



a r e

Monitoring Antennenstandorte

Untersuchungsbericht

26. November 2003

Auftrag: Monitoring der Antennenstandorte in der Schweiz

Auftraggeber: Bundesamt für Kommunikation (BAKOM)
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Auftragnehmer: Kaden & Partner AG
Zürcherstrasse 34
8500 Frauenfeld
www.kadenpartner.ch

Inhalt

Zusammenfassung	1
Ausgangslage	2
Zielsetzung	3
Auftrag	3
Themenkreis Versorgung	4
Datenauswertung.....	4
Anbietersauswahl der Bevölkerung	4
Vollständige Abdeckung aller grösseren Gemeinden.....	5
Notruf.....	6
Versorgungsflächen (Karte 1).....	6
Themenkreis Natur- und Landschaftsschutz	12
Generieren der Antennendatei	12
Auswertungsstandorte	12
Vergleich mit zufällig gesetzten Punkten	14
Nutzung bestehender Infrastrukturbauten	16
Hauptverkehrsträger	16
Bahnlinien	17
Übrige Verkehrsträger.....	18
Hochspannungsleitungen, Kraftwerke	19
Anlagen.....	20
Berücksichtigung des Datums der Inbetriebnahme der Antennenstandorte	21
Antennenstandorte an Seen (Karte 2).....	22
Antennenstandorte an Flüssen (Karte 3).....	26
Antennenstandorte an Bächen (Karte 4)	30
Antennenstandorte in Kuppenlagen (Karte 5)	34
Antennenstandorte im Wald (Karte 6)	36
Antennenstandorte an Waldrändern (Karte 7).....	38
Antennenstandorte in BLN-Gebieten (Karte 8).....	42
Antennenstandorte in Schutzobjekten nationaler Bedeutung (Karte 9).....	44
Anzahl Anbieter pro Antennenstandort (Karte 10).....	48
Freistehende Antennen ausserhalb von Siedlungsgebieten und abseits von Infrastrukturbauten.....	50
Distanz zum nächsten Antennenstandort (Karte 11).....	50
Anhang	51

Zusammenfassung

Die Studie 'Monitoring Antennenstandorte' dient der Überprüfung und Evaluation der Empfehlungen, welche von einer Arbeitsgruppe des Bundes und der Kantone ausgearbeitet wurden und die Koordination von Mobilfunkanlagen betreffen.

Die Überprüfung der Versorgung der Bevölkerung an ihrem Wohnort ergab, dass die Vorgaben des Bundes erfüllt sind. 95 % der Wohnbevölkerung kann zwischen allen drei Anbietern auswählen. Nur gerade 0.1 % oder rund 10'000 Personen haben gar keinen Zugang zu einem GSM-Netz.

Die noch existierenden Lücken sind verteilt auf 251 Gemeinden in der ganzen Schweiz. Auch in grösseren Städten gibt es kleine Lücken. Die Notrufmöglichkeit über ein Mobiltelefon ist somit noch nicht ganz überall gegeben.

Untersucht wurden auch die Aspekte des Natur- und Landschaftsschutzes. Es zeigt sich, dass die Kantone der Einhaltung des Raumplanungsgesetzes wie auch der Empfehlungen von BAKOM, BUWAL und ARE grosse Beachtung schenken. 86 % der Antennen stehen entweder im Siedlungsgebiet oder sie wurden in weniger als 50 m Abstand von einer bestehenden Infrastruktur errichtet.

Auch in denjenigen Fällen, wo der Entscheid für einen Standort in der unverbauten Landschaft fiel, wurde dem Natur- und Landschaftsschutzaspekt grosse Bedeutung beigemessen. Es gibt in der ganzen Schweiz nur gerade 13 Antennen, welche in Schutzgebieten von nationaler Bedeutung stehen. Auch diese sind teilweise an Gebäuden wie Scheunen oder Reservoirs installiert (welche im Rahmen der Auswertung nicht zu den Infrastrukturbauten gerechnet wurden). Auch in Wäldern stehen lediglich 80 Antennen abseits bestehender Infrastrukturbauten; ein Teil davon dürfte bereits älteren Datums sein. 331 Standorte wurden in BLN-Gebieten festgestellt. 96 dieser Antennen stehen abseits von Siedlungsgebieten und Infrastrukturbauten. Angesichts der Grösse der BLN-Gebiete ist aber auch diese Zahl als eher gering einzustufen.

In Fluss- und Bachnähe wurde der Bau von Antennen eher vermieden. An Seeufern ist diese Tendenz nicht auszumachen. Auffallend hoch ist die Anzahl der Standorte an Waldrändern. Auf den Landschaftsschutz wirkt sich dies eher positiv aus. Auch in Kuppenlagen stehen viele Antennen. Viele davon dürften das Landschaftsbild negativ prägen. Allerdings muss auch anerkannt werden, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit durch den Bau von Antennen in Kuppenlagen die Gesamtzahl der Standorte reduziert worden ist.

Die Ergebnisse der Studie wurden am 27. November 2002 in Biel den Vertreterinnen und Vertretern der kantonalen Bewilligungsbehörden sowie den Mobilfunkanbietern vorgestellt. Mitarbeiter aus den Kantonen Graubünden, Thurgau, Waadt und Zürich hielten Referate zu ausgewählten Problemfällen. Die beteiligten Bundesämter BAKOM, BUWAL und ARE nahmen Stellung zu Fragen, welche sich bei Vorabklärungen bei den oben erwähnten Kantonen sowie in Neuenburg ergeben hatten. Die Ergebnisse der Tagung wurden in diesen Bericht integriert.

Ausgangslage

Der Aufbau und Betrieb von Telekommunikationsnetzen für mobile Fernmeldedienste (z.B. GSM, UMTS) und für drahtlose Festnetzanschlüsse (WLL) hat den Bau von Antennenanlagen zur Folge. Die durch die Liberalisierung der Fernmeldemärkte ausgelöste Dynamik hat in der Praxis jedoch zu Vollzugsproblemen bei den Bau- und Planungsbehörden der Kantone und Gemeinden geführt.

Im Auftrag des Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) sowie der Schweizerischen Bau-, Planungs- und Umweltschutzdirektoren-Konferenz (BPUK) hat sich eine Arbeitsgruppe mit der Erarbeitung von Empfehlungen für die Koordination von Baubewilligungsverfahren für entsprechende Antennenanlagen befasst. Die Arbeitsgruppe setzte sich aus Vertretern des Bundes und der Kantone sowie des Schweiz. Städte- und des Gemeindeverbandes zusammen. Die in der Schweiz tätigen Betreiberfirmen der einschlägigen Funknetze waren ebenfalls zur Mitwirkung eingeladen.

Die erarbeiteten Empfehlungen enthalten insbesondere:

- Mobilfunkantennen: Berücksichtigung der Erfordernisse des Natur- und Landschaftsschutzes sowie der Walderhaltung. Merkblatt vom 30. Oktober 1998.
- Checkliste beim Bau von Antennen.
- Empfehlungen für die Koordination der Planungs- und Baubewilligungsverfahren für Basisstationen für Mobilfunk und drahtlose Teilnehmeranschlüsse (Antennenanlagen).
- Abklärungen Standortmitbenützung (Kriterienkatalog).
- Merksätze zur Problematik von Mobilfunkanlagen und Raumplanung.

Diese Empfehlungen können vom Internet heruntergeladen werden unter: www.bakom.ch/de/funk/antennenkoordination/index.html.

Zur Auswertung der Umsetzung der oben erwähnten Empfehlungen beim Bau von Mobilfunkantennen hat das Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) ein Studie bei der Firma Kaden & Partner in Auftrag gegeben. Die Studie soll aufzeigen in welchem Rahmen die erstellten Empfehlungen eingehalten werden.

Das Monitoring über die Landschaftsauswirkungen wird nur bei Standorten ausserhalb des Siedlungsbereiches also ausserhalb von Dörfern, Städten und Agglomerationen durchgeführt. Berücksichtigt werden dabei diejenigen Standorte, die seit 1998 erstellt wurden. Das Monitoring von Versorgungsaspekten wird auf dem gesamten Gebiet der Schweiz durchgeführt.

Die rechtlichen Grundlagen sind:

- Bewilligung von Bauten ausserhalb der Bauzonen gemäss Art. 24 RPG
- Beurteilung von Bundesaufgaben gemäss Art. 2, 3 NHG
- Fernmeldegesetz (FMG)
- Mobilfunkkonzessionen

Zielsetzung

Ziel und Zweck des Monitorings ist es, die Einhaltung der Empfehlungen zu überprüfen und herauszufinden, inwieweit diese Anleitungen in nächster Zukunft angepasst werden müssten.

Auftrag

Anhand ihrer Empfehlungen haben BAKOM, BUWAL und ARE Hypothesen definiert. Diese sind in die Themenkreise „Versorgung“ sowie „Natur und Landschaft“ gegliedert. Jede einzelne Hypothese wurde unter Zuhilfenahme diverser Datenquellen überprüft.

Themenkreis Versorgung

Datenauswertung

Grundlagen: Als Grundlagen dienten die Perimeter, innerhalb welcher ein Anbieter empfangen werden kann. Diese Gebiete wurden vom BAKOM auf der Basis der gemäss Konzession geforderten minimalen Empfangspegel gerechnet und in vektorisierter Form abgegeben. Angaben über die Qualität des Empfangs sind darin nicht enthalten. Zweite Datengrundlage war eine Datei des Bundesamtes für Statistik (BfS), welche die Bevölkerungszahlen der Volkszählung 1990 im Hektarraster enthält. Dritte Datengrundlage war eine Datei des ARE mit allen Gemeindegebieten der Schweiz.

Vorgehensweise: Zuerst wurde für jede Hektarfläche der Bevölkerungsdatei festgestellt, welche Anbieter auf ihnen empfangen werden können. In einem zweiten Durchgang wurde die Gemeindezugehörigkeit der einzelnen Rasterquadrate ermittelt. Danach wurden die Ergebnisse aufsummiert.

Anbietersauswahl der Bevölkerung

Hypothese: 90 % der Wohnbevölkerung hat die Wahlmöglichkeit zwischen den 3 GSM-Betreibern und kann das für sie günstigste Abonnement wählen. 95 % der Wohnbevölkerung hat die Wahlmöglichkeit zwischen 2 GSM-Betreibern.

Ergebnis: Beide Vorgaben sind erfüllt:

Anteil der Bevölkerung ohne Anbieter:	0.1 %
Anteil der Bevölkerung mit 1 Anbieter:	1.4 %
Anteil der Bevölkerung mit 2 Anbietern:	3.3 %
Anteil der Bevölkerung mit 3 Anbietern:	95.2 %

Detailliertere Angaben sind in Tabelle 1 dargestellt.

Vollständige Abdeckung aller grösseren Gemeinden

Hypothese: In allen Gemeinden mit mindestens 200 Einwohnern steht im Siedlungsgebiet mindestens ein Netz zur Verfügung.

Ergebnis: Es gibt 251 Gemeinden mit bewohnten Hektarflächen, die keinen Empfang haben (Tabelle 1). Die Wohnbevölkerung in diesen Gebieten umfasst 10'309 Personen. Betroffen sind nicht nur kleinere Gemeinden in Randgebieten. Es gibt auch in Städten kleine Lücken, die nicht abgedeckt sind.

Die Aufschlüsselung nach Kantonen zeigt das erwartete Bild. Städte wie Basel oder Genf sind vollständig erschlossen. Gar keine oder nur wenig Bevölkerung ohne Empfang gibt es auch in den Mittellandgebieten, z.B. im Kanton Thurgau. Am grössten ist die Anzahl Personen ohne Empfang in stark hügeligen Regionen mit Streusiedlungen. Dies gilt beispielsweise für das Napfgebiet und Entlebuch, was einen grossen Teil der Bevölkerung ohne Empfang in den Kantonen Bern, Aargau und Luzern erklärt.

