



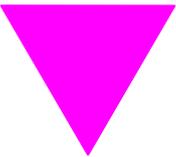
# **Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg**

**Messergebnisse**

**Untersuchungsgebiet Freiburg**

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 Freiburg

**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 <sup>2</sup> ]	Leistungsflussdichte

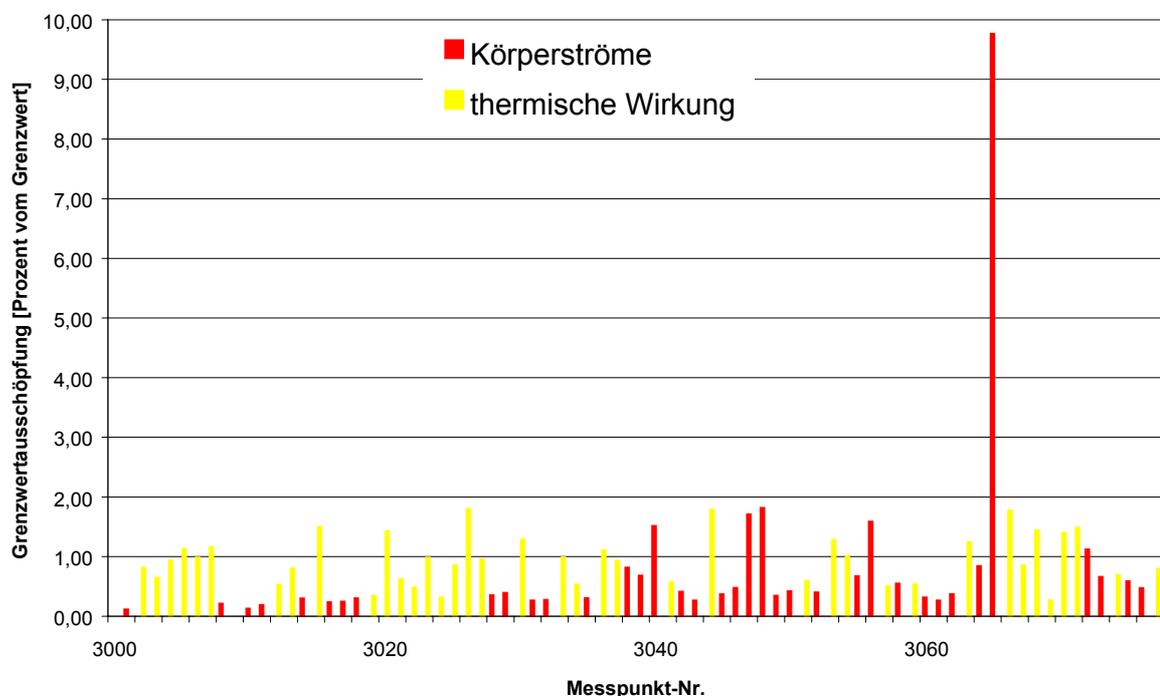
### Liste der verwendeten Abkürzungen

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)

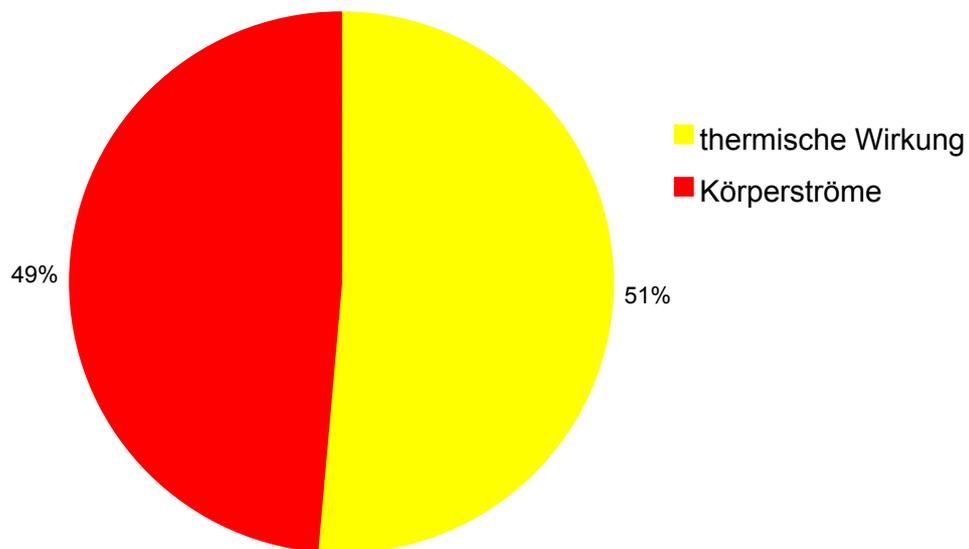
## 1 Bewertung der Gesamtimmissionen

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 51 % der untersuchten 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)

