



# **Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg**

**Messergebnisse**

**Untersuchungsgebiet Heidelberg/Mannheim**

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 Heidelberg/Mannheim

**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:**

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 <sup>2</sup> ]	Leistungsflussdichte

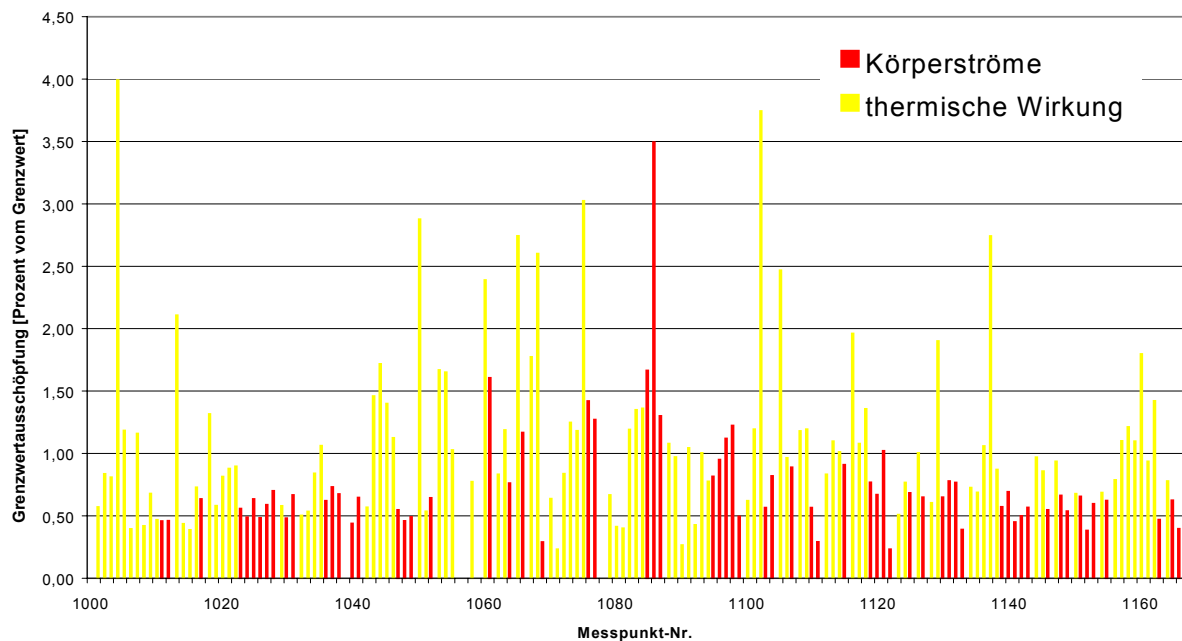
### Liste der verwendeten Abkürzungen

AM	Amplitudenmodulation
FM	Frequenzmodulation
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)
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)

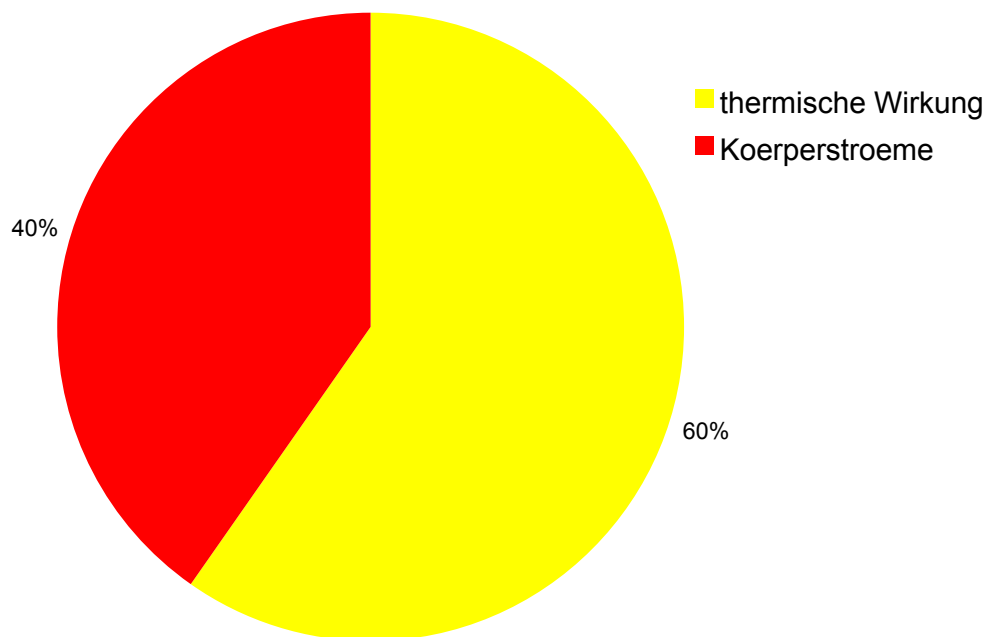
## 1 Bewertung der Gesamtimmissionen

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. Man erkennt, dass an 60 % der Messpunkte der Einfluss der thermischen Wirkung größer ist, als der Einfluss der Körperströme.