Aargau	1501
Appenzell Ausserrhoden	173
Appenzell Innerrhoden	3
Baselland	98
Basel Stadt	0
Bern	3215
Freiburg	154
Genf	0
Glarus	120
Graubünden	505
Jura	119
Luzern	1995
Neuenburg	194
Nidwalden	16
Obwalden	0
Schaffhausen	4
Solothurn	157
St. Gallen	589
Thurgau	0
Tessin	561
Uri	434
Schwyz	86
Zug	5
Zürich	211
Waadt	42
Wallis	59

Notruf

Hypothese: Der Notruf über Mobiltelefone funktioniert überall im Siedlungsgebiet (d.h. mind. 1 Netz ist in Siedlungsgebieten vorhanden).

Ergebnis: In 251 Gemeinden (Tabelle 1) wurden insgesamt 2796 Hektarrasterflächen festgestellt, in denen keiner der drei GSM-Anbieter empfangen werden kann. Der Notruf funktioniert somit noch nicht in allen Siedlungsgebieten der Schweiz.

Versorgungsflächen (Karte 1)

Auch in Bezug auf die Fläche ist die Schweiz gut abgedeckt. Auf mehr als der Hälfte der Fläche können alle drei Anbieter empfangen werden. Die Gebiete ohne GSM-Empfang machen noch 15 % der Landesfläche aus. Sie liegen zum überwiegenden Teil in Alpen- und Voralpentälern (Karte 1).

Flächen ohne Anbieter:	6'173 km ²	15 %
Flächen mit 1 Anbieter:	4'857 km ²	12 %
Flächen mit 2 Anbietern:	6'650 km ²	16 %
Flächen mit 3 Anbietern:	23'670 km ²	57 %
Fläche CH ¹	41'350 km ²	100 %

Aus den Angaben über die Abdeckung der Gebiete können allerdings keine Rückschlüsse auf die Notwendigkeit neuer Antennen gezogen werden. Für die planerische Ermittlung der Funkabdeckung eines GSM Netzes und damit für die Beurteilung der Erfüllung der Versorgungspflicht durch die einzelnen Konzessionärinnen schreibt die Konzession eine aus der abgestrahlten Leistung einer Antenne resultierende Feldstärke von 45dB μ V/m für das 900MHz Band und von 51dB μ V/m für das 1800MHz Frequenzband vor. Zugrundegelegt ist die Annahme, dass eine Antenne bzw. Basisstation eine bestimmte Fläche (Funkzelle) abdeckt, wobei am Zellenrand diese Feldstärkewerte in freier Umgebung messbar sind. Die Höhe der Werte basieren auf der vom GSM Standard geforderten Empfindlichkeit eines Empfängers eines Handy. Sie stellen eine untere Grenze dar, die nicht unterschritten werden darf. Die in der Konzession angegebenen Werte bilden eine notwendige Grundlage, um die Mindestversorgung eines Gebietes zu gewährleisten. Für die Errichtung und den Betrieb eines Netzes sind sie allerdings nicht hinreichend, da hier auch Qualitätsfragen und ausreichende Gesprächskapazitäten eine Rolle spielen. Folgende Randbedingungen sind zusätzlich zu berücksichtigen:

- ◆ Mobile Teilnehmer möchten nicht nur im Freien erreichbar sein. Es wird erwartet, dass die Benutzung eines Mobilfunkgeräts auch innerhalb eines Gebäudes oder eines Autos (ohne zusätzliche Aussenantenne) möglich ist. Daher ist die Empfangsleistung innerhalb von Autos oder von Gebäuden für Basisstationen ausserhalb von hoher Be-

¹ Die für die Bearbeitung benutzte Fläche der Schweiz enthält auch die schweizerischen Bereiche der grossen Seen an der Grenze, was streng genommen beim Bodensee nicht zulässig ist.

deutung. Für die Versorgung von Innenräumen gibt es allerdings auch Alternativen. Diese basieren auf so genannten Repeatern, welche die Strahlung vor der Fassade empfangen und ins Gebäude hinein aktiv verstärken. Ebenso kommen hier auch Systeme, speziell für die Versorgung des Innenbereichs konzipiert, mit geringer Sendeleistung wie Pico BTS zum Einsatz. Damit könnte die Sendeleistung der Basisstationen reduziert und die Empfangsqualität im Gebäudeinnern verbessert werden. Diese Systeme sind derzeit vor allem für grosse Innenbereiche wie beispielsweise Einkaufszentren oder Büroflächen konzipiert, nicht aber zu einer generellen Versorgung von jedem Haus oder Auto. Um jedem Mobilfunkteilnehmer einen guten Empfang zu gewährleisten, müssen daher bei der heutigen Netzstruktur die Ausbreitungsverluste aufgrund von Mauern, Wänden oder Autokarosserie mittels entsprechend höheren Feldstärken einer ausserhalb stehenden Basisstation kompensiert werden.

- ◆ Da einem Funksystem stets nur eine endliche Bandbreite zur Verfügung steht, lassen sich im Versorgungsbereich einer Basisstation nur eine begrenzte Zahl von Verbindungen gleichzeitig aufbauen. Bei GSM Systemen können pro Trägerfrequenz in einer Funkzelle 8 Verbindungen bzw. Gespräche gleichzeitig bereitgestellt werden. Hierbei wird vereinfachend die zusätzlich notwendige Signalisierung zur Verbindungssteuerung nicht berücksichtigt. In dicht besiedelten Gebieten ist dies nicht ausreichend. Daher sind abhängig vom Kapazitätsbedarf des zu versorgenden Bereichs pro Basisstation entsprechend viele Verbindungen bereitzustellen. Hierdurch erhöht sich auch die Anzahl benötigter Frequenzen und damit kann die Feldstärke auch höhere Werte als die in der Konzession genannten annehmen. Da der Versorgungsbereich und die Versorgungskapazität einer einzelnen Basisstation nicht zuletzt auch durch die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) begrenzt ist, werden in einem Gebiet mit hohem Kapazitätsbedarf weitere zusätzliche Basisstationen erforderlich, um neben der reinen Flächenversorgung den Bedarf an Mobilfunkdiensten zu befriedigen. Auch hierdurch können sich in einem bestimmten Gebiet generell höhere Werte für die Feldstärke ergeben.
- ◆ Neue Technologien und Anwendungen des Mobilfunks (z.B. schnelle Datendienste HSCSD² und GPRS³) benötigen aufgrund der höheren Störanfälligkeit gegenüber der reinen Sprachübermittlung auch höhere Feldstärken, um eine schnelle und fehlerfreie Übertragung zu gewährleisten. Zudem erfordern diese Technologien die Bereitstellung höherer Kapazitäten, welche die oben bereits erwähnte Aufstockung von Basisstationen mit zusätzlichen Frequenzen sowie den Neubau zusätzlicher Basisstationen erfordern.

Als ein Parameter für die Qualität wird in der Konzession die Verlustrate für Verbindungsaufbauten genannt. Dieser Parameter beschreibt den prozentualen Anteil erfolgloser Anfragen eines Benutzers nach einer freien Sprachverbindung. Dieses Verhältnis steigt mit grösser werdendem Gesamtverkehr innerhalb einer Funkzelle an und nimmt mit grösser

² High Speed Circuit Switched Data

³ General Packet Radio Service

werdender Zahl von Sprachkanälen pro Funkzelle ab. Es dient somit als ein Parameter für die Bestimmung der bereitzustellenden Kapazität für eine Funkzelle. Der in der Konzession angegebene Wert von 4 % definiert wiederum eine Mindestgrösse, die nicht unterschritten werden darf. Oft verwendet man für das Betreiben von Mobilfunksystemen deutlich niedrigere Werte (2 % und weniger), um eine bessere System-Performance und eine Erhöhung der Kundenzufriedenheit zu erzielen. Darüber hinaus sei an dieser Stelle angemerkt, dass neben der Verlustrate die Abbruchrate (dropped call rate) sowie die Gesprächsqualität einer bestehenden Verbindung weitere sehr wichtige Qualitätsmerkmale darstellen, welche in der Konzession nicht berücksichtigt werden, jedoch markttechnisch sinnvoll sind. Beide Kriterien sind unter anderem von der vorhandenen Feldstärke abhängig. Zur Vermeidung ungewollter Abbrüche von Gesprächen und zur Erzielung guter Sprachqualität kann, wie bereits beschrieben, die hierzu erforderliche Feldstärke abhängig von der Umgebung deutlich über den in der Konzession angegebenen Werten liegen.

Resümierend lässt sich festhalten, dass die in den GSM - Konzessionen enthaltenen Auflagen betreffend der Bevölkerungsabdeckung und der Qualität Minimalvorgaben entsprechen, die dem BAKOM dazu dienen, die Erfüllung der Konzessionsauflagen zu überprüfen. Sie erlauben keine Rückschlüsse auf die Notwendigkeit zusätzlicher Antennen/ Basisstationen bzw. Kapazitätserweiterungen und können nicht zur Beurteilung von Baugesuchen herangezogen werden. Auch in Zukunft ist der Ausbau der bestehenden Netze aufgrund der immer noch steigenden Nachfrage an Datendiensten, Inhouse-Versorgung und hoher Dienstqualität weiter erforderlich. Darüber hinaus ergibt sich für den Aufbau von UMTS Netzen in der Schweiz ein zusätzlicher Bedarf an neuen Antennen bzw. Basisstationen.

Grundsätzlich sind auch die Konzessionärinnen bei der Festlegung der Qualitätskriterien für ihre Netze frei. Dies erlaubt es ihnen, abhängig von den Marktbedürfnissen und der festgelegten Geschäftsstrategie, die Qualität ihrer Netze selber zu bestimmen und sich dadurch von den Konkurrentinnen zu differenzieren.

Tabelle 1: Versorgung der Bevölkerung. Die Bevölkerungszahlen beziehen sich auf das Volkszählungsjahr 1990.

Einwohner	Anzahl Ge- meinden	Bevölkerung	Anzahl Ge- meinden mit Flächen ohne Anbie- ter	Bevölkerung ohne Anbie- ter	Anzahl Ge- meinden mit Flächen mit 1 Anbieter	Bevölkerung mit 1 Anbie- ter	Anzahl Ge- meinden mit Flächen mit 2 Anbietern	Bevölkerung mit 2 Anbie- tern	Anzahl Ge- meinden mit Flächen mit 3 Anbietern	Bevölkerung mit 3 Anbie- tern
0 - 4999	2'718	2'902'570	230	9'092	693	87'486	1'183	206'953	2'567	2'599'039
5000 - 9999	164	1'129'144	12	983	37	5'948	55	17'969	164	1'104'244
10000 - 14999	47	564'113	3	70	8	1'608	10	1'795	47	560'640
15000 - 19999	33	551'903	2	30	3	168	6	986	33	550'719
20000 - 24999	9	198'498	1	3	4	146	3	512	9	197'837
25000 - 29999	4	105'019	0	0	1	4	1	138	4	104'877
30000 - 34999	4	134'337	0	0	1	50	2	191	4	134'096
35000 - 39999	3	113'048	2	112	2	341	3	828	3	111'767
40000 - 44999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45000 - 49999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 50000	9	1'241'488	1	19	1	59	3	345	9	1'241'065
Total	2'991	6'940'120	251	10'309	750	95'810	1'266	229'717	2'840	6'604'284

Hinweis:

Damit zusammengehörige Inhalte jeweils auf gegenüberliegenden Seiten erscheinen, wurden im Bericht mehrere leere Seiten eingefügt.

