



Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg

Messergebnisse

Untersuchungsgebiet Stuttgart

Autoren: Prof. Dr.-Ing. U. Bochtler
Dipl.-Ing. Roland Eidher
Prof. Dr.-Ing. M. Wuschek

Juli 2003



Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg

Messergebnisse

Untersuchungsgebiet Stuttgart

Auftraggeber: Landesanstalt für Umweltschutz
Hertzstr. 173
76187 Karlsruhe

Auftragnehmer: botronic gmbh
Jurastraße 10
70565 Stuttgart
Tel.: +49 (7 11) 6 87-48 42
Fax: +49 (7 11) 6 87-68 30
eMail: info@botronic.de

Autoren:

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Bochtler, Fachhochschule Aschaffenburg

Dipl.-Ing. Roland Eidher, botronic gmbh, Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek, Fachhochschule Deggendorf

Ort und Datum: Aschaffenburg/Stuttgart/Regensburg, den 06. Juli 2003

Abkürzungsverzeichnis

Liste der verwendeten Formelzeichen (mit Einheit)

E	[V/m]	Elektrische Feldstärke
ERP	[W]	Äquivalente Strahlungsleistung bezogen auf einen $\lambda/2$ -Dipol (effective radiated power)
H	[A/m]	Magnetische Feldstärke
S	[W/m ²]	Leistungsflussdichte

Liste der verwendeten Abkürzungen

AFN	American Forces Network Radio
AM	Amplitudenmodulation
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft; Schweiz
DAB	Digitaler Rundfunk (digital audio broadcast)
DCF77	über Langwelle (77,5 kHz) ausgesendetes Zeitsignal
ERP	Äquivalente Strahlungsleistung (effective radiated power)
FM	Frequenzmodulation
GSM	Mobilfunkstandard (global system for mobile communications)
ICNIRP	Internationale Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlen (international commission on non-ionizing radiation protection)
KW	Kurzwelle
LMK	Langwelle, Mittelwelle und Kurzwelle
LW	Langwelle
METAS	Bundesamt für Metrologie und Akkreditierung Schweiz
MW	Mittelwelle
RegTP	Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post
TV	Fernsehen (Television)
UKW	Ultrakurzwelle
UMTS	neuer mobiler Kommunikationsstandard (universal mobile telecommunications system)
WHO	Weltgesundheitsorganisation (world health organization)

1 Bewertung der Gesamtimmissionen

Bei der Bewertung der an den einzelnen Messpunkten erfassten Gesamtimmissionen werden, wie in [1], Kapitel 2.3 beschrieben, zwei unterschiedliche Wirkungsmodelle für die Berechnung der Immissionen herangezogen. In der folgenden Grafik ist für jeden Messpunkt der maximale Summenimmissionswert dargestellt. Hierbei wurden die Immissionen an jedem Messpunkt nach beiden Wirkungsmodellen bewertet und das höhere der beiden Ergebnisse in die Grafik übernommen.

In Diagramm 2 wird die Verteilung des dominierenden Bewertungsverfahrens dargestellt. Hier erkennt man, dass an 71 % der untersuchten Messpunkte der Einfluss der Körperströme größer ist als der Einfluss der thermischen Wirkung.

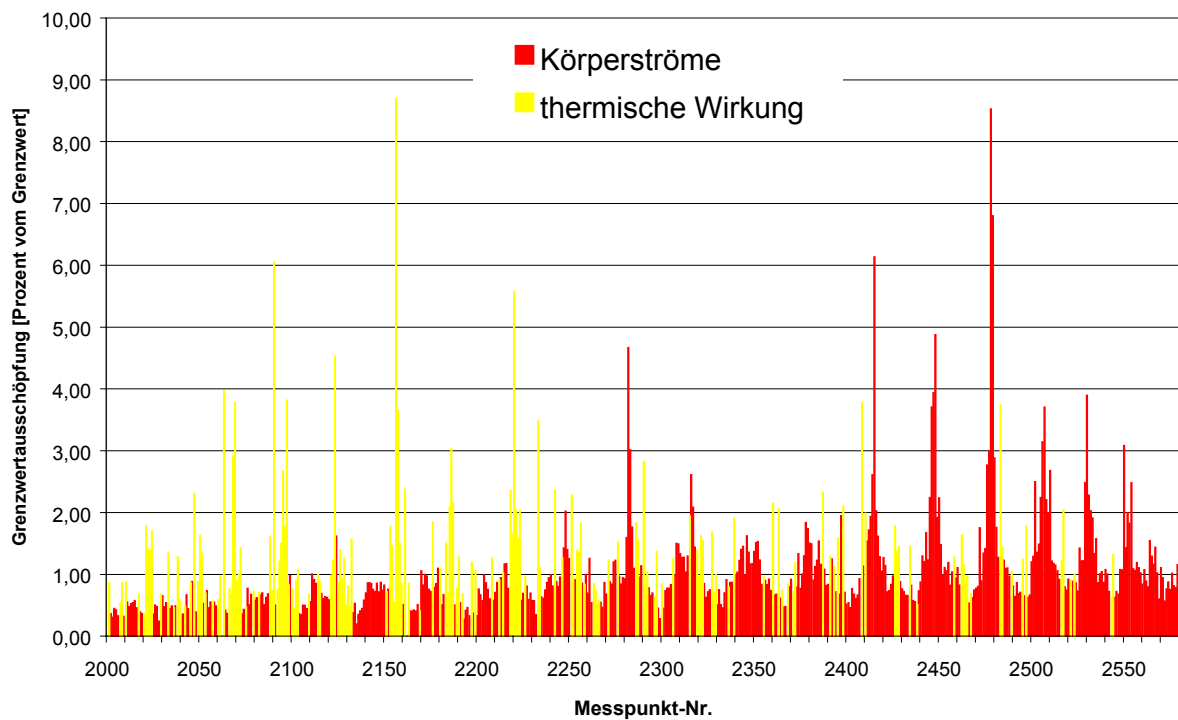


Diagramm 1: Gesamtimmissionen an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes unter Berücksichtigung des Bewertungsverfahrens)

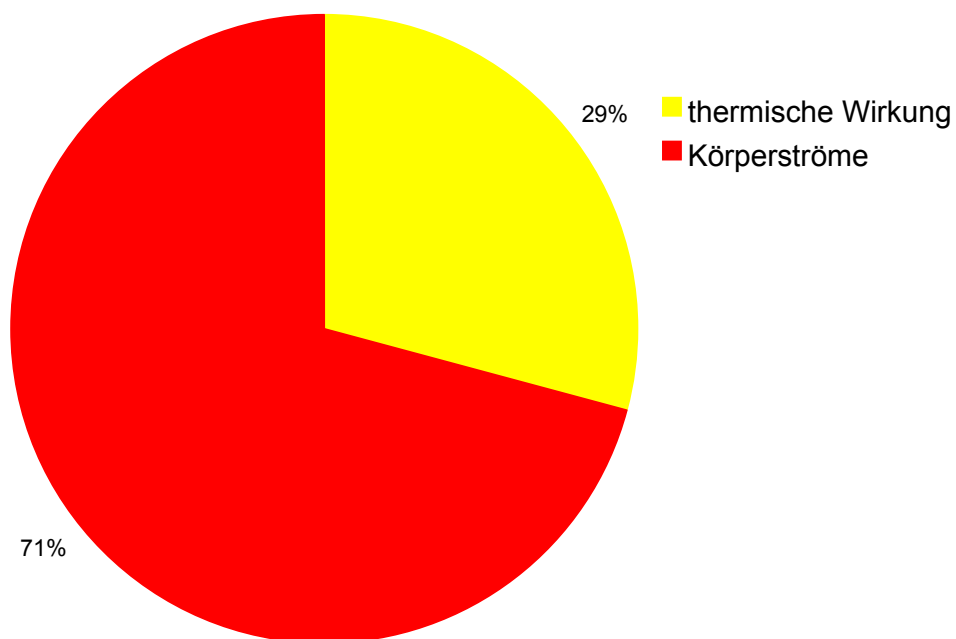


Diagramm 2: Prozentuale Verteilung der an den Messpunkten je nach Wirkungsmodell (thermische Wirkungen oder Körperströme) überwiegenden Summenimmissionswerte

