referent: Markus Schaub

Preis: € 2.590,-- zzgl. MwSt.

## Schirmung, Erdung, Potentialausgleich..., 23. - 24.09.02 in Bonn

Das Seminar behandelt die scheinbar unerklärlichen Störerscheinungen in Netzwerken und im Betrieb elektronischer Geräte, die durch Wechselwirkungen mit der Elektroinstallation entstehen.

Referenten: Dipl.-Ing. Karl-Heinz Otto und Hans-Günter Hergesell

Preis: € 990,-- zzgl. MwSt.

ComConsult Akademie – Telefax: 02408/955-399

# Anmeldung

\_\_\_\_\_  
Titel des Seminars

\_\_\_\_\_  
Name

\_\_\_\_\_  
Vorname

\_\_\_\_\_  
Termin

\_\_\_\_\_  
Firma, Abteilung

\_\_\_\_\_  
Position, Funktion

☐ Bitte buchen Sie für mich ein Zimmer im  
Veranstaltungshotel

\_\_\_\_\_  
Straße

\_\_\_\_\_  
PLZ, Ort

Faxen Sie uns einfach diesen Abschnitt  
an **02408/955-399** oder schicken Sie eine  
eMail an **mail@comconsult-akademie.de**  
oder buchen Sie über unsere Web-Seite  
**http://www.comconsult-akademie.de**

\_\_\_\_\_  
Telefon

\_\_\_\_\_  
Fax

\_\_\_\_\_  
eMail

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

# Gebrauchte Netzwerkkomponenten

## Die Spielregeln

Gebrauchte Netzwerk-Komponenten, die im Rahmen eines Redesigns ausgemustert werden, könnten einige Betriebe sehr gut gebrauchen. Hier wollen wir helfen.

Die Spielregeln: Sie melden uns ihr Angebot oder Gesuch per Mail, mit dem Fax-Formular (unten) oder über den Web-Server. Wir veröffentlichen es unter einer Anzeigen-Nr. im Insider und auf dem Webserver der ComConsult Akademie unter [www.comconsult-akademie.de](http://www.comconsult-akademie.de). Wir stellen den Kontakt zwischen Anbieter und Nachfrager her.

Wir erhalten vom Verkäufer für diese Leistung 10% Provision auf den erzielten Kaufpreis. Davon stellen wir die Hälfte ausgewählten Schulen als Spende zum Aufbau ihres Internet-Zugangs oder ihres internen Netzwerks zur Verfügung. Der Kaufvertrag entsteht direkt zwischen Käufer und Verkäufer. Wir selber haften in keiner Form für die Qualität oder Nutzbarkeit der Komponenten.

## Gebote

### Adapter

**3Com** Modell 3C359 Token-Ring, Anzahl 600, Preis 2,- EUR/Stck., Bemerkung: Verkauf minimal 200, Anzeigen-Nr. B20604

**Olicom** Rapid Fire 3140 TokenRing PCI, Anzahl 166, Preis VB, Anzeigen-Nr. B20607

### Router

**Cisco** Modell 7513, Anzahl 1, Preis 8.000,- EUR, Bemerkung: folgende Module sind installiert: 1 x Prozessor Board, RSP2 4 x 6 Port Ethernet, (AUI), EIP 1 x 2 Port FDDI, FIP, 1 x FDDI-Multimode, 1 x Monomode 1 x 2 Port FDDI, FIP, 2 x FDDI-Multimode 1 x 1 Port FastEth., FE, 1 Port FE als Modul frei 1 x 4 Port Fast-Seriell, FSIP, 2 x X.21 (Sub-D), 2 x 60pol. Cisco. Das Gerät ist im guten Zustand und lief bis vor kurzem ohne Ausfälle. Alle Ports sind OK. Alter: ca. 5 Jahre. Anzeigen-Nr. B20602

## Gebote

### Switch/Brücke

**Cisco** Modell 6000, Anzahl 2, Preis VB, Bemerkung: 2 Cisco-Catalyst-Systeme bestehend aus folgenden Einzelteilen: 2 x Catalyst Chassis 6006 m. 1300W AC PowerSupply, 2 x Catalyst 6000 Second PowerSupply 1300W AC, 2 x Catalyst 6000 Superv.Engine(1a), 2GE, WS-X6K-SUP1A-2GE, 4 x Catalyst 6000 8-port GE, WS-X6408A-GBIC, 36 x 1000 Base-SX Short Wavelength, 2 x Catalyst 6000 16-port Gig-Eth.Mod.MT-RJ, WS-X6416-GE-MT, 2 x Catalyst 6000 24-port 100FX, MT-RJ, MMF, WS-X6324-100FX-MM, 2 x Catalyst 6000 24-port 10FX, MT-RJ, WS-X6024-10FC-MT. Die Geräte sind im guten Zustand und liefern bis vor kurzem ohne Ausfälle. Alle Ports sind OK. Die Einzelteile sind ca. 12 - 18 Monate alt. Der Neupreis beider Systeme lag bei über 320TDM. Anzeigen-Nr. B20603

**Cisco** Modell 8540, Anzahl 1, Preis 10.000 EUR, Bemerkung: 2 x C8540-PWR-AC, 1 x C8541-CSR-RP (kleine Frontblende rechts fehlt) 2 x C8542-CSR-SP, 2 x C85GE-2X-16K 1 x C85FE-16T-16K, Software: 8540CSR-IN-M 12.0, Anzeigen-Nr. B20605

**Olicom** Crossfire OC8600, Anzahl 2, Preis VB, Bemerkung: Token Ring Switch - nach Umrüstung auf Ethernet abzugeben. Inkl. jeweils zwei Fiber-ports. Anzeigen-Nr. B20608

### Sonstige

**SynOptics** LattisNet Model 2914 FDDI Concentrator, Anzahl 4, Preis 3.000,- EUR (alle 4), Bemerkung: 4 FDDI-Konzentratoren SynOptics LattisNet Model 2914 FDDI Concentrator, 14 Ports (davon 2 Ring-In/Ring-Out). Die Geräte sind im guten Zustand und liefern bis vor kurzem ohne Ausfälle. Alle Ports sind OK. Alter ca. 4 - 5 Jahre. Patchkabel in diversen Längen und Steckertechniken (auf einer Seite natürlich immer FDDI). Preisvorstellung: Stück 1000,- EUR, alle vier zusammen mit allen vorhandenen Patchkabeln 3000,- EUR, Anzeigen-Nr. B20601

## Gesuche

### Adapter

**Cisco** Modell AS5260, Anzahl 1, Preis nach Absprache, Bemerkung: CISCO-Access Router AS5260 inklusive 2Mbit/s Primary-Rate Interface AS52\_E1\_U\_60DM (30 Channels) und/oder ausschließlich Interface ohne Route, Anzeigen-Nr. S20701

### Sonstiges

**Chipcom** Online Module, Anzahl 11, Preis VB, Bemerkung: 3x 5220M-TP, 5x 5200M-MGT, 3x 5202M-FR Anzeigen-Nr. S20606

**Fax an ComConsult**  
**02408/955-399**



☐ Ich suche

☐ Ich biete

☐ Antwort auf Anzeigen-

Nr.

Produkt/Komponente/Release/Software

Preisvorstellung \_\_\_\_\_

Ansprechpartner \_\_\_\_\_

Firma \_\_\_\_\_

Ort \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

eMail \_\_\_\_\_

**Weitere Anzeigen finden Sie auf dem Web-Server der ComConsult Akademie**

**[www.comconsult-akademie.de](http://www.comconsult-akademie.de)**