Themenkreis Natur- und Landschaftsschutz

Generieren der Antennendatei

In den Rohdaten über die GSM-Antennen der Schweiz sind die Standorte der einzelnen Anbieter getrennt aufgeführt. Angaben über die gemeinsame Nutzung von Masten durch mehr als einen Anbieter fehlen. Weil für die Auswertung aber die Anzahl Masten interessiert, mussten die Daten teilweise zusammengelegt werden.

Die Koordinatenangaben der Anbieter sind fehlerhaft. Es wurde deshalb eine Minimaldistanz festgelegt, innerhalb derer zwei oder mehr Anbieterstandorte zu einem zusammengelegt wurden. Um nicht zu viele Antennen zusammenzulegen, umgekehrt aber auch die Mastenzahl nicht zu überschätzen, wurden in Feldbegehungen die Koordinaten von 31 Antennen überprüft. Als durchschnittlicher Koordinatenfehler wurden 20 m ermittelt. Diese Distanz wurde auch gewählt, um benachbarte Antennenstandorte zweier Anbieter zu einem Standort zusammenzulegen.

Weil es jedoch Standortangaben gibt, bei denen die Koordinatenabweichung über 20 m liegt, ist die Anzahl Antennen leicht zu hoch geschätzt.

Auswertungsstandorte

Für die Auswertung der Landschaftsauswirkungen wurden nur Antennen berücksichtigt, die einen Mindestabstand von 50 m

- zum nächsten Hauptverkehrsträger (Autobahn, Autostrasse, Hauptstrasse 1. Klasse)
- zur nächsten Bahnlinie
- zum nächsten übrigen Verkehrsträger (Seilbahnen, Sessellifte etc.)
- zur nächsten Hochspannungsleitung
- zu einer bestehenden Anlage (ARA, Kraftwerk, Unterwerk etc.)

aufweisen und

- ausserhalb des Siedlungsgebiets liegen.

Begriffe: Die Antennen, welche die oben aufgelisteten Kriterien erfüllen, werden im folgenden Text auch als **Auswertungsstandorte** bezeichnet. Die Gebiete, welche durch diese Kriterien definiert sind, werden im Text als **unüberbaute Lage** oder **unüberbautes Gebiet** bezeichnet.

Um festzustellen, welche Antennenstandorte an einem Hauptverkehrsträger, einem übrigen Verkehrsträger oder einer Bahnlinie liegen, wurden die vektorisierten Landeskarten Vektor25 der Swisstopo benutzt.

Die gleiche Grundlage diene zusammen mit einer spezifischen Karte des ARE dazu, festzustellen, welche Standorte in Anlagen oder an Hochspannungsleitungen liegen.

Welche Antennen im Siedlungsgebiet liegen, wurde anhand einer Kartengrundlage ermittelt, die das BUWAL speziell zu diesem Zweck erstellen liess. Diese Karte enthält nicht die Bauzonen aus den Nutzungsplänen der Gemeinden, sondern wurde rechnerisch aus Volkszählungs-, Betriebszählungs- und Bodennutzungsangaben sowie aus der Ebene Siedlung in Vektor25 erstellt.

Weil die Ebene Anlagen in Vektor25 nicht vollständig und die Kartengrundlage der Siedlungsgebiete in Randbereichen teilweise ungenau und nicht auf dem neuesten Stand ist, wurde auch eine manuelle Bearbeitung durchgeführt. Dabei wurden weitere Antennenstandorte markiert, die nicht in die Auswertung der Landschaftsauswirkungen gehören. Es handelt sich dabei ausschliesslich um Antennenstandorte, die

- auf dem Gelände von Anlagen, z.B. Kläranlagen, Schiessanlagen, Sender, Ausgleichsbecken etc.
- auf grossen Gebäuden ausserhalb des Siedlungsgebiets
- in Inseln der Ebene Siedlungsgebiet oder
- im Randbereich der Ebene Siedlungsgebiet liegen.

Die Bestimmung der Auswertungsstandorte wurde mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) durchgeführt. Zuerst wurde festgestellt, welche Standorte im Siedlungsgebiet liegen. Danach wurden bei allen Standorten die Minimaldistanzen zu den Ausscheidungskriterien (Hauptverkehrsträger etc.) gerechnet. Am Schluss erfolgte die manuelle Nachbearbeitung. Die Resultate dieser Auswertung sind in Tabelle 2 dargestellt. Ein einzelner Standort kann mehr als ein Kriterium erfüllen.

Tabelle 2: Die Lage der Antennenstandorte in Bezug auf die Kriterien für die Berücksichtigung in der Auswertung der Landschaftsauswirkungen.

Standorte total	6858	100.0 %
Im Siedlungsgebiet	4295	62.6 %
Nicht im Siedlungsgebiet	2563	37.4 %
Distanz zu Hochspannungsleitung, Unterwerk < 50 m	387	5.6 %
Distanz zu Anlage < 50 m	344	5.0 %
Distanz zu übrigen Verkehrsträgern < 50 m	173	2.5 %
Distanz zu Hauptverkehrsträger < 50 m	1949	28.4 %
Distanz zu Bahn < 50 m	931	13.6 %
Distanz zu bew. Hochspannungsmasten < 50 m	230	3.4 %
Auswertungsstandorte nach elektronischer Bearbeitung	1426	20.8 %
Manuell ausgeschiedene Standorte	463	6.5 %
Auswertungsstandorte total	963	13.6 %

Vergleich mit zufällig gesetzten Punkten

Um Gesetzmässigkeiten bei der Verteilung der Antennenstandorte feststellen zu können, werden diese mit einer Zufallsverteilung verglichen. Weil die Schweiz in Bezug auf die Antennenverteilung grosse topografisch bedingte regionale Unterschiede zeigt, konnte nicht einfach eine Zufallsverteilung über die gesamte Landesfläche erzeugt werden. Es wurde daher nach einem Verfahren gesucht, eine Verteilung zu finden, welche die regionalen Unterschiede berücksichtigt. Dazu wurde die Schweiz zunächst in Rasterquadrate mit 5 km Seitenlänge eingeteilt. Danach wurde die Anzahl tatsächlich vorhandener Antennen für jedes Rasterquadrat ermittelt. Nun folgte die Erzeugung von Koordinatenpunkten über einen Zufallsgenerator. Um unerwünschte Rastereffekte zu vermeiden, wurden nun aber nicht einfach die Rasterquadrate mit einer gleichen Anzahl Zufallspunkte wie Antennen gefüllt. Nach dem Erzeugen eines Punktes und dem Ermitteln des Rasterquadrates wurde eine Zufallszahl im Bereich zwischen 1 und der Summe der Antennen (6886) erzeugt. War die Zahl kleiner oder gleich der Anzahl effektiver Antennen in der Rasterzelle, wurde der Zufallspunkt akzeptiert, sonst verworfen⁴. Dieser Vorgang wurde so oft wiederholt, bis insgesamt gleich viele Zufallspunkte wie Antennen erzeugt worden waren.

⁴ Dieser Vorgang entspricht einem virtuellen Rouletterad, welches gleich viele Einteilungen wie Rasterquadrate besitzt, wobei die Grösse einer Einteilung der Anzahl effektiver Antennen in einem Rasterquadrat entspricht.

Abbildung 1: Die effektive Verteilung der Antennen.

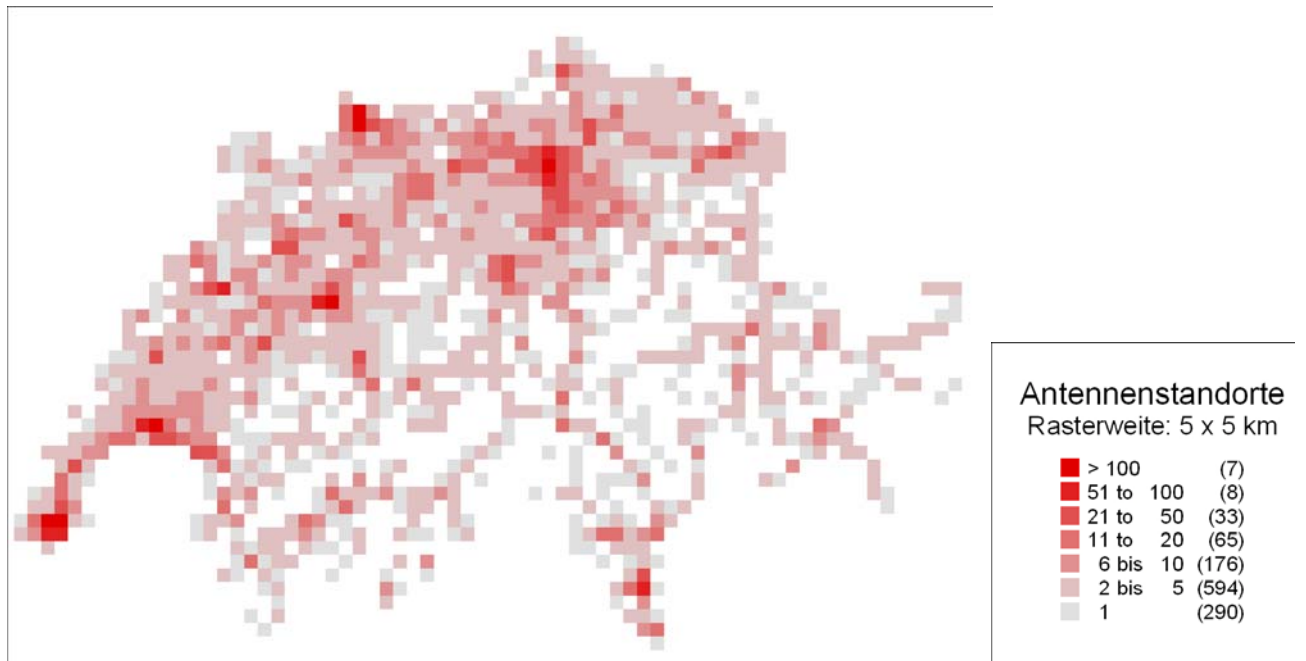
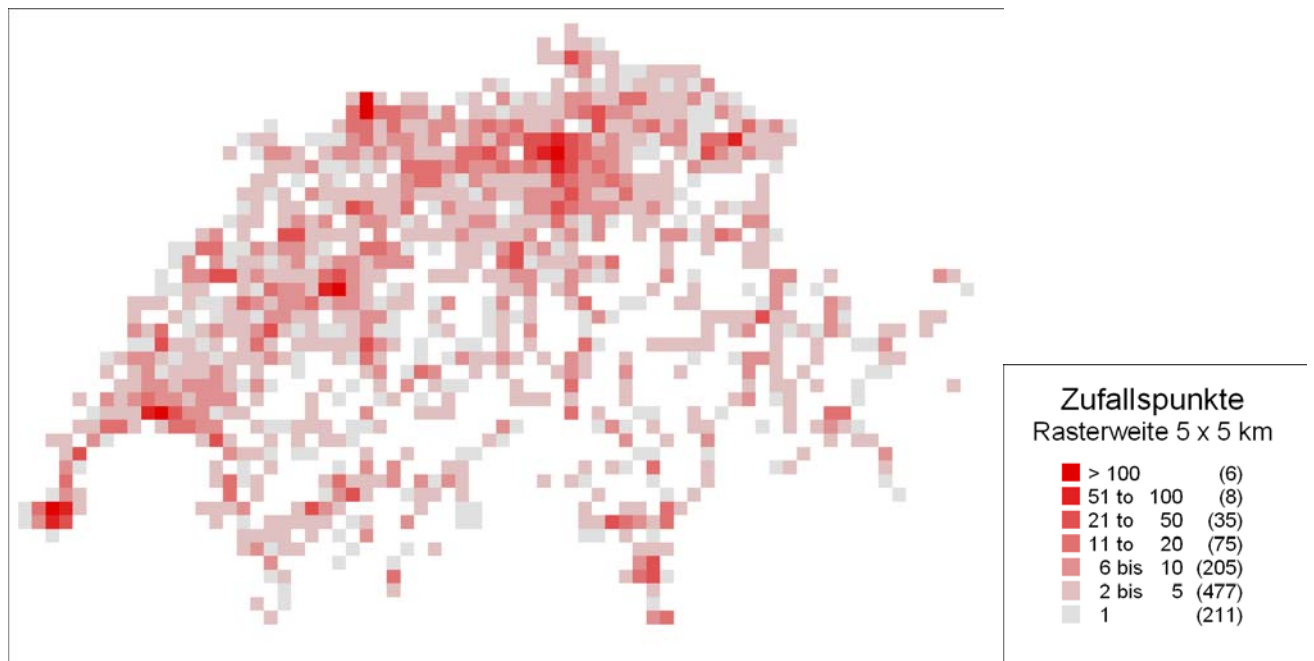


Abbildung 2: Die Verteilung der Zufallspunkte.