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

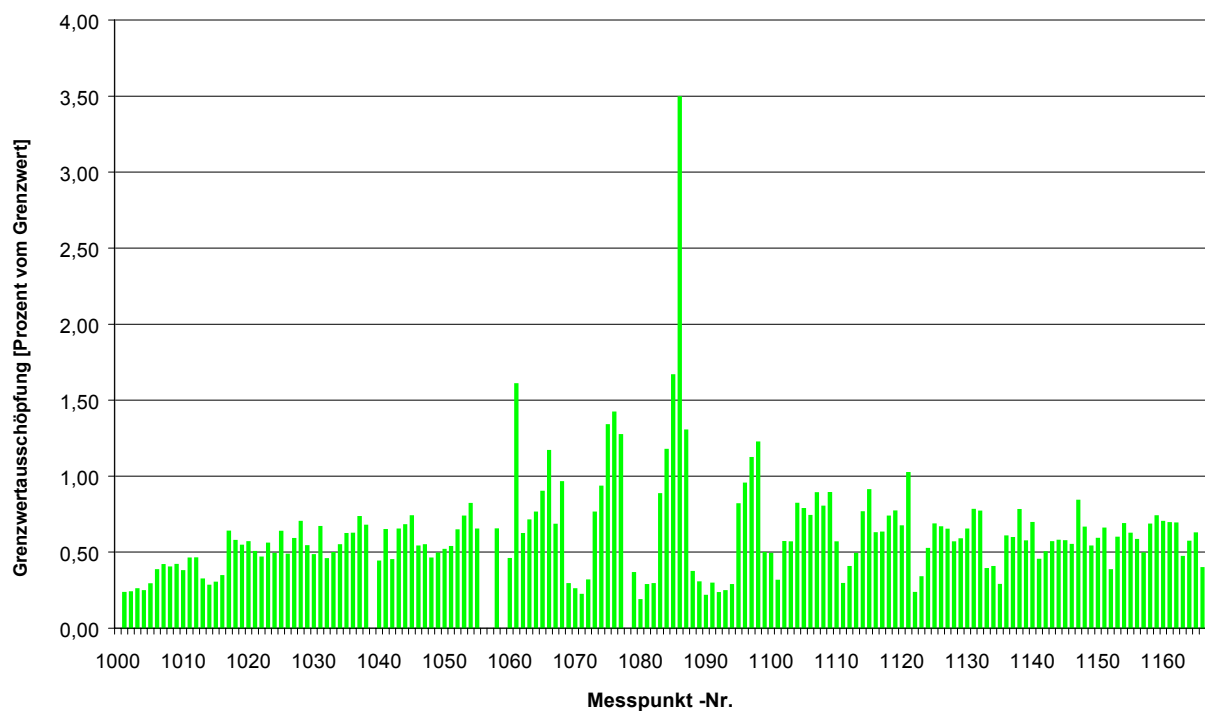


**Diagramm 2:** Prozentuale Verteilung der an den Messpunkten je nach Wirkungsmodell (thermische Wirkungen oder Körperströme) überwiegenden Summenimmissionswerte

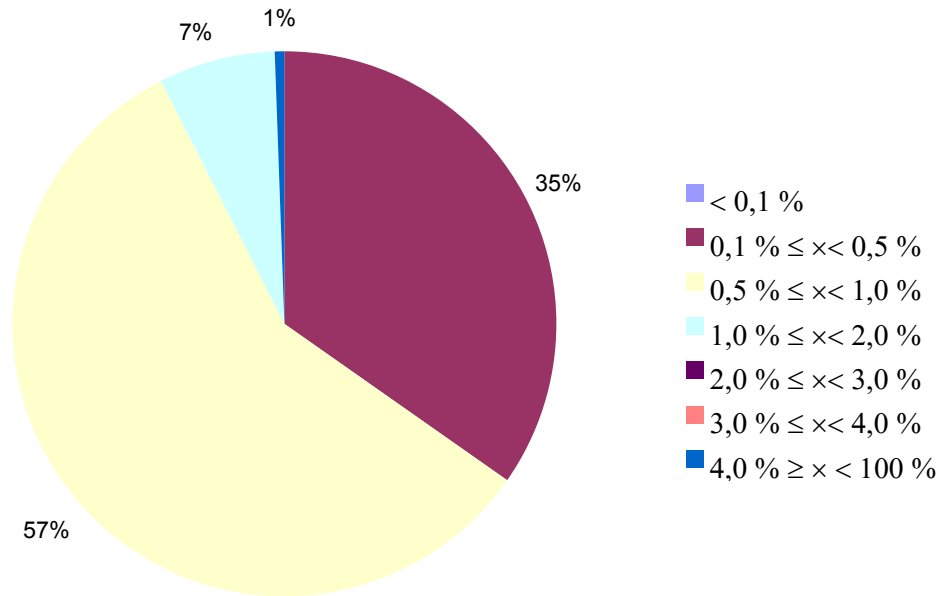
## 2 Bewertung der Körperströme

Bei der Übersicht der Immissionen, die nach dem Wirkungsmodell der Körperströme bewertet sind (siehe [1]), fällt ein Messpunkt mit einer Summenimmission von 3,49 % des Grenzwertes besonders auf. Der Messpunkt MP 1086 (Gemeindegebiet Heidelberg zwischen Dossenheim und Handschuhshiem) liegt nur 1,18 km vom Senderstandort "Heidelberg-Dossenheim" entfernt, an dem ein Programm des SWR mit einer Leistung von 5 kW (ERP) abgestrahlt wird. Bei detaillierter Betrachtung der Messergebnisse an diesem Standort ist zu erkennen, dass nahezu die gesamte Immission durch diese Sendefrequenz verursacht wird.

An 92 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmissionen von weniger als 1 % des Grenzwertes.



**Diagramm 3:** Summenimmissionen an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodells "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 zwei Drittel der Messpunkte eine Summenimmission unterhalb 1 % des Grenzwertes aufweisen. Lediglich 3 % der Messpunkte erreichen eine Summenimmission von 3 % des Grenzwertes oder mehr.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchten Messpunkten unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Gesamtimmission an den einzelnen Messpunkten 0,68 % vom Grenzwert.

In Diagramm 1 und Diagramm 5 ist zu erkennen, dass an zwei Messpunkten eine gegenüber allen anderen Messpunkten leicht erhöhter Summenimmissionswert nachweisbar ist. Diese beiden Messpunkte liegen in unmittelbarer Nähe von Mobilfunksendeanlagen.

Bei drei Messpunkten (MP 1092 bis MP 1094) wurden Immissionen nachgewiesen, die durch eine Radarsendeanlage, die in zirka 150 m Entfernung zum Messpunkt MP 1094 betrieben wird, verursacht werden. 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 850 geringer ist als die maximal gemessenen.

#### LMK

Bei der Übersicht der Immissionen, die durch LMK-Rundfunksendeanlagen erzeugt werden, fällt ein Messpunkt mit vergleichsweise hoher Immission auf. Der Messpunkt 1086 (Gemeindegebiet Heidelberg zwischen Dossenheim und Handschuhheim), weist eine Summenimmission von 2,9 % des Grenzwertes auf. Hierbei wird der größte Immissionsanteil (2,30 %) bei einer Frequenz von gemessenen 722 kHz nachgewiesen. Betrachtet man die Senderstandorte der Umgebung, so fällt auf, dass am Standort "Heidelberg-Dossenheim", der sich nur 1,18 km vom Messpunkt entfernt befindet, die entsprechende Frequenz (SWR) mit einer Leistung von ERP = 5 kW abgestrahlt wird. Dieser Sender ist also eindeutig für den Immissionswert am Messpunkt 1086 verantwortlich.

An 99 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmissionen von weniger als 1 % des Grenzwertes.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchter Messpunkte unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmissionen durch LMK-Rundfunksender an den einzelnen Messpunkten 0,18 % 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 1067 und MP 1068 (beide Punkte befinden sich im Waldgebiet östlich vom Stadtteil Heidelberg-Pfaffengrund) mit besonders hohen Summenimmissionswerten von 1,69 % bzw. 2,41 % des Grenzwertes befinden sich in ca. 1,5 km Entfernung eines Rundfunksenders. Auch hier stammen die relevanten Immissionsanteile des Messpunktes von diesem Sender.

An 97 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmissionen von weniger als 1 % des Grenzwertes.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchter Messpunkte unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission durch UKW-Rundfunksender an den einzelnen Messpunkten 0,26 % vom Grenzwert.