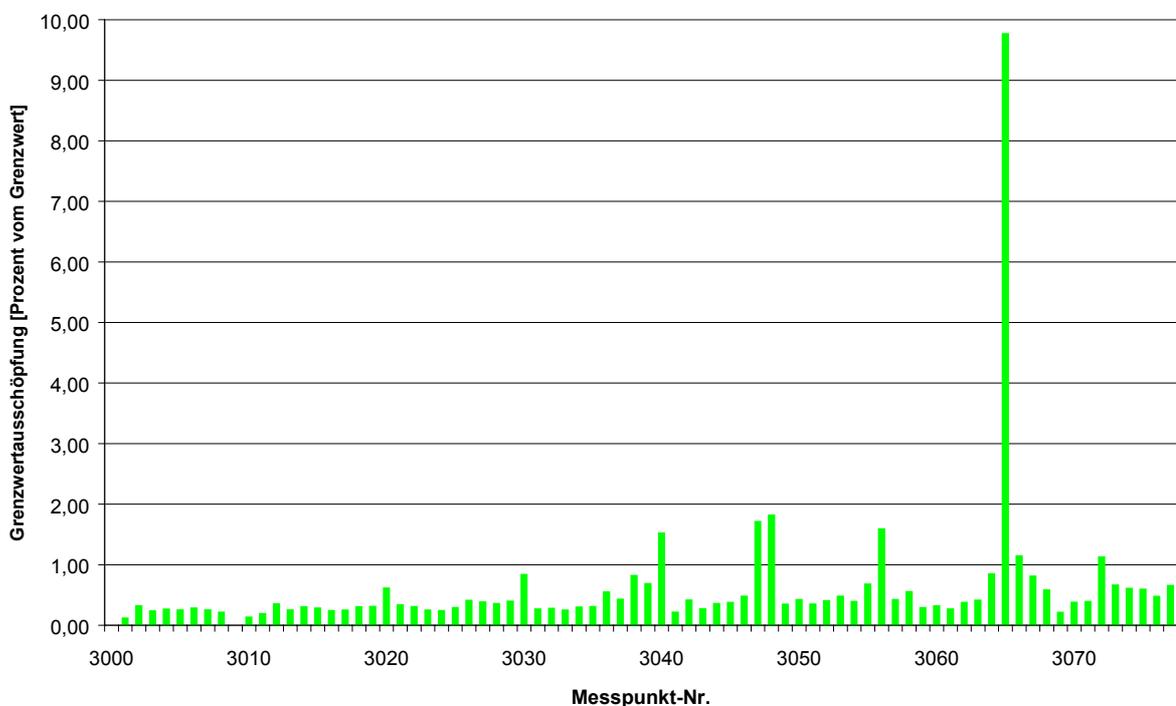


**Diagramm 2:** Prozentuale Verteilung der an den Messpunkten je nach Wirkungsmodell (thermische Wirkungen oder Körperströme) überwiegenden Summenimmissionswerte

