

Projekt „Basel Mobilfunkstudie“

Schlussbericht 06. Dezember 2010

**Private and Confidential**

5 Continents Consulting Group GmbH - VAT and Registration No.: 658 538 Im Kugelfang 4 - 4102 Binningen - Switzerland

5CCG Offices: Basel – Mexico City – Sao Paulo – Buenos Aires – Berlin – New York - Moscow

## Inhalt

<b>1. Executive Summary</b> .....	3
<b>2. Einleitung</b> .....	5
<b>3. Methodik</b> .....	5
<b>3.1 Mobilfunknetze und Szenarien</b> .....	6
<b>3.2 Immissionen – Leistungsflussdichte und elektrische Feldstärke</b> .....	6
<b>3.3 Ermittlung der Gesamt-Immissionen</b> .....	7
<b>3.4 Antennenparameter</b> .....	7
<b>3.5 Antennenpattern</b> .....	8
<b>3.6 Immissionen bei Betrachtung einer einzelnen Mobilfunkanlage</b> .....	9
<b>3.7 Topographische Datenbank</b> .....	10
<b>3.8 Gesamtbetrachtung bei mehreren Mobilfunkanlagen</b> .....	10
<b>4. Zusammenarbeit mit den Mobilfunkbetreibern</b> .....	11
<b>5. Studienergebnisse</b> .....	12
<b>5.1 Beschreibung Current Scenario 2010</b> .....	12
<b>5.2 Beschreibung Trend Scenario 2013</b> .....	13
<b>5.3 Beschreibung Optimized Scenario 2013</b> .....	15
<b>5.4 Beschreibung der Histogramme und Delta-Histogramme</b> .....	17
<b>5.4.1 Vorgehensweise</b> .....	17
<b>5.4.2 Histogramme Auswahlgebiete</b> .....	19
<b>6. Fazit und Handlungsempfehlung</b> .....	22
<b>Anhang mit Angaben zur prognostizierten Entwicklung der Mobilfunknutzung in der Schweiz</b> .....	23

## 1. Executive Summary

5 Continents Consulting Group (im folgenden 5CCG) wurde vom Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt Basel-Stadt mit der Durchführung einer Studie zur mobilfunkspezifischen Immissionssituation im Kanton Basel-Stadt betraut. Berücksichtigt werden sollten dabei die Immissionen durch nichtionisierende Strahlung, verursacht durch die Mobilfunknetze der Betreiber Swisscom, Sunrise und Orange (Schweizer Mobilfunknetze) – alle anderen Quellen wie TV, Polycom, etc. wurden ausgeblendet.

Der Kanton Basel Stadt stellte in der Vergangenheit kantonseigene Standorte zur Installation von Mobilfunkantennen zur Verfügung, hat aber seit November 2002 ein Moratorium zur Verwendung weiterer Standorte. Im Rahmen der Mobilfunk Policy vom 30. Oktober 2008, sowie im Rahmen des neu ins kantonale Umweltschutzgesetz eingefügten § 19c. hat sich der Kanton verpflichtet, die Immissionen durch nichtionisierende Strahlung so gering wie möglich zu halten, bei einer qualitativ hochwertigen Abdeckung des Kantonsgebiets mit Mobilfunkdiensten.

Durch die Verbreitung von Smartphones wie z.B. das Apple I-Phone hat der Bedarf an Bandbreite, welche über mobile Netzwerke zur Verfügung gestellt wird, massiv zugenommen. Dies führt dazu, dass die Netzkapazitäten weiter ausgebaut werden müssen, um die wachsende Nachfrage zu befriedigen. Dabei kommen in Zukunft auch neue Technologien (z.B. LTE) zum Einsatz.

Es wurden daher verschiedene Optionen zur Handhabung dieses Ausbaus in der öffentlichen Debatte diskutiert. Die Optionen reichen von Verringerung der Leistung der Mobilfunkantennen auf ein Minimum und damit einer wesentlichen Verschlechterung der Service-Abdeckung in Basel Stadt bis zum gemäss der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) maximal zulässigen Ausbau auf allen relevanten Standorten inklusive der Kantonsliegenschaften.

Um eine Entscheidungsgrundlage zu schaffen, welche Strategie zukünftig unter den Parametern der Mobilfunk Policy sowie der kantonalen Gesetzgebung die geeignetste ist, wurde die Mobilfunkstudie Basel aufgesetzt, um folgende Fragen zu beantworten:

1. Wie wirken sich die zukünftigen Ausbaupläne der Mobilfunkbetreiber unter Berücksichtigung höherer Bandbreitenbedürfnisse auf die Immissionsentwicklung aus?
2. Können Bereiche mit zum Umfeld auffallend hohen Immissionen ("Hot Spots") vermieden werden, wenn die Antennen optimal positioniert werden?
3. Können "Hot Spots" vermieden werden, wenn kantonseigene Liegenschaften als Standorte mit in die Planung einbezogen werden?

Die Aufgabe der Studie ist es, die Immissionssituation eines Trendszenarios für das Jahr 2013 basierend auf den Netzprognosen der drei Mobilfunkbetreiber darzustellen. Auf diesem Trendszenario basierend sollte untersucht werden, wie die Immissionssituation durch eine optimierte Standortauswahl der Mobilfunkbetreiber verbessert werden könnte. In einem ersten Schritt errechnete 5CCG auf Grundlage der heutigen Netzkonfiguration (Stand April 2010) ein Current Scenario, um eine Basis für die Erstellung der weiteren Szenarien zu schaffen.

Aufgrund der Projektvorgaben und bedingt durch die Aufgabenstellung, eine Prognose der Immissionssituation im Jahre 2013 zu erstellen, wurde darauf verzichtet, Realmessungen durchzuführen. Stattdessen wurde die theoretische Immissionssituation für alle drei Szenarien (Current Scenario 2010, Trend Scenario 2013, Optimized Scenario 2013) mit Hilfe eines Berechnungsmodells erstellt.

Die Berechnungsergebnisse dieser Studie können nicht mit den Ergebnissen anderer Studien verglichen werden. Bei dem verwendeten Modell handelt es sich um ein Freifeldmodell, d.h. in der Realität auftretende Dämpfungseffekte durch Gebäude und Wände bleiben unberücksichtigt und es wird über das gesamte Untersuchungsgebiet auf gleicher Höhe über (Erd)Boden gerechnet. Diese starke Vereinfachung der Realität ist vertretbar, weil die beiden zu vergleichenden Szenarien auf denselben Vereinfachungen basieren. Ferner können die errechneten Immissionswerte nicht in Relation zu Anlagengrenzwerten gesetzt werden, da OMEN (sog. Orte mit empfindlicher Nutzung) nicht analysiert wurden und die Methode nicht mit der Berechnungsmethodik gemäss NISV übereinstimmt. Aufgrund der

Berechnungsmethodik liefern die Studienergebnisse aber Indikationen, wie sich die Optimierung auswirkt.

Auf Basis der Untersuchungsergebnisse – insbesondere des Trendszenarios 2013 - optimierten die Mobilfunkbetreiber ihre Standortwahl in vier Auswahlgebieten innerhalb des Kantonsgebietes mit dem Ziel, eine Reduktion bei den Spitzenwerten der Immissionen zu erreichen. Aus Praktikabilitätsgründen wurde das Untersuchungsgebiet auf diese vier Auswahlgebiete reduziert.

Folgende Optimierungsmaßnahmen wurden von den Betreibern unternommen:

- Die Entflechtung von Antennenstandorten, um hohe Emissionen zu vermeiden.
- Nach Möglichkeit sollten zur Entflechtung öffentliche Liegenschaften einbezogen werden.

Wie insbesondere in den Histogrammen im Kapitel 5.4 ersichtlich, ist es durch die Optimierung im Berechnungsmodell für 2013 gelungen, die Immissionsspitzen mit Werten  $\geq 5.5$  V/m in den zu optimierenden Auswahlgebieten vollständig zu beseitigen.

Die Ergebnisse der Studie führen demnach zu folgender Handlungsempfehlung:

- 1. Eine enge Zusammenarbeit mit den Mobilfunknetzbetreibern im Rahmen eines „Dialogmodells“ sollte vereinbart und umgesetzt werden, um eine optimierte Standortplanung zu ermöglichen.**
- 2. Kantoneigene Standorte sind in Basel eine wichtige Ressource in einer optimierten Ausbauplanung und daher den Mobilfunkbetreibern wenn irgend möglich unter der Massgabe der Immissionsoptimierung zur Verfügung zu stellen.**

## 2. Einleitung

Der Regierungsrat Basel-Stadt, vertreten durch das Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt hat das Amt für Wirtschaft und Arbeit (AWA) und das Lufthygieneamt beider Basel (LHA) beauftragt, eine Studie zur Optimierung der Mobilfunk-Antennenstrahlung in Basel Stadt mit dem Ziel, die Strahlenbelastung der Einwohner möglichst gering zu halten, zu erarbeiten. 5 Continents Consulting Group (im folgenden 5CCG) wurde vom AWA mit der Durchführung der Studie betraut.

Im Rahmen der Erarbeitung dieser Studie wurde der gegenwärtige Ist-Zustand (Stand April 2010) der Mobilfunknetze der drei Betreiber Swisscom, Sunrise und Orange modellhaft dargestellt. Auf dieser Basis wurde ein Trend Szenario 2013 unter Berücksichtigung der gegenwärtigen Prognose zur Netzplanung der Betreiber erstellt. Die Betreiber stellten 5CCG dazu umfassende Daten zu allen Mobilfunkantennen im gesamten Untersuchungsgebiet (Kanton Basel-Stadt) zur Verfügung. Für das Jahr 2013 haben die Mobilfunkbetreiber den Ausbau ihrer Mobilfunknetze berücksichtigt, um den gestiegenen Bedürfnissen vor allem beim Datenverkehr gerecht werden zu können (siehe dazu die Ausführungen und Marktprojektionen im Anhang).

### Aktuelle Mobilfunksituation in Basel (mobilfunkspezifische Betrachtung der drei vorgenannten Mobilfunkanbieter):

Derzeit sind ca. 500 Antennen-Anlagen, ausgestattet mit GSM und UMTS Sendetechnologien der drei relevanten Mobilfunkanbieter Swisscom, Sunrise und Orange mit eigenen Mobilfunknetzen zur Sprach- und Datenübertragung, installiert. Weitere Netzwerkbetreiber wie die SBB, das Militär, die Polizei sowie kleinere Anbieter und Betreiber werden in der Studie nicht berücksichtigt.

Die Anlagen sind sowohl auf privaten, als auch auf kantonseigenen Gebäuden installiert.

Im Zuge der in den letzten Jahren stark gestiegenen Nutzung von Mobilfunkdiensten (von Sprach-, vor allem aber Datendiensten) sowie der Verwendung neuer Technologien und der zwangsläufigen Zunahme von Mobilfunkantennen, um den gestiegenen Bedürfnissen der Mobilfunkkunden gerecht zu werden, hat sich in der allgemeinen Wahrnehmung eine generelle Skepsis und Sorge gegenüber der Intensität der auftretenden Mobilfunkstrahlung und ihrer möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit etabliert.

