

WLAN-Funknetzplanung im universitären Umfeld

Joachim Baumann, Philipp Wertz, Oliver Stähler, Thomas Eibert

Institut für Hochfrequenztechnik
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 47
70550 Stuttgart
baumann@ihf.uni-stuttgart.de
wertz@ihf.uni-stuttgart.de
oliver.staebler@awe-communications.com
eibert@ihf.uni-stuttgart.de

Abstract: Dieser Beitrag beschreibt die Planung eines WLAN-Netzes am Beispiel der Mensa auf dem Universitätscampus in Stuttgart-Vaihingen. Für dieses Gebäude ist die Installation eines WLAN Systems nach dem IEEE-Standard 802.11g vorgesehen, für den lediglich die drei nicht überlappenden Kanäle 1, 6 und 11 zur Verfügung stehen. Die Größe des Gebäudes und die anzunehmende Nutzerzahl erfordern jedoch deutlich mehr als drei WLAN-Access Points, so dass die Kanäle mehrfach belegt werden müssen. Anhand der Planung eines solchen Netzes werden die Möglichkeiten und Vorteile der eingesetzten Funkschnittstellensimulation besonders deutlich. Da keine Messungen benötigt werden, kann auf der Grundlage von Simulationen bei Um- und Neubauten auch schon die Installation des WLAN-Netzes in der Planungsphase berücksichtigt werden.

1 Einleitung

Für einen Universitätscampus hat die Bereitstellung eines weitgehend flächendeckenden Internetzugangs einen besonders hohen Stellenwert: Außer für die Kommunikation mit Kommilitonen oder den Zugriff auf das gespeicherte Wissen nehmen die Studenten zunehmend auch die vorlesungsbegleitenden Inhalte (Materialien, Mitschnitte der Vorlesung, interaktive Simulationen, etc.) in Anspruch. Für ein effizientes Arbeiten ist es wünschenswert, dass die Universitätsangehörigen auf unkomplizierte Weise auch mit ihren eigenen Notebooks auf diese Angebote zugreifen können. Das langfristige Ziel des hiesigen Rechenzentrums ist es daher, den gesamten Universitätscampus sowohl im Außenbereich als auch in den relevanten Innenräumen mit einem WLAN-Zugang auszustatten. Die Planung dieses Netzes ist ungleich komplexer als die Installationen von einzelnen Access Points (AP) in den Hörsälen, die als Inselösungen betrachtet werden können. Im Fortgang dieses Beitrags wird darauf eingegangen, welche Probleme dahingegen bei einer flächendeckenden Lösung auftreten. Eine geeignete Vorgehensweise für eine effiziente Planung des flächendeckenden WLAN-Netzes wird anhand des Mensagebäudes auf dem Campus Vaihingen der Universität Stuttgart diskutiert.

In diesem Gebäude soll ein drahtloser Netzzugang in den Aufenthaltsräumen und Speisesälen zur Verfügung stehen, die sich auf insgesamt drei Stockwerke verteilen. Aufgrund der nur spärlich vorhandenen Innenwände ist die Ausleuchtung unproblematisch, da die Reichweite der Funkübertragung nur unwesentlich durch dämpfende Hindernisse begrenzt wird. Dadurch fehlen jedoch Barrieren, die meist in Innenräumen vorhanden sind und das Versorgungsgebiet eines einzelnen Access Points deutlich begrenzen. Derartige Umstände wären beispielsweise in einem Szenario mit Büroräumen gegeben. Die Bauweise der betrachteten Mensa führt dagegen zwangsläufig zu überlappenden Versorgungsgebieten und resultiert in einer deutlich gestiegenen Komplexität für die Planung der WLAN-Versorgung.

Von entscheidender Bedeutung für den erzielbaren Datendurchsatz ist der physikalische Übertragungskanal. Für die maximale Datenrate von 54 MBit/s muss ein vergleichsweise fehleranfälliges Modulationsverfahren verwendet werden, das eine zuverlässige Übertragung nur bei einer guten Funkverbindung erlaubt. Dabei ist die rein funktechnische Ausleuchtung des Gebäudes allein nicht ausreichend. Vielmehr muss sich das Empfangssignal auch deutlich aus vorhandenen Interferenzen hervorheben, damit der Empfänger den übertragenen Datenstrom wiedergewinnen kann. Aufgrund der begrenzten Kanalzahl tragen die Aussendungen von weiteren Access Points, die auf demselben Kanal betrieben werden, maßgeblich zu diesen Interferenzen bei und können somit zu einer reduzierten Datenübertragungsrate oder gar einer Versorgungslücke führen.

2 Grundlagen von WLAN nach IEEE 802.11g

Um die Ausführungen und Ergebnisse zur Netzplanung nachvollziehen zu können, beschreibt dieser Abschnitt in aller Kürze die Grundlagen eines WLAN-Übertragungssystems. WLAN steht als Abkürzung für Wireless Local Area Network. Es wurde entwickelt, um das Netzwerkkabel, das die Teilnehmer eines „gewöhnlichen“ LAN miteinander verbindet, überflüssig zu machen. WLAN fügt sich dadurch gut in bereits bestehende Netzstrukturen ein und erlaubt eine drahtlose Übertragung von Teilnehmern oder Peripheriegeräten untereinander oder über ein Netzwerk.