2 Bewertung der Körperströme

Bei der Übersicht der Immissionen, die nach dem Wirkungsmodell der Körperströme bewertet sind (siehe [1]), fallen einige Messpunkte mit Summenimmissionen von mehr als 4 % des Grenzwertes besonders auf. Der Messpunkt MP 2282 liegt nur ca. 200 m vom Senderstandort "Stuttgart-Hirschlanden" entfernt, an dem die Programme AFN und "Mega Radio" über Mittelwelle ausgesendet werden. Die Messpunkte MP 2415, MP 2448, MP 2478 und 2479 liegen alle in näherer Umgebung zum Senderstandort "Stuttgart-Mühlacker", an dem ein Programm des SWR über 576 kHz mit einer Sendeleistung von ERP = 100 kW abgestrahlt wird. Beim Vergleich der Messergebnisse mit den Sendefrequenzen der Standorte kann eine eindeutige Zuordnung zwischen den nachgewiesenen Immissionen und den Frequenzen hergestellt werden, so dass diese Sender eindeutig für den überdurchschnittlichen Immissionswert an den genannten Messpunkten verantwortlich gemacht werden können.

An 91 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmission von weniger als 1 % des Grenzwertes.

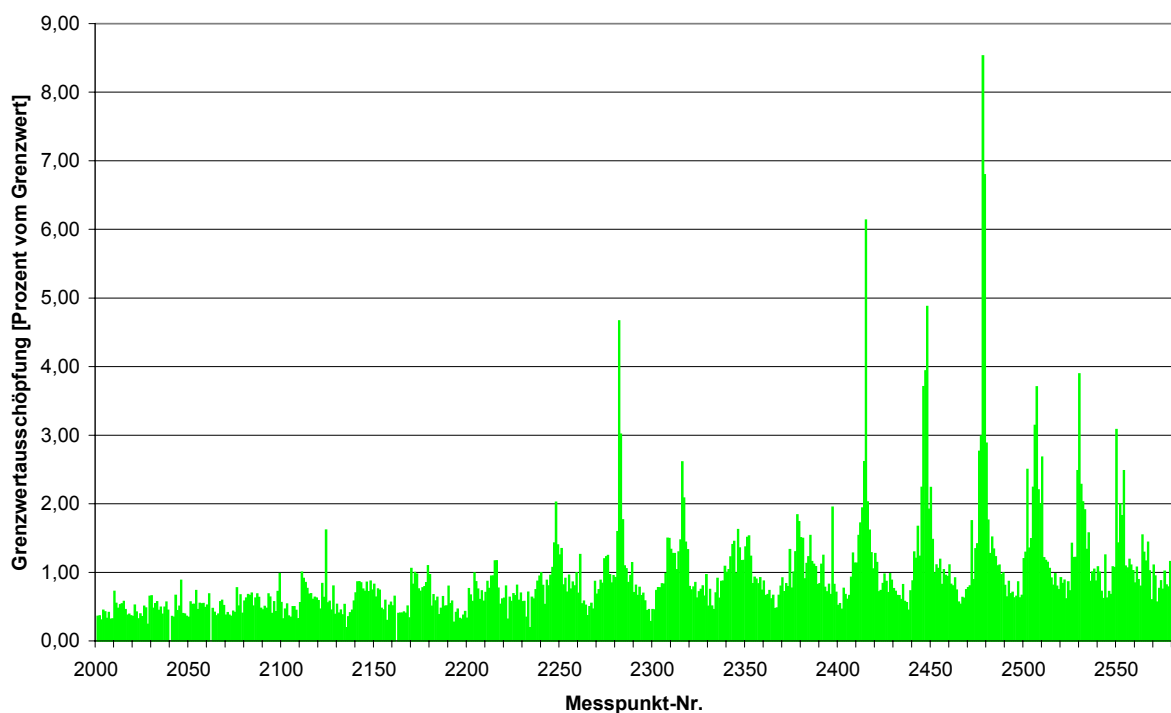


Diagramm 3: Summenimmissionen an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell "Körperströme")

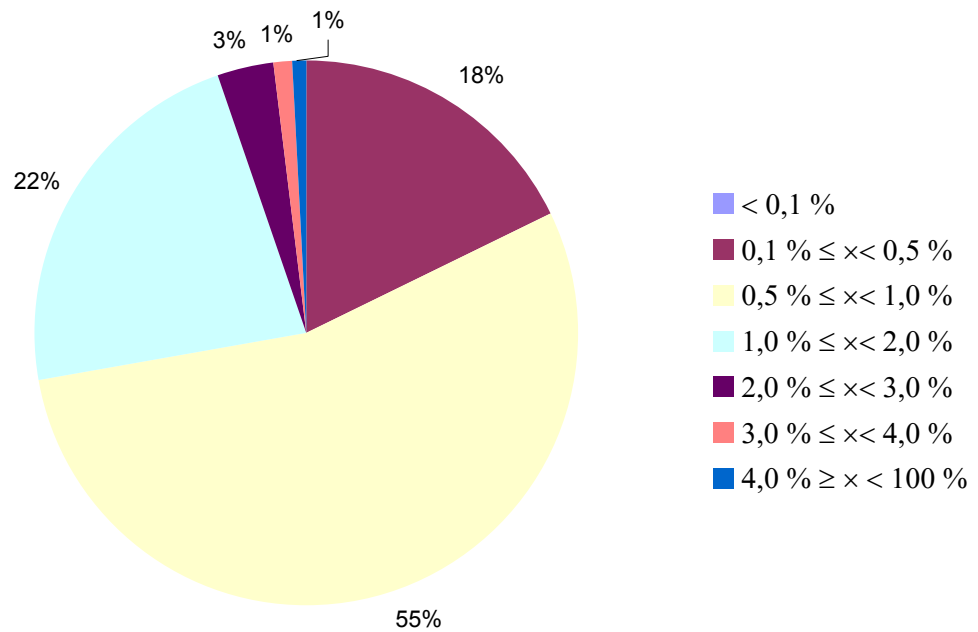


Diagramm 4: Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen unter Anwendung des Wirkungsmodells "Körperströme"

3 Bewertung der thermischen Wirkung

Bei der prozentualen Betrachtung der Summenimmissionswerte wird deutlich, dass 93 % der Messpunkte eine Summenimmission unterhalb 1 % des Grenzwertes aufweisen. Lediglich 1 % der Messpunkte erreichen eine Summenimmission von 4 % des Grenzwerts oder mehr.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchten Messpunkte unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission an den einzelnen Messpunkten 0,64 % vom Grenzwert.