## 3. Methodik

Der Begriff Immission, wie er im Rahmen dieser Studie verwendet wird, beschreibt die elektromagnetische Strahlung der drei relevanten Mobilfunkbetreiber, die an einem bestimmten Ort auftritt. Nicht berücksichtigt wurden dabei die von der Bevölkerung selbst verursachten elektromagnetischen Felder, welche von Handys, WLAN-Stationen oder schnurlosen Telefonen verursacht werden.

Im Zuge dieser Studie wurden aufgrund der Projektvorgaben keine Messungen der tatsächlichen Immissionen durchgeführt oder berücksichtigt, sondern mit Hilfe von Modellberechnungen verschiedene Szenarien, basierend auf den Angaben zu den Mobilfunknetzen der drei Mobilfunkbetreiber erstellt. Aufgrund des vereinfachenden Modellcharakters der Studie können die berechneten Immissionswerte nicht mit real zu messenden Werten oder Anlagengrenzwerten in Relation gesetzt werden. Ziel war es, einen Vergleich der verschiedenen Szenarien zu ermöglichen, und so die Auswirkungen einer optimierten Netzplanung einschätzen zu können.

Bei dem Modell handelt es sich um ein Freifeldmodell, d.h. in der Realität auftretende Dämpfungseffekte durch Gebäude und Wände bleiben unberücksichtigt und es wird über das gesamte Untersuchungsgebiet auf gleicher Höhe über (Erd)Boden gerechnet. Diese starke Vereinfachung der Realität ist vertretbar, weil die beiden zu vergleichenden Szenarien auf denselben Vereinfachungen basieren.

In diesem Abschnitt 3 beschreiben wir die erstellten Szenarien, das Berechnungsmodell und die Methodik, mit der die Immissionen, verursacht durch die in der Studie berücksichtigten Mobilfunknetze in Basel, berechnet wurden.

### 3.1 Mobilfunknetze und Szenarien

Folgende Mobilfunknetze wurden im Rahmen dieser Studie analysiert:

Mobilfunkbetreiber	Orange	Sunrise	Swisscom
Massgebende Frequenzen*	1800MHz 2100MHz	900MHz 1800MHz 2100MHz	900MHz 1800MHz 2100MHz
Gegenwärtige Anzahl Mobilfunkzellen in Basel-Stadt**	384	302	473

\* Als massgebende Frequenzen wurden die Frequenzen verwendet, die von den Mobilfunkbetreibern als Trend für die nächsten Jahre angegeben wurden.

\*\* Als gegenwärtige Anzahl an Mobilfunkzellen wurden die Daten verwendet, die 5CCG von den Mobilfunkbetreibern im April 2010 angegeben wurden. Sämtliche Angaben der Betreiber sind vereinbarungsgemäss vertraulich zu behandeln und weitergehende Angaben können deshalb von 5CCG nicht veröffentlicht werden.

Berücksichtigt werden nur Outdoor-Anlagen mit einer Sendeleistung (ERP) von mehr als 6 Watt (dies gilt im Folgenden uneingeschränkt). Ausgeschlossen wurden demnach bei allen drei Szenarien Anlagen zur Indoor- und Tunnelversorgung sowie Mikrozellen. Sie werden eingesetzt, um Kapazitätsengpässe sehr lokal abzufangen und können somit nicht verschoben oder weiterführend optimiert werden.

Im Rahmen der Studie wurden folgende Szenarien analysiert:

- **Current Scenario 2010:** Immissionssituation unter Berücksichtigung aller aktiven Mobilfunkanlagen im April 2010
- **Trend Scenario 2013:** Immissionssituation unter Berücksichtigung aller aktiven Mobilfunkanlagen im Jahr 2013 nach gegenwärtiger Standortprognose (ohne Optimierungsplanungen)
- **Optimized Scenario 2013:** Immissionssituation unter Berücksichtigung aller aktiven Mobilfunkanlagen im Jahr 2013 nach optimierter Standortprognose (Entflechtung von Antennenstandorten unter Einbezug öffentlicher Liegenschaften).

Das „Optimized Scenario 2013“ basiert auf dem „Trend Scenario 2013“. Dieses wurde zusammen mit den Mobilfunkbetreibern analysiert und auf Grundlage dieser Analyse konfigurierten die Mobilfunkbetreiber ihre Standortauswahl neu, um die Immissionsbelastung in Bereichen mit den stärksten Immissionen zu optimieren.

Es wurden die Anlagen aller Frequenzbereiche der Mobilfunkbetreiber gleichzeitig analysiert. Das bedeutet, dass die berechneten Immissionswerte das Resultat aller aktiven Mobilfunkanlagen darstellen.

### 3.2 Immissionen – Leistungsflussdichte und elektrische Feldstärke

Elektromagnetische Wellen transportieren Energie, die sich aus den Energieanteilen des elektrischen und magnetischen Feldes zusammensetzt. Das Mass für die Intensität der Energie kann durch mehrere Einheiten definiert werden. In Bezug auf Immissionen sind die gebräuchlichsten:

- **S:** die Leistungsflussdichte in Watt pro Quadratmeter [ $W/m^2$ ]
- **E:** die elektrische Feldstärke in Volt pro Meter [ $V/m$ ].

Während der Analyse im Rahmen dieser Studie wurden alle Berechnungen durchgeführt, um das Ergebnis *S* zu erhalten. Weil in der Schweiz die Angabe der elektrischen Feldstärke in  $V/m$  üblich ist, wurden die Resultate *S* für die finalen Ergebnisse in *E* konvertiert.

Unter Sichtlinien-Bedingungen, wo keine Behinderung der Sichtverbindung zwischen einer Antenne und dem zu untersuchenden Punkt  $p$  gegeben ist, wird  $S$  an einem solchen Punkt mit der Distanz  $d$  (in Metern) zu der Quelle wie folgt berechnet:

$$S = \frac{P}{4\pi d^2} \quad (1)$$

wobei  $P$  die Energie in Watt ist, die ausgehend von der Antenne in Richtung des Punktes  $p$  ausgestrahlt wird.

Für die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen sind Sichtlinien-Bedingungen optimal.

Um die Einflüsse von reflektierenden Oberflächen in besiedelten Gebieten berücksichtigen zu können, und somit auch zu realistischeren Ergebnissen zu kommen, ist in der Netzplanung allgemein anerkannt, einen Korrekturfaktor zu verwenden und die Formel entsprechend zu erweitern. Die Leistungsflussdichte wird demnach folgendermassen berechnet:

$$S_{cell} = \frac{2.56P}{4\pi d^2} \quad (2)$$

wobei 2.56 in der Netzplanung der üblicherweise verwendete Faktor ist, um den Auswirkungen reflektierender Gebäude und Bauteile Rechnung zu tragen.

Die elektrische Feldstärke  $E$  wird mit folgender Formel ausgehend von der Leistungsflussdichte  $S$  berechnet:

$$S = \frac{E}{377} \Leftrightarrow E = 377S \quad (3)$$

Wobei  $E$  die elektrische Feldstärke in Volt pro Meter ist.

### 3.3 Ermittlung der Gesamt-Immissionen

Bedingt durch die Anzahl der involvierten Anlagen war es nötig, ein geeignetes Software-Tool zu verwenden, um die Immissionen für das gesamte Untersuchungsgebiet zu ermitteln. Im Rahmen dieser Studie wurde das Tool CelPlanner™ verwendet, eine Softwarelösung der Firma CelPlan International.

Um die Feldstärke an jedem Punkt des Untersuchungsgebiets berechnen zu können, wurde die Konfiguration jeder Mobilfunkanlage in die CelPlanner Software geladen. CelPlanner berechnet den Einfluss jeder einzelnen Anlage und kombiniert alle Werte, um die gesamte Feldstärke zu errechnen.

Das Berechnungsgitter über das gesamte Untersuchungsgebiet hat eine Auflösung von 6.32 \* 9.24 Meter.

### 3.4 Antennenparameter

Die für die Berechnungen notwendigen Parameter wurden 5CCG von den Mobilfunkbetreibern geliefert. Eine Anlage besteht aus einer oder mehr Antennen, über welche in einem oder mehreren Frequenzbändern gesendet wird. Die pro Antenne und Frequenzband notwendigen Parameter sind:

- Geographische Koordinaten
- Die durchschnittliche Sendeleistung über 24 Stunden - Average effective isotropic radiated power (EiRP)
- Antennenhöhe über Boden
- Azimut
- Mechanische Elevation
- Elektrische Elevation
- Antennentyp und Antennenpattern (vertikal und horizontal)
- Frequenzband und tiefste Downlinkfrequenz pro Band

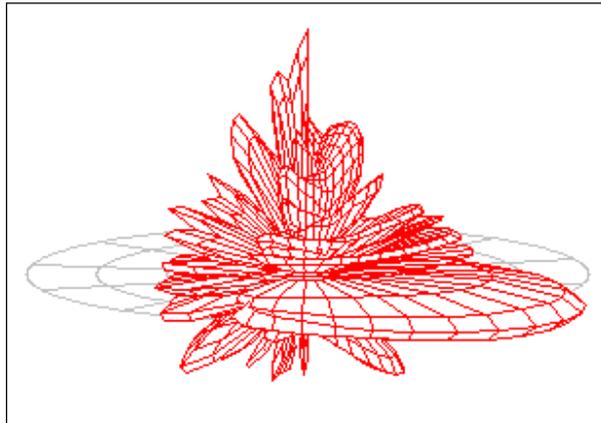
Diese Informationen stellten die drei Mobilfunkbetreiber für die drei spezifischen Szenarien Current 2010, Trend 2013 und Optimized 2013 zur Verfügung.