Für eine drahtlose Übertragung müssen die Daten auf einen hochfrequenten Kanal moduliert werden. Für WLAN nach 802.11b und 802.11g ist hierzulande der Frequenzbereich zwischen 2400 und 2483,5 MHz freigegeben [BN06]. Innerhalb dieses Bereichs existieren 13 Kanäle, die jeweils einen Abstand von 5 MHz zueinander aufweisen. Eine Übertragung besitzt jedoch eine Bandbreite von etwa 22 MHz [IE03]. Da die WLAN Kanäle im Raster von 5 MHz angeordnet sind, empfiehlt es sich daher, nicht alle Kanäle zu verwenden, um Überlappungen zu vermeiden. Da die Kanäle 12 und 13 nicht weltweit zugelassen sind, werden sie nicht von jedem Endgerät unterstützt. Üblicherweise werden daher nur die beiden Kanäle an den Bandgrenzen 1 und 11 sowie der, in der Bandmitte angesiedelte, Kanal 6 verwendet. WLAN-Geräte im 2,4 GHz-Bereich dürfen eine Sendeleistung von maximal 100 mW verwenden. Da es sich hierbei um die effektive Sendeleistung handelt, ist in diesem Wert bereits der Antennengewinn berücksichtigt. Für die Planungen wurde dieser Grenzwert vollständig ausgeschöpft.

Die mögliche Datendurchsatzrate ist unmittelbar von der Qualität des physikalischen Übertragungskanal abhängig. Um einen Datenstrom empfangen zu können, ist es unabdingbar, dass die übertragene Energie am Empfänger noch ausreichend hoch ist, um die Information physikalisch weiterverarbeiten zu können. Als ein Maß dient hierfür der Empfangsleistungspegel. Er gibt an, welche Wirkleistung dem Empfängerkreis von der Empfangsantenne zugeführt wird. Aufgrund der vergleichsweise hohen Verluste einer drahtlosen Übertragung liegen die auftretenden Empfangsleistungen oftmals im Bereich von Nano- oder Pikowatt. Um die umständliche Angabe der Leistung in Form einer Exponentialdarstellung zu vermeiden, hat es sich in der Nachrichtentechnik etabliert, einen Leistungspegel in dBm anzugeben.

$$\frac{\text{Empfangsleistungspegel}}{\text{dBm}} = 10 \log \left(\frac{\text{Empfangsleistung}}{1 \text{ mW}} \right) \quad (1)$$

Beispielsweise entspricht ein Pegel von 0 dBm einer Leistung von 1 mW, 30 dBm sind äquivalent zu 1000 mW bzw. 1 W und -30 dBm entsprechen 0,001 mW. Die zweite relevante Kenngröße ist der Signal-zu-Interferenz-und-Rausch-Abstand (SNIR), der sich zu

$$\frac{\text{SNIR}}{\text{dB}} = \frac{\text{Empfangsleistungspegel des Signals}}{\text{dBm}} - \frac{\text{Rauschen und Interferenz}}{\text{dBm}} \quad (2)$$

ergibt. Dabei wird berücksichtigt, dass auf dem verwendeten Funkkanal sowohl Rauschen als auch Aussendungen von anderen Access Points auf der gleichen Frequenz empfangen werden können. Eine Detektion der Übertragung ist nur möglich, wenn sich das gewünschte Empfangssignal in ausreichendem Maße von diesen Störeinflüssen hervorhebt.

Weil sowohl das Modulationsverfahren als auch die Coderate an die Übertragungsqualität angepasst werden können, existieren neben der maximalen Datendurchsatzrate von 54 MBit/s noch weitere Übertragungsgeschwindigkeiten, die in Tabelle 1 für WLAN nach 802.11g zusammen mit den Mindestanforderungen an die Empfangsleistung und den SNIR dargestellt sind. Prinzipiell gilt: Eine höhere Datenrate geht jeweils mit höheren Anforderungen an die Empfangsleistung und den SNIR einher.

Darüber hinaus ist für WLAN nach IEEE 802.11a und 802.11h auch ein Frequenzbereich bei 5 GHz zugelassen, der allerdings aufgrund der geringen Verbreitung entsprechender Geräte nicht separat in diesem Beitrag betrachtet wird.