In Diagramm 1 und Diagramm 5 ist zu erkennen, dass am Messpunkt 2156 ein, gegenüber allen anderen Messpunkten deutlich größerer Summenimmissionswert nachweisbar ist, bei dem 8,69 % des Grenzwerts erreicht werden. Dieser Messpunkt liegt auf dem Parkplatz des Fernsehturms in Stuttgart. Da vom Stuttgarter Fernsehturm sowohl Rundfunk- als auch Fernsehsignale abgestrahlt werden, erklärt sich diese erhöhte Immission.

An mehr als 40 Messpunkten wurden Immissionen nachgewiesen, deren Ursache die Radarsendeanlage des Flughafen Stuttgarts ist. Wie in [1] beschrieben, müssen Radaranlagen gesondert betrachtet werden. Unter Berücksichtigung von typischen Parametern einer Radaranlage (Öffnungswinkel der Anlage $\alpha = 0,5^\circ$ und Tastverhältnis zwischen Dauer des Sendeimpulses und der Zeit zwischen zwei Sendeimpulsen $\tau/T = 0,001$) ergibt sich mit Hilfe der Formel aus [1] ein Immissionswert durch die Radaranlage, welcher um den Faktor 95 geringer ist als der maximal gemessene.

LMK

Bei der Übersicht der Immissionen, die durch LMK-Rundfunksendeanlagen erzeugt werden, fallen dieselben Messpunkte auf, die auch schon bei der Betrachtung der Körperströme besondere Erwähnung gefunden haben. Dies muss zwangsläufig so sein, da die LMK-Sender auch den Hauptanteil der Immissionen – bei einer Betrachtung nach dem Wirkungsmodell der Körperströme – ausmachen.

An 91 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmissionen von weniger als 1 % des Grenzwertes.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchten Messpunkte unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission der LMK-Rundfunksender an den einzelnen Messpunkten 0,27 % vom Grenzwert.

UKW

Bei der Betrachtung der Immissionen, die durch UKW-Rundfunksendeanlagen erzeugt werden, fallen zwei Messpunkte auf, die gegenüber allen weiteren Messpunkten eine deutlich erhöhte Immission aufweisen. Die beiden Messpunkte MP 2090 und MP 2156 liegen sehr nahe bei UKW-Rundfunksendeanlagen. Beim Messpunkt MP 2156 sind es wiederum die Rundfunksignale, die vom Fernsehturm in Stuttgart abgestrahlt werden. Der zweite Messpunkt (MP 2090) mit erhöhten Immissionswerten liegt nur 630 m vom Lokalsender "Radio BB" (104,3 MHz) entfernt.

An 96 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmissionen von weniger als 1 % des Grenzwertes nachweisbar.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchten Messpunkte unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission durch UKW-Rundfunksender an den einzelnen Messpunkten 0,14 % vom Grenzwert.

Terrestrisches Fernsehen

Bei der Analyse der Immissionsverteilung bezüglich der Fernsehsender fällt der Messpunkt MP 2156 auf; dort erreicht die Immission 5,66 % des Grenzwertes. Auch diese Auffälligkeit erklärt sich aus der Nähe des Senderstandorts "Fernsehturm Stuttgart".

Bei der prozentualen Verteilung der Immissionen spiegelt sich die "Ausnahmestellung" des Senderstandortes "Fernsehturm" nochmals wider, da 94 % aller Messpunkte eine Summenimmission von weniger als 1 % des Grenzwertes aufweisen.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchten Messpunkte unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission der Fernsehsender an den einzelnen Messpunkten 0,16 % vom Grenzwert.

Mobilfunk

Bei der Betrachtung der Immissionen, die durch Mobilfunksendeanlagen hervorgerufen werden, sind 10 Messpunkte nachweisbar, die eine Summenimmission von mehr als 2 % vom Grenzwert aufweisen. In unmittelbarer Nähe dieser 10 Messpunkte befinden sich Mobilfunksender. An zwei Messpunkten wird sogar ein Immissionswert von mehr als 4 % des Grenzwertes erreicht; hierbei besteht Sichtverbindung zu Mobilfunksendeanlagen in der Umgebung.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchten Messpunkten unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission der Mobilfunksender an den einzelnen Messpunkten 0,17 % vom Grenzwert.

An 93 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmissionen von weniger als 1 % des Grenzwertes.

Vergleich innerorts – außerorts

In den Diagrammen 15 - 18 werden die Immissionen, die durch die einzelnen Funkdienste (LMK, UKW, Fernsehen und Mobilfunk) hervorgerufen werden, bezüglich ihrer geografischen Lage (innerorts gegenüber außerorts) verglichen. Aus diesen Diagrammen kann die Erkenntnis gewonnen werden, dass bei den klassischen Funkdiensten (LMK, UKW und Fernsehen) außerorts eher höhere Immissionswerte als innerhalb der Ortschaften nachweisbar sind.

Dies lässt sich mit folgendem Sachverhalt erklären: Durch die große Entfernung zwischen Sendeanlage und Messpunkt kommt die Gebäudeabschattung innerhalb der Ortschaften deutlicher zum Tragen, weil die von diesen Sendern ausgesendeten elektromagnetischen Felder durch die Gebäude stark gedämpft werden. Allerdings können durch die exponierte Lage des Fernsehturms in Stuttgart und die Nähe zur Stadt Stuttgart auch innerhalb geschlossener Ortschaft relativ hohe Immissionsbelastungen auftreten. Dies ist vor allem dann zu erwarten, wenn Sichtverbindung zum Fernsehturm besteht.

Bei den Mobilfunksendeanlagen ist jedoch eindeutig eine Mehrbelastung innerorts nachweisbar. Hierfür existiert folgende Erklärung: Durch die relativ geringe Reichweite der Mobilfunksendeanlagen in dicht bebautem Gebiet sowie die höhere Kapazität der Netze innerhalb der Ballungszentren müssen die Sendeanlagen dort in geringerem Abstand voneinander platziert sein als außerhalb. Dadurch wird ein beliebiger Messpunkt im Durchschnitt näher an einer Sendeanlage liegen als außerorts und somit sind höhere Immissionen nachweisbar.

Vergleich Mobilfunk – klassische Funkdienste (Rundfunk und Fernsehen)

In Diagramm 19 ist dargestellt, an wie viel Prozent der Messpunkte die Immissionen der klassischen Funkdienste (Rundfunk + Fernsehen) gegenüber den Immissionen der Mobilfunkdienste überwiegen. Das Diagramm zeigt, dass an 79 % aller Messpunkte die Immissionen der klassischen Funkdienste gegenüber den Immissionen der digitalen Mobilfunkdienste überwiegen. Ursache für dieses eindeutige Ergebnis sind wiederum die Senderstandorte "Fernsehturm Stuttgart" sowie "Mühlacker", die durch ihre Nähe zu allen Messpunkten und durch ihre hohe Sendeleistung einen großen Beitrag zu den Immissionen im Großraum Stuttgart liefern.