### 3.5 Antennenpattern

Um möglichst akkurate Berechnungsergebnisse zu erhalten, benötigt CelPlanner die exakten Strahlungsmuster einer Mobilfunkanlage, um für jede horizontale und vertikale Richtung die spezifische Intensität der Energie berechnen zu können. Diese Strahlungsmuster wurden ebenfalls in die CelPlanner Software geladen (zwei Tabellen mit den entsprechenden Daten):

- Azimut Tabelle: repräsentiert die Leistungsabschwächung bezüglich der Horizontalebene
- Elevation Tabelle: repräsentiert die Leistungsabschwächung bezüglich der Vertikalebene

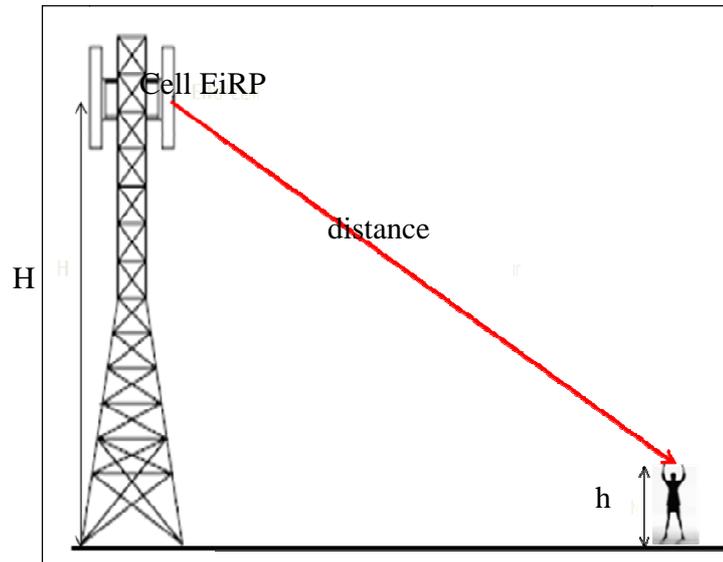
Durch Kombination dieser beiden Tabellen berechnet CelPlanner die Leistungsabschwächung für jede Richtung in dem die Antenne umgebenden Raum. Das nachfolgende Beispiel zeigt dies:



In der vorliegenden Studie haben die Mobilfunkbetreiber für jede Anlage, die analysiert wurde, das Azimut- und Elevation-Strahlungsmuster zur Verfügung gestellt.

### 3.6 Immissionen bei Betrachtung einer einzelnen Mobilfunkanlage

Wenn die entsprechenden Antennendaten in der Software geladen sind, kann die elektrische Feldstärke entsprechend den in 3.2 genannten Formeln für jeden Punkt errechnet werden.

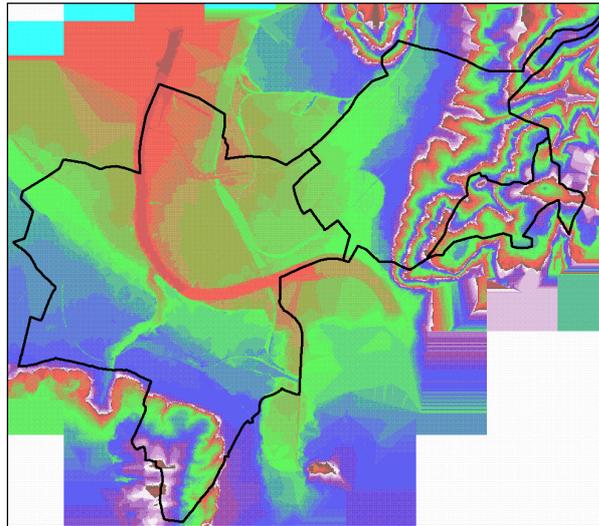


Die Berechnungshöhe  $h$  wurde - gegenüber der NISV mit 1.5 Meter - auf 2 Meter festgelegt. 2 Meter können als "Mittelwert" zwischen Gehen und Aufhalten angesehen werden.

### 3.7 Topographische Datenbank

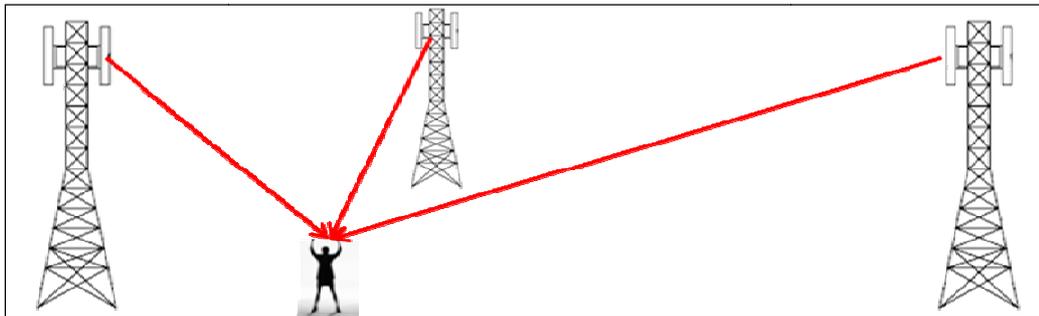
Die elektrische Feldstärke wird durch Hindernisse, auch durch terrainbedingte, abgeschwächt. Um diese Abschwächung modellieren zu können, wurde ein digitales Höhenmodell, welches vom LHA zur Verfügung gestellt wurde, in die CelPlanner Software eingelesen, so dass die topographischen Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet bei der Berechnung der elektrischen Feldstärke berücksichtigt werden konnten.

Das nachfolgende Bild zeigt die topographischen Gegebenheiten, die im Rahmen dieser Studie berücksichtigt wurden. Das Untersuchungsgebiet (Kanton Basel-Stadt) wird durch die schwarze Umrandung dargestellt. Jeder Farbwechsel stellt dabei eine Höhenveränderung dar.



### 3.8 Gesamtbetrachtung bei mehreren Mobilfunkanlagen

Nachdem die Immissionswerte individueller Anlagen errechnet wurden, berechnete CelPlanner die kombinierte elektrische Feldstärke für jeden Punkt des Untersuchungsgebietes.



CelPlanner berechnete die Summe der elektrischen Feldstärken aller Anlagen für jeden Ort im Untersuchungsgebiet.

#### 4. Zusammenarbeit mit den Mobilfunkbetreibern

In mehreren Sitzungen wurde den drei Mobilfunkbetreibern Swisscom, Sunrise und Orange das Projekt vorgestellt und die technischen Details zur Erstellung der Studie zwischen den Betreibern, dem LHA und 5CCG vereinbart. Aufgrund dieser Vereinbarung lieferten die Betreiber die unter Punkt 3.4 und 3.5 genannten Daten für alle drei Szenarien:

- **Current Scenario:** Immissionsituation unter Berücksichtigung aller aktiven Mobilfunkanlagen im April 2010
- **2013 Trend Scenario 2013:** Immissionsituation unter Berücksichtigung aller aktiven Mobilfunkanlagen im Jahr 2013 nach gegenwärtiger Prognose (ohne Optimierung). 5CCG stuft den von den Betreibern genannten Ausbau der Netze als realistisch ein.
- **Optimized Scenario 2013:** Immissionsituation unter Berücksichtigung aller aktiven Mobilfunkanlagen im Jahr 2013 nach optimierter Standortauswahl (Entflechtung von Antennenstandorten unter Einbezug öffentlicher Liegenschaften). 5CCG stuft den von den Betreibern genannten Ausbau der Netze als realistisch ein.

Das LHA stellte den Mobilfunkbetreibern eine Aufstellung der öffentlichen Liegenschaften (im kantonalen Verwaltungs- und Finanzvermögen inkl. Baurecht) zur Standortplanung für das Optimized Scenario 2013 zur Verfügung.

Um Geschäftsgeheimnisse zu wahren, lieferten die Betreiber ihre Planungsdaten lediglich an 5CCG. Die Planungsdaten wurden von 5CCG ausschliesslich zur Berechnung der Immissionsituation verwendet. Eine direkte Weitergabe der Daten an den Kanton Basel-Stadt, an die drei Mobilfunkbetreiber oder an Dritte fand vereinbarungsgemäss nicht statt.

5CCG lieferte nach Berechnung der einzelnen Szenarien jeweils spezifische Immissionskarten, die nur die Situation unter Berücksichtigung der Antennen des einzelnen Mobilfunkbetreibers betrafen, an den jeweiligen Betreiber und Karten/Histogramme, die die Gesamtsituation unter Berücksichtigung aller Betreiber darstellten, an alle drei Mobilfunkbetreiber, das AWA und das LHA. Diese Gesamtkarten und Histogramme dienten der Analyse der Immissionsituation und waren die Grundlage für die optimierte Standortplanung der Betreiber für das Jahr 2013.

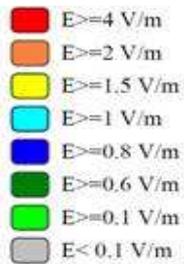
Die Gesamtkarten/Histogramme und das weitere Vorgehen zur Optimierung wurden wiederum in mehreren Sitzungen und Telefonaten mit allen am Projekt beteiligten Parteien besprochen.

Die Zusammenarbeit mit den Mobilfunkbetreibern war sehr konstruktiv, sämtliche Anfragen wurden prompt beantwortet. 5CCG schätzt alle erhaltenen Informationen als zutreffend und richtig ein und hält die Ausbauplanungen der Betreiber für realistisch.

## 5. Studienergebnisse

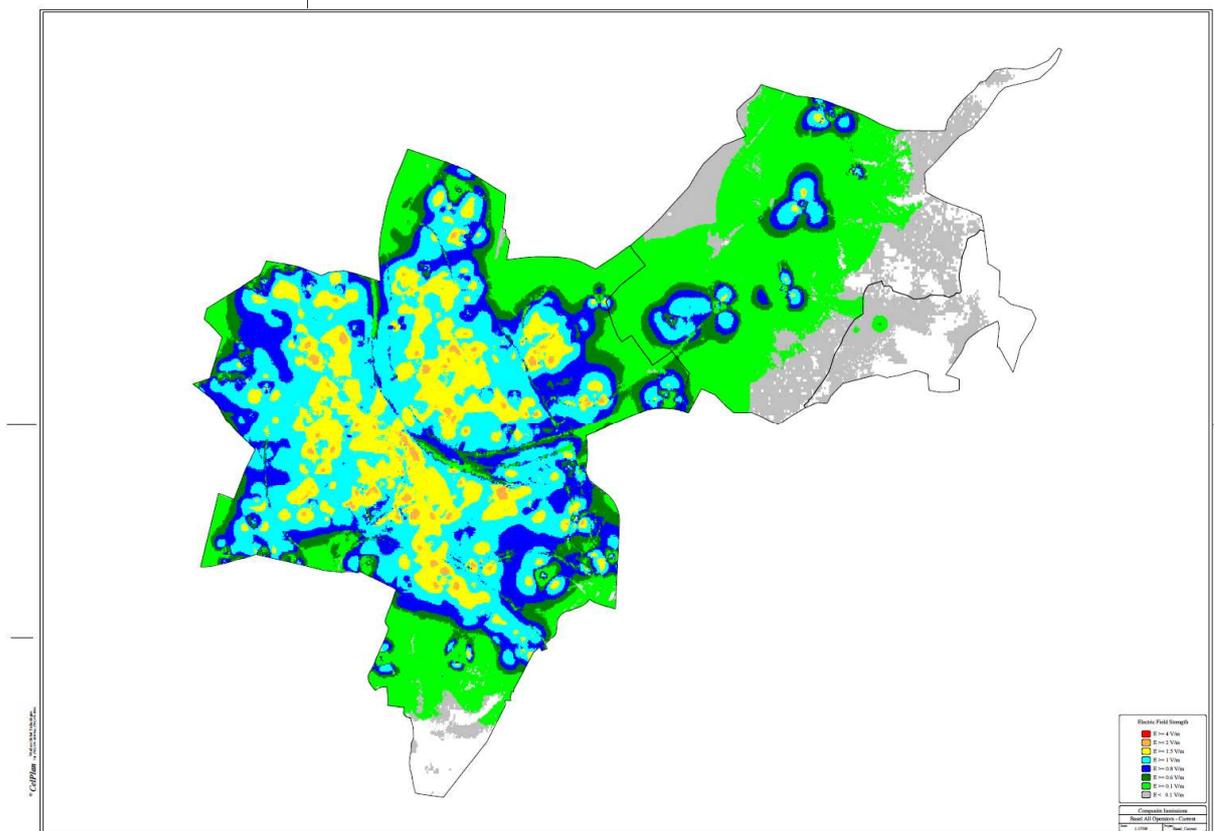
Die Ergebnisse der untersuchten Szenarien wurden im Acrobat .PDF und im MapInfo File Format erstellt. Das Berechnungsgitter über das gesamte Untersuchungsgebiet hat eine Auflösung von 6.32 \* 9.24 Meter.