Tabelle 1: Datenraten in WLAN nach 802.11g und ihre Mindestanforderungen [IE03]

| | | | | | | | | |
|---------------------------|------|-----|------|-----|--------|-----|--------|-----|
| Übertragungsrate [MBit/s] | 6 | 9 | 12 | 18 | 24 | 36 | 48 | 54 |
| Empfangsleistung [dBm] | -82 | -81 | -79 | -77 | -74 | -70 | -66 | -65 |
| SNIR [dB] | 3 | 6 | 6 | 9 | 9 | 12 | 12 | 15 |
| Coderate | 1:2 | 3:4 | 1:2 | 3:4 | 1:2 | 3:4 | 2:3 | 3:4 |
| Modulationsverfahren | BPSK | | QPSK | | 16-QAM | | 64-QAM | |

3 Simulation des Übertragungskanals

3.1 Vorgehensweise

Für komplexe Szenarien, zu denen das Mensagebäude zählt, können nur durch Simulationen umfassende und flächendeckende Erkenntnisse über den Übertragungskanal gewonnen werden (vgl. dazu Abschnitt 5). In diesem Projekt wird hierzu das Softwarepaket WinProp aus dem Hause AWE Communications [AW07] verwendet. Auf der Grundlage von Wellenausbreitungsmodellen kann damit die Feldverteilung für jeden Access Point im Einzelnen berechnet werden. Da die Simulation das Netzwerk in seiner Gesamtheit erfasst, wird für die Funkübertragung nicht nur die Reichweite, sondern auch der Signal-zu-Interferenz-und-Rausch-Abstand (SNIR) prognostiziert. Anhand dieser beiden Größen kann nach Tabelle 1 die mögliche Übertragungsrate berechnet werden.

3.2 Gebäudemodell

Um die Simulationen durchführen zu können, wurde zunächst ein Modell (siehe Abbildung 1) auf der Grundlage von Bauplänen und einer Ortsbegehung erstellt, das auch die elektromagnetischen Eigenschaften der einzelnen Materialien enthält und entsprechend bei der Wellenausbreitung berücksichtigt. Innerhalb dieses Modells kann eine beliebige Anzahl von Access Points positioniert werden.

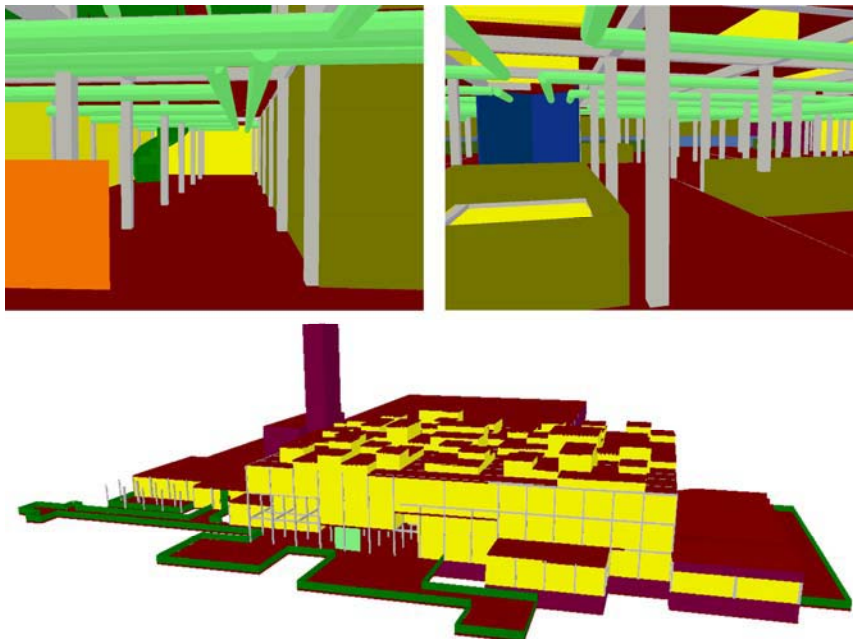


Abbildung 1: Modell der Mensa, oben: Innenräume im EG (links) und im OG (rechts); unten: Außenansicht

3.3 Berechnung der Empfangsleistungspegel

Im verwendeten Softwarepaket WinProp kann zwischen mehreren Ausbreitungsmodellen gewählt werden, welche mit unterschiedlichen Ansätzen die Energieübertragung von einem Sender zum Empfänger unter Berücksichtigung der Umgebung beschreiben. Für den vorliegenden Fall wurde das Dominant Path Modell gewählt [We05], welches darauf basiert, aus der Vielzahl an möglichen Ausbreitungswegen denjenigen zu wählen, der mit der höchsten Energie am Empfänger eintrifft und dadurch die Übertragung dominiert. Dieses Vorgehen beschleunigt die Prognose der Empfangsleistungspegel im Vergleich zu Ray-Tracing-Verfahren, bei denen viele Strahlen zwischen Sender und Empfänger ermittelt werden, auch wenn diese nur irrelevante Empfangsleistungsbeiträge liefern. Der Rechenaufwand für eine Strahlenverfolgung innerhalb des verwendeten detaillierten Modells mit mehr als 3 000 Elementen kann zwar durch unterschiedliche Maßnahme wie räumliche Partitionierung erheblich verringert werden, jedoch erreicht das Dominant Path Modell häufig noch eine deutlich bessere Performance.