## Terrestrisches Fernsehen

Bei der Analyse der Immissionsverteilung bezüglich der Fernsehsender fällt kein Messpunkt mit einer Summenimmission von mehr als 1,7 % des Grenzwertes auf.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchter Messpunkte unterschritten wird beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission der Fernsehsender an den einzelnen Messpunkten 0,24 % vom Grenzwert.

## Mobilfunk

Bei der Betrachtung der Immissionen, die durch Mobilfunksendeanlagen hervorgerufen werden, sind 10 Messpunkte nachweisbar, die eine Summenimmission von mehr als 1,5 % des Grenzwertes aufweisen. In unmittelbarer Nähe dieser 10 Messpunkte befinden sich Mobilfunksender. An sechs Messpunkten sind die Sendantennen sogar vom Messpunkt aus sichtbar. Die Summenimmissionen erreichen jedoch auch an diesen Punkten maximal 4 % des Grenzwertes.

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 0,23 % vom Grenzwert.

Das Ergebnis spiegelt sich nochmals in der Summenimmissionsverteilung wieder. An 92 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmissionen von weniger als 1 % des Grenzwertes aufweisen.

## **Vergleich innerorts - außerorts**

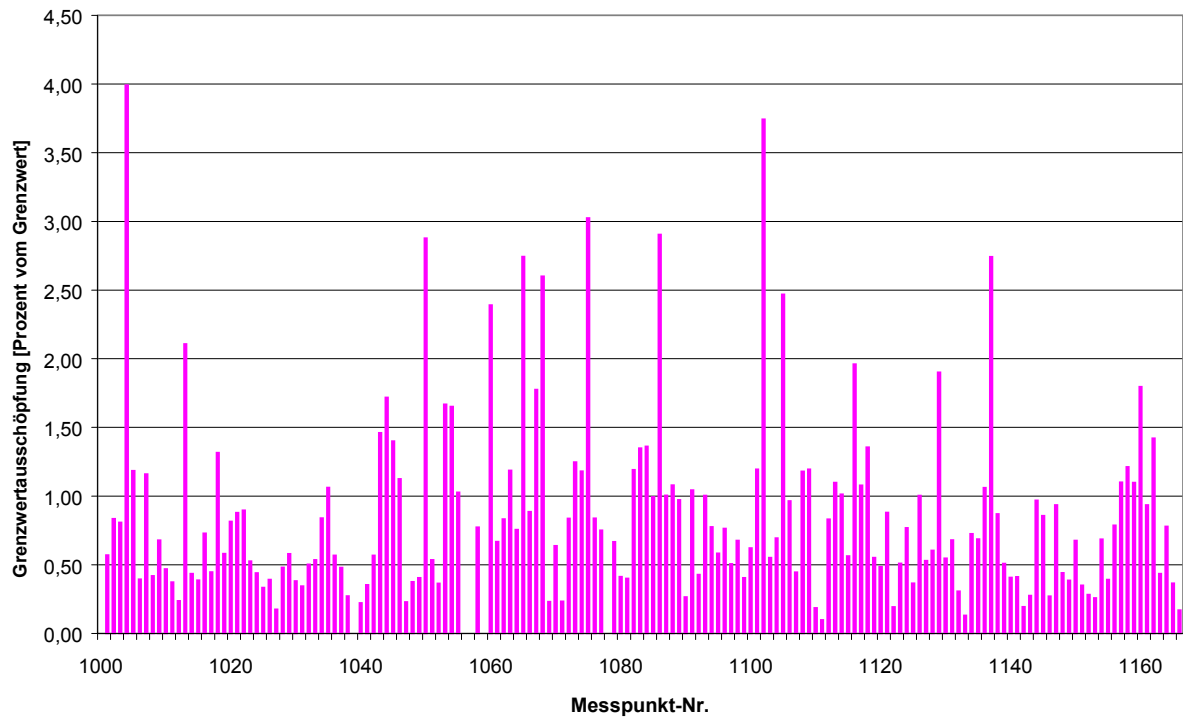
In den Diagrammen 15 - 18 werden die Immissionen, die durch die einzelnen Funkdienste (LMK, UKW, Fernsehen und Mobilfunk) hervorgerufen werden, bezüglich ihrer geografischen Lage (innerorts gegenüber außerorts) verglichen. Aus diesen Diagrammen kann die Erkenntnis gewonnen werden, dass bei den klassischen Funkdiensten (LMK, UKW und Fernsehen) außerhalb geschlossener Ortschaften 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 deutlich zum Tragen, weil die von diesen Sendern ausgesendeten elektromagnetischen Felder durch die Gebäude stark gedämpft werden.

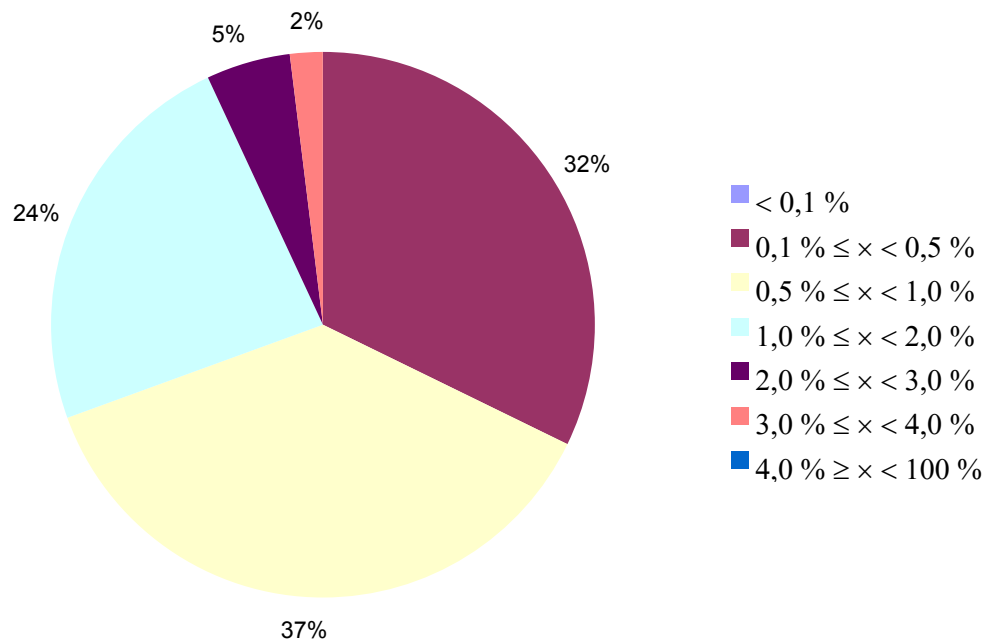
Bei Mobilfunksendeanlagen ist jedoch eindeutig eine Mehrbelastung innerhalb von Ortschaften nachweisbar. Hierfür existiert folgende Erklärung: Durch die relativ geringe Reichweite der Mobilfunksendeanlagen in dicht bebautem Gebiet, sowie dem höheren Kapazitätsbedarf innerhalb dieser Ballungszentren müssen in Ortschaften Mobilfunksendeanlagen in geringerem Abstand errichtet werden 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)**