In den Immissionskarten wurde folgende Farblegende verwendet, um die elektrische Feldstärke (in Volt/Meter) darzustellen:



### 5.1 Beschreibung Current Scenario 2010

Szenario	Konfiguration	Beschreibung
Current Scenario 2010	Alle drei Mobilfunkbetreiber (Swisscom, Sunrise, Orange)	Repräsentiert die Immissionsituation innerhalb des Kantonsgebiets/Untersuchungsgebiets unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber (Stand April 2010).



Karte 1: Current Scenario 2010: Immissionssituation innerhalb des Kantonsgebiets / Untersuchungsgebiets mit allen gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber (Stand April 2010).

5 Continents Consulting Group GmbH - VAT and Registration No.: 658 538

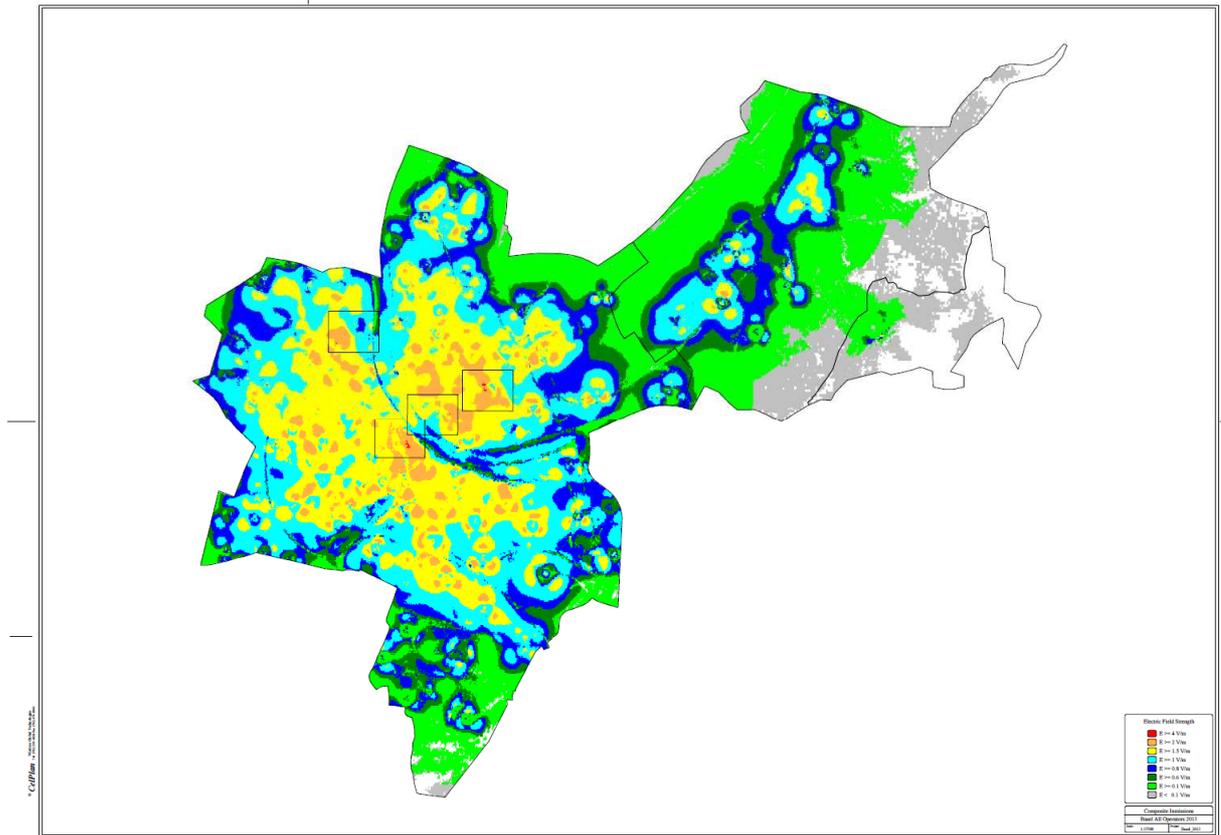
Im Kugelfang 4 - 4102 Binningen - Switzerland

5CCG Offices:

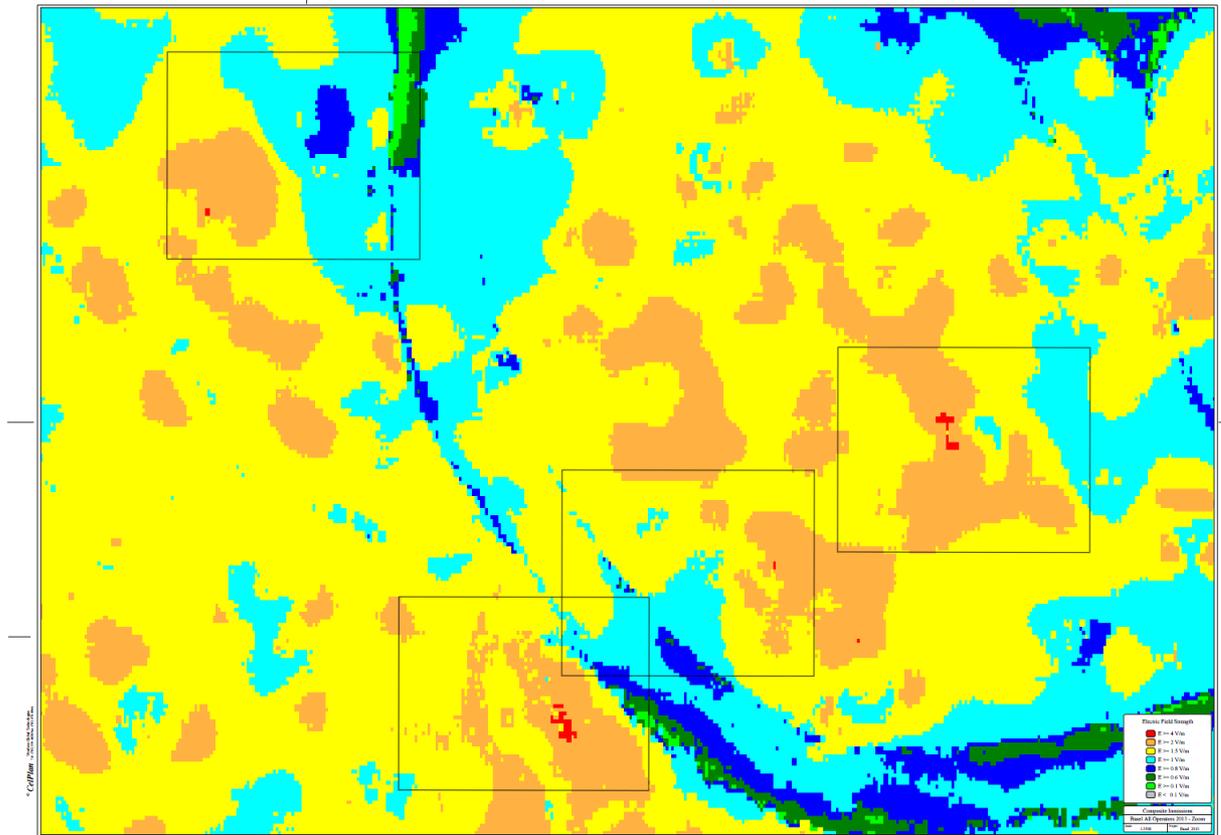
Basel – Mexico City – Sao Paulo – Buenos Aires – Berlin – New York - Moscow

## 5.2 Beschreibung Trend Scenario 2013

Szenario	Konfiguration	Beschreibung
Trend Scenario 2013	Alle drei Mobilfunkbetreiber (Swisscom, Sunrise, Orange)	Repräsentiert die Immissionssituation innerhalb des Kantonsgebiets / Untersuchungsgebiets unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Anlagen, die aufgrund der heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden.



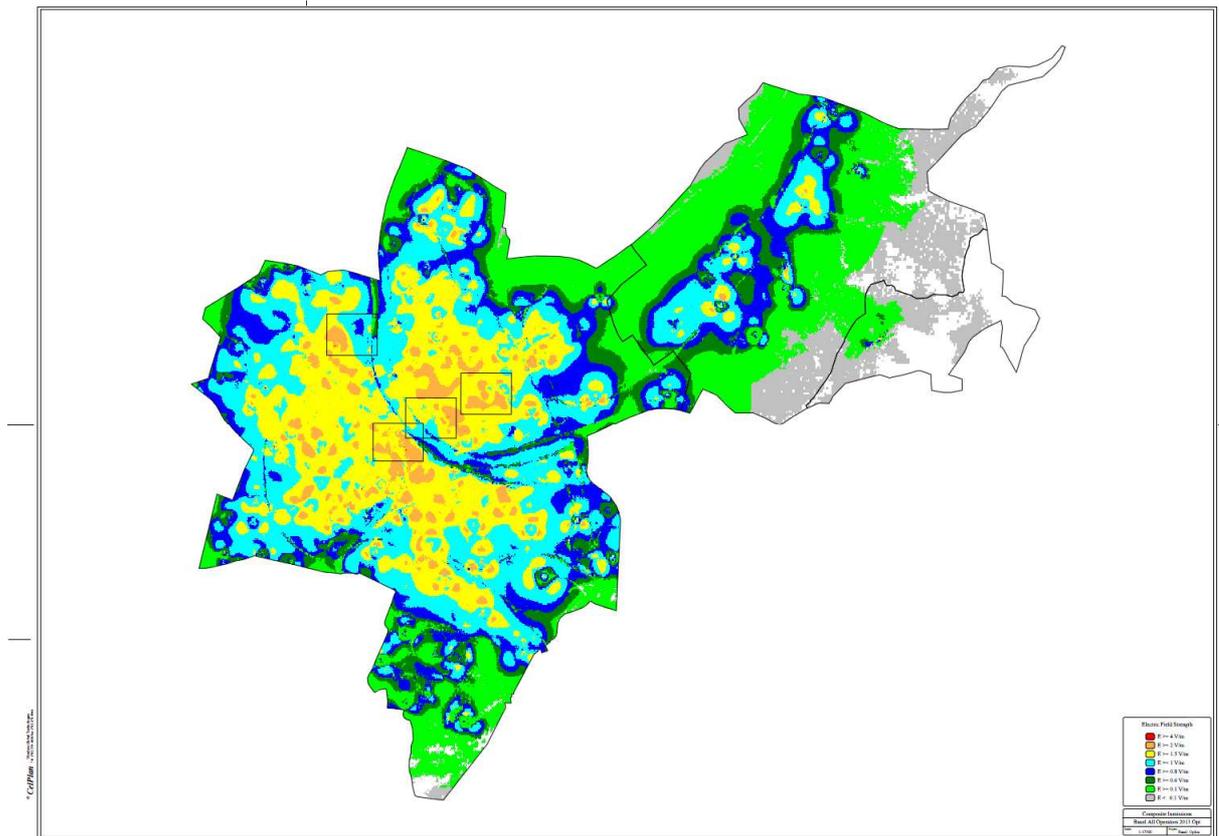
Karte 2: Trend Scenario 2013: Immissionssituation innerhalb des Kantonsgebiets / Untersuchungsgebiets unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Anlagen, die aufgrund der heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden.