Abbildung 2 zeigt den prognostizierten Empfangsleistungspegel in einer Draufsicht auf den Speisesaal, wenn in der Raummitte ein zentraler Access Point betrieben wird. Es ist deutlich erkennbar, dass die Leistung stark durch die Außenwände gedämpft wird und auch durch die Versorgungsstränge (X-förmige Gebilde) beeinflusst wird. Dennoch zeigt sich, dass die Reichweite des betrachteten Access Points aufgrund fehlender Hindernisse im offenen Speisesaal sehr hoch ist, so dass nach Tabelle 1 eine maximal mögliche Datendurchsatzrate fast im gesamten Innenbereich (ca. 1900 m²) des betrachteten Stockwerks möglich wäre. Allerdings würde sich diese Bandbreite auf alle Nutzer in diesem Bereich aufteilen, was zu deutlich reduzierten Übertragungsraten und gegebenenfalls auch zu einer Netzüberlastung führen kann. Daher ist es notwendig, weitere Access Points zu installieren.

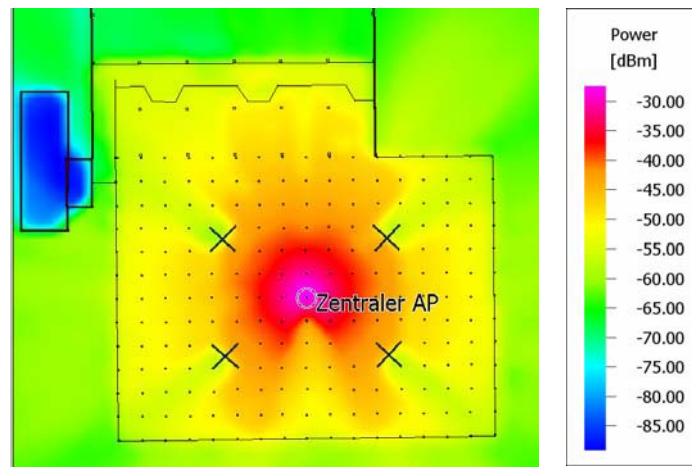


Abbildung 2: Prognostizierter Empfangsleistungspegel im Speisesaal (OG) für einen zentralen Access Point

Abbildung 3 zeigt die Empfangsleistungspegel für das betrachtete Stockwerk mit vier Access Points. Der an einem bestimmten Ort dargestellte Empfangsleistungspegel bezieht sich jeweils auf den Access Point, der dort am stärksten empfangen wird und in den sich ein WLAN-Endgerät in der Regel auch zur Kommunikation einbucht. Es ist deutlich zu sehen, dass die weiteren Access Points zu einer Verbesserung des Empfangsleistungspegels beitragen.

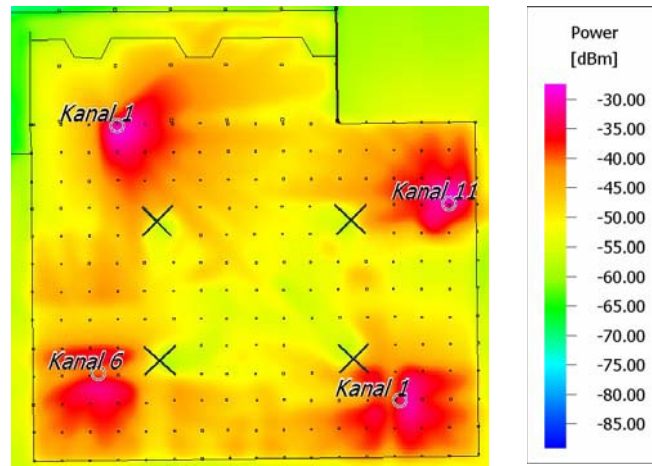


Abbildung 3: Prognostizierter Empfangsleistungspegel im Speisesaal (OG) für ein WLAN-Netz mit vier Access Points

3.4 Interferenz

Bei den Betrachtungen zu WLAN im 2 GHz-Bereich wurde bereits ausgeführt, dass lediglich drei nicht überlappende Kanäle zur Verfügung stehen, weshalb in der vorliegenden Konstellation ein Kanal doppelt verwendet werden muss. Für einen ersten Ansatz werden sinnvollerweise die am weitesten entfernten APs (Abbildung 3: links oben und rechts unten) mit dem gleichen Kanal 1 betrieben. Die mehrfache Verwendung eines Kanals führt zu einer erhöhten Interferenz und stellt dadurch eine gegenseitige Störung für alle Nutzer der gleichen Kanalnummer dar. Um den SNIR nach Gl. 2 zu berechnen, muss zunächst die Empfangsleistung für jeden der betriebenen Access Points bekannt sein. An jedem betrachteten Ort wird dann das stärkste Empfangssignal als gewünschtes Signal gewertet, wohingegen alle anderen Signalbeiträge von Access Points auf demselben Kanal als Störer betrachtet werden.