Nutzung bestehender Infrastrukturbauten

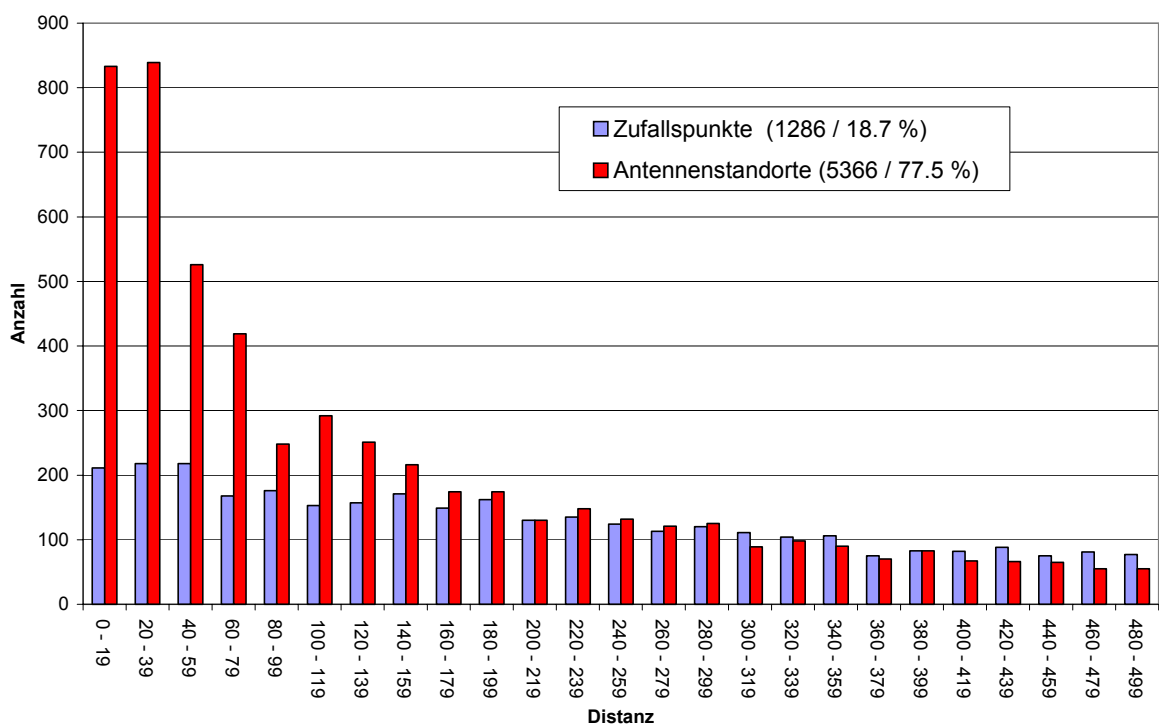
Hypothese: Bestehende Infrastrukturbauten oder deren unmittelbare Umgebung werden als Antennenstandorte bevorzugt, um zusätzliche negative Einflüsse auf das Landschafts- und Ortsbild zu vermeiden.

Ergebnis: Diese Hypothese trifft zu. Die nähere Umgebung von Infrastrukturbauten wird bevorzugt, um Antennen zu errichten.

Hauptverkehrsträger

Hauptverkehrsträger (Autobahnen, Autostrassen, Autobahnzufahrten, Hauptstrassen 1. Klasse) sind bevorzugte Antennenstandorte. Besonders auffallend ist die Häufung der Antennen im Vergleich mit einer Zufallsverteilung vor allem im Abstand bis ca. 50 m.

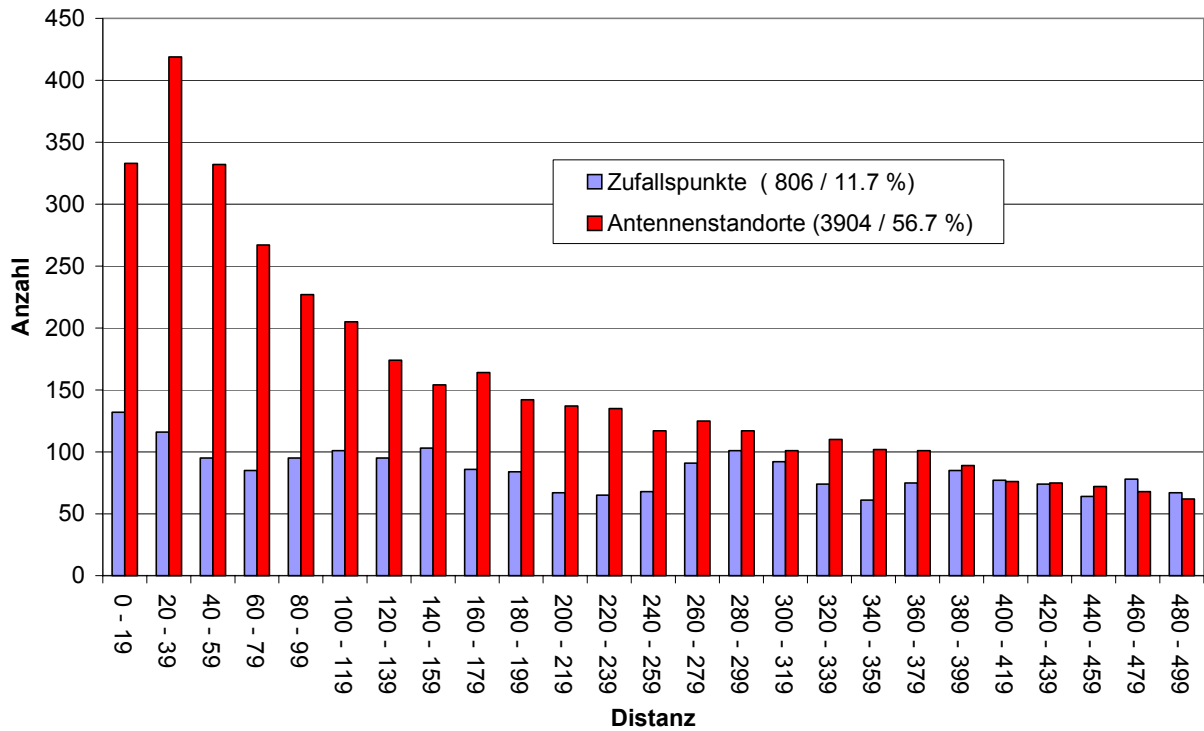
Abbildung 3: Die Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte im Abstand bis 500 m zu Hauptverkehrsträgern.



Bahnlagen

Auch die Umgebung von Bahnlagen wird gerne benutzt, um Antennen aufzustellen, wenn auch die Spitze bei den kurzen Distanzen kleiner ist als bei den Hauptverkehrsträgern.

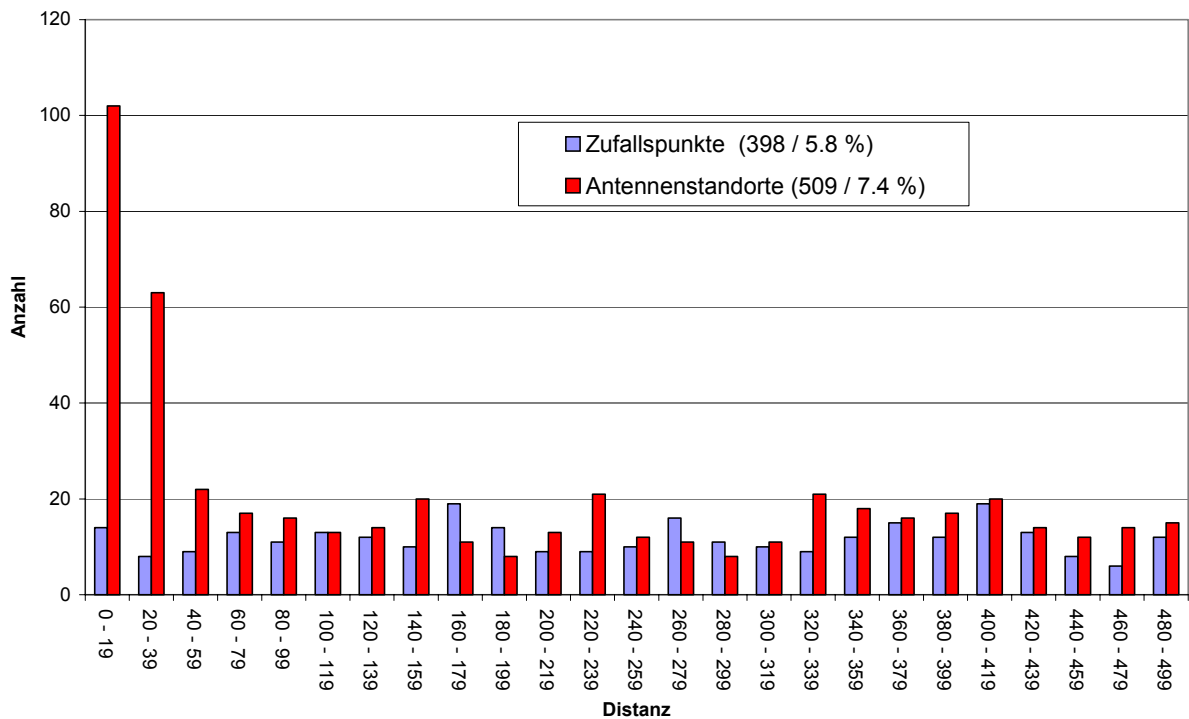
Abbildung 4: Die Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte im Abstand bis 500 m zu Bahnlagen.



Übrige Verkehrsträger

Bei den übrigen Verkehrsträgern – Seilbahnen, Sessellifte etc. – lässt sich ebenfalls eine starke Häufung in kurzer Distanz beobachten. Die Gesamtzahl der Antennen in der Nähe von übrigen Verkehrsträgern ist jedoch deutlich geringer als bei Hauptverkehrsträgern oder Bahnlinien.