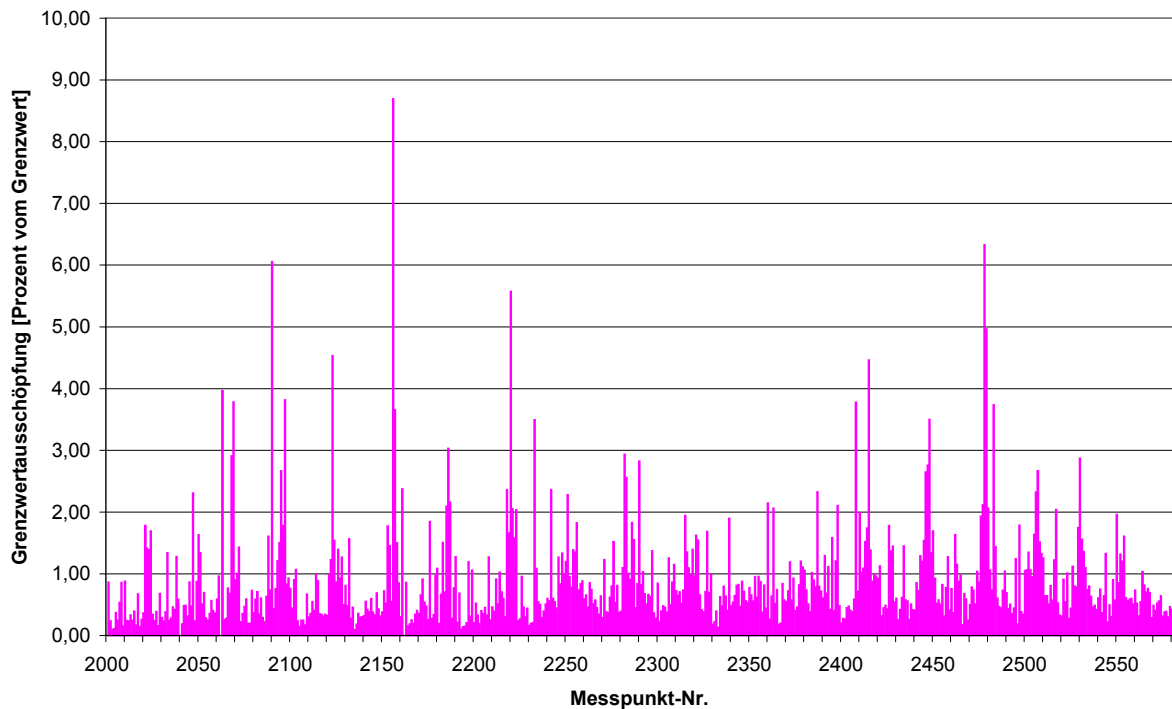


Diagramm 5: Summenimmissionen an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

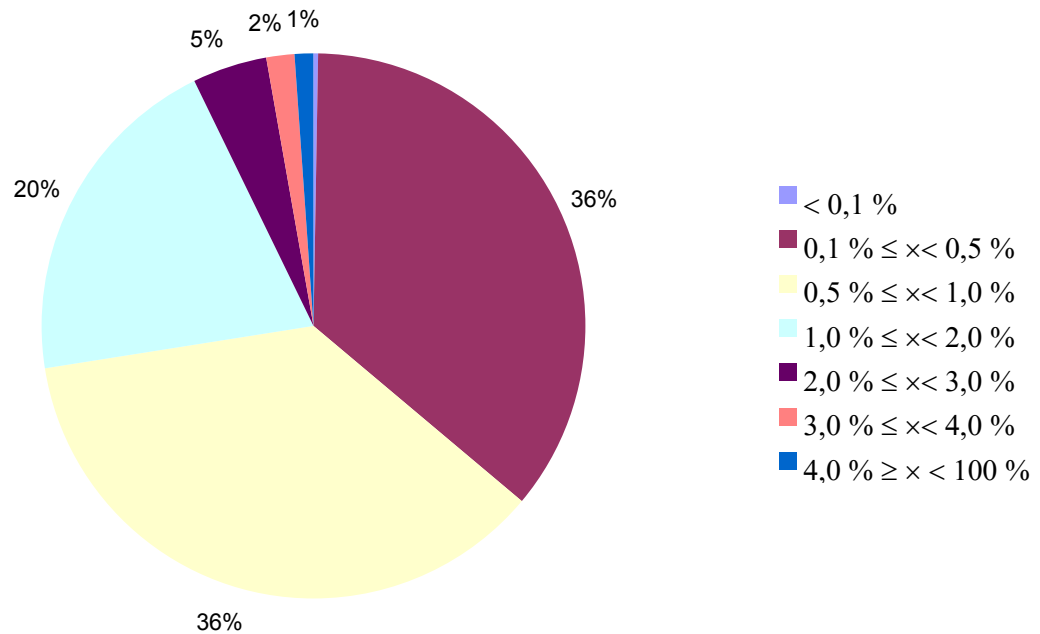


Diagramm 6: Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

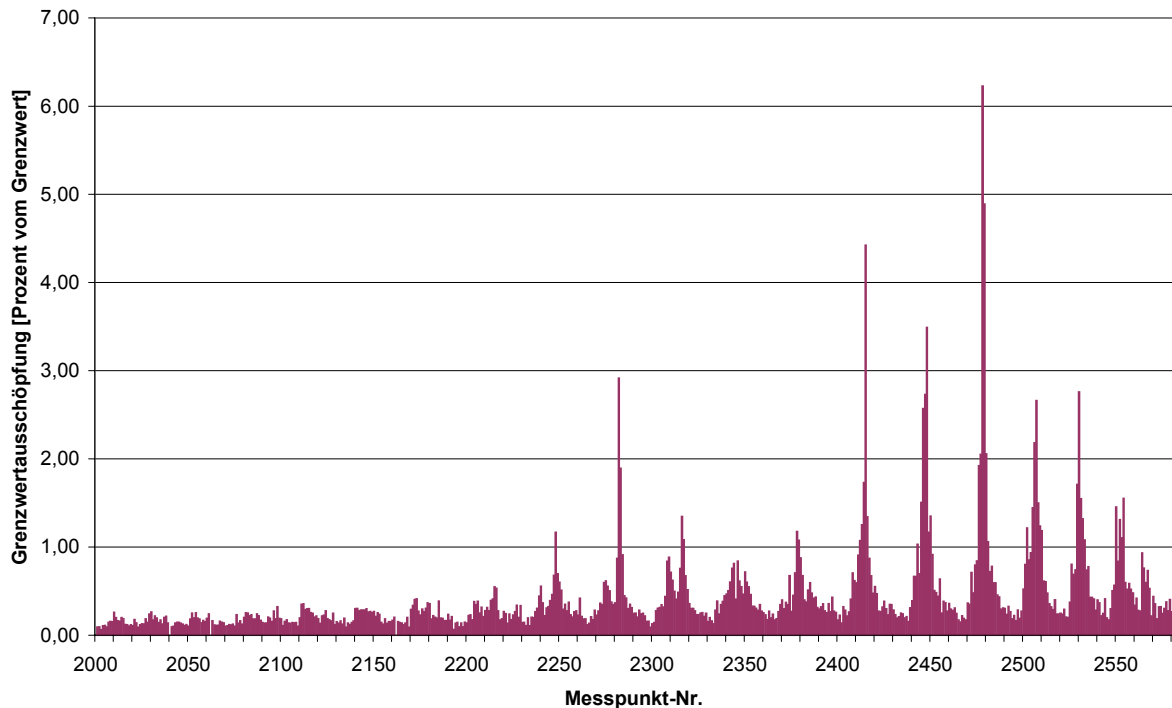


Diagramm 7: Summenimmissionen durch LMK-Sender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