Abbildung 4 zeigt den SNIR, welcher auf diese Weise berechnet wurde. In der Mitte des Raumes überlagern sich die Aussendungen des gleichen Kanals und führen zu einem geringen SNIR. Nach Tabelle 1 definiert nicht nur die in Abbildung 3 betrachtete Empfangsleistung, sondern auch der SNIR die Qualität des physikalischen Übertragungskanals, welche die Datenübertragungsrate limitiert.

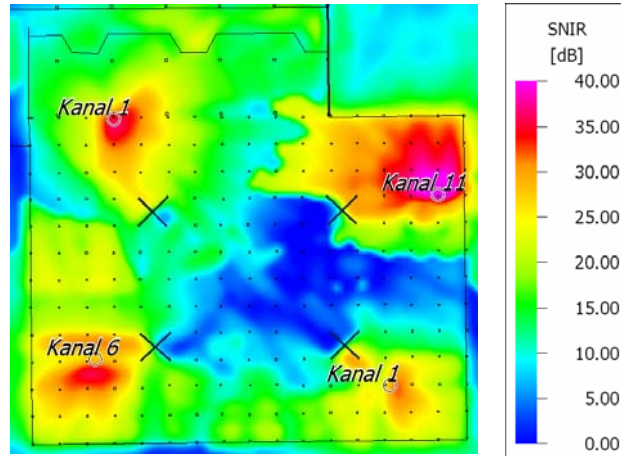


Abbildung 4: Prognostizierter Signal-zu-Interferenz-und-Rausch-Abstand (SNIR) im Speisesaal (OG) für ein WLAN-Netz mit vier Access Points

Als Konsequenz des in Abbildung 4 dargestellten Simulationsergebnisses ergibt sich, dass der Übertragungskanal in der Raummitte entweder keine Verbindung oder nur eine Übertragung mit einer niedrigen Datenrate zulässt und das, obwohl die gegebene Empfangsleistung (Abbildung 3) ausreichend hoch wäre. Der Vergleich der Abbildungen 3 und 4 verdeutlicht daher, dass in diesem Szenario nicht die Versorgung mit einem hohen Empfangspegel das schwer zu erreichende Ziel ist. Die Herausforderung besteht vielmehr darin, die Optimierung des Netzes dahingehend vorzunehmen, dass geringe Interferenzen auftreten. Vereinfachend wurden in diesem Beispiel lediglich die Access Points im selben Stockwerk betrachtet. Um aber das gesamte Gebäude zu versorgen, müssen weitere Zugangspunkte in den anderen beiden Stockwerken installiert werden, so dass ein einzelner Kanal vielfach verwendet werden muss. Im Mensagebäude gibt es darüber hinaus eine Vielzahl von Öffnungen im Boden oder Treppenaufgänge, so dass die elektromagnetische Welle ohne große Dämpfung auch in andere Ebenen gelangt und dort die Interferenz entsprechend stark erhöht.

4 Netzoptimierung

Für die Simulation des gesamten WLAN-Netzes ist der Zeitaufwand für die Berechnung der Empfangsleistungspegel aufgrund der komplexen Wellenausbreitungsmodelle am höchsten. Liegen die Empfangsleistungspegel für einzelne Access Points vor, so kann daraus der SNIR sehr schnell arithmetisch ermittelt werden. Aus diesen Funk-Kanalcharakteristiken, die flächendeckend für alle Etagen des Gebäudes berechnet werden, kann wiederum die mögliche Datenübertragungsrate abgeleitet werden. Dies ermöglicht es, unterschiedliche Konfiguration des Netzes, die alle durch das Hinzufügen oder Abschalten einzelner Access Points oder einer Kanaländerung beschrieben werden, sehr schnell auf die damit erzielten Versorgungsbereiche und Datenraten hin zu überprüfen.

Diese Optimierung kann sowohl manuell als auch über einen automatisch arbeitenden Algorithmus der Software geschehen. Auf diese Weise konnte für das Messagebäude eine Netzstruktur gefunden werden, welche nahezu flächendeckend die maximale Datendurchsatzrate ermöglicht, wie der nachfolgenden Abbildung 5 zu entnehmen ist. Für das Obergeschoss ist deutlich zu sehen, dass die zuvor unzureichend versorgten Bereiche in der Raummitte nun aufgrund des zusätzlichen Access Points deutlich besser versorgt werden. Dieser zusätzliche Zugangspunkt fügt sich durch die Optimierung hinsichtlich Installationsort und Kanalwahl gut in das übrige Netz ein.