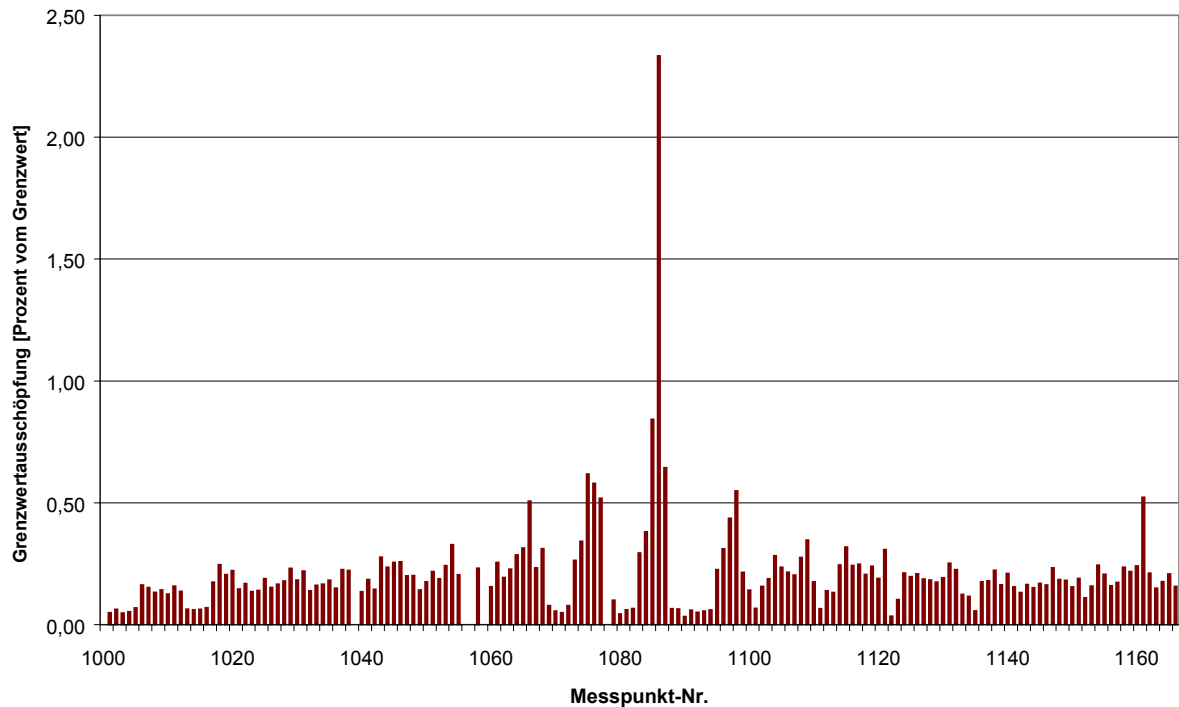
In Diagramm 19 ist dargestellt, an wie viel Prozent der Messpunkte die Immissionen der klassischen Funkdienste (Rundfunk + Fernsehen) gegenüber den Immissionen der Mobilfunkdienste überwiegen. Das Diagramm zeigt, dass an 73 % aller Messpunkte die Immissionen der klassischen Funkdienste gegenüber den Immissionen der digitalen Mobilfunksysteme überwiegen.



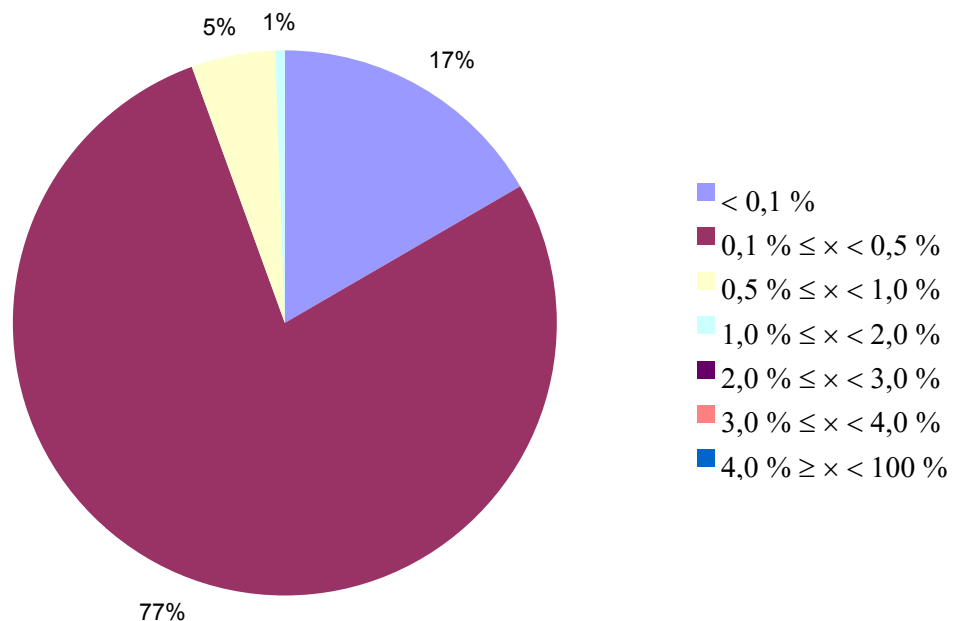
**Diagramm 5:** Summenimmissionen an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



