

Studie

Dynamische Systemsimulation eines UMTS-Netzes mit hochgelegenen Basisstationsstandorten im Außenbereich unter Verwendung von Sektorantennen mit geringem horizontalem Öffnungswinkel

Zusammenfassung des Abschlussberichtes

30. Juni 2004

Von:

Prof. Dr.-Ing. F.M. Landstorfer

Dipl.-Ing. Philipp Wertz

TTI GmbH

Technologie-Transfer-Initiative
an der Universität Stuttgart

Hochfrequenzanwendungen
(HFA)

An:

Dipl.-Verwaltungswirt (FH) Wolfgang Hilleke

Dr.-Ing. Volker Hombach

Stadt Attendorn

T-Mobile
Umwelttechnik Mobilfunk

Das Copyright

für diesen Bericht liegt zum einen bei den Autoren:

© 2004 Prof. Dr.-Ing. F.M. Landstorfer
Institut für Hochfrequenztechnik, Uni Stuttgart

© 2004 Dipl.-Ing. Philipp Wertz
Institut für Hochfrequenztechnik, Uni Stuttgart

sowie bei folgenden Personen, die relevante Daten für diesen Bericht geliefert haben:

© 2004 Dipl.-Verwaltungswirt (FH) Wolfgang Hilleke
Stadt Attendorn

© 2004 Dr.-Ing. Volker Hombach
T-Mobile Darmstadt, Umwelttechnik Mobilfunk

Der Bericht darf ganz oder in Teilen nur mit schriftlicher Zustimmung der oben genannten Personen verwendet werden. Jede kommerzielle Nutzung ist ausgeschlossen.

Ausgangssituation

Der Kern des Attendorner Mobilfunkversorgungskonzeptes sieht eine grundsätzliche Versorgung mit Basisstationen von außerhalb der Wohnbebauung vor. Dabei wird unterstellt, dass die Versorgung des Siedlungsbereichs von mehreren Basisstationen im Außenbereich erfolgt. Zur Realisierung dieser Versorgungsvariante hat das von der Stadt Attendorn beauftragte nova-Institut vorgeschlagen, die an den Mobilfunk-Sendeanlagen in der Regel übliche 120°-Sektorisierung (drei Sektoren decken in horizontaler Richtung jeweils ein Feld von 120° ab) zu verändern. Denn durch die Verwendung von kleineren Sektoren von etwa 20° könnten in der Summe mehr Sektoren an einer Basisstation verwendet und das Versorgungsgebiet so in mehrere Funkzellen unterteilt werden. Damit könnten dann auch die für UMTS notwendigen kleineren Funkzellen mit Standorten von außerhalb der Wohngebiete geschaffen werden.

Die Mobilfunkbetreiber haben das vom nova-Institut erstellte Konzept nach seiner Verabschiedung durch die parlamentarischen Gremien der Stadt bemängelt, da qualitative und zukunftsgerichtete Anforderungen an ein Funknetz - wie beispielsweise die zu erwartende Verkehrslast - nicht berücksichtigt wurden. Insgesamt sei die nova-Konzeption ungeeignet, ein funktionierendes UMTS-Funknetz zu realisieren.

Um die unterschiedlichen Mobilfunkkonzeptionen von unabhängiger Stelle prüfen zu lassen, wurde Anfang 2004 die Technologie-Transfer-Initiative an der Universität Stuttgart (TTI GmbH) – Hochfrequenzanwendungen (HFA) von T-Mobile und der Stadt Attendorn gemeinsam mit der Durchführung der o. g. Studie beauftragt.