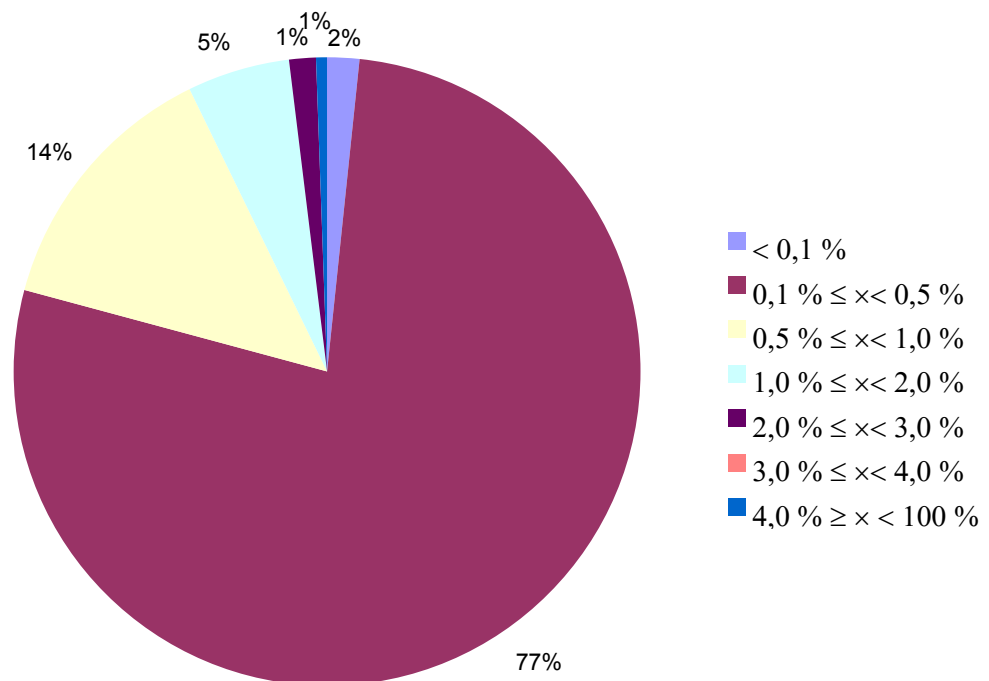


Diagramm 8: Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch LMK-Sender (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

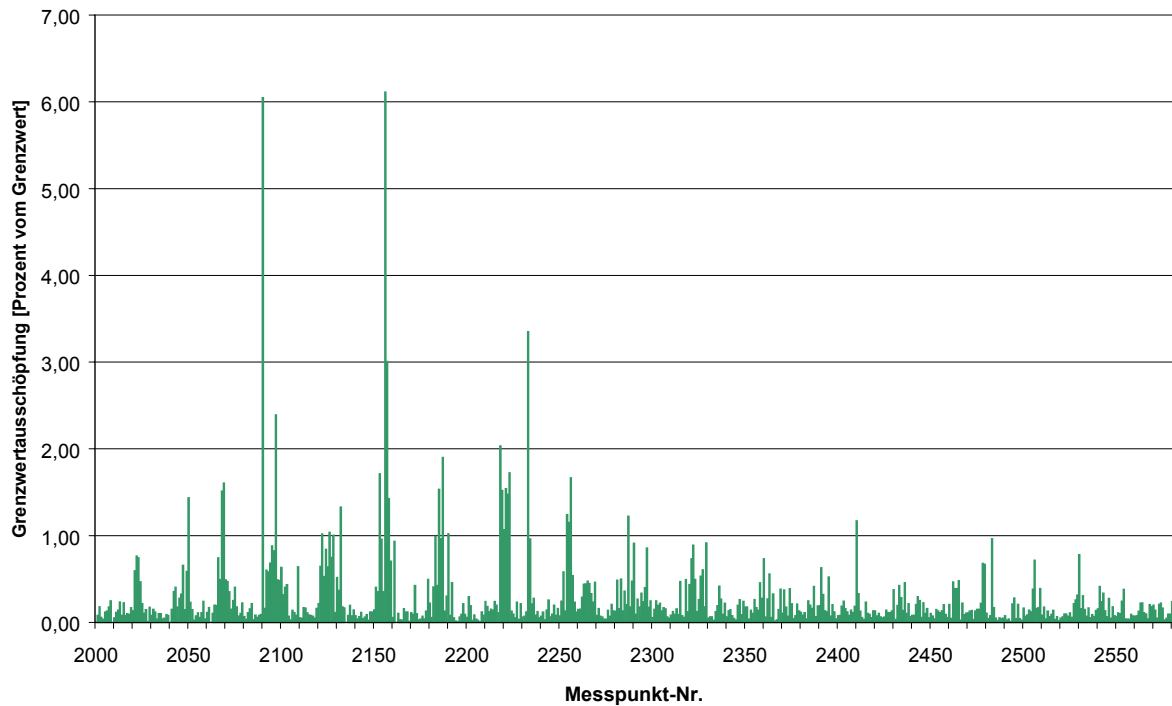


Diagramm 9: Summenimmissionen durch UKW-Sender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

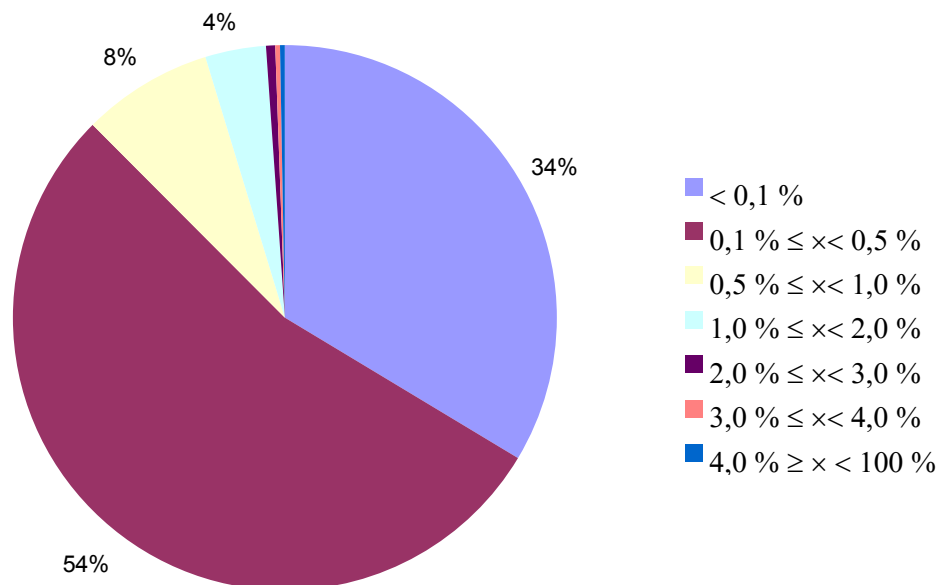


Diagramm 10: Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch UKW-Sender (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