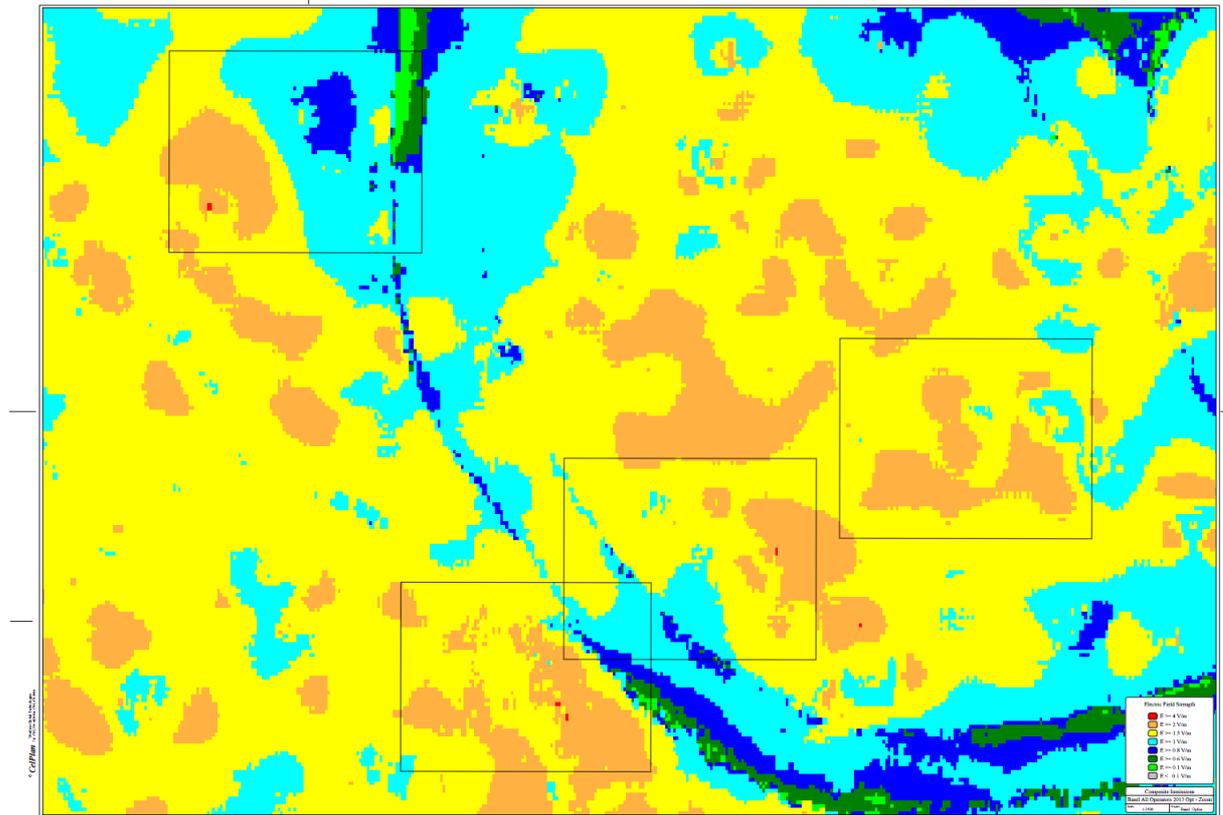
Karte 3: Trend Scenario 2013: (vergrößerter Ausschnitt aus Karte 2) dargestellt wird die Immissionssituation in vier Auswahlgebieten (schwarze Rechtecke) innerhalb des Untersuchungsgebiets unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Anlagen, die aufgrund der bisherigen heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden. Diese vier Gebiete wurden ausgewählt, weil sich darin relativ hohe Immissionswerte zeigen und es sich dabei zudem um Gebiete handelt, die aus Sicht der Mobilfunkbetreiber einen zukünftigen Ausbau erfordern.

### 5.3 Beschreibung Optimized Scenario 2013

Szenario	Konfiguration	Beschreibung
Optimized Scenario 2013	Alle drei Mobilfunkbetreiber (Swisscom, Sunrise, Orange)	Repräsentiert die Immissionsituation innerhalb des Kantonsgebiets / Untersuchungsgebiets unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Anlagen, die aufgrund der heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden. In vier Auswahlgebieten haben die Betreiber ihre Standortwahl verändert, um die Immissionsbelastung zu optimieren.



Karte 4: Optimized Scenario 2013: dargestellt wird die Immissionsituation innerhalb des Untersuchungsgebiets unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkantennen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Antennenanlagen, die aufgrund der heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden. In vier Auswahlgebieten haben die Betreiber zusätzliche ihre Standortwahl verändert, um die Immissionsbelastung zu optimieren.



Karte 5: Optimized Scenario 2013: (vergrößerter Ausschnitt aus Karte 4) dargestellt wird die Immissionssituation in vier Auswahlgebieten (schwarze Rechtecke) innerhalb des Untersuchungsgebiets unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Anlagen, die aufgrund der bisherigen heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden. Zusätzlich haben die drei Betreiber in den vier Auswahlgebieten ihre Standortwahl so verändert, dass die Immissionsbelastung optimiert werden konnte.

Der Vergleich zwischen Karte 3 und Karte 5 zeigt deutlich, dass die Flächen mit Werten  $\geq 4$  V/m deutlich geringer geworden sind, die Immissionssituation also verbessert werden konnte.

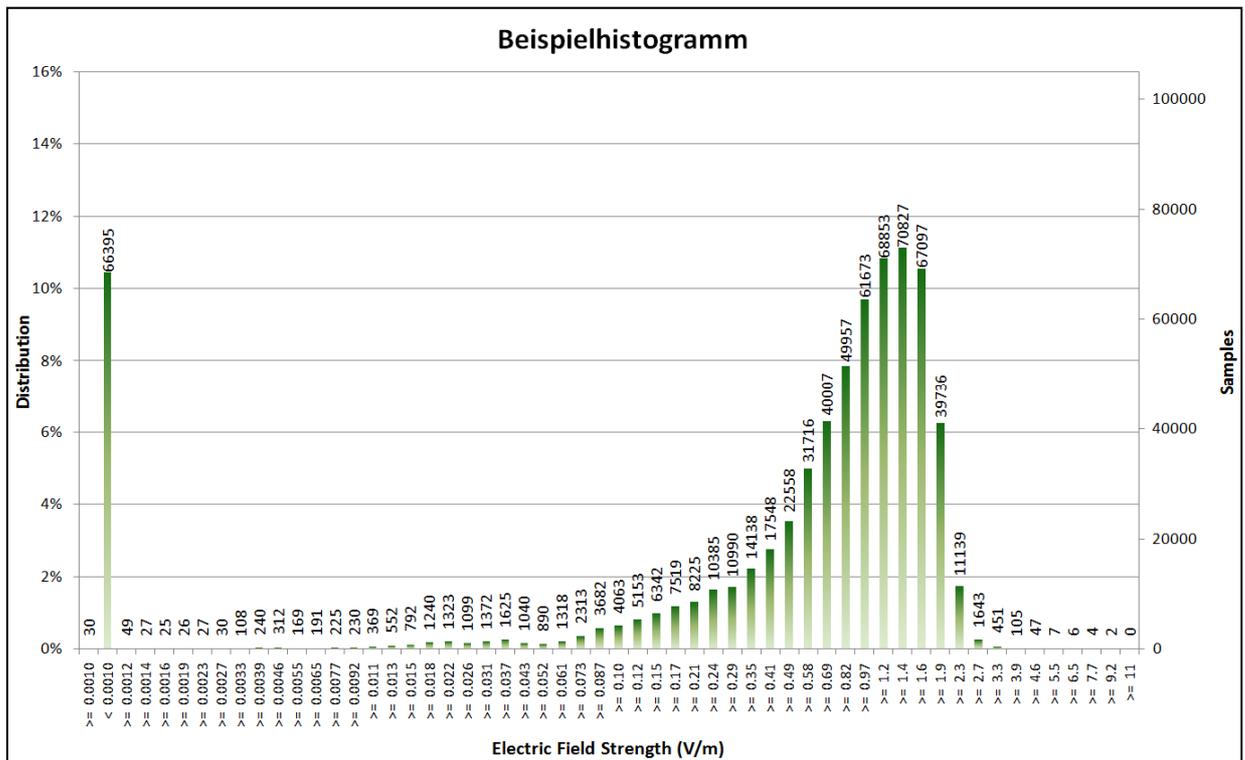
## 5.4 Beschreibung der Histogramme und Delta-Histogramme

### 5.4.1 Vorgehensweise

Um die Untersuchungsergebnisse statistisch auswerten zu können, wurden Histogramme erstellt, die die Verteilung der elektrischen Feldstärke im jeweiligen Untersuchungsgebiet darstellen. Die Gesamtfläche der vier Auswahlgebiete, in denen die Optimierung durch die Mobilfunkbetreiber stattgefunden hat, wurde statistisch untersucht.