Ziel der Studie war es, anhand der konkreten Situation der Stadt Attendorn mit Hilfe einer dynamischen Simulation zu untersuchen, in wieweit ein UMTS-Netz durch hochgelegene Basisstationsstandorte im Außenbereich realisiert werden kann. Hierzu wurden die realen topographischen Verhältnisse, die Bebauung von Attendorn sowie die speziellen Systemeigenschaften der UMTS-Technik berücksichtigt. Das Berechnungsprogramm simulierte dabei die voraussichtlichen Mengen an Nutzern mit unterschiedlichen, zu übertragenden Datenmengen, um so einen Vergleich des betreiberseitig vorgesehenen Versorgungskonzeptes und der vom nova-Institut entwickelten Alternativvorschläge hinsichtlich der Systemperformance und der Immissionen durchzuführen. Weiterhin wurden im Rahmen der Simulationen ausschließlich am Markt verfügbare und erprobte Basisstationstechnik und Sendeanntenen eingesetzt, weshalb auch nur eine Trägerfrequenz verwendet wurde. Die während der Simulationen angenommenen Nutzer- und Datenwerte repräsentieren eine Verkehrslast, wie sie bei guter oder hoher Auslastung in Spitzenzeiten zu erwarten ist. Dies erfordert ebenso die Berücksichtigung zukünftiger Datenanwendungen, um eine nachhaltige Mobilfunkinfrastruktur zu entwickeln.

Inzwischen liegt der Abschlussbericht der Technologie-Transfer-Initiative an der Universität Stuttgart vor, der hier nachfolgend in einer Zusammenfassung vorgestellt wird.

Mobilfunkstudie

Im ersten Teil der Studie zeigt sich, dass der ursprüngliche Vorschlag des „Attendorner Mobilfunkversorgungskonzeptes“, der eine Versorgung durch Sektorantennen mit Mehrfach-Fächerkeulen (20° Öffnungswinkel) von den umliegenden Höhenzügen her vorsah, zu starken Einschränkungen beim Datenverkehr über ein UMTS-Netz geführt hätte. Dieser Vorschlag wurde daher dahingehend geändert, dass im weiteren Verlauf der Studie weniger Sektoren mit einem größeren Öffnungswinkel von 33° sowie auch Basisstationen innerhalb des Stadtgebietes verwendet wurden.

In dem vorliegenden Abschlussbericht werden insgesamt drei Netzstrukturvorschläge bezüglich der sich ausbildenden Zellstruktur, der Handover-Situation, der Interferenzen, der Versorgungsrate, der Zelllast und der benötigten Sendeleistungspegel dargestellt und miteinander verglichen.

Der erste Vorschlag beruht auf der Planung von T-Mobile. Es besteht aus 6 Basisstationen, die basierend auf einem regelmäßigen Raster über das Stadtgebiet verteilt sind und jeweils 3 Sektoren versorgen. Dieser Vorschlag wird im Folgenden als „**Vorschlag A**“ bezeichnet.

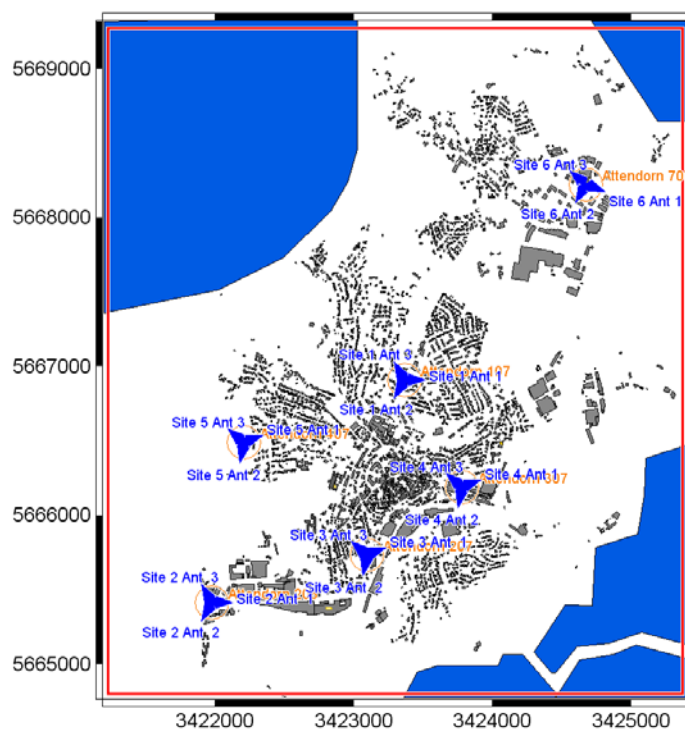


Bild 1: Netzkonzeption T-Mobile (Vorschlag A)