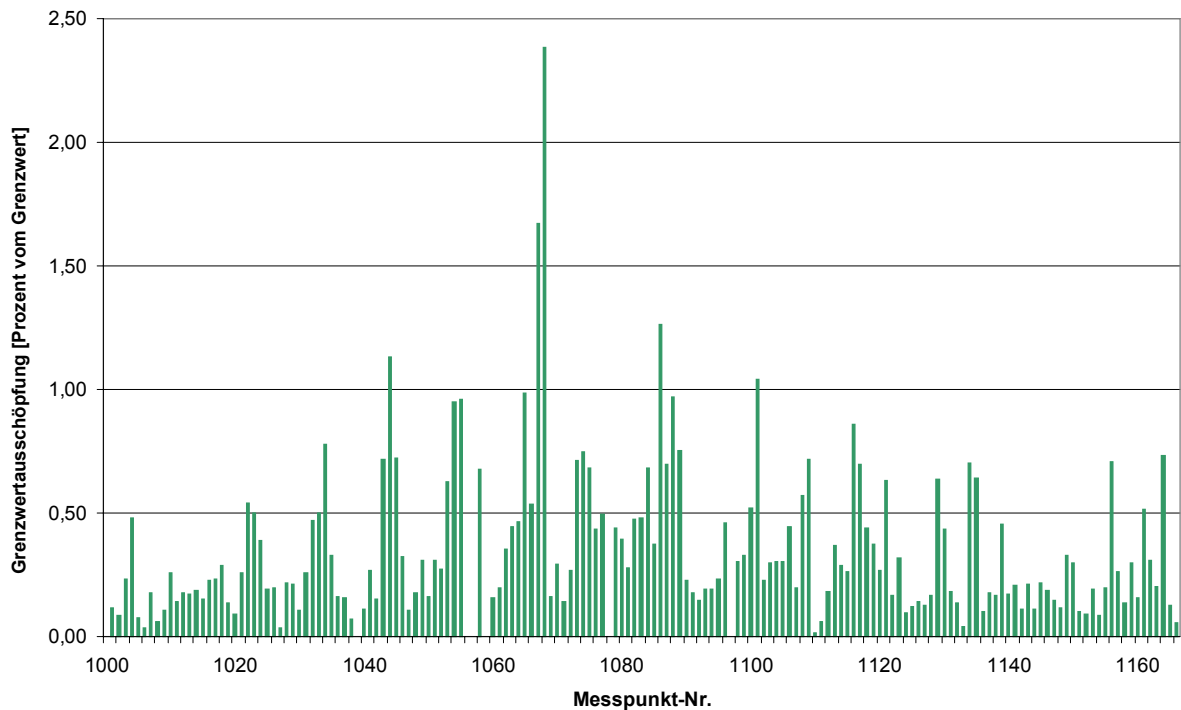
**Diagramm 6:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



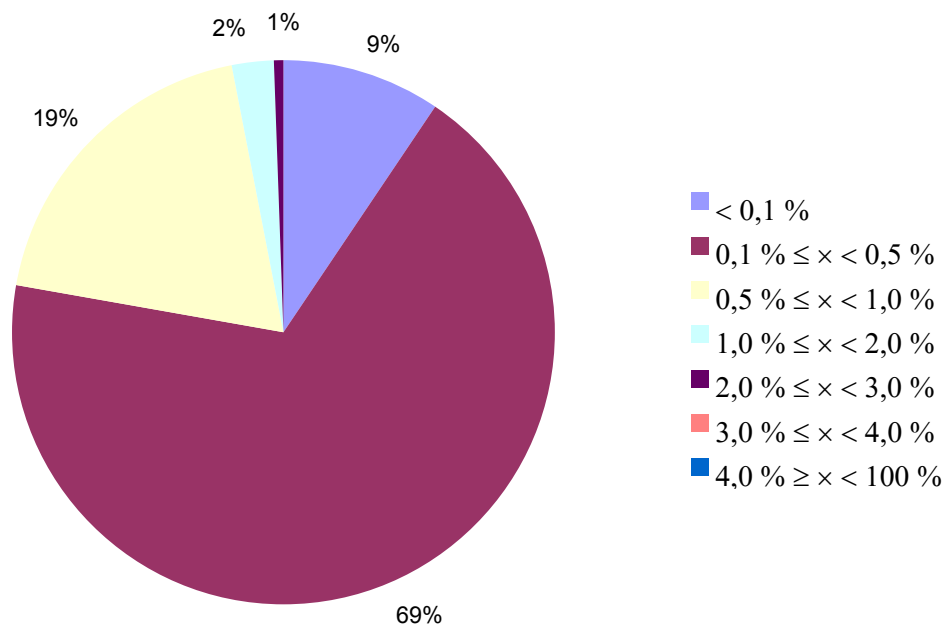
**Diagramm 7:** Summenimmissionen durch LMK-Sender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



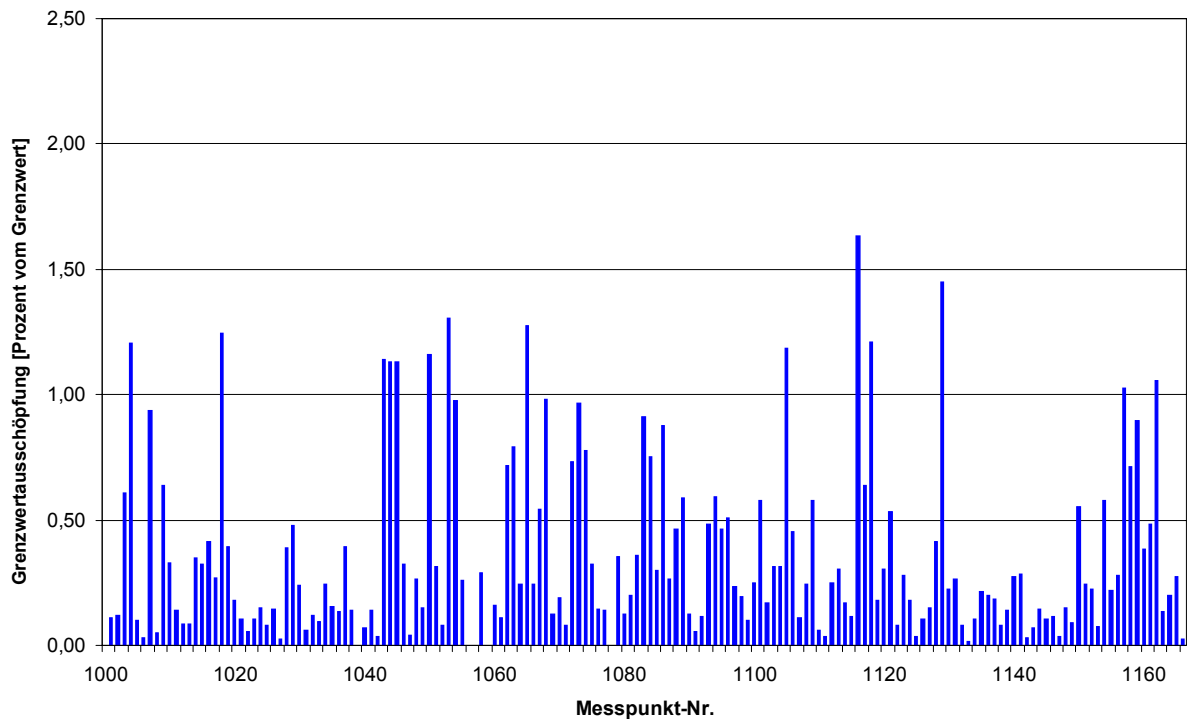
**Diagramm 8:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch LMK-Sender (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