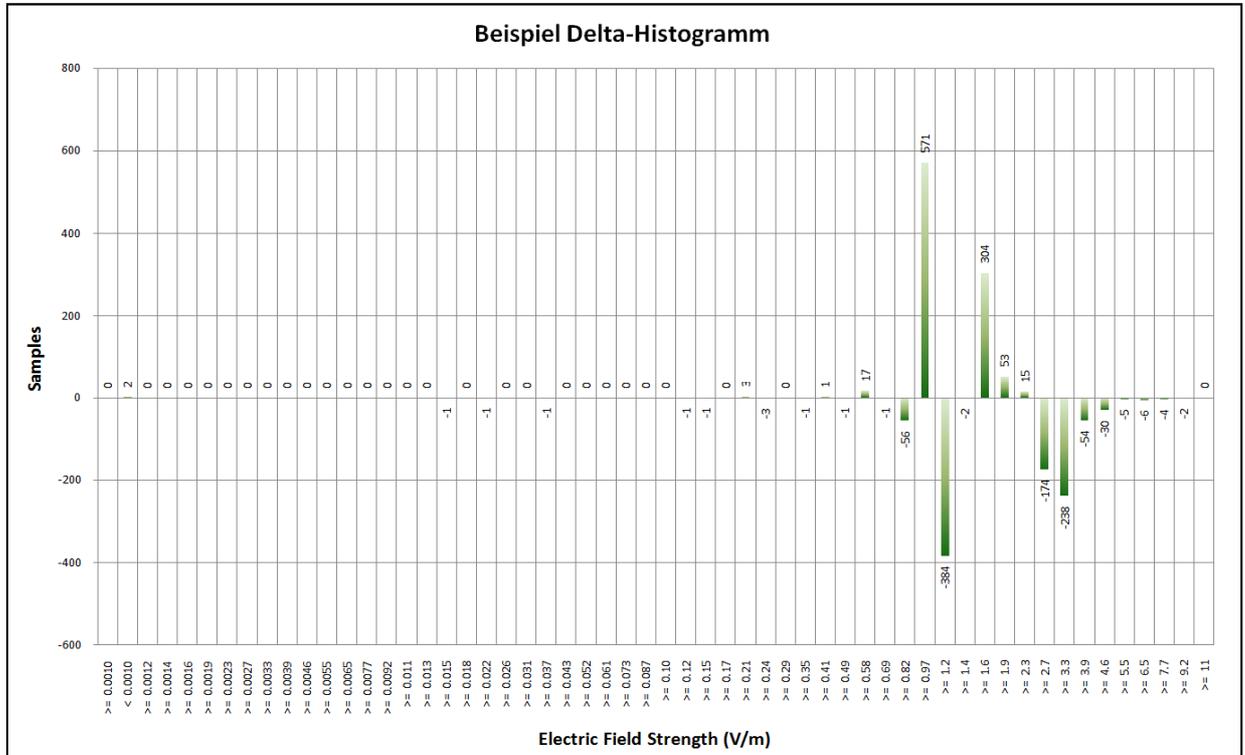
Die Histogramme wurden als Balkendiagramme dargestellt, wobei die Balken die Anzahl an „Samples“ repräsentieren, an denen die elektrische Feldstärke entsprechend des Referenzwertes auf der x-Achse oder grösser (aber kleiner als der nächstgrössere Referenzwert) zu beobachten war. Als „Sample“ wurde dabei eine Fläche von 6.32 \* 9.24 Metern gewählt.

Nachfolgend ein Beispielhistogramm:

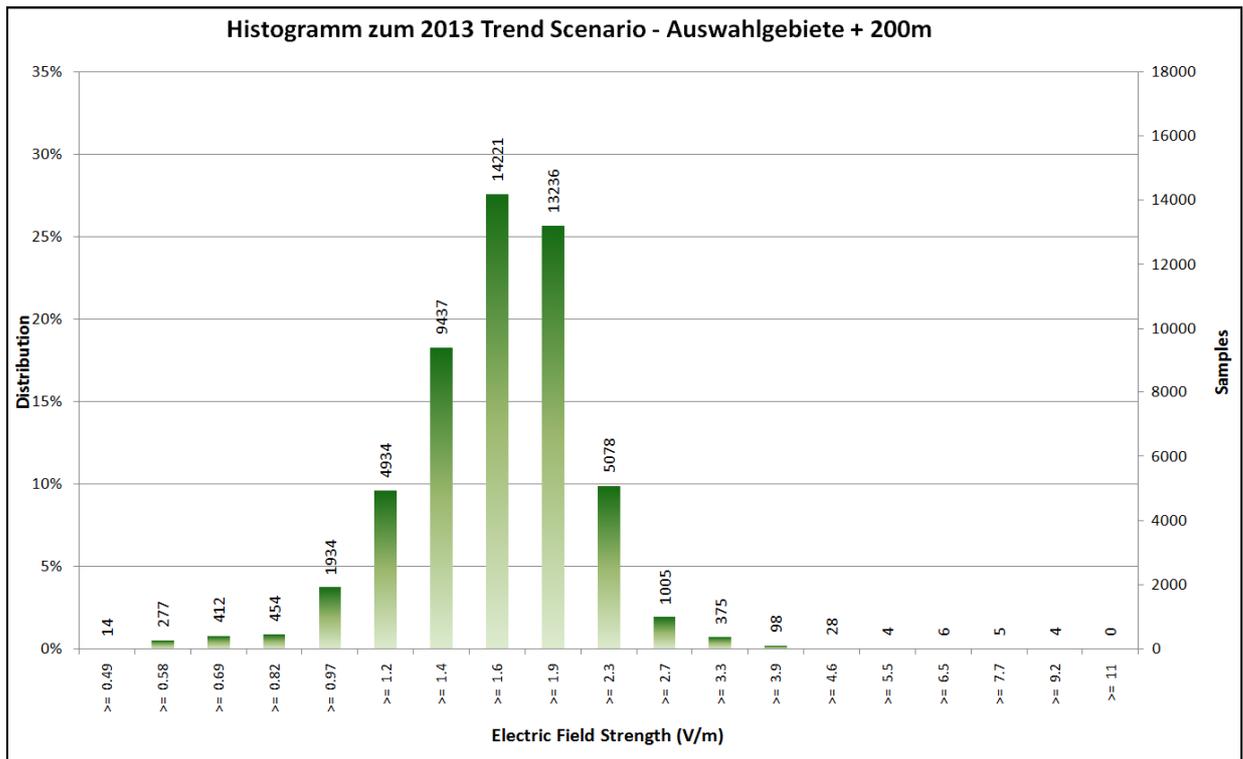


Neben den oben beschriebenen Histogrammen, wurden auch sogenannte Delta-Histogramme erstellt, um die Veränderung zwischen dem Trend und dem Optimized Scenario 2013 darstellen zu können. Diese Delta/Histogramme zeigen die Veränderung der Anzahl an Samples für jedes Referenzintervall beim Vergleich Trend Scenario 2013 zum Optimized Scenario 2013.

Das folgende Delta-Histogramm zeigt dies exemplarisch:



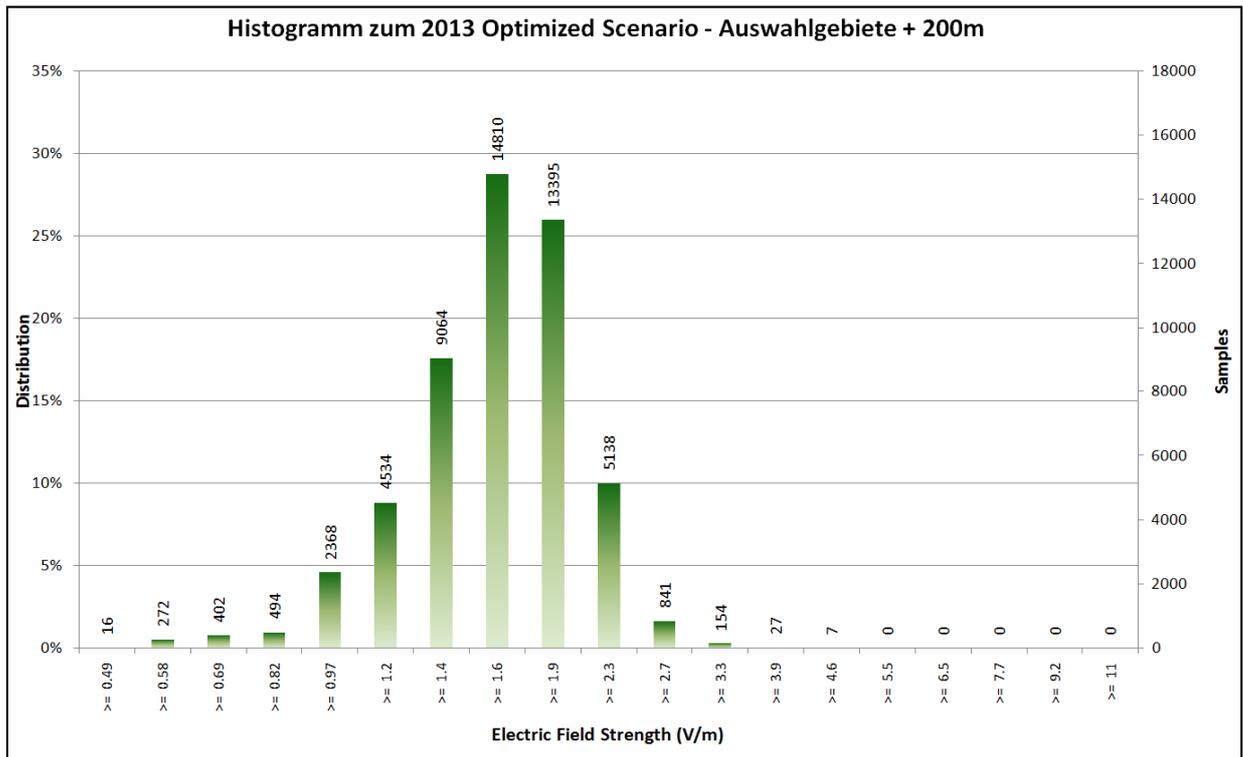
## 5.4.2 Histogramme Auswahlgebiete



Histogramm 1: Das Histogramm 1 - Trend Szenario 2013 - stellt die Immissions-Verteilung in der Gesamtfläche der vier Auswahlgebiete (s.o. 5.2 und Karte 3) unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Anlagen, die aufgrund der bisherigen heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden, dar.

Nur innerhalb dieser vier Auswahlgebiete wurden für das dritte Szenario (Optimized Szenario 2013) Optimierungen vorgenommen. Um vor allem negative Einflüsse der Optimierung auf die nahe Umgebung der Auswahlgebiete nicht unberücksichtigt zu lassen, wurden die Auswahlgebiete für die statistische Auswertung um 200 Meter in alle Richtungen erweitert.

Die Mehrzahl der Samples ist im Bereich  $\geq 1$  V/m und  $< 3$  V/m verteilt. Wenige Samples befinden sich im Bereich  $\geq 3$  V/m und  $< 11$  V/m. Das Ziel war es, diese Spitzen durch Optimierung der Standortplanung im Optimized Szenario 2013 zu verringern.



Histogramm 2: Das Histogramm 2 – Optimized Scenario 2013 stellt die Immissions-Verteilung in der Gesamtfläche der vier Auswahlgebieten unter Berücksichtigung aller gegenwärtigen Mobilfunkanlagen der drei Betreiber und den zusätzlichen neuen Anlagen, die aufgrund der bisherigen heutigen Prognose der Betreiber im Jahr 2013 operativ sein werden, dar.