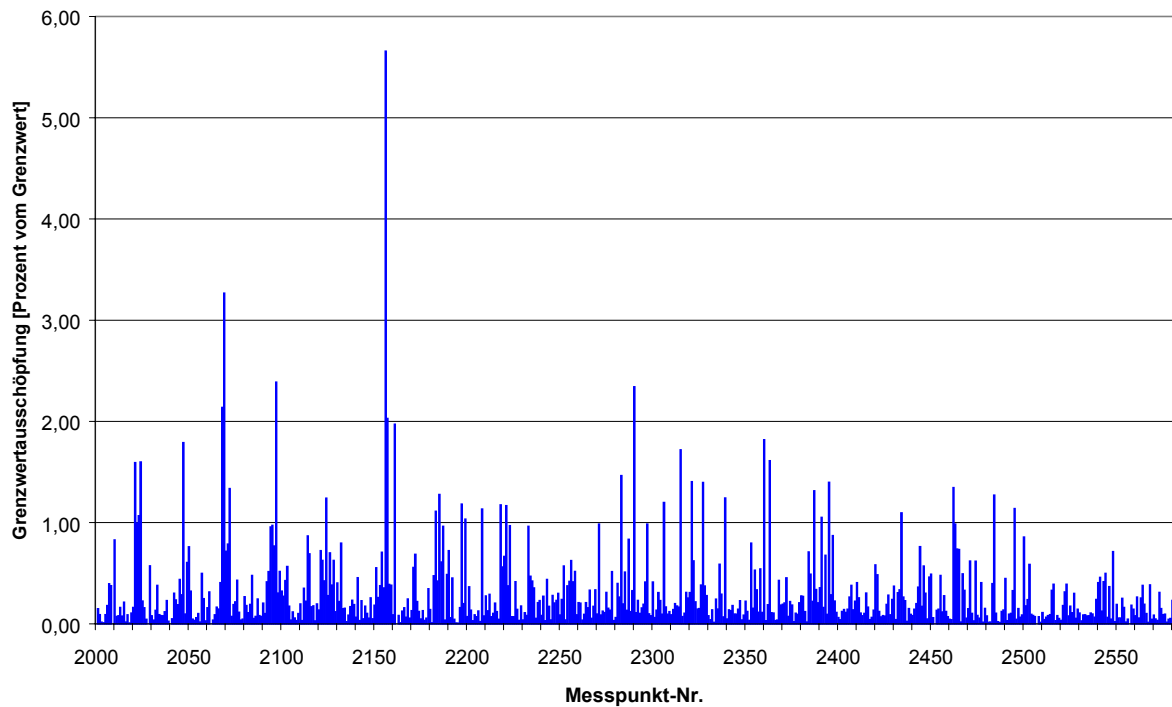


Diagramm 11: Summenimmissionen durch Fernsehsender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

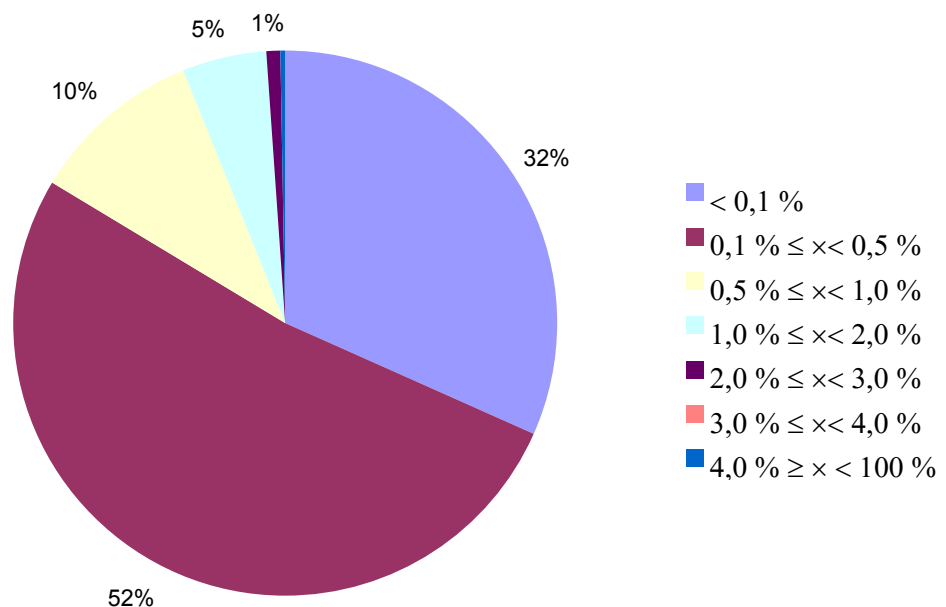


Diagramm 12: Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch Fernsehsender (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

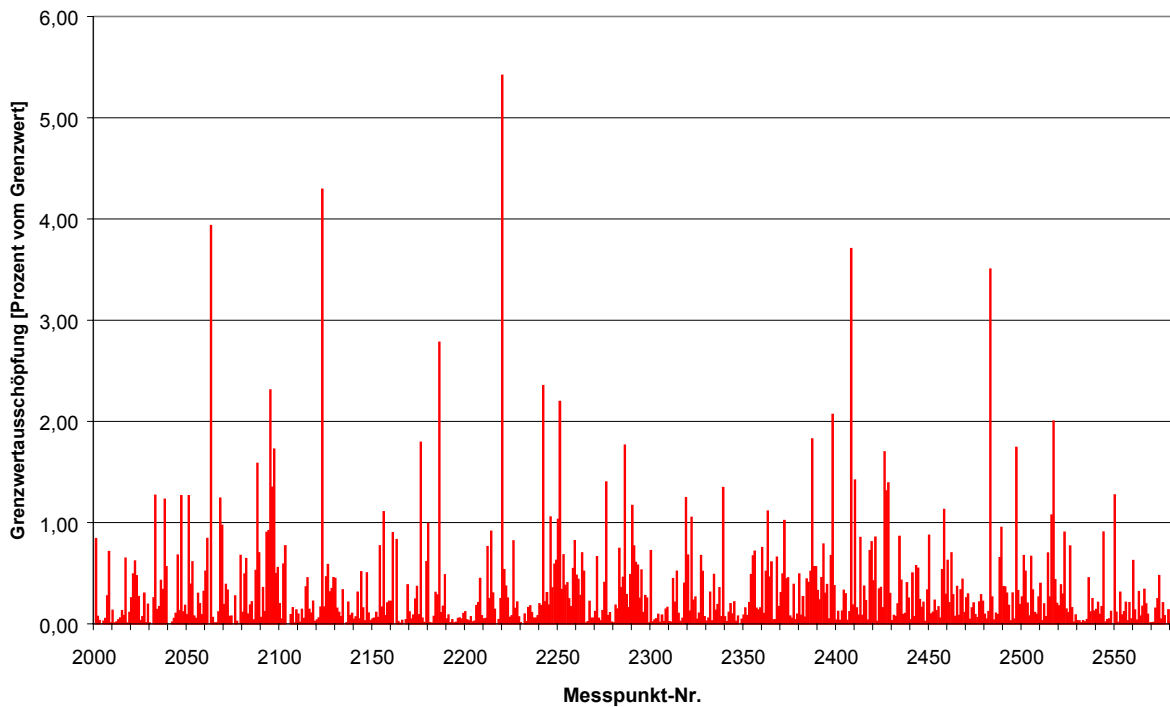


Diagramm 13: Summenimmissionen durch den Mobilfunk an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