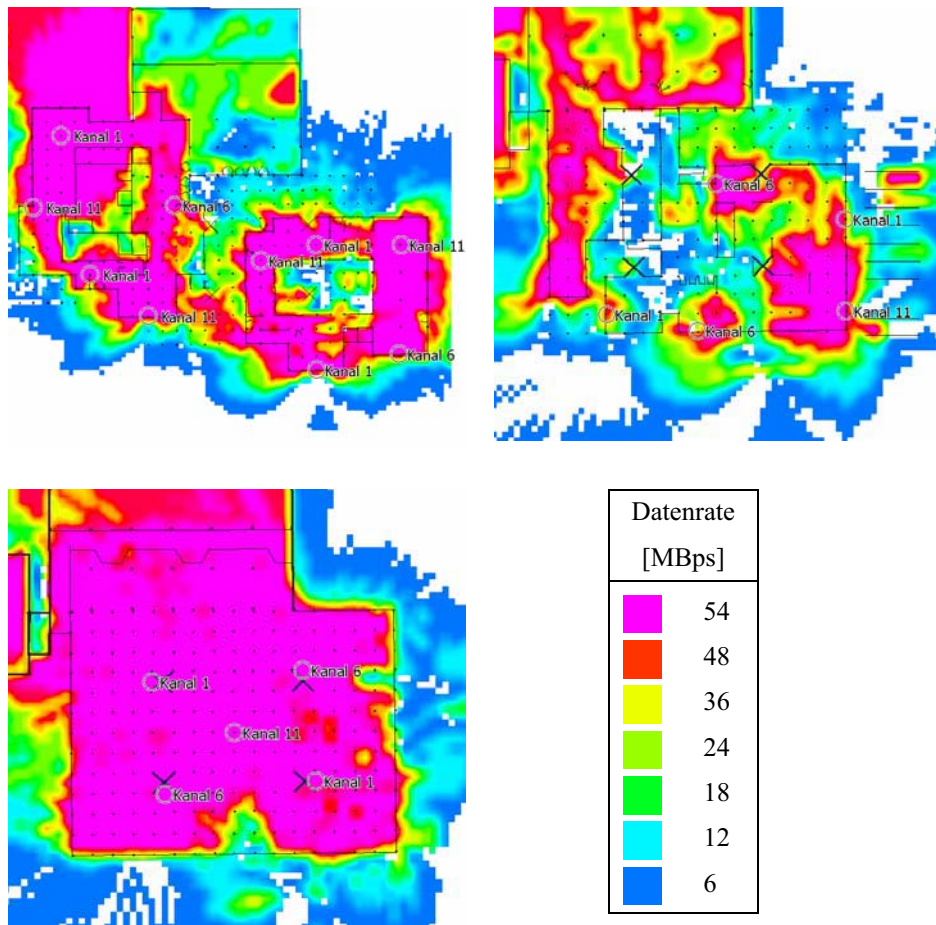


Abbildung 5: Prognostizierte Datenraten im Untergeschoss (links oben), Zwischengeschoss (rechts oben) und im Obergeschoss (links unten) für ein WLAN-Netz mit 21 Access Points

5 Diskussion des eingesetzten Verfahrens

Bei den kommerziellen Mobilfunkbetreibern bewähren sich Simulationen zur Planung von komplexen und zuverlässigen Funknetzen bereits seit Jahren. Die Netzplanung bei WLAN wird hingegen bisher mehrheitlich auf der Grundlage von Messungen vorgenommen. In diesem Abschnitt sollen die beiden Vorgehensweisen direkt miteinander verglichen werden.

5.1 Genauigkeit der Wellenausbreitung

Prognosemodelle zur Beschreibung der Wellenausbreitung existieren bereits seit Jahrzehnten. Sie werden erfolgreich, sowohl für offenes Gelände als auch für geschlossene Räumlichkeiten, eingesetzt und wurden bereits anhand von unzähligen Feldmessungen verifiziert. Um auch im hier vorliegenden Fall die Übereinstimmung mit der Realität zu überprüfen, vergleicht Abbildung 6 die Prognose mit Messwerten. Bei einer solchen Messung wird ein Access Point provisorisch an einem möglichen Montagepunkt installiert und die Versorgung mit einer geeigneten WLAN-Karte gemessen.

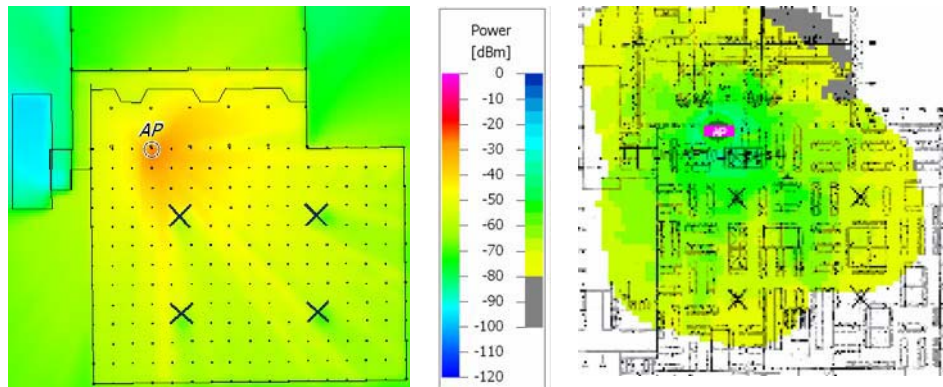


Abbildung 6: Vergleich des Empfangsleistungspegels zwischen Simulation (links) und Messung (rechts, aus: [Fr06])