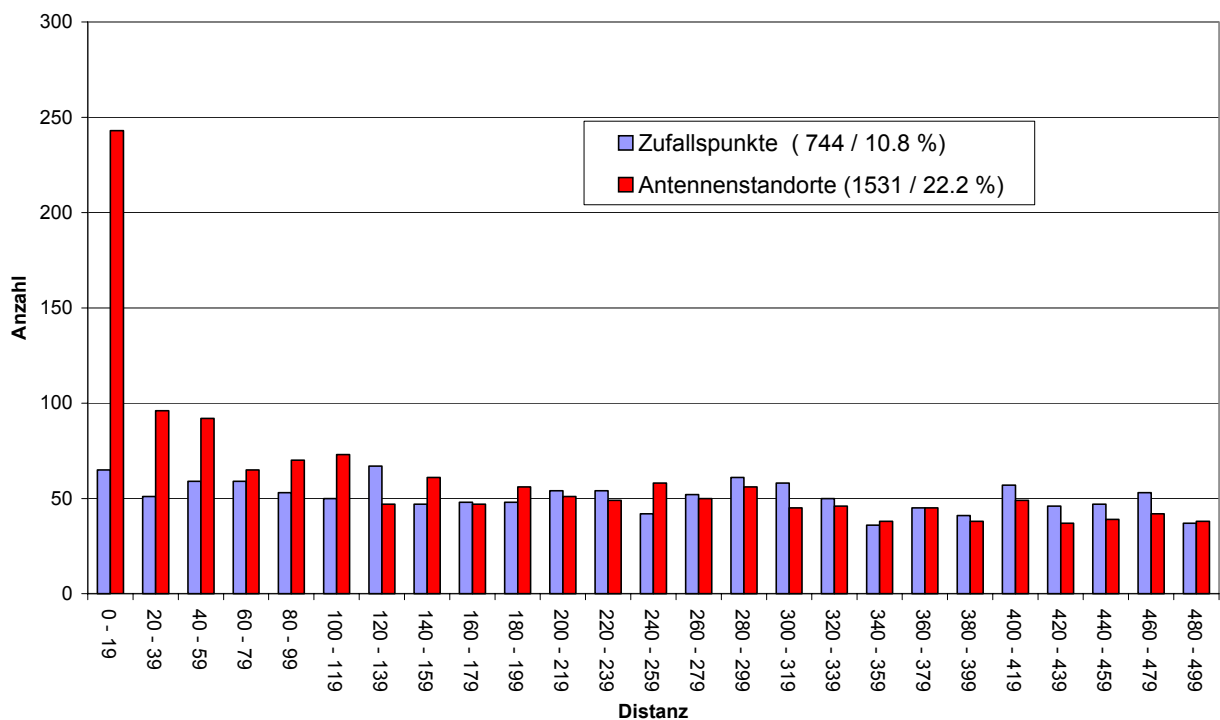
Abbildung 5: Die Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte im Abstand bis 500 m zu übrigen Verkehrsträgern.



Hochspannungsleitungen, Kraftwerke

Antennen können auch in Hochspannungsmasten integriert werden, was die Spitze der Antennen im Bereich bis 20 m Distanz erklärt. Abgesehen davon wird jedoch die nähere Umgebung bestehender Hochspannungsleitungen oder von Elektrizitätswerken nur gering genutzt. Dies erstaunt, weil Hochspannungsleitungen das Landschaftsbild oft stärker negativ beeinträchtigen als Strassen oder Bahnlinien und eigentlich zu erwarten wäre, dass Antennen nach Möglichkeit in der Nähe von Hochspannungsleitungen errichtet werden.

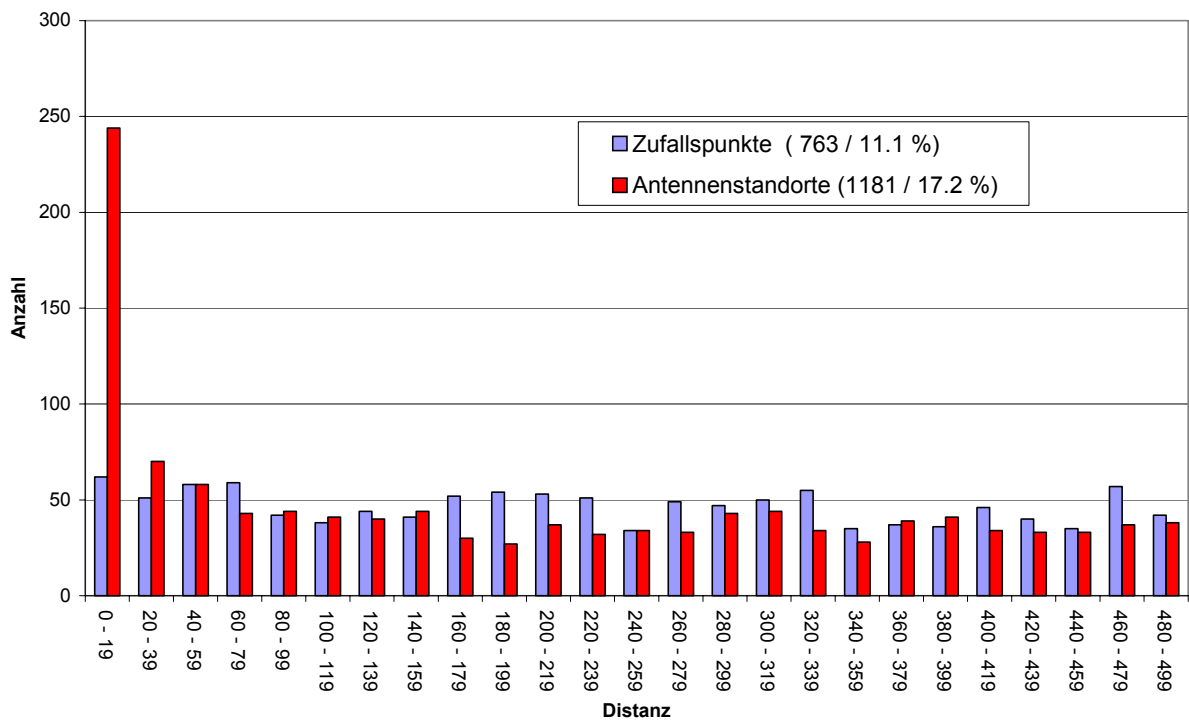
Abbildung 6: Die Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte im Abstand bis 500 m zu Hochspannungsleitungen und Elektrizitätswerken.



Anlagen

Anlagen ausserhalb der Siedlungsgebiete werden gerne für den Antennenbau genutzt. Bis 20 m Distanz zeigt die Verteilung der Antennen im Vergleich mit den Zufallspunkten eine eindeutige, starke Spitze. Bei Distanzen über 20 m lassen sich dagegen keine eindeutigen Unterschiede in der Verteilung erkennen. Dies deutet darauf hin, dass Anlagen nur dann genutzt werden, wenn die Antennen auf dem Gelände der Anlage errichtet werden können.

Abbildung 7: Die Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte im Abstand bis 500 m zu Anlagen.



Berücksichtigung des Datums der Inbetriebnahme der Antennenstandorte

Das Merkblatt des BUWAL, welches die Anforderungen zur Berücksichtigung des Natur- und Landschaftsschutzes sowie der Walderhaltung formuliert, wurde am 30. Oktober 1998 herausgegeben. Ein Teil der Antennen ist jedoch älter. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde bei einzelnen Fragestellungen die Anzahl Standorte älteren Datums ermittelt⁵. Diese Information ist jedoch nicht von zentraler Bedeutung. Die für den Antennenbau geltenden Einschränkungen sind durch Raumplanungs- und Forstgesetz sowie die Verordnungen zu den Inventaren von nationaler Bedeutung festgelegt, welche alle bereits vor dem 30. Oktober 1998 in Kraft getreten sind.

⁵ Theoretisch wäre hier das Datum der Gesuchstellung entscheidend. Weil die Datenbank des BAKOM jedoch nur das Datum der Inbetriebnahme enthält, wurde näherungsweise diese Angabe verwendet.

Antennenstandorte an Seen (Karte 2)⁶

Hypothese: Es stehen keine Antennen an Seeufern ausserhalb des Siedlungsgebiets und in einer Distanz grösser als 50 m zu bestehenden Infrastrukturbauten.

Ergebnis:

Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten	Anzahl	Vor dem 30.10.1998
in weniger als 20 m Abstand:	4	2
in 20 bis 50 m Abstand:	4	1
in 50 bis 100 m Abstand:	9	2
in 100 bis 200 m Abstand:	12	1
Gesamtzahl der Antennen und Zufallspunkte in einem Uferabstand von 500 m		
	Anzahl	Prozentanteil
Antennenstandorte insgesamt:	1757	25.6 %
davon in unüberbauter Lage:	125	1.8 %
Zufallspunkte insgesamt:	1233	18.0 %
davon in unüberbauter Lage:	753	11.0 %

Es stehen mehr Antennen in Seenähe als bei einer Zufallsverteilung zu erwarten wäre (Abbildung 8). Dies dürfte an der hohen Siedlungsdichte in Seenähe liegen. Eine Spitze erreicht die Antennenverteilung in einem Bereich von 40 bis 100 m Seeabstand. Im unmittelbaren Uferbereich wurde dagegen eher auf den Antennenbau verzichtet.

Ausserhalb der Siedlungsgebiete und weiter als 50 m von Infrastrukturbauten entfernt stehen lediglich 125 Antennen. Dies ist viel weniger als die auf Grund der Zufallsverteilung erwarteten 753 Standorte. Es wurde demnach stark darauf geachtet, die Antennen möglichst nicht in der unverbauten Landschaft zu errichten. Fiel aber umgekehrt einmal der Entscheid, eine Antenne trotzdem ausserhalb der überbauten Gebiete aufzustellen, wurde der Seenähe keine besondere Beachtung mehr geschenkt (Abbildung 9).

⁶ Die Anzahl der in den Karten verzeichneten Antennen stimmt nicht immer mit den dazu angegebenen Zahlen überein. Bei geringer Distanz benachbarter Standorte erscheint auf der Karte nur 1 Punkt.

Abbildung 8: Antennen und Zufallspunkte in einem Bereich von 500 m Distanz zu Seen.