Der zweite Vorschlag entspricht einem Alternativvorschlag der Stadt Attendorn, der in Zusammenarbeit mit dem nova-Institut erarbeitet wurde. Er besteht auch aus 6 Basisstationen, von denen allerdings 4 außerhalb des Stadtgebietes liegen. Die 12 Sektorzellen verwenden dabei Antennen mit nur 33° Öffnungswinkel. Dieser Vorschlag wird im Folgenden als „**Vorschlag B**“ bezeichnet.

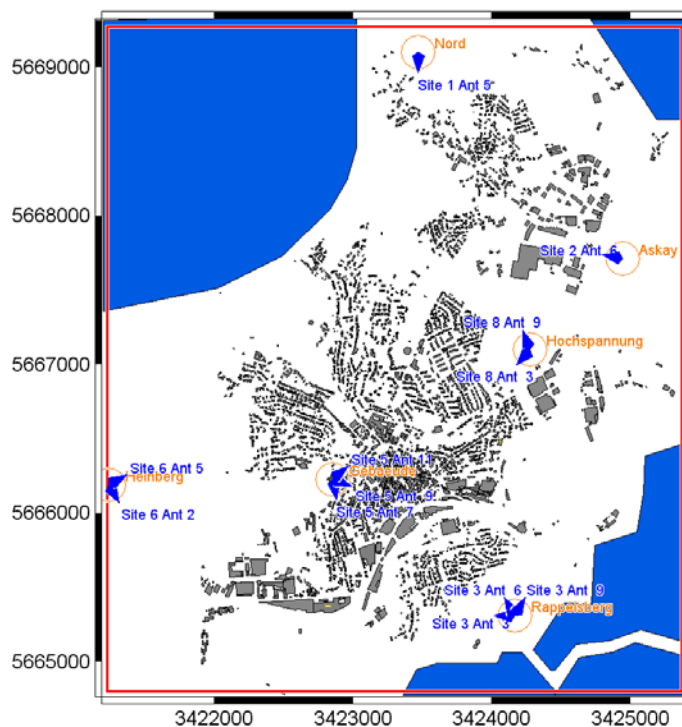


Bild 2: Alternativvorschlag Stadt Attendorn mit gemischter Struktur (Vorschlag B)

Der dritte untersuchte Vorschlag mit insgesamt 8 Sektorzellen unterscheidet sich von Vorschlag B dadurch, dass auf innerstädtische Standorte verzichtet wird und bei den verbleibenden Standorten andere Sektoren ausgewählt wurden. Dieser Vorschlag wird im Folgenden als „**Vorschlag C**“ bezeichnet.