Die Standortauswahl der drei Mobilfunkbetreiber in diesen vier Auswahlgebieten wurde verändert, um die Immissionsbelastung zu optimieren. Um Einflüsse, die sich durch die Optimierung auf die Umgebung um die vier Auswahlgebiete herum ergeben, berücksichtigen zu können, wurde jedes Auswahlgebiet bei der Berechnung der Gesamtfläche der vier Auswahlgebiete um 200 Meter in alle Richtungen erweitert.

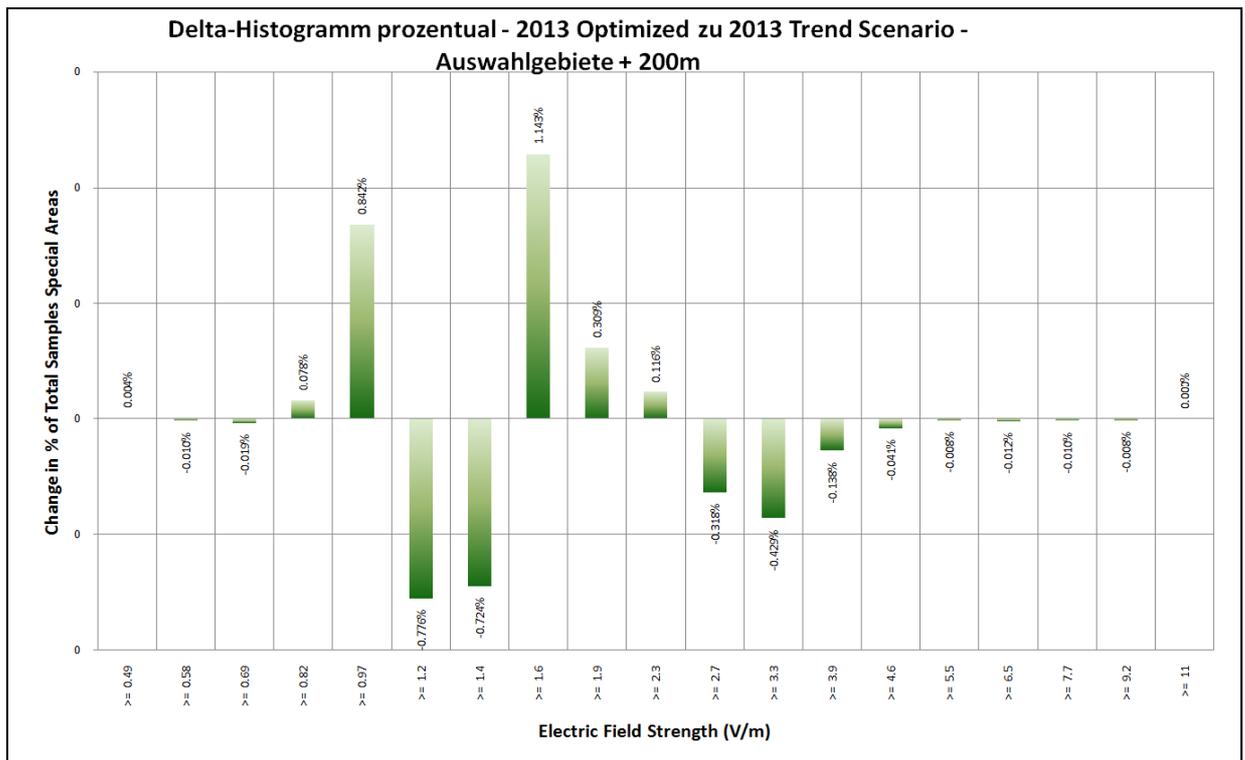
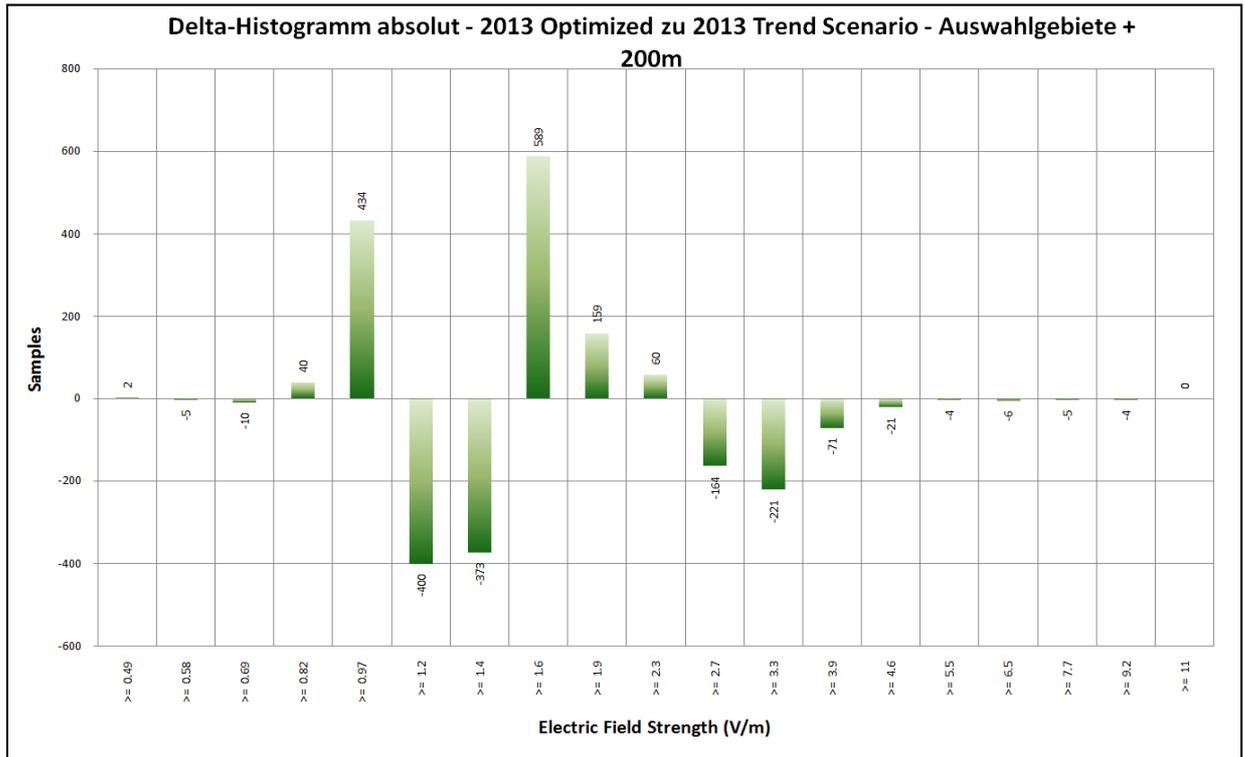
Die Mehrzahl der Samples ist im Bereich  $\geq 1$  V/m und  $< 3$  V/m verteilt. Sehr deutlich fällt auf, dass die im Histogramm 1 festgestellten Spitzen im Bereich  $> 5.5$  V/m vollständig beseitigt werden konnten (ein Minus von 19 Samples). Auch die Anzahl der Samples im Bereich  $\geq 2.7$  V/m und  $< 5.5$  V/m konnte um 477 verringert werden. Insgesamt konnten die Samples im Bereich  $\geq 2.7$  V/m um 496 Samples verringert werden, was ca. 0.96 % entspricht. Durch die Verringerung der Immissionsspitzen ergibt sich dementsprechend eine Verschiebung der entsprechenden Samples in niedrigere Referenzbereiche und insgesamt eine Zunahme der Immissionen in den niedrigen Bereichen:

$\geq 1.6$  V/m und  $< 2.7$  V/m

bzw.

$\geq 0.82$  V/m und  $< 1.2$  V/m.

Dies zeigen die nachfolgenden Delta-Histogramme (absolute und prozentuale Veränderung):



Delta-Histogramm 1 und 2: Veränderung Trend zu Optimized Szenario 2013 in den vier Auswahlgebieten absolut (Delta-Histogramm 1) und prozentual (Delta-Histogramm 2).

## 6. Fazit und Handlungsempfehlung

Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass die Immissionsspitzen durch eine optimale Standortplanung unter Einbezug von öffentlichen Liegenschaften verringert werden können.

Der in der Studie projektierte Zeitraum bis 2013 ist auf der einen Seite relevant, da in einem überschaubaren Zeitfenster, auf der anderen Seite zeigt er nur den Beginn des durch steigende Kapazitäten erforderlichen Netzausbaus.

Die Mobilfunkstudie Basel Stadt hat daher diese Entwicklung in Zusammenarbeit mit den Mobilfunkanbietern antizipiert und auf Basis einer Planung bis in das Jahr 2013 eine Optimierung der Standortplanung unter Einbezug öffentlicher Liegenschaften in Basel Stadt erarbeitet. Die Verbesserung der Immissionssituation in den untersuchten Szenarien fällt bis zum Jahr 2013 noch recht gering aus. Das ist aber damit zu erklären, dass gemäss den Modellberechnungen die Immissionsbelastungen insgesamt nicht so stark sind, dass deutlichere Verbesserungen zu beobachten gewesen wären. In den darauffolgenden Jahren – mit zunehmender Immissionsbelastung aufgrund des weiteren Ausbaus der Netze – dürften die positiven Ergebnisse einer solchen Optimierung noch deutlicher ausfallen.

Die zugrunde liegende Annahme war, dass die Immissionsspitzen, die sogenannten „Hot Spots“, durch die optimale Platzierung der Antennen verringert werden können und damit eine Verbesserung der Immissionssituation erreicht werden kann. Der Mittelwert der Immissionsbelastung bleibt dabei in etwa gleich, es findet aber eine Verteilung, d.h. eine Zunahme der Belastung in Bereichen mit geringer (geringer als der Mittelwert) und mittlerer Belastung (nah am Mittelwert) statt.

Durch die Einbeziehung kantonseigener Standorte konnte die Anzahl der potenziellen Standorte erweitert werden. Es wurde dadurch eine flexiblere Planung ermöglicht, um die Immissionssituation zu optimieren.

Die Annahme wurde durch die Studienergebnisse bestätigt. Abzuklären wäre noch, in wie fern sich diese Optimierung tatsächlich auf die Immissionssituation in sensiblen Gebäuden wie Spitälern und Schulhäusern auswirken.

Die Ergebnisse der Studie führen demnach zu folgender Handlungsempfehlung:

- 1. Eine enge Zusammenarbeit mit den Mobilfunknetzbetreibern im Rahmen eines „Dialogmodells“ sollte vereinbart und umgesetzt werden, um eine optimierte Standortplanung zu ermöglichen.**
- 2. Kantonseigene Standorte sind in Basel eine wichtige Ressource in einer optimierten Ausbauplanung und daher den Mobilfunkbetreibern wenn irgend möglich unter der Massgabe der Immissionsoptimierung zur Verfügung zu stellen.**

## Anhang mit Angaben zur prognostizierten Entwicklung der Mobilfunknutzung in der Schweiz

Anmerkung: die nachfolgenden Erläuterungen sind nicht Bestandteil der Studie, sondern dienen vielmehr zu ergänzenden Informationszwecken. Die getroffenen Angaben wurden von den drei Mobilfunkbetreibern Swisscom, Sunrise und Orange weder analysiert noch bestätigt.