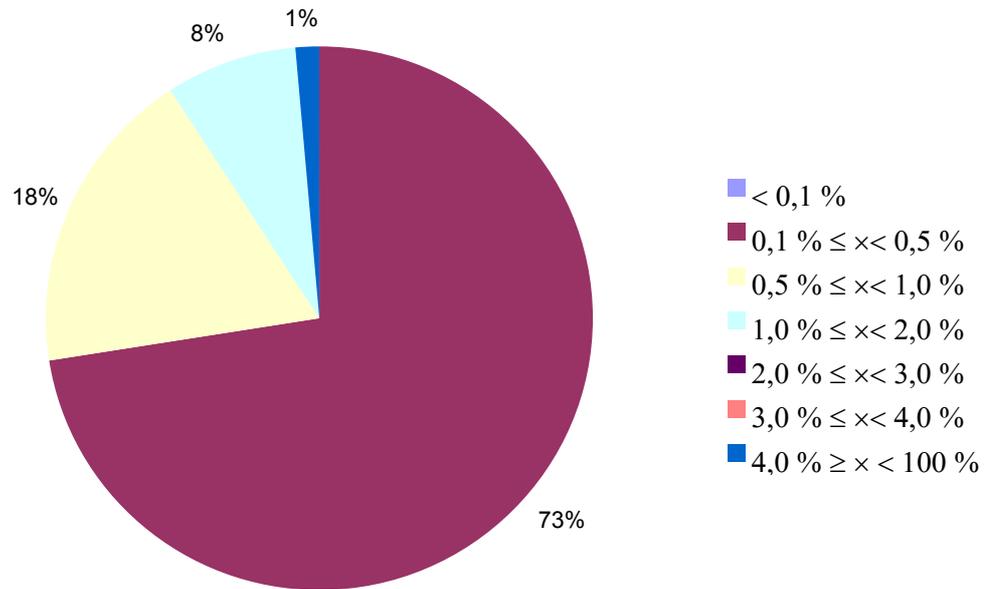
## 2 Bewertung der Körperströme

Bei der Übersicht der Immissionen, die nach dem Wirkungsmodell der Körperströme bewertet sind (siehe [1]), fällt der Messpunkt 3065 mit einer Summenimmission von 9,77 % des Grenzwertes besonders auf. Dieser Messpunkt liegt nur ca. 650 m vom Senderstandort "Freiburg" entfernt, an dem ein Programm des SWR über Mittelwelle (Sendefrequenz: 828 kHz) abgestrahlt wird. Bei detaillierter Betrachtung der Messergebnisse des Messpunktes MP 3065 ist zu erkennen, dass nahezu die gesamte Immission durch diese Sendefrequenz des Senderstandorts "Freiburg" verursacht wird.

An 91 % aller Messpunkte ergeben sich Summenimmission 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 drei Viertel der Messpunkte eine Summenimmission unterhalb 1 % des Grenzwertes aufweisen. Lediglich ein Messpunkt erreicht eine Summenimmission von mehr als 3 % des Grenzwertes.

Der Medianwert, der angibt, welcher Immissionswert an 50% aller untersuchter Messpunkte unterschritten wird, beträgt bei der Betrachtung der Summenimmission an den einzelnen Messpunkten 0,54 % vom Grenzwert.

In Diagramm 1 und Diagramm 5 ist zu erkennen, dass am Messpunkt 3065 ein, gegenüber allen anderen Messpunkten um mindestens den Faktor 5 größerer Summenimmissionswert nachweisbar ist, bei dem 9,42 % des Grenzwerts erreicht werden. Dieser Messpunkt liegt in zirka 150 m Entfernung des Sendestandorts "Freiburg", an dem ein Programm des SWR auf einer gemessenen Sendefrequenz von 840 kHz mit einer Sendeleistung von 10 kW (ERP) abstrahlt wird.

#### LMK

Bei der Übersicht der Immissionen, die durch LMK-Rundfunksendeanlagen erzeugt werden, zeigt Messpunkt 3065 einen vergleichsweise hohen Wert. Die weiteren Messpunkte mit einer Summenimmission von mehr als 0,8 % vom Grenzwert liegen ebenfalls in unmittelbarer Nähe (Abstand der Messpunkte kleiner als 3 km).

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 Summenimmission durch LMK-Rundfunksender an den einzelnen Messpunkten 0,14 % vom Grenzwert.

## UKW

Bei der Betrachtung der Immissionen, die durch UKW-Rundfunksendeanlagen erzeugt werden, ergibt sich ebenfalls ein Ort mit deutlichem Maximalwert im Vergleich zu anderen Messorten. Wie schon bei den LMK-Immissionen handelt es sich um den Messpunkt MP 3065 (Summenimmissionswert von 2,98 % des Grenzwertes), der sich in unmittelbarer Nähe zum Sendestandort "Freiburg" befindet. Von diesem Standort werden drei der vier an diesem Messpunkt nachweisbaren UKW-Sendefrequenzen abgestrahlt.

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 Summenimmission durch UKW-Rundfunksender an den einzelnen Messpunkten 0,10 % vom Grenzwert.

## Terrestrisches Fernsehen

Bei der Analyse der Immissionsverteilung bezüglich der Fernsehsender fällt kein Messpunkt auf, bei dem eine Immission von mehr als 1,8 % des Grenzwertes erreicht wird. Bei genauer Betrachtung weisen sogar zwei Drittel der Messpunkte eine Immission von weniger als 0,5 % des Grenzwertes auf.

An 86 % 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 der Fernsehsender an den einzelnen Messpunkten 0,23 % vom Grenzwert.