Aufgrund der Montage des Access Points an einer Säule ergibt sich in beiden Plots eine bevorzugte Ausleuchtung des unteren Halbraumes, da die abgestrahlte Energie in die entgegengesetzte Richtung durch ebenjene Betonsäule stark gedämpft wird. In der näheren Umgebung des Access Points liegt erwartungsgemäß eine höhere Empfangsleistung vor, so dass in beiden Darstellungen ein ähnliches Gebiet mit Werten zwischen -30 und -40 dBm versorgt wird. Der Wertebereich der Empfangsleistung sowie die grundlegende Ausleuchtung stimmen gut überein. Dahingegen ist die Abschirmung durch den X-förmigen Versorgungsstrang (rechts unterhalb des Access Points) nur in der Simulation gut zu erkennen. In der Messung ist diese dahingegen nur ansatzweise vorhanden: Der Grund liegt darin, dass die im rechten Teil von Abbildung 6 dargestellte Messung nicht flächendeckend stattgefunden hat, sondern nur entlang eines festgelegten Weges.

Der überwiegende Anteil der dargestellten „Mess-Werte“ wird daher aus einer Extrapolation des tatsächlich gemessenen Wegabschnitts gewonnen. Im konkreten Fall wurde dieses Hindernis aufgrund des gewählten Weges nicht direkt umlaufen und damit nicht korrekt erfasst, so dass sich in diesem Bereich Ungenauigkeiten in der Messung ergeben. Dahingegen werden in der Simulation tatsächlich alle dargestellten Pixel berechnet, woraus eine bessere Übereinstimmung mit der Realität resultiert. Besonders deutlich wird dies beispielsweise auch bei zunehmender Entfernung zum Access Point: Die Außenwände fänden nur Berücksichtigung, wenn eine Messung auch außerhalb des Gebäudes (etwa 9 m über Grund) stattgefunden hätte. Die Simulationen berücksichtigen hingegen die dämpfende Wirkung der Außenwände. Insbesondere für die Planung eines campusweiten Netzes sind derartige Umstände von großer Bedeutung und können keinesfalls vernachlässigt werden.

5.2 Genauigkeit der prognostizierten Datendurchsatzrate

Der physikalische Übertragungskanal bildet die Grundlage für die erzielbaren Datendurchsatzraten. Wie zuvor bereits diskutiert wurde, entspricht die prognostizierte Empfangsleistung der Realität mit guter Genauigkeit. Wie in Abschnitt 3.4 erläutert wurde, berechnet sich unmittelbar daraus der Signal-zu-Interferenz-und-Rausch-Abstand (SNIR). Beide Größen zusammen bestimmen wiederum die Übertragungsqualität des Funkkanals. Im Rahmen des vereinfachten Modells, welches Tabelle 1 zugrunde liegt, stimmt damit auch die simulierte Datendurchsatzrate gut mit der Realität überein.

Um den SNIR durch Messungen zu bestimmen, ist es prinzipiell erforderlich, alle Access Points, welche den gleichen Kanal verwenden, zeitgleich an ihren vorgesehenen Montageorten in Betrieb zu nehmen. Da derartige Messungen sehr zeitaufwändig wären, wird in der Regel nur immer ein einzelner Access Point gleichzeitig betrieben, woraus sich jedoch eine signifikante Überschätzung des SNIR ergibt. In Abschnitt 3.4 wurde deutlich, dass die Störung durch weitere Access Points keinesfalls zu vernachlässigen ist. Eine Möglichkeit zur messtechnisch korrekten Erfassung besteht darin, die einzeln gemessenen Empfangsleistungen für eine Berechnung des SNIR heranzuziehen. Aufgrund der hohen Reichweite in den offenen Räumlichkeiten darf sich die Messung aber nicht nur auf das direkte Umfeld des Access Points beschränken, sondern müsste prinzipiell auf das gesamte Gebäude ausgedehnt werden. Aufgrund des hohen Aufwands und die in Abschnitt 5.1 bereits angesprochenen Einschränkungen für die messtechnische Erfassung können die ermittelten Werte für den SNIR und damit auch die Bewertung der Datendurchsatzrate nicht die Genauigkeit der Simulation erreichen.

5.3 Zeitaufwand

Hinsichtlich des Aufwands unterscheiden sich beide Ansätze deutlich. Während Messungen sofort Ergebnisse produzieren, bedarf es bei einer Simulation zunächst einiger Vorarbeit.

Die Erstellung des Messagegebäude-Modells nahm etwa zwei Wochen in Anspruch, wobei die vergleichsweise lange Zeit der Tatsache geschuldet ist, dass die Baupläne lediglich in Papierform vorlagen und zunächst aufwändig digitalisiert werden mussten. Die Berechnung der Empfangsleistungspegel nimmt auf einem aktuellen Desktop-Rechner in etwa eine Stunde pro Access Point in Anspruch. Im Vergleich zur Messung werden hierbei jedoch nicht nur Daten in unmittelbarer Nähe des Access Points berechnet, sondern, durch die dreidimensionalen Prognosemodelle, auch flächendeckende Resultate in mehreren Ebenen erzeugt.