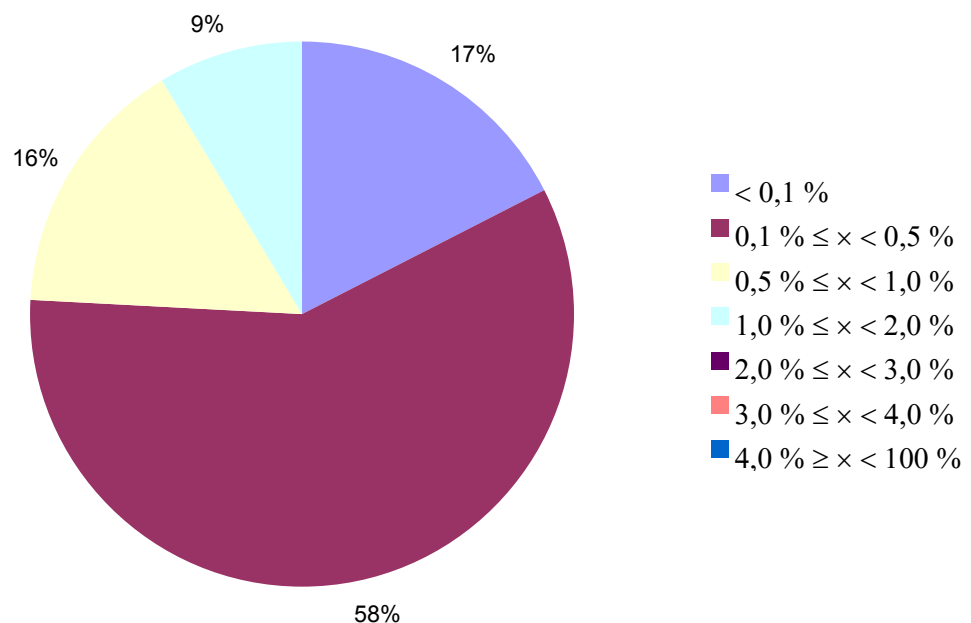
**Diagramm 9:** Summenimmissionen durch UKW-Sender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



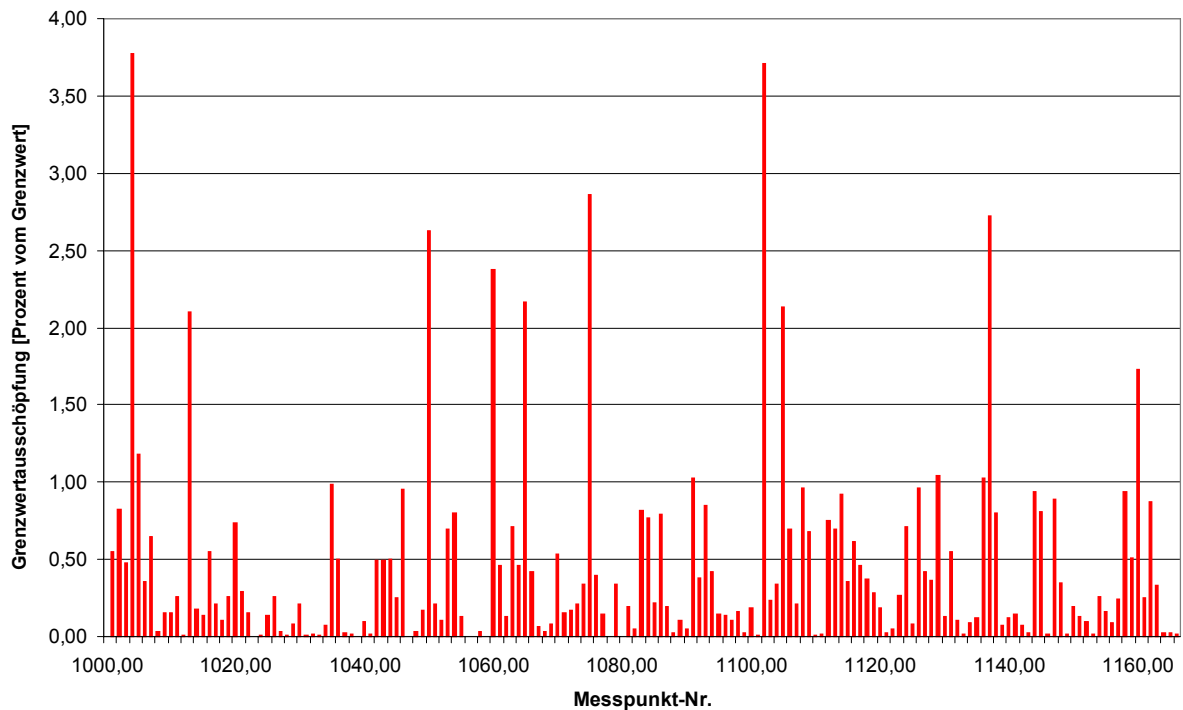
**Diagramm 10:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch UKW-Sender (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



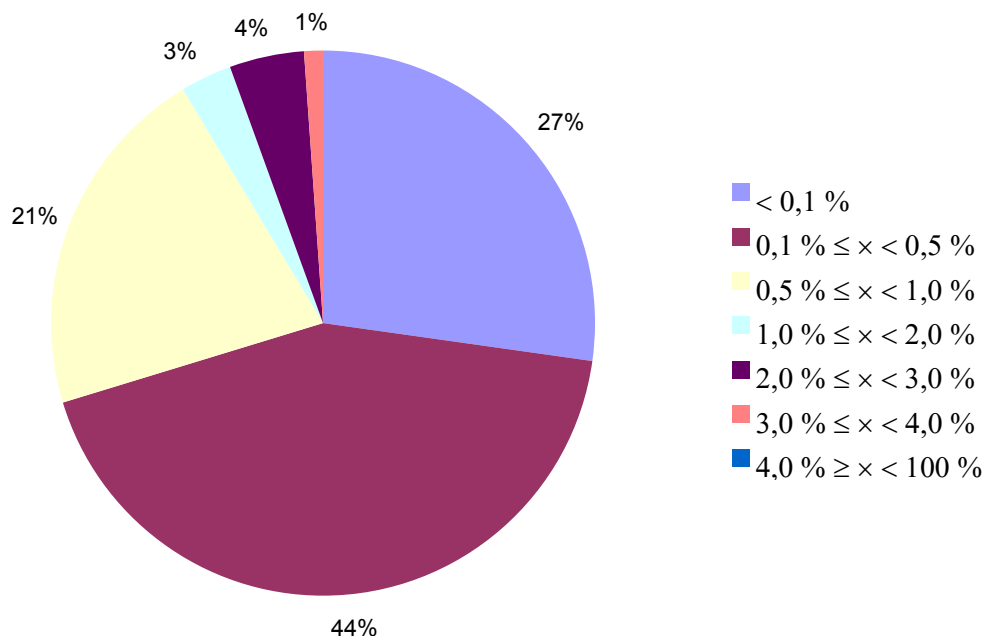
**Diagramm 11:** Summenimmissionen durch Fernsehsender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



**Diagramm 12:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch Fernsehsender (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)