## Mobilfunk

Bei der Betrachtung der Immissionen, die durch Mobilfunksendeanlagen hervorgerufen werden, sind 3 Messpunkte nachweisbar, die eine Summenimmission von mehr als 1,0 % vom Grenzwert aufweisen. In unmittelbarer Nähe dieser Messpunkte befinden sich Mobilfunksender. An zwei Messpunkten sind die Sendeantennen sogar vom Messpunkt aus sichtbar. Die Summenimmissionen erreichen jedoch auch an diesen Punkten maximal 1,4 % 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 0,12 % vom Grenzwert.

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

## **Vergleich innerorts - außerorts**

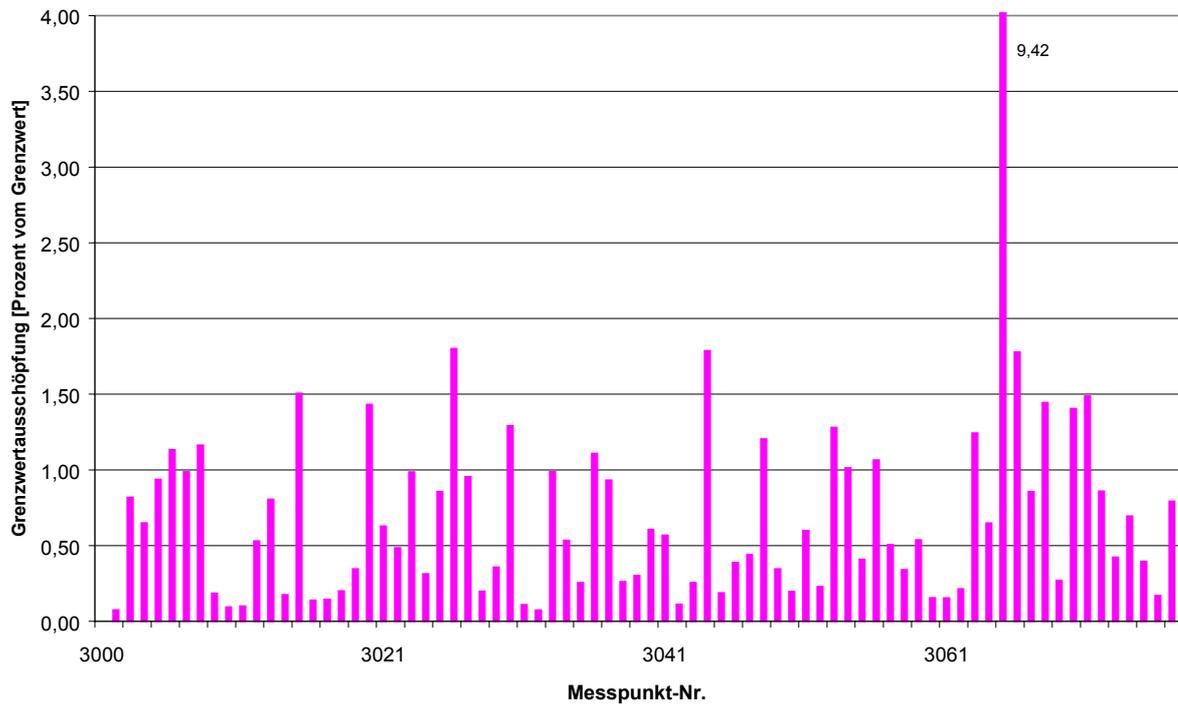
In den Diagrammen 15 - 18 werden die Immissionen, die durch die einzelnen Funkdienste (LMK, UKW, Fernsehen und Mobilfunk) hervorgerufen werden, bezüglich ihrer geografischen Lage (innerorts gegenüber außerorts) verglichen. Aus diesen Diagrammen kann die Erkenntnis gewonnen werden, dass bei den klassischen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