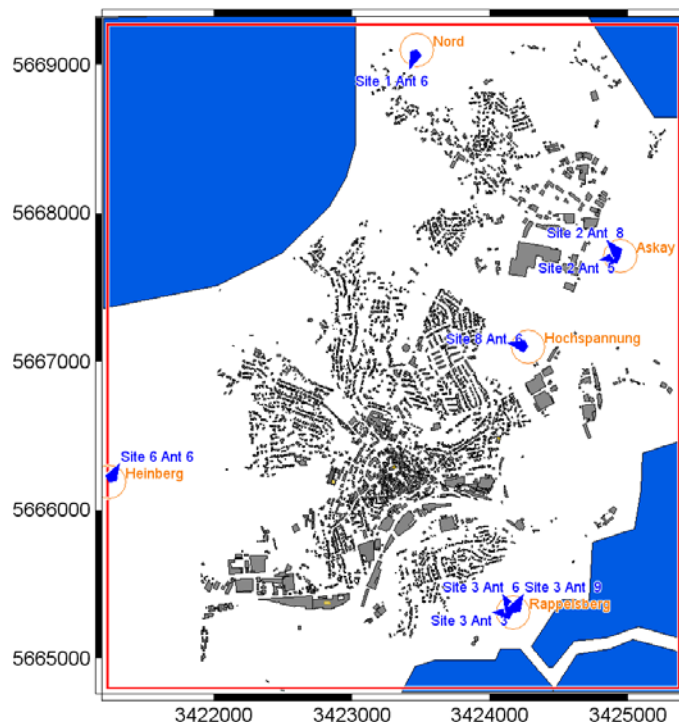


Bild 3: Vorschlag des nova-Instituts mit Standorten außerhalb der Innenstadt (Vorschlag C)

Ergebnisse

Eignung von Vorschlag A

Vorschlag A ist sehr gut geeignet, um die Versorgung der Stadt Attendorf mit einer gleichmäßigen UMTS-Netzstruktur zu realisieren. Es gibt sehr vereinzelt Orte mit einer ungünstigen Interferenzsituation, die zu Lücken in der Versorgung mit den Datendiensten führen können. Dies würde sich in der Praxis darin auswirken, dass die Benutzer sehr vereinzelt nicht die angeforderte Datenrate für Ihre Verbindungen erhalten würden und es insbesondere bei sich bewegenden Mobilgeräten zu seltenen Abbrüchen käme. Bei Sprachverbindungen sind keine nennenswerten Einschränkungen zu erwarten.

Die Netzstruktur lässt sich bezüglich der Downtilt-Werte der Antennen noch optimieren, dies geschieht jedoch am besten im produktiven Betrieb und nicht bei der Netzplanung. Es ist weiterhin eine Optimierung möglich, dass eine noch gleichmäßigere Auslastung der Zellen erreicht wird: Beispielsweise ist die Zellfläche des nordwestlich ausgerichteten Sektors der Basisstation „Attendorf 307“ im Vergleich klein. Diese Optimierung kann durch Wahl von anderen Standorten, anderen Antennentypen und anderen Winkelabständen erfolgen.

Der Vorschlag zeigt eine sehr gute Isolation der Zellen, was sich zum einen günstig auf die Interferenzsituation auswirkt, und zum anderen (bedingt durch die günstige Handover-Situation) auch für den Betrieb des Systems hinsichtlich von Systemaspekten (z.B. Signalisierungsaufwand) von Vorteil ist.

Eignung von Vorschlag B

Vorschlag B ist geeignet, um die Versorgung der Stadt Attendorn mit einem UMTS-Netzwerk zu bewerkstelligen. Verglichen mit Vorschlag A gibt es mehr Orte mit ungünstiger Interferenzsituation, an denen es zu Lücken in der Versorgung mit den Datendiensten kommen kann. Dies würde sich in der Praxis darin auswirken, dass die Benutzer an manchen Orten nicht die angeforderte Datenrate für Ihre Verbindungen erhalten würden und es zu unwesentlich häufigeren Abbrüchen als in Vorschlag A käme. Bei Sprachverbindungen sind ebenso keine nennenswerten Einschränkungen zu erwarten.

Die Einschränkungen bei den Datendiensten sind durch die Tatsache bedingt, dass die außerhalb des Versorgungsgebiets liegenden Standorte zu einem erhöhten Interferenzniveau führen. Dies wird jedoch durch den Standort auf dem hohen Gebäude im Vergleich zu Vorschlag C deutlich entschärft. Auch hier könnte eine Optimierung der Downtilt-Werte zu einer Verbesserung führen. Eine gleichmäßige Auslastung der Zellen ist aber aufgrund der Netzstruktur nicht zu erreichen. Weiter zeigt der Vorschlag eine deutliche Zerklüftung der Zellen, was u.a. zu einer ungünstigen Handover-Situation führt, die jedoch nicht als kritisch zu betrachten ist.