Insbesondere, wenn durch die Messungen zuverlässige Abschätzungen des Datendurchsatzes erzielt werden sollen, ist der Aufwand für die Simulation deutlich geringer. Bei einer Messung des SNIR müssen nämlich auch alle übrigen Access Points, die auf der gleichen Frequenz arbeiten, in Betrieb genommen werden.

Stellt sich dabei ein unbefriedigendes Versorgungsergebnis heraus, wird in der Regel das Netz modifiziert. Dies erfordert prinzipiell eine komplett neue Messung. In der Simulation können dahingegen die entsprechenden Parameter sehr rasch geändert werden. Handelt es sich bei der Modifikation lediglich um eine Abschaltung bzw. eine Kanaländerung ist das Ergebnis bereits nach wenigen Sekunden verfügbar.

6 Zusammenfassung

Mit der dargestellten Vorgehensweise konnte in einem komplexen Gebäude ein qualitativ hochwertigeres WLAN-Netz geplant werden, in welchem der Übertragungskanal weitestgehend die maximale Datenrate von 54 MBit/s zulässt. Die hohe Anzahl an Access Points gewährt zudem auch einen zuverlässigen Netzzugang für viele Nutzer.

Um kostspielige Korrekturen an einem WLAN-Netz zu vermeiden, ist es unabdingbar, bereits in der Planungsphase die Kenngrößen des zu realisierenden Netzes zu ermitteln. Hierfür werden bislang fast ausschließlich Messungen eingesetzt, die zwar schnell Ergebnisse produzieren, aber allerhand Nachteile aufweisen. Da eine flächendeckende Messung insbesondere mit einem hohen Zeitaufwand einhergeht, ist es üblich, nur einzelne Punkte bzw. Streckenabschnitte zu vermessen und daraus auf die Fläche zu extrapolieren. Durch Simulationen kann hingegen auch eine große Fläche sehr detailliert und vor allem differenziert erfasst werden.

Aufgrund der offenen Struktur des betrachteten Messagegebüdes und dem dichten Netz mit vielen Access Points ist die reine Funkabdeckung unproblematisch. Allerdings wird die Funkübertragung in diesem Szenario weniger durch die Empfangsleistung, sondern vielmehr durch den Signal-zu-Interferenz-und-Rausch-Abstand (SNIR) eingeschränkt. Dieser verringert sich durch die Vielzahl an Zugangspunkten, welche den gleichen Funkkanal verwenden müssen. Ein niedriger SNIR verringert wiederum die mögliche Datendurchsatzrate bzw. kann sogar zu Versorgungslücken führen.

Um den SNIR messtechnisch erfassen zu können, müsste das gesamte Netz, welches aber erst noch geplant wird, bereits provisorisch aufgebaut und im gesamten Gebäude messtechnisch erfasst werden – was im vorliegenden Fall bei insgesamt sieben Access Points auf der gleichen Frequenz einen entsprechenden Aufwand bedeuten würde. Durch Simulationen kann auch diese Größe flächendeckend und vor allem rasch berechnet werden, indem auf prognostizierte Empfangsleistungspegel zurückgegriffen wird.

Dieser Vorteil der Simulation erlaubt es auch, durch manuelle Iteration oder einen automatisch arbeitenden Optimierungsalgorithmus, unterschiedliche Netzkonfiguration schnell berechnen zu lassen.

Die Betrachtung des Mensgebäudes ist als Pilotprojekt für die flächendeckende Planung der WLAN-Versorgung auf dem Campus vorgesehen. Für die Ausdehnung des Szenarios können sowohl das Simulationsmodell als auch die bereits gewonnenen Daten weiterverwendet werden. Insbesondere kann durch die Simulation bereits eine Planung für komplette Neubauten vorgenommen werden, so dass die Installation der Access Points in die Planungsphase des Gebäudes mit einfließen kann.

Literaturverzeichnis

- [AW07] AWE Communications: WinProp, High Performance Software for Radio Network Planning. <http://www.awe-communications.com>, Mai 2007
- [BN06] Bundesnetzagentur: Frequenznutzungsplan. Mai 2006, <http://www.bundesnetzagentur.de/media/archive/1820.pdf>, 2006
- [Fr06] Fritzsche, H.: Site Survey Zusammenfassung - Universität Stuttgart; WLAN Ausleuchtung Mensa Vaihingen vom 10.-11.07.2006 (nichtöffentlicher Bericht), NextiraOne Deutschland, Stuttgart, Juli 2006
- [IE03] IEEE Std 802.11g-2003: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band. Juni 2003
- [We05] Wertz, P.; Wahl, R.; Wölfl, G.; Wildbolz, P.; Landstorfer, F.: Dominant Path Prediction Model for Indoor Scenarios. German Microwave Conference (GeMiC), Apr. 2005