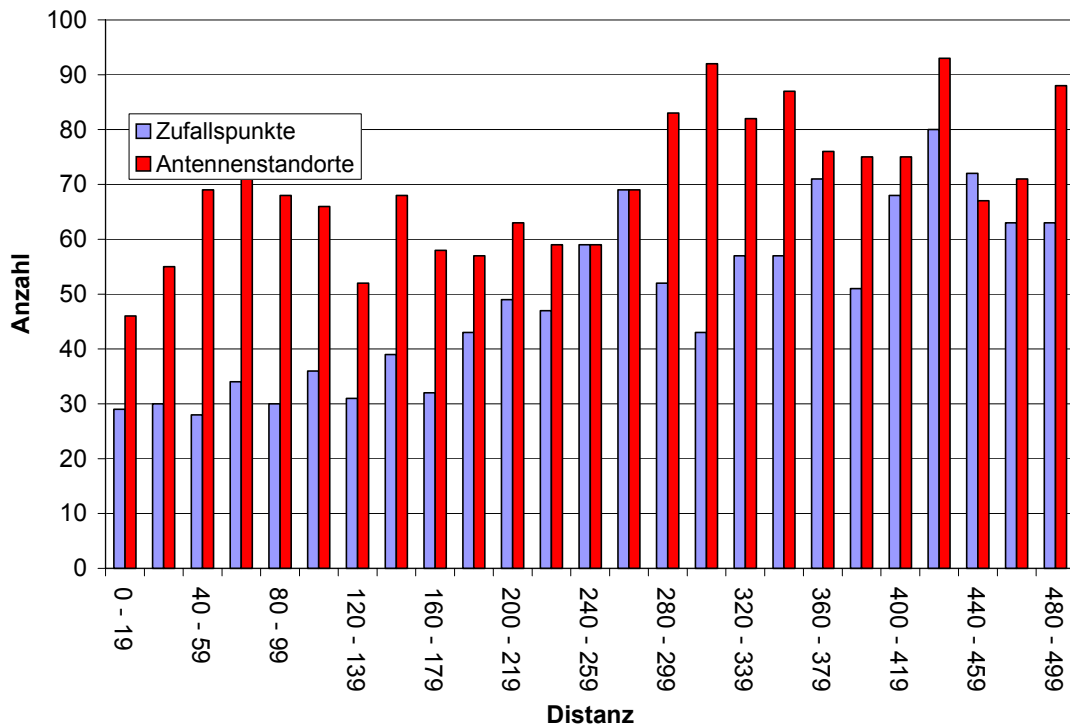
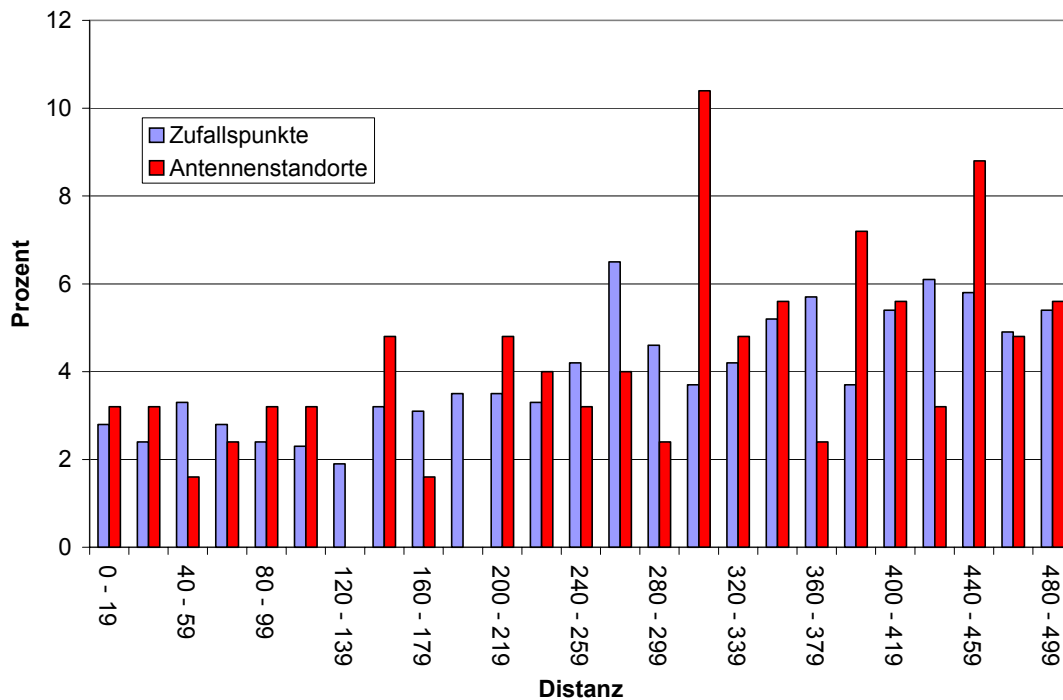


Abbildung 9: Relative Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte ausserhalb der Siedlungsgebiete und weiter als 50 m von bestehenden Infrastrukturbauteilen entfernt.



Antennenstandorte an Flüssen (Karte 3)

Hypothese: Es stehen keine Antennen an Flussufern ausserhalb des Siedlungsgebiets und in einer Distanz von mehr als 50 m zu bestehenden Infrastrukturbauten.

Ergebnis:

Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten	Anzahl	Vor dem 30.10.1998
in weniger als 20 m Abstand:	3	0
in 20 bis 50 m Abstand:	10	3
in 50 bis 100 m Abstand:	12	4
in 100 bis 200 m Abstand:	35	16
Gesamtzahl der Antennen und Zufallspunkte in einem Uferabstand von 500 m		
	Anzahl	Prozentanteil
Antennenstandorte insgesamt:	2127	31.0 %
davon in unüberbauter Lage:	212	3.1 %
Zufallspunkte insgesamt:	1308	19.1 %
davon in unüberbauter Lage:	636	9.3 %

Auch in Flussnähe ist eine Häufung von Antennenstandorten zu beobachten, was wie bei den Seen an der hohen Siedlungsdichte entlang von Flüssen liegt. In einem Uferabstand bis zu 40 m wurden aber nur sehr wenige GSM-Antennen erstellt.

Ausserhalb von Siedlungsgebieten und abseits von Infrastrukturbauten stehen auch im Nahbereich der Flüsse weniger Antennen als auf Grund der Zufallsverteilung zu erwarten gewesen wäre.

Abbildung 10: Antennen und Zufallspunkte in einem Bereich von 500 m Distanz zu Flüssen.

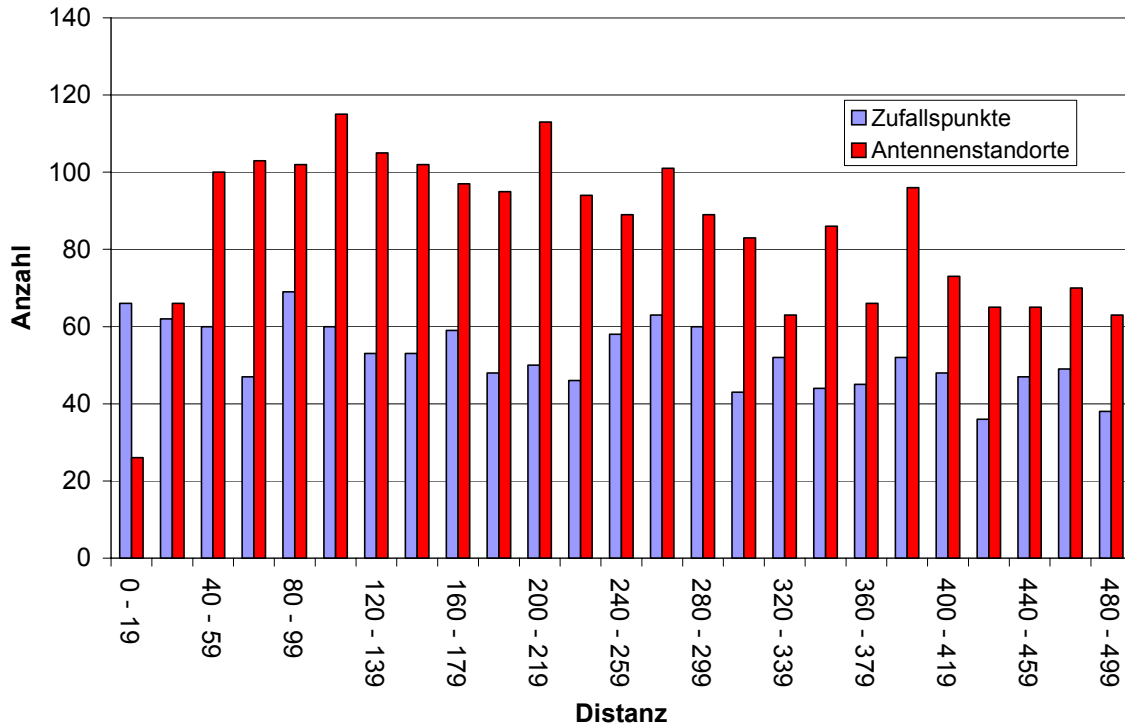
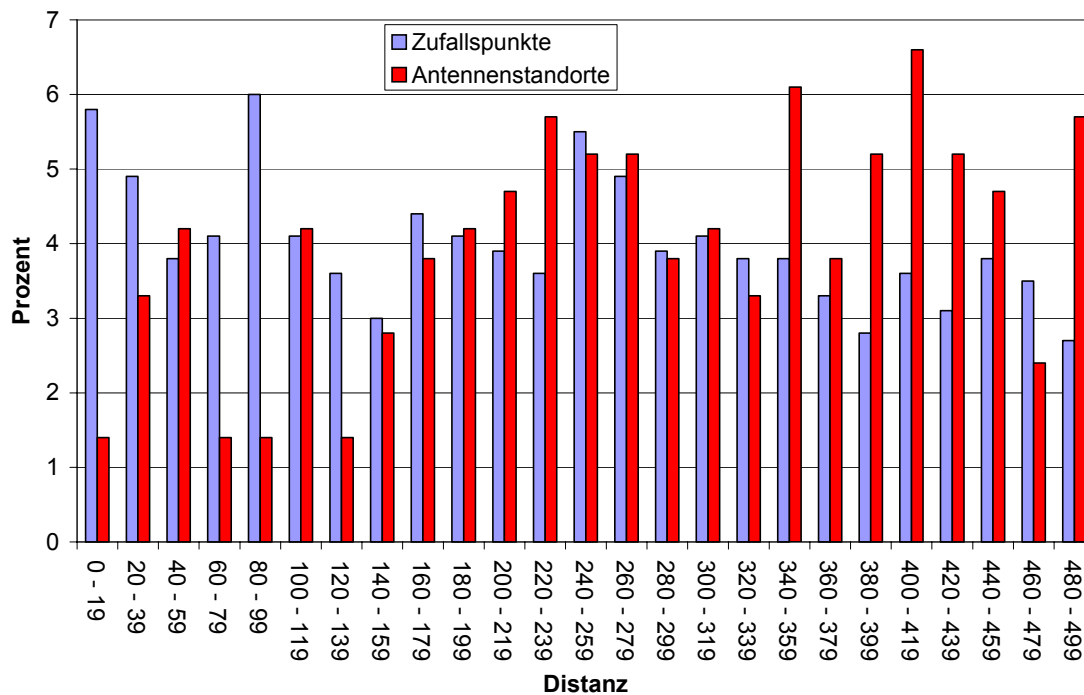


Abbildung 11: Relative Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte ausserhalb der Siedlungsgebiete und weiter als 50 m von bestehenden Infrastrukturbauten entfernt.



Antennenstandorte an Bächen (Karte 4)

Hypothese: Es stehen keine Antennen an Bachufern ausserhalb des Siedlungsgebiets und in einer Distanz von mehr als 50 m zu bestehenden Infrastrukturbauten.

Ergebnis:

Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten	Anzahl	Vor dem 30.10.1998
in weniger als 20 m Abstand:	32	5
in 20 bis 50 m Abstand:	47	14
in 50 bis 100 m Abstand:	86	22
in 100 bis 200 m Abstand:	214	50
Gesamtzahl der Antennen und Zufallspunkte in einem Uferabstand von 500 m		
	Anzahl	Prozentanteil
Antennenstandorte insgesamt:	4493	65.6 %
davon in unüberbauter Lage:	784	11.4 %
Zufallspunkte insgesamt:	4504	65.7 %
davon in unüberbauter Lage:	3439	50.1 %

Beträgt der Abstand zum nächsten Bach mehr als 80 m folgt die Verteilung der Antennen dem Zufall. Im Abstand bis 80 m stehen aber deutlich weniger Antennen als auf Grund des Zufalls zu erwarten gewesen wäre. Offensichtlich wurde auch hier der Bau von Antennen eher vermieden.

Auch Ausserhalb von Siedlungsgebieten und abseits von Infrastrukturbauten ist in unmittelbarer Bachnähe nochmals eine deutliche Abnahme der Antennenzahl festzustellen.

Abbildung 12: Antennen und Zufallspunkte in einem Bereich von 500 m Distanz zu Bächen.