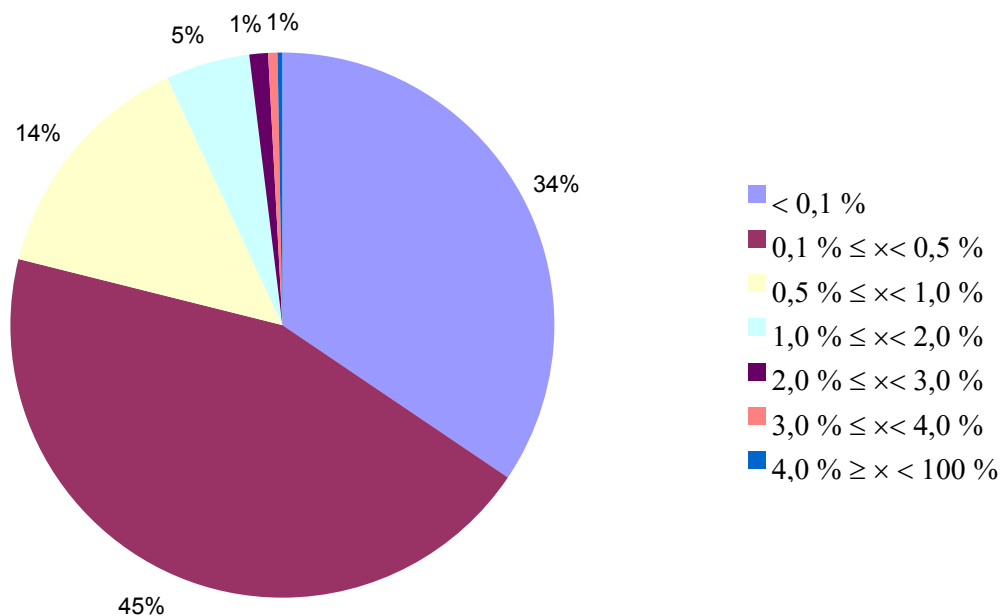


Diagramm 14: Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch den Mobilfunk (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

Vergleich der Immissionen innerorts gegenüber außerorts

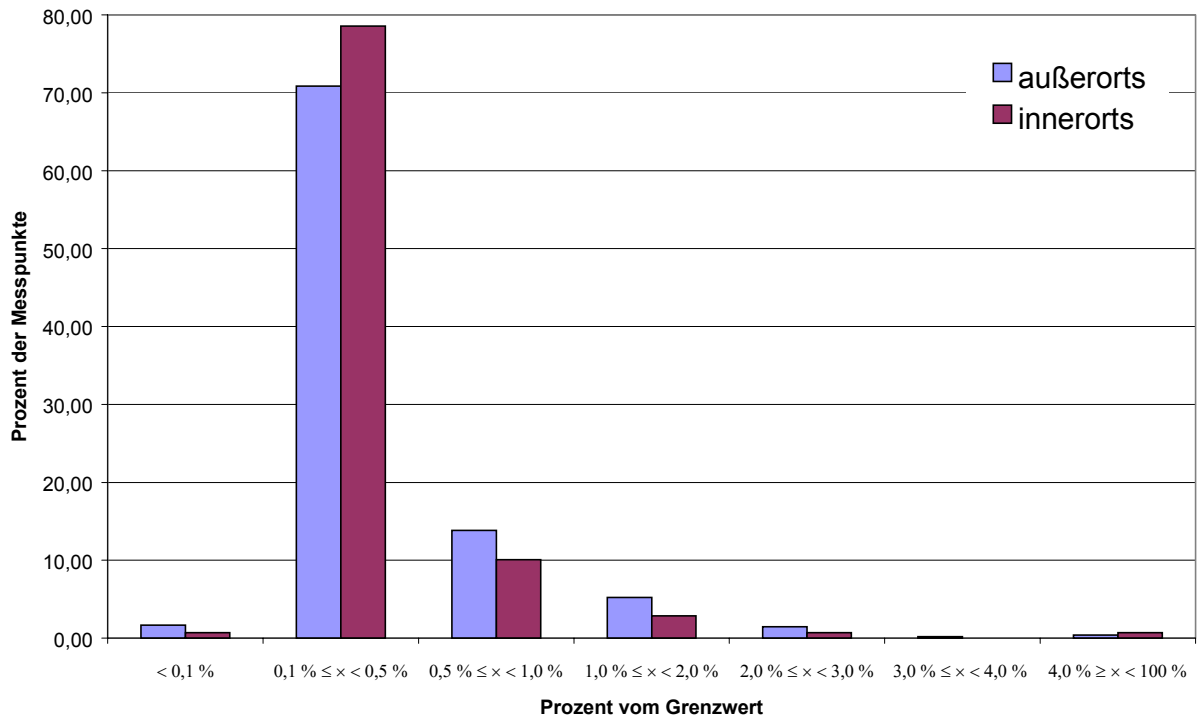


Diagramm 15: Immissionsverteilung von LMK-Sendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

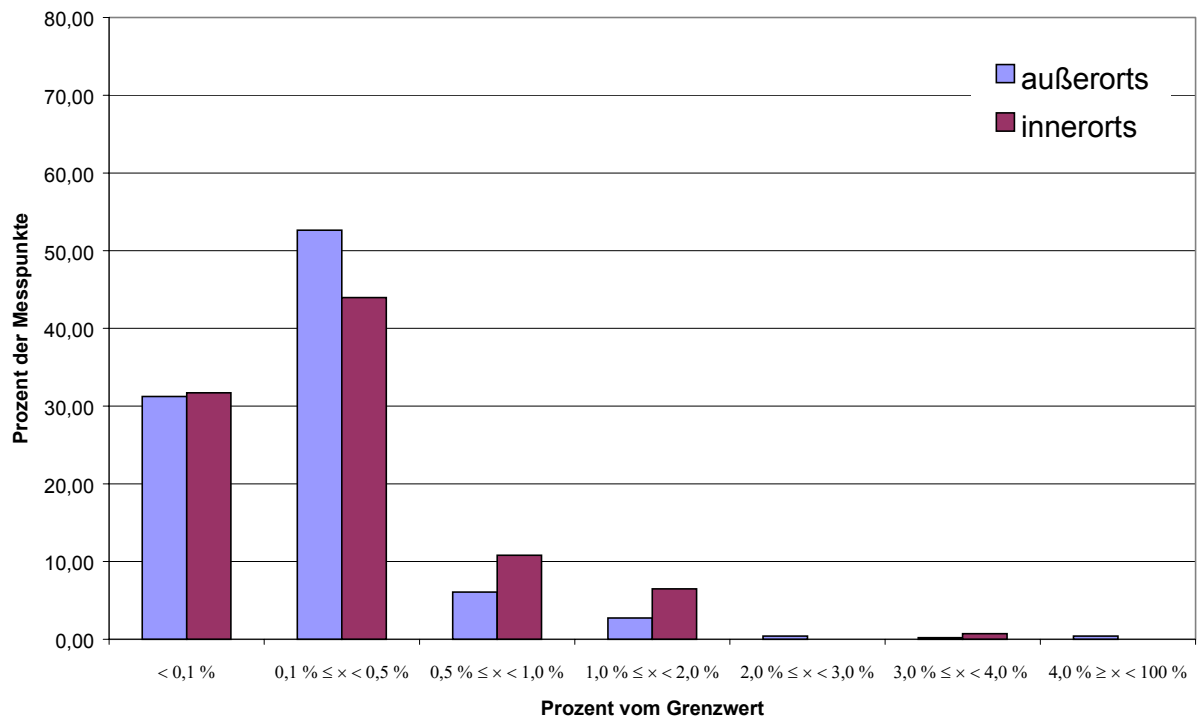


Diagramm 16: Immissionsverteilung von UKW-Sendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