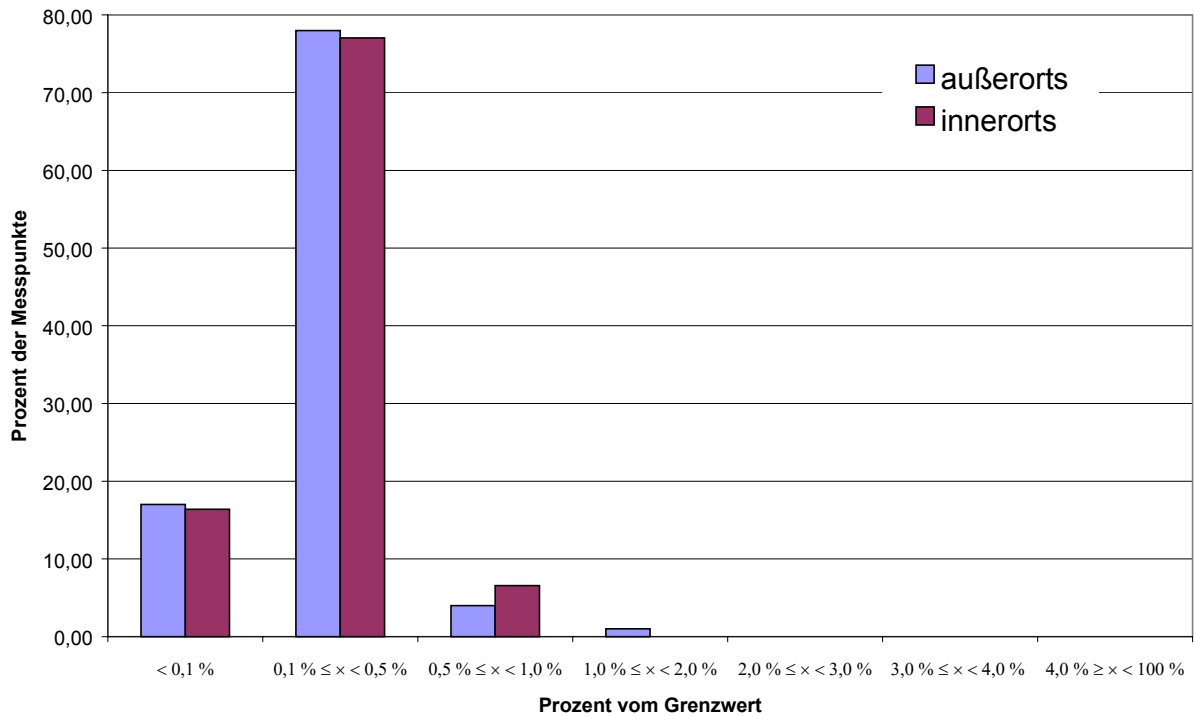


**Diagramm 13:** Summenimmissionen durch den Mobilfunk an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)

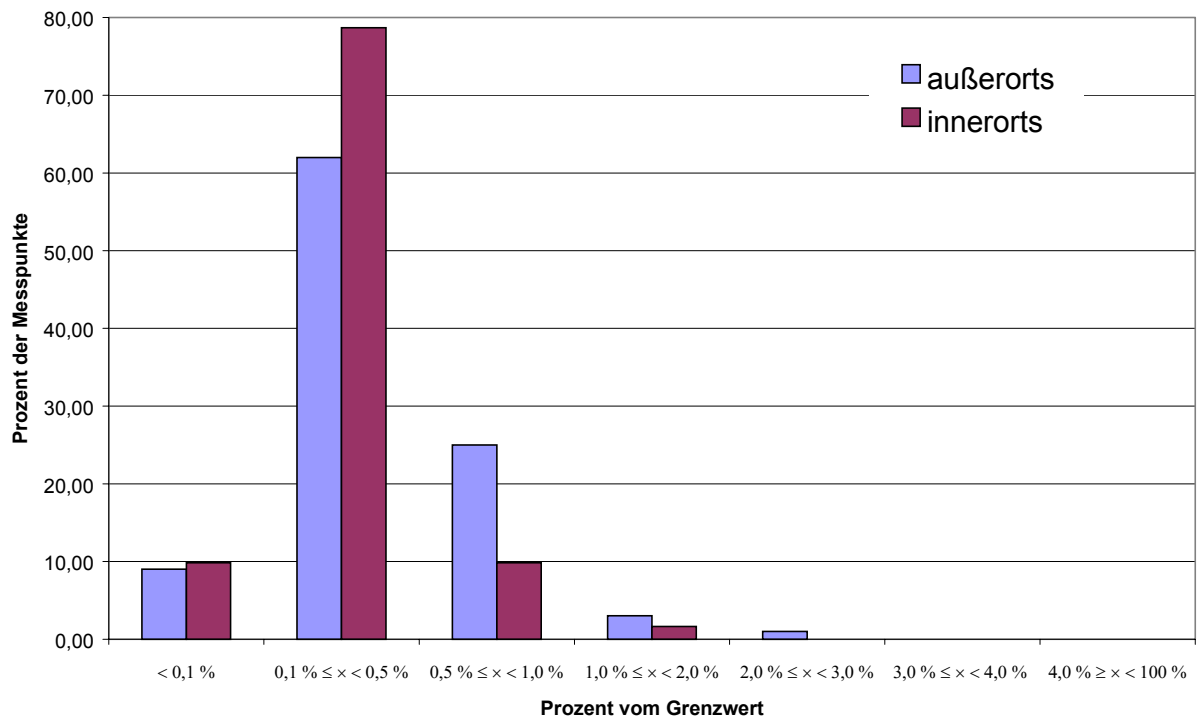


**Diagramm 14:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch den Mobilfunk (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)