Nach Einschätzung von PriceWaterhouseCoopers wird sich die Anzahl der Abonnenten von mobilen Internet-Datentarifen (zusätzlich zum normalen Telefentarif) in der Schweiz von 1.01 Millionen in 2010 auf 2.18 Millionen Ende 2013 mehr als verdoppeln. Im Jahr 2013 hätten dann etwa 24% der Post-Paid Mobilfunkkunden einen zusätzlichen Datentarif gebucht – es würde also immer noch grosses Wachstumspotential bis zur vollständigen Marktsättigung bestehen (siehe unten die Tabelle Switzerland Digital Market – Key Data).

Switzerland Digital Market - Key Data

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2009-13 CAGR
Population (m)	7.261	7.274	7.287	7.299	7.310	7.321	7.332	7.341	7.341	7.341	
% Change		0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
Households (m)	3.267	3.286	3.308	3.287	3.294	3.296	3.292	3.294	3.294	3.294	
% Change		0.6%	0.7%	-0.6%	0.2%	0.1%	-0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Internet subscribers broadband (m)	1.227	1.624	1.988	2.400	2.785	3.171	3.200	3.225	3.240	3.260	
% Change		32.3%	22.4%	20.7%	16.1%	13.8%	0.9%	0.8%	0.5%	0.6%	3.2%
Internet sub. broadband per 100 inhabitants	17	22	26	32	38	43	44	44	44	44	
% Change		31.5%	21.6%	21.1%	18.8%	13.7%	0.8%	0.7%	0.5%	0.6%	3.1%
Internet users (m)	3.500	3.800	4.360	4.610	4.928	5.223	5.519	5.814	6.109	6.405	
% Change		8.6%	14.7%	5.7%	6.9%	6.0%	5.7%	5.4%	5.1%	4.8%	5.4%
Internet users per 100 inhabitants	47	51	58	62	67	71	75	79	83	87	
% Change		7.9%	14.0%	6.1%	9.4%	5.8%	5.5%	5.2%	5.1%	4.8%	5.3%
Mobile cellular telephone subscribers - (Post-paid + Pre-paid in m)	6.275	6.834	7.436	8.096	8.550	8.775	8.950	9.030	9.075	9.120	
% Change		8.9%	8.8%	8.9%	5.6%	2.6%	2.0%	0.9%	0.5%	0.5%	1.3%
Mobile cellular telephone subscribers - prepaid subscribers (m)	2.485	2.808	3.103	3.382	3.550	3.770	3.980	4.150	4.250	4.300	
% Change		13.0%	10.5%	9.0%	5.0%	6.2%	5.6%	4.3%	2.4%	1.2%	3.9%
Mobile internet access subscribers (m)	0.119	0.205	0.342	0.510	0.701	0.842	1.013	1.264	1.652	2.180	
% Change		72.0%	66.8%	49.1%	37.5%	20.2%	20.1%	25.0%	30.6%	32.0%	25.5%
Mobile internet access subscribers per 100 mobile subscribers	2	3	5	6	8	10	11	14	18	24	
% Change		57.9%	53.3%	37.0%	30.2%	17.1%	17.7%	23.9%	30.0%	31.3%	23.9%
Mobile TV subscribers (m)	NA	NA	NA	NA	0.060	0.132	0.269	0.452	0.726	0.950	
% Change						119.9%	104.0%	68.2%	60.8%	30.9%	73.8%

Sources: IMF; ITU; Price WaterhouseCoopers; SCCC Research

Bis Ende 2013 wird die Marktdurchdringung mit Smartphones in der Schweiz von 42% (Ende 2009) bis auf 85% steigen, was dann ca. 4.097 Millionen Smartphones (iPhone, Smartphones mit und ohne Touchscreen) in der Schweiz entspricht.

Im Zeitraum 2010 – 2013 wird die Anzahl der iPads und Tablet-PCs in der Schweiz von ca. 59,000 (2010) bis auf etwa 750,000 ansteigen (siehe unten die Tabelle Switzerland Digital Market – Mobile Devices Segment).

Nach 2013 ist mit einer weiteren Zunahme der Verbreitung von Smartphones und Tablet PCs zu rechnen, sowie mit einer stark vermehrten Bereitschaft, mobil Internetangebote zu nutzen, so dass über das Jahr 2013 hinaus mit weiterem starkem Wachstum des mobilen Datenverkehrs zu rechnen ist, was zu einem entsprechenden Ausbau der Mobilfunknetze und der Einführung neuer Technologien wie z.B. LTE führen wird.

Switzerland Digital Market - Mobile Devices Segment

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2010-13 CAGR
Population (m)	7.261	7.274	7.287	7.299	7.310	7.321	7.332	7.341	7.341	7.341	
% Change		0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
Mobile cellular telephone subscribers - (Post-paid + Pre-paid in m)	6.275	6.834	7.436	8.096	8.550	8.775	8.950	9.030	9.075	9.120	
% Change		8.9%	8.8%	8.9%	5.6%	2.6%	2.0%	0.9%	0.5%	0.5%	1.0%
Mobile cellular telephone subscribers - prepaid subscribers (m)	2.485	2.808	3.103	3.382	3.550	3.770	3.980	4.150	4.250	4.300	
% Change		13.0%	10.5%	9.0%	5.0%	6.2%	5.6%	4.3%	2.4%	1.2%	3.3%
Mobile cellular telephone subscribers - postpaid subscribers in (m)	3.790	4.026	4.334	4.714	5.000	5.005	4.970	4.880	4.825	4.820	
% Change		6.2%	7.6%	8.8%	6.1%	0.1%	-0.7%	-1.8%	-1.1%	-0.1%	-0.9%
Smartphones per 100 postpaid subscribers							42	55	65	85	
% Change							31.0%	18.2%	15.4%	13.2%	19.3%
Smartphones used by postpaid subscribers (m)						2.102	2.734	3.172	3.619	4.097	
% Change							30.0%	16.0%	14.1%	13.2%	18.2%
iPads/Tablet shipped in Switzerland (cumulative, m)							0.059	0.200	0.400	0.750	
% Change								239.0%	100.0%	87.5%	NA

Sources: IMF; ITU; Price WaterhouseCoopers; Accenture; RBC Capital Markets; SCCC Research

Schon heute ziehen die Nutzer das Mobiltelefon bei sehr vielen Internetangeboten dem PC oder Laptop vor. Neben typischen Angeboten wie Navigation im Auto und Klingeltönen bevorzugen mobile Surfer ihr Handy auch, um Verkehrsmeldungen und Wettervorhersagen abzufragen – und um zu twittern.

5 Continents Consulting Group GmbH - VAT and Registration No.: 658 538

Im Kugelfang 4 - 4102 Binningen - Switzerland

5CCG Offices:

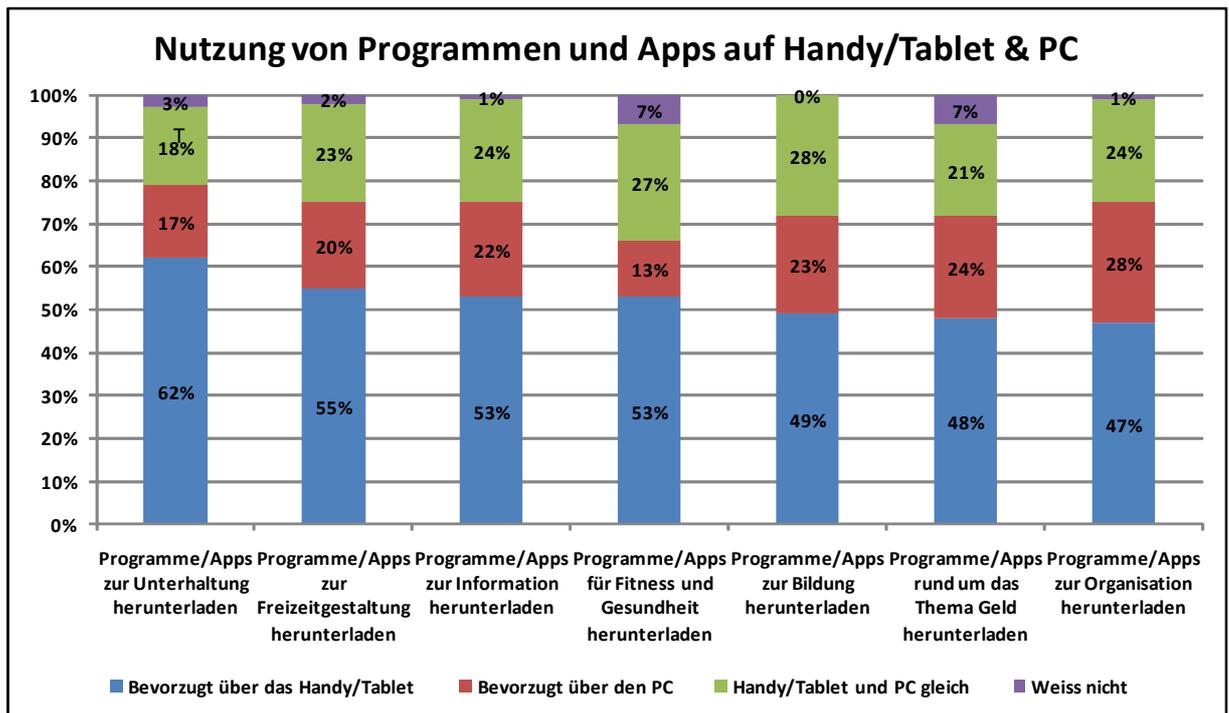
Basel – Mexico City – Sao Paulo – Buenos Aires – Berlin – New York - Moscow

Während die Generation 50+ weiterhin das mobile Internet eher selten verwendet, steigt die Zahl der 14- bis 19-Jährigen, die das mobile Internet mindestens täglich nutzen, deutlich an (2010: 52%; 2009: 39%. Quelle Accenture „Mobile Web-Watch“ Studie 2010 für Deutschland, die Schweiz und Österreich).

Folgende Anwendungen nutzen die mobilen Surfer bereits heute bevorzugt über das Mobiltelefon:

- typische Handyangebote wie Navigation im Auto oder Klingeltöne laden
- Unterhaltungs- und Informationsprogramme

Die nachfolgende Abbildung zeigt die bevorzugte Nutzung von Programmen und Applikationen (abgekürzt Apps) in Deutschland, der Schweiz und Österreich. Insbesondere Unterhaltungs-, Freizeitgestaltungs- und Informations-Programme/Apps werden bevorzugt auf dem Mobiltelefon, iPad/Tablet genutzt und weniger über den PC.



Sources: Accenture "Mobile Web-Watch" Studie 2010; 5CCG Research