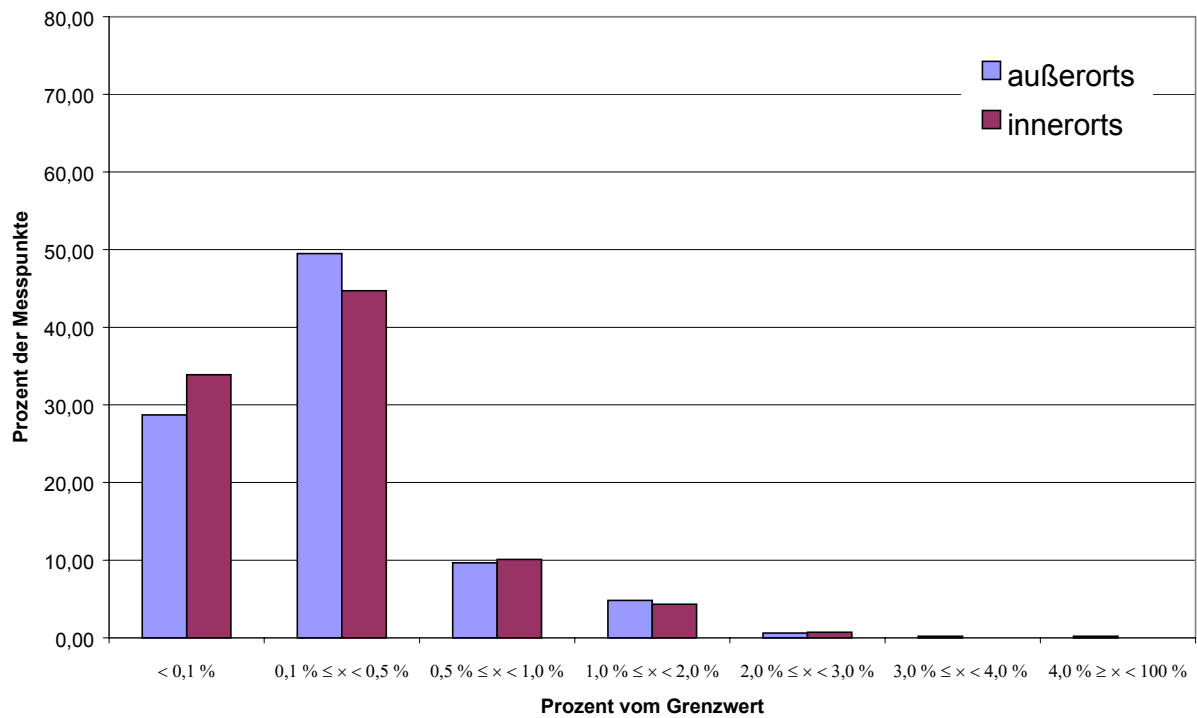


Diagramm 17: Immissionsverteilung von Fernsehsendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

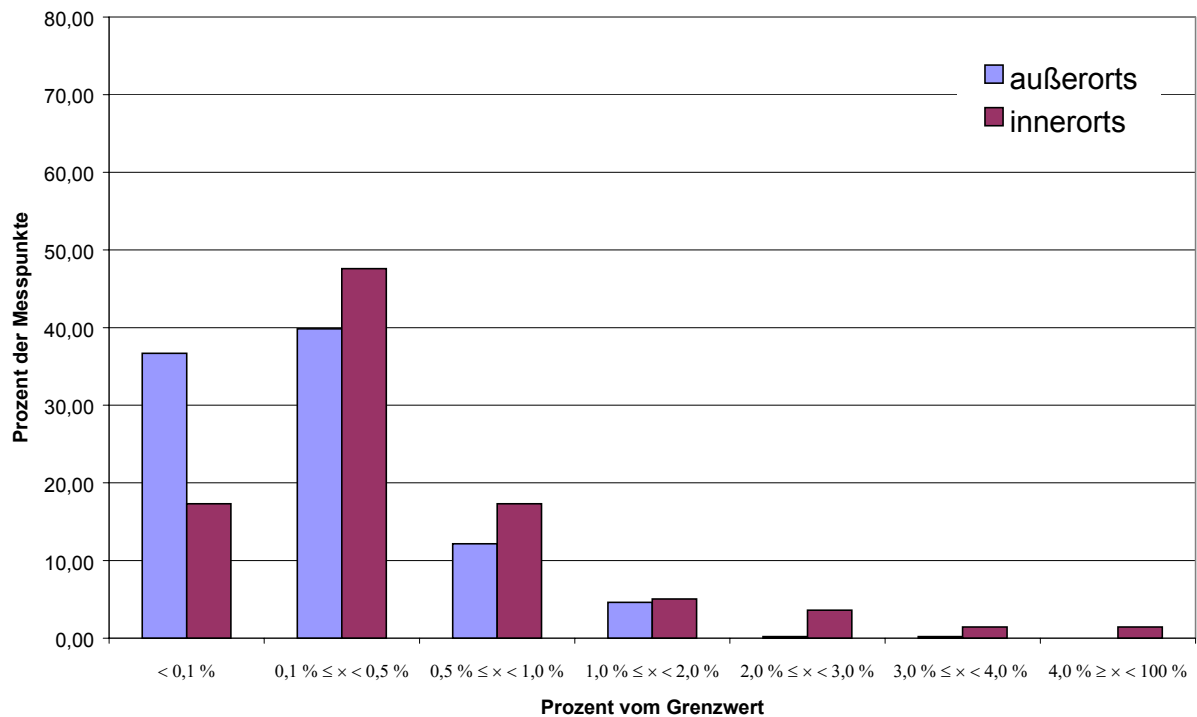


Diagramm 18: Immissionsverteilung von Mobilfunksendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell "thermische Wirkungen")

Vergleich der Immissionen des Mobilfunkes gegenüber den klassischen Funkdiensten

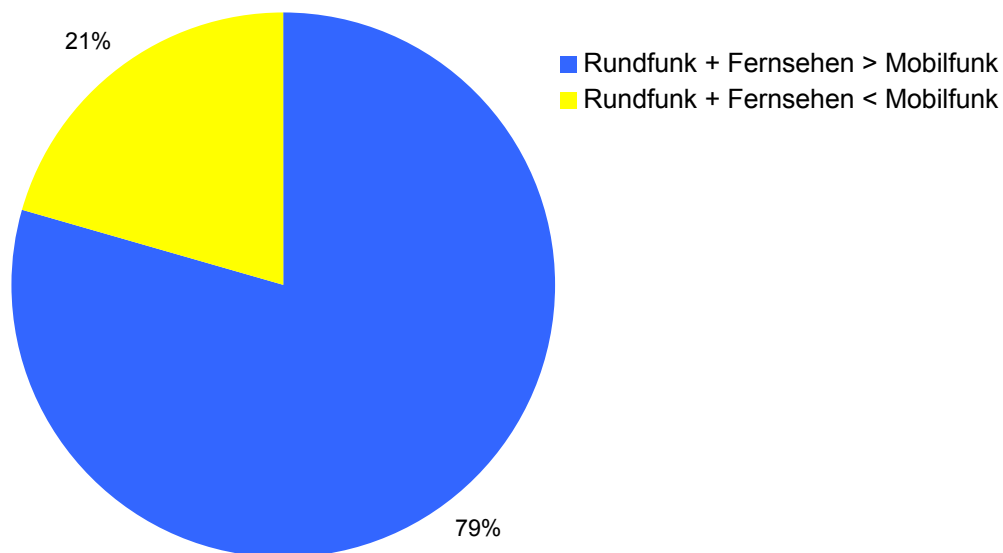


Diagramm 19: Beitrag des Mobilfunks und der klassischen Funkdienste (Rundfunk + Fernsehen) im Vergleich

Verwendete Literatur

- [1] **U. Bochtler, M. Wuschek, R. Eidher**
"Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg – Beschreibung und wissenschaftliche Bewertung des Messvorhabens"
Stuttgart 07.2003