Eignung von Vorschlag C

Vorschlag C ist nur bedingt geeignet, um die Versorgung der Stadt Attendorn mit einem UMTS-Netzwerk zu bewerkstelligen. Dies würde mit erheblichen Einschränkungen bei den Datendiensten, bedingt durch eine ungünstige Interferenzsituation an vielen Orten, einhergehen. Diese Einschränkungen würden sich in der Praxis darin auswirken, dass die Benutzer an vielen Orten die erwartete Datenrate für Ihre Verbindungen nicht erhalten würden und es zu häufigen Abbrüchen käme. Bei Sprachverbindungen sind ebenso keine nennenswerten Einschränkungen zu erwarten. Die Einschränkungen bei den Datendiensten sind durch die Tatsache bedingt, dass die außerhalb des Versorgungsgebiets liegenden Standorte zu einem erhöhten Interferenzniveau führen. Eine Optimierung der Downtilt-Werte würde hier keine wesentliche Verbesserung bringen. Die Zerklüftung der Zellen ist sehr stark und die Handover-Situation ungünstig, so dass hier auch systembedingt mit zusätzlichen Einschränkungen zu rechnen ist. Die Verteilung der Last auf die Zellen ist sehr ungünstig, insbesondere die beiden westlich und nordwestlich ausgerichteten Zellen des Standorts Rappelsberg sind sehr groß und dementsprechend stark ausgelastet.

Zusammenfassung

Die Simulationsergebnisse belegen deutlich, dass UMTS ein interferenzbestimmtes Funkübertragungssystem ist. Die benötigte Versorgungsfeldstärke kann zwar mit jedem Konzept erreicht werden, die hochgelegenen Standorte mit großer Reichweite in den Vorschlägen B und C führen aber zu Kapazitäts- und Leistungseinbußen. Die gleichmäßige Struktur des Vorschlags A weist daher gegenüber den Alternativen eine qualitative Überlegenheit bezüglich Handover-Situation, Interferenzniveau, Zelllast bzw. Versorgungslücken auf. Die Unterschiede zwischen den Vorschlägen A und B sind jedoch nicht sehr stark ausgeprägt, hingegen sind die Unterschiede zwischen den Vorschlägen A und C sehr deutlich ausgeprägt. Daher führt die Analyse von Vorschlag C zum Ergebnis, dass eine qualitativ hochwertige UMTS-Versorgung für Attendorn allein durch außen gelegene Basisstationen nicht möglich ist.

Optimierung der Netzstruktur

Unter Betrachtung der Ergebnisse für die Vorschläge A und B ist festzustellen, dass eine Verringerung der Anzahl an innerstädtischen Standorten in Vorschlag A möglich erscheint. Es käme in der Folge ggf. zu geringen Einschränkungen bei den Datendiensten, die jedoch u. U. tolerierbar sind. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass Netzbetreiber unter starker externer Qualitätskontrolle (Benchmarks durch Fachzeitschriften etc.) stehen und ein hohes Qualitätsniveau anstreben, was einer zwar akzeptablen, aber schlechteren Lösung entgegenstehen würde.

Grenzen der Simulationen

Die hier vorgestellte simulative Untersuchung hat gewisse Grenzen. In der aktuellen wissenschaftlichen Diskussion besteht Einigkeit darüber, dass die Simulation eines solch hoch komplexen Systems nicht unter Berücksichtigung aller Parameter möglich ist. Auch ist die Berücksichtigung zeitvarianter Einflüsse nicht möglich. Als Beispiel seien Einflüsse durch sich bewegende, große reflektierende Objekte wie LKW genannt. Insofern können in der Praxis Effekte auftreten, die in den Simulationen nicht erfasst wurden.