### Vergleich der Immissionen innerorts gegenüber außerorts

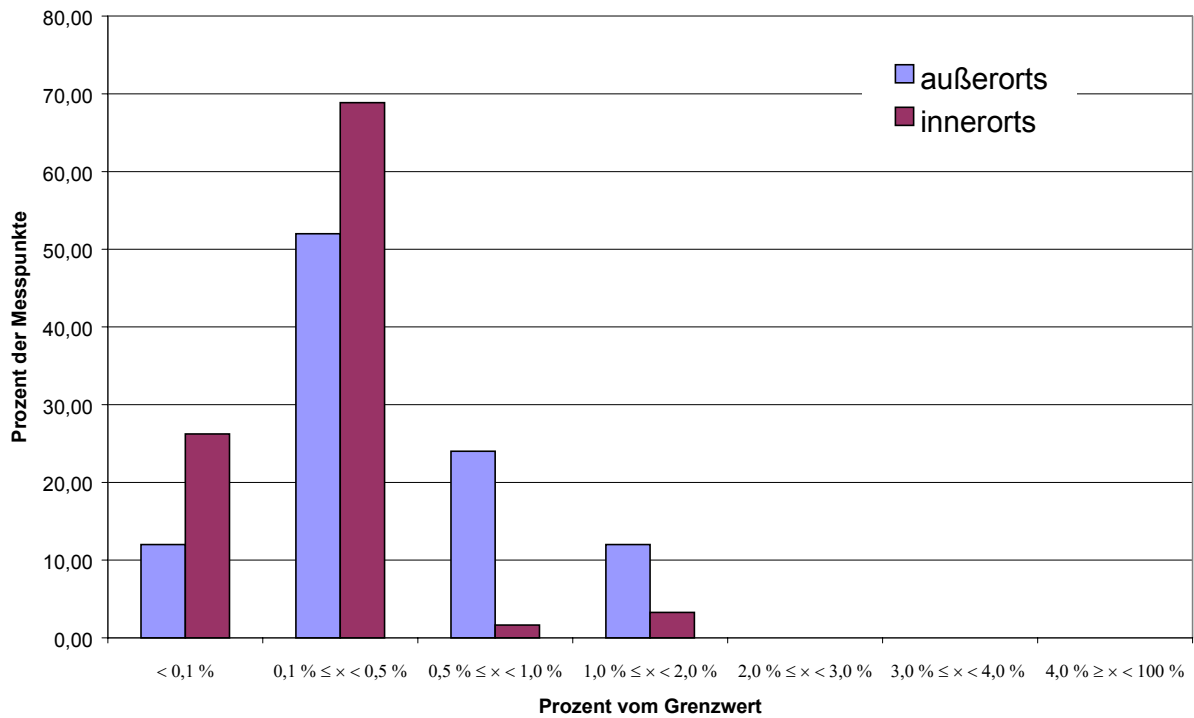


**Diagramm 15:** Immissionsverteilung von LMK-Sendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)

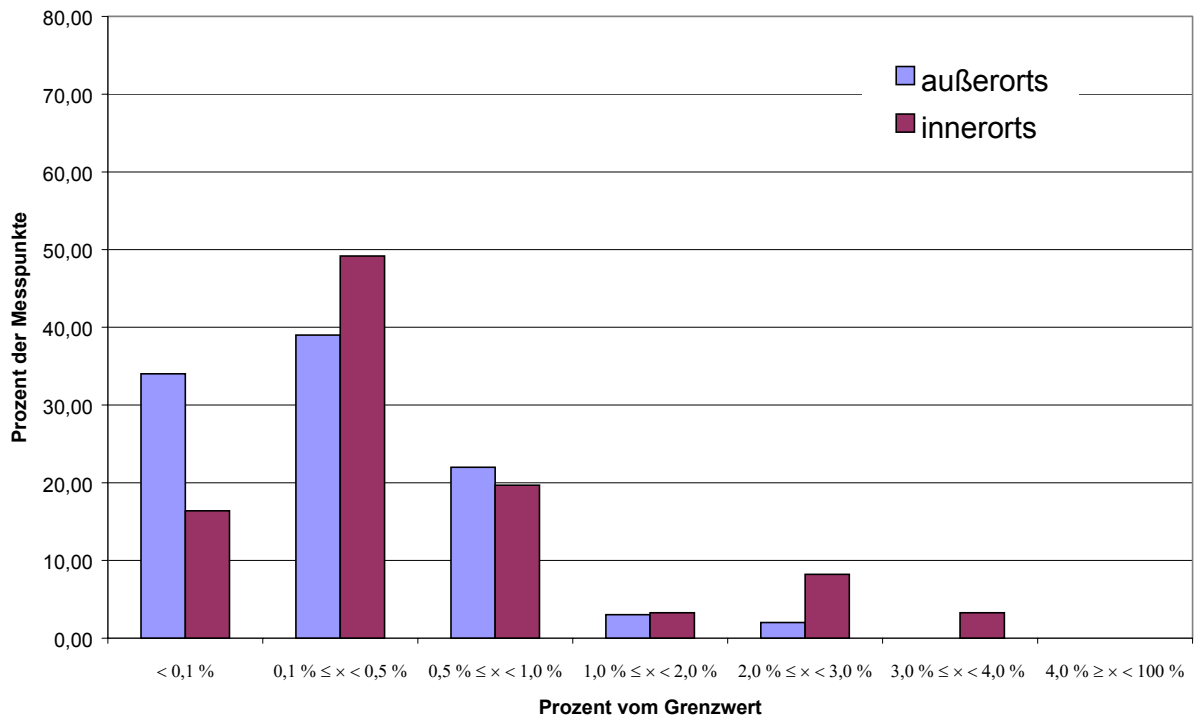


**Diagramm 16:** Immissionsverteilung von UKW-Sendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



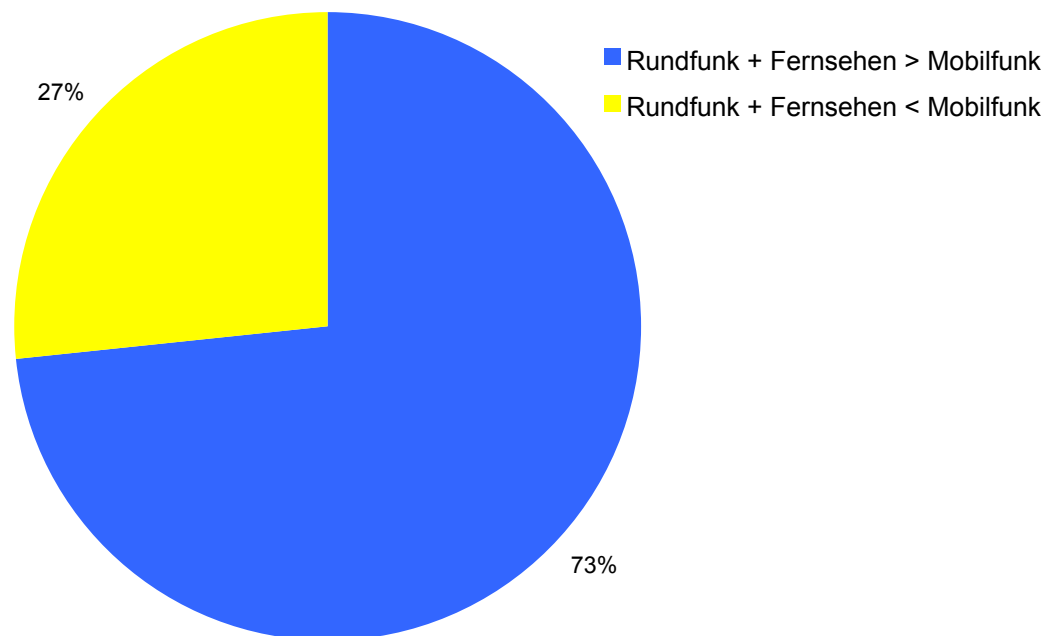


**Diagramm 17:** Immissionsverteilung von Fernsehsendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



**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