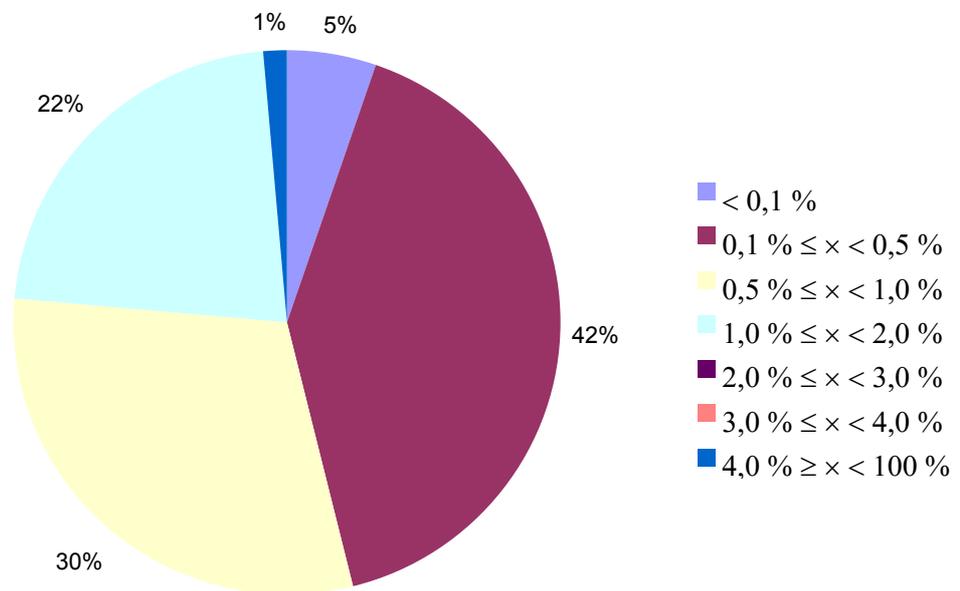
Bei den Mobilfunksendeanlagen ist jedoch eine eindeutige Mehrbelastung innerorts nachweisbar. Hierfür existiert folgende Erklärung: Durch die relativ geringe Reichweite der Mobilfunksendeanlagen in dicht bebautem Gebiet sowie dem höheren Kapazitätsbedarf innerhalb dieser Ballungszentren müssen in Ortschaften 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)**

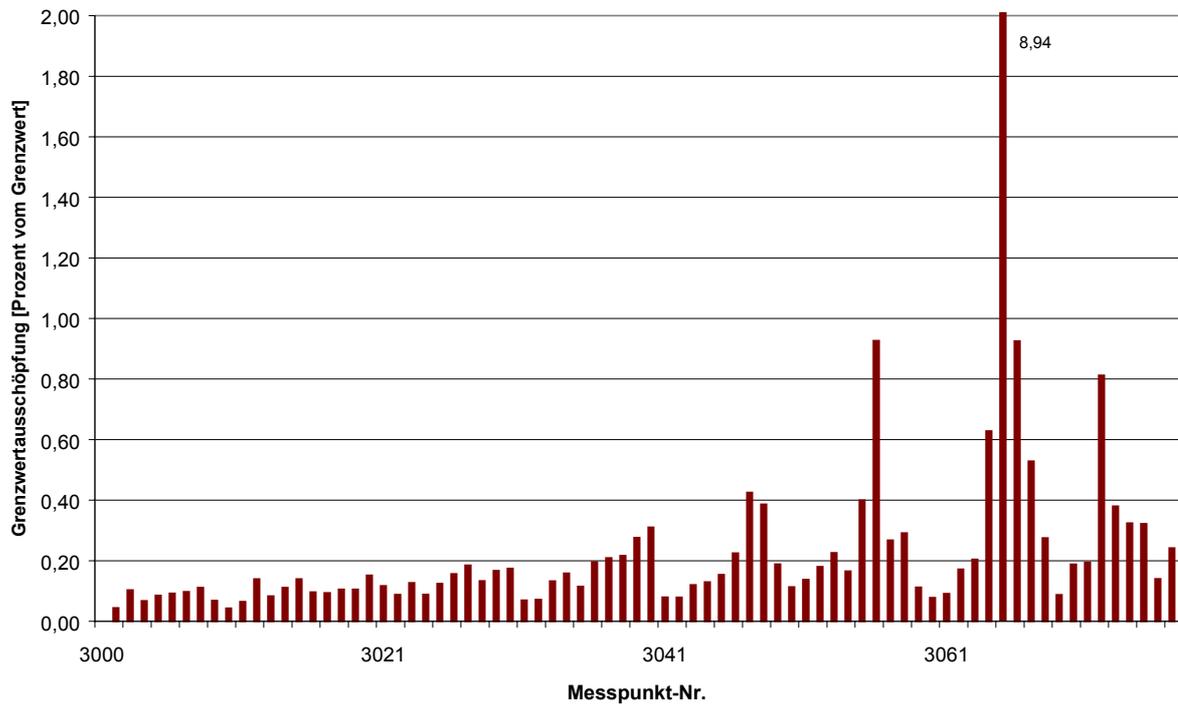
In Diagramm 19 ist dargestellt, an wieviel Prozent der Messpunkte die Immissionen der klassischen Funkdienste (Rundfunk + Fernsehen) gegenüber den Immissionen der Mobilfunkdienste überwiegen. Das Diagramm zeigt, dass an 92 % aller Messpunkte die Immissionen der klassischen Funkdienste gegenüber den Immissionen der digitalen Mobilfunksysteme überwiegen.