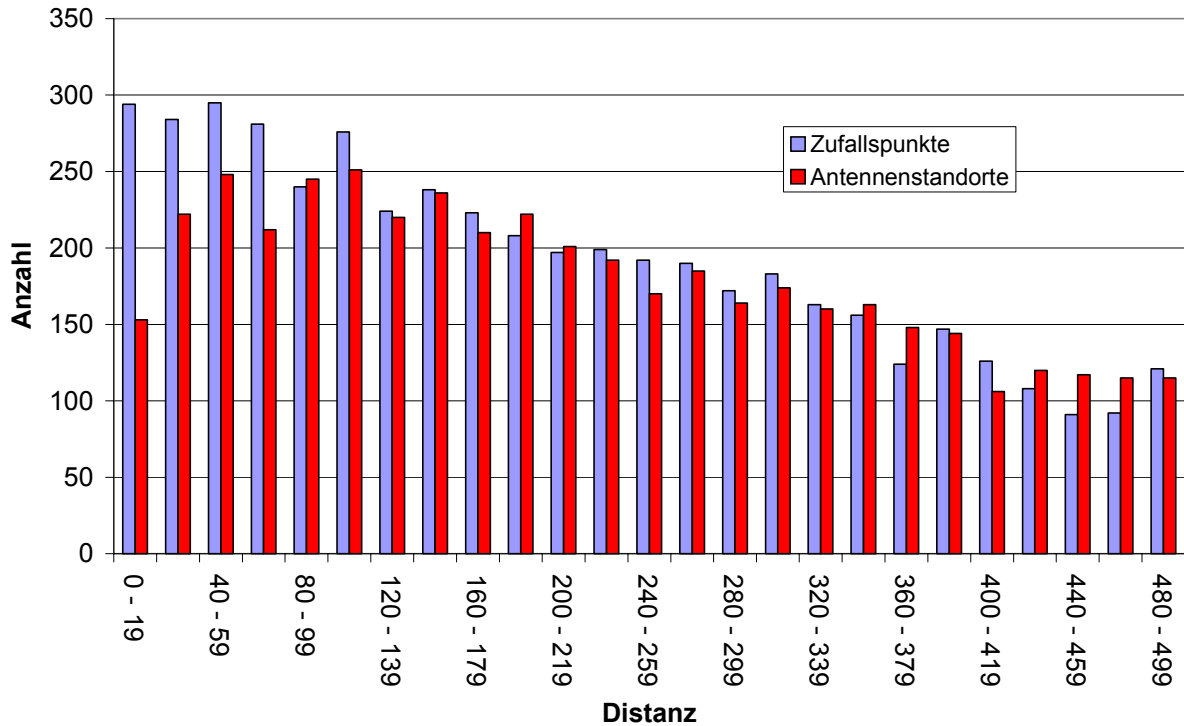
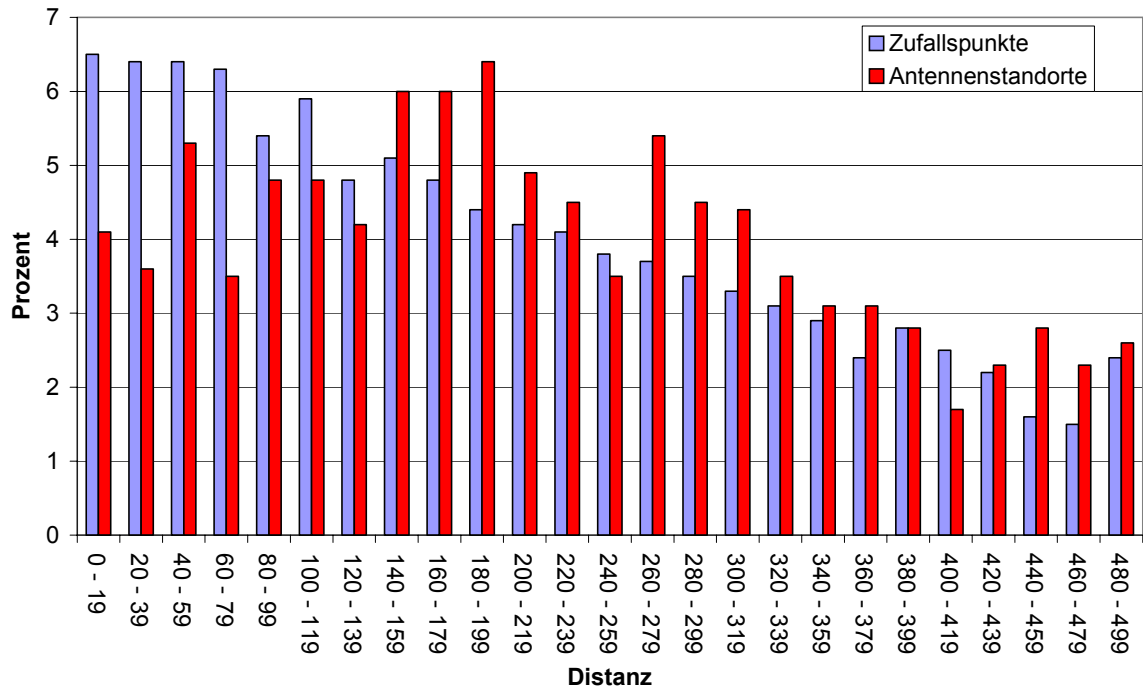


Abbildung 13: Relative Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte ausserhalb der Siedlungsgebiete und weiter als 50 m von bestehenden Infrastrukturbauten entfernt.



Antennenstandorte in Kuppenlagen (Karte 5)

Hypothese: Ausserhalb der Siedlungsgebiete und in einer Distanz grösser als 50 m von Infrastrukturbauten stehen keine Antennen in Kuppenlagen.

Bemerkung: Da kein geeignetes Programm für die Bestimmung der Antennen in Kuppenlage verfügbar war, wurde diese Arbeit manuell durchgeführt.

Ergebnis: Es wurden viele Antennen in Kuppenlagen erstellt.

Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten	Anzahl	Anteil an der Summe aller Standorte
in Kuppenlage insgesamt:	458	6.7 %
davon in unüberbauter Lage:	284	4.1 %
in Kuppenlage und im Wald:	56	0.8 %
davon in unüberbauter Lage:	42	0.6 %

Kuppenlagen sind für den Bau von Antennen attraktiv. Eine beträchtliche Anzahl Antennen steht auf Hügel- und Bergkuppen; auch ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits bestehender Infrastrukturanlagen. Weil viele dieser Antennen weit herum sichtbar sind, haben sie einen starken Einfluss auf das Landschaftsbild. Ein kleiner Teil dieser Antennen ist im Wald „versteckt“. Dies kann jedoch nicht als sinnvoller Kompromiss betrachtet werden, weil dies eine Aufweichung des Forstgesetzes zur Folge hat.

Vermutlich wurde häufig die Abwägung zwischen einer Antenne in Kuppenlage oder mehreren Antennen an weniger exponierten Stellen durchgeführt. Zumindest in Gebieten, die dünn besiedelt sind und auch nur wenige Infrastrukturbauten aufweisen, bleibt es fraglich, ob Antennen in Kuppenlage wirklich die beste Lösung darstellen.

Antennenstandorte im Wald (Karte 6)

Hypothese: Es stehen keine Antennen im Wald, die eine Distanz von mehr als 50 m zu bestehenden Infrastrukturbauten aufweisen und ausserhalb des Siedlungsgebiets liegen.

Ergebnis: Es gibt eine geringe Anzahl Antennen im Wald.

Anzahl der Antennen und Zufallspunkte im Wald	Anzahl	Anteil an der Summe aller Standorte
Antennenstandorte insgesamt:	153	2.2 %
davon in unüberbauter Lage:	80	1.2 %
Zufallspunkte insgesamt:	1301	19.0 %
davon in unüberbauter Lage:	1257	18.3 %

Wären die Antennen nach dem Zufallsprinzip errichtet worden, lägen 1301 Standorte im Wald, was einem Anteil von 18.9 % aller Standorte entspricht. Tatsächlich stehen jedoch nur gerade 153 Antennen im Wald. Liegen bei den Zufallsstandorten fast alle, nämlich 1257 Standorte in der unverbauten Landschaft, sind es bei den Antennen nur 80. Die effektive Anzahl der Antennenstandorte im Wald dürfte sogar noch etwas kleiner sein. Es ist zu vermuten, dass aufgrund der ungenauen Koordinaten für die Standorte auch ein paar an Waldrändern stehende Antennen mitgezählt worden sind.

Der Schutz des Waldes wurde respektiert. Es ist an dieser Stelle jedoch darauf hinzuweisen, dass der Bau von Antennen im Wald eine Aufweichung des Forstgesetzes bewirken könnte.

Antennenstandorte an Waldrändern (Karte 7)

Hypothese: Ausserhalb der Siedlungsgebiete und in einer Distanz grösser als 50 m von Infrastrukturbauten stehen keine Antennen an Waldrändern.

Bemerkung: Bei dieser Auswertung sind die im Wald liegenden Antennen und Zufallspunkte ausgenommen.

Ergebnis: Es stehen mehr Antennen an Waldrändern als auf Grund der Zufallsverteilung zu erwarten wäre.

Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten	Anzahl	Vor dem 30.10.1998
in weniger als 20 m Abstand:	369	108
in 20 bis 50 m Abstand:	124	34
in 50 bis 100 m Abstand:	116	26
in 100 bis 200 m Abstand:	137	203
Gesamtzahl der Antennen und Zufallspunkte in einem Waldabstand von 500 m		
	Anzahl	Prozentanteil
Antennenstandorte insgesamt:	5336	77.8 %
davon in unüberbauter Lage:	851	12.4 %
Zufallspunkte insgesamt:	2793	40.7 %
davon in unüberbauter Lage:	2490	36.3 %

Die Anzahl der Antennen im 500 m Bereich um Wälder ist deutlich grösser als die Anzahl der Zufallspunkte. Dies liegt an den vielen Zufallspunkten, die im Wald liegen und daher in dieser Auswertung nicht berücksichtigt wurden.

Im Bereich bis 20 m Waldabstand zeigt sich eine deutliche Spitze bei der Antennenverteilung (Abbildung 14).

Die gleiche Spitze zeigt sich noch stärker abseits von Infrastrukturbauten und ausserhalb der Siedlungsgebiete. Waldränder sind bevorzugte Standorte für den Bau von Antennen (Abbildung 15).

Die grosse Zahl der Standorte an Waldrändern ist eher positiv zu bewerten. Nach Einschätzung der ENHK sind aus der Sicht des Landschaftsschutzes Antennen vor Waldrändern häufig sehr gute Lösungen, vor allem wenn die Antennen den Wald nicht überragen.⁷

⁷ Mitteilung von Herrn F. Guggisberg, Sekretär der ENHK.

Abbildung 14: Antennen und Zufallspunkte in einem Waldabstand bis 500 m.

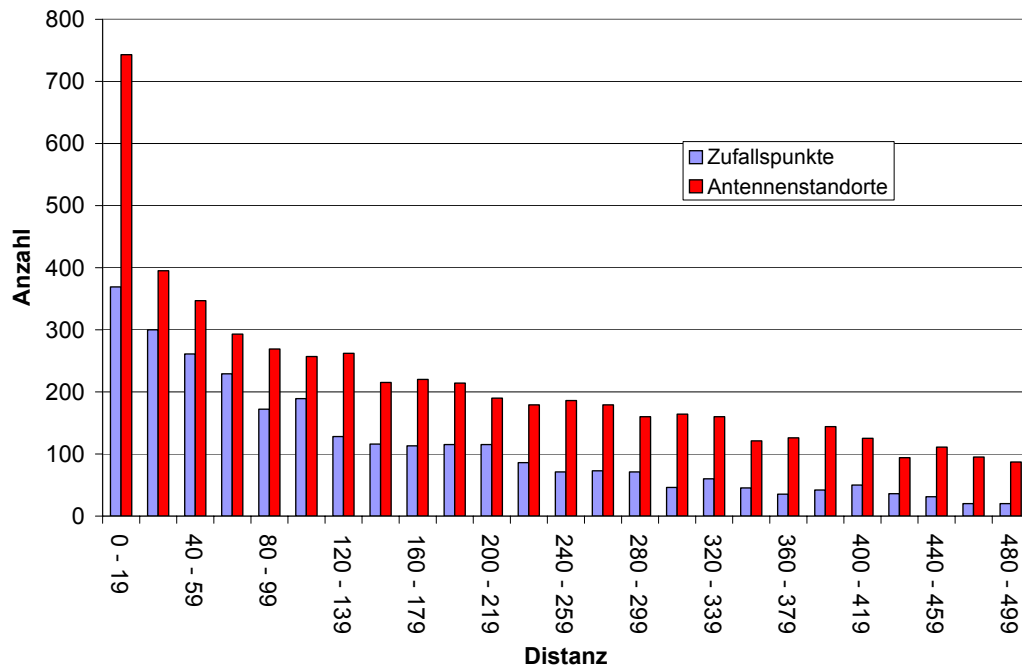
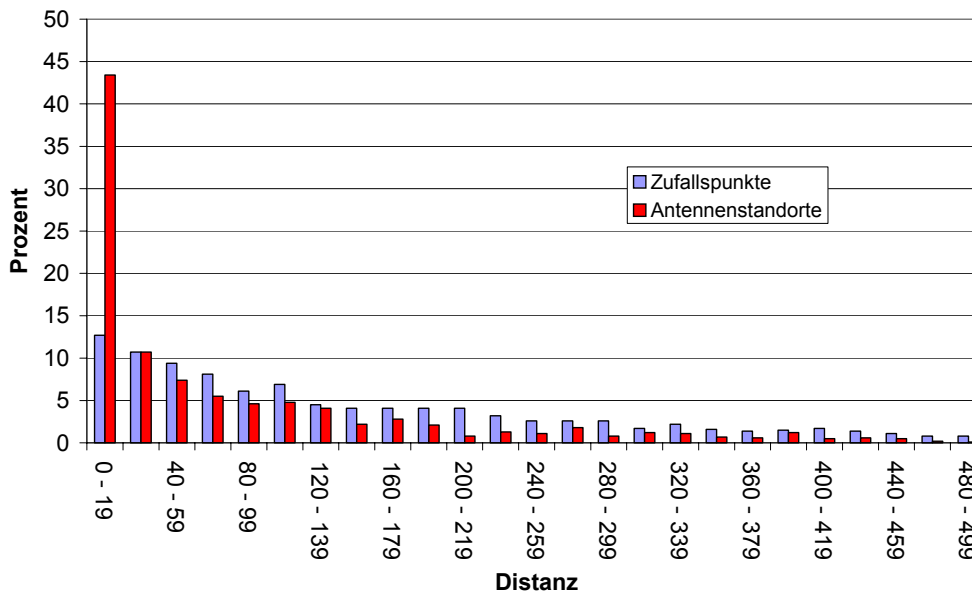


Abbildung 15: Relative Verteilung der Antennenstandorte und Zufallspunkte ausserhalb der Siedlungsgebiete und weiter als 50 m von bestehenden Infrastrukturbauten entfernt.



Antennenstandorte in BLN-Gebieten (Karte 8)

Hypothese: Es stehen keine Antennen in BLN-Gebieten, die nicht von der Eidgenössischen Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) genehmigt worden sind.

Bemerkung: BLN-Flächen enthalten sowohl unverbaute Landschaft wie auch Siedlungsgebiete. In der Auswertung wurde trotzdem differenziert zwischen Antennen, die in Siedlungsgebieten oder in der Nähe von Infrastrukturbauten stehen und solchen, die in der unverbauten Landschaft errichtet wurden.

Ergebnis: Die BLN-Gebiete nehmen eine Fläche von 7800 km² ein. Ein beträchtlicher Teil davon liegt im dicht besiedelten Mittelland. Wie erwartet stehen deshalb viele Antennen in BLN-Gebieten, 96 davon in unüberbauter Landschaft.

Antennen in BLN-Gebieten:	317	(4.6 %)
davon ausserhalb Siedlungsgebiet:	96	(1.4 %)
davon vor 1998 in Betrieb genommen:	31	(0.5 %)
Zufallspunkte in BLN-Gebieten:	653	(9.6 %)
davon ausserhalb Siedlungsgebiet:	605	(8.8 %)
Antennen mit Genehmigung der ENHK:	6	(0.09 %)
Antennen trotz Ablehnung der ENHK:	3	(0.04 %)

Antennen in BLN-Gebieten sind kaum vermeidbar. Das lässt sich schon aus der Grösse dieser Gebiete ableiten. Zehn Prozent der Antennen ausserhalb der Siedlungsgebiete und abseits von Infrastrukturbauten (1.4 % aller Antennen) stehen in BLN-Gebieten. Diese machen aber rund 20 Prozent der gesamten Landesfläche aus. Wären die Antennen zufällig verteilt worden, würden rund doppelt so viele in BLN-Gebieten stehen, die meisten davon ausserhalb der Siedlungsgebiete und abseits von Infrastrukturbauten. Auch bei den BLN-Gebieten sind die positiven Auswirkungen des Engagements der Kantonsstellen deutlich festzustellen.

Bei Antennenstandorten ausserhalb der Bauzonen, die über das Raumplanungsgesetz Artikel 24 bewilligt werden, können die Kantone die Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission (ENHK) um eine Stellungnahme anfragen. Diese betrachtet Antennen, welche in bestehende technische Infrastrukturen integriert werden können als unproblematisch. Bei den 96 existierenden Standorten ausserhalb der Siedlungsgebiete und abseits von Infrastrukturbauten, wurde die ENHK in zehn Fällen angerufen. Sechs Standortvorschläge wurden positiv beurteilt, einer ist hängig. Nur drei Antennen wurden von der ENHK abgelehnt und trotzdem gebaut.

Antennenstandorte in Schutzobjekten nationaler Bedeutung (Karte 9)

Hypothese: Es wurden keine Antennen in Schutzobjekten von nationaler Bedeutung errichtet.

Bemerkung: Schutzobjekte von nationaler Bedeutung sind:

- Moorlandschaften von nationaler Bedeutung
- Hochmoore von nationaler Bedeutung
- Flachmoore von nationaler Bedeutung
- Auenschutzgebiete von nationaler Bedeutung
- Wasser- und Zugvogelreservate von nationaler Bedeutung

Die Moorlandschaften nationaler Bedeutung enthalten wie die BLN-Gebiete auch die Siedlungsflächen.

Ergebnis: Es gibt eine sehr geringe Anzahl Antennen in Moorlandschaften, Flachmooren und Zugvogelreservaten, wovon die meisten entweder an einer bestehenden Infrastrukturbauweise oder im Siedlungsgebiet stehen. In Auen und Hochmooren wurden keine Antennen errichtet.

Antennen in Moorlandschaften:	15	(0.2 %)
davon in unüberbauter Lage:	6	(0.1 %)
Antennen in Hochmooren:	keine	
Antennen in Flachmooren:	2	(0.02 %)
davon in unüberbauter Lage:	1	(0.01 %)
Antennen in Auen:	keine	
Antennen in Wasser- und Zugvogelreservaten:	26	(0.4 %)
davon in unüberbauter Lage:	4	(0.1 %)

Zufallspunkte in Moorlandschaften:	42	(0.6 %)
davon in unüberbauter Lage:	39	(0.6 %)
Zufallspunkte in Hochmooren:	5	(0.1 %)
davon in unüberbauter Lage:	5	(0.1 %)
Zufallspunkte in Flachmooren:	15	(0.2 %)
davon in unüberbauter Lage:	15	(0.2 %)
Zufallspunkte in Auen:	16	(0.2 %)
davon in unüberbauter Lage:	14	(0.2 %)
Zufallspunkte in Wasser- und Zugvogelreservaten:	48	(0.7 %)
davon in unüberbauter Lage:	35	(0.5 %)

Die einzige Antenne in einem Flachmoor, die sich in unüberbauter Lage befindet, steht an einem Reservoir, die andere ist auf einem Hochspannungsmasten installiert. Von den Antennen in Moorlandschaften in unüberbauter Lage stehen zwei wirklich frei, die anderen sind entweder an Landwirtschaftsgebäuden oder einem Reservoir angebracht. Die meisten der 26 Antennen in Wasser- und Zugvogelreservaten stehen in Städten im Uferbereich, auf Anlegestellen oder auf Brücken. Von den 4 Antennen in unüberbauter Lage ist eine an einem Landwirtschaftsgebäude montiert.

Der Vergleich mit den Zufallspunkten zeigt, dass sehr darauf geachtet wurde, keine Antennen in nationalen Schutzgebieten zu erstellen. Die Kernzonen des Naturschutzes – Hochmoore, Flachmoore und Auen – sind praktisch frei von Antennen. Selbst die grossflächigen und zum Teil in die Siedlungen hineinreichenden Wasser- und Zugvogelreservate und die Moorlandschaften wurden weitgehend von Antennen frei gehalten.

Anzahl Anbieter pro Antennenstandort (Karte 10)

Hypothese: 40 % der Antennenmasten werden von mindestens zwei Anbietern geteilt.

Bemerkung: Weil die Grundlagendaten keine Angaben über eine gemeinsame Antennennutzung enthalten, musste diese über die Koordinaten ermittelt werden. Bei einer Distanz kleiner als 20 m wurde von einer gemeinsamen Nutzung ausgegangen. Die Koordinatenangaben der Anbieter zu ihren Antennenstandorten sind jedoch oft ungenau. Die Anzahl der gemeinsam genutzten Standorte wurde somit mit Sicherheit unterschätzt.

Ergebnis: Der Anteil gemeinsam genutzter Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten liegt bei gut 20 % und damit weit unterhalb der Vorgabe.

Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten	Anzahl	Prozentanteil
mit 3 Anbietern:	42	4.4 %
mit 2 Anbietern:	166	17.2 %
mit 1 Anbieter:	755	78.4 %
Total:	963	100 %

Wäre die angenommene Distanz, bei welcher zwei Antennen als ein Standort betrachtet werden 100 m anstatt 20 m, dann würde die Anzahl Antennenstandorte um 109 sinken. Die Summe der mindestens doppelt genutzten Antennen läge dann bei 317, was einem Anteil von 30.9 % entsprechen würde.

Freistehende Antennen ausserhalb von Siedlungsgebieten und abseits von Infrastrukturbauten

Hypothese: Nur 30 % der Antennen im Nichtsiedlungsgebiet sind freistehend.

Ergebnis: Ausserhalb der Siedlungsgebiete stehen 2563 Antennen. Davon sind 963 freistehend. Dies entspricht einem Anteil von 37.6 %. Die Vorgabe ist somit nicht ganz erreicht.

Distanz zum nächsten Antennenstandort (Karte 11)

Hypothese: Im Nichtsiedlungsgebiet gibt es keine Situation wo im Umkreis von 200 m, 1000 m resp. 1500 m einer Antenne eine andere steht

Bemerkung: Auch hier muss die Ungenauigkeit der Koordinatenangaben zu den Antennenstandorten berücksichtigt werden. Vor allem bei den kurzen Distanzen ist die Anzahl der Standorte leicht zu hoch geschätzt.

Ergebnis: Selbst wenn bei den Distanzen unter 200 m von einer gewissen Fehlerquote ausgegangen wird, muss festgehalten werden, dass es sehr viele Antennen gibt, welche in geringer Distanz zur Nachbarantenne stehen.

Antennen ausserhalb des Siedlungsgebiets und abseits von Infrastrukturbauten	Anzahl	Prozentanteil
Distanz zur nächsten Antenne < 50 m:	79	8.2 %
Distanz zur nächsten Antenne 50 - 100 m:	30	3.1 %
Distanz zur nächsten Antenne 100 - 200 m:	21	2.2 %
Subtotal bis 200 m Distanz:	130	13.5 %
Distanz zur nächsten Antenne 200 - 1000 m:	231	24.0 %
Distanz zur nächsten Antenne 1000 -1500 m:	156	16.2 %
Distanz zur nächsten Antenne > 1500 m:	446	46.3 %

Monitoring Antennenstandorte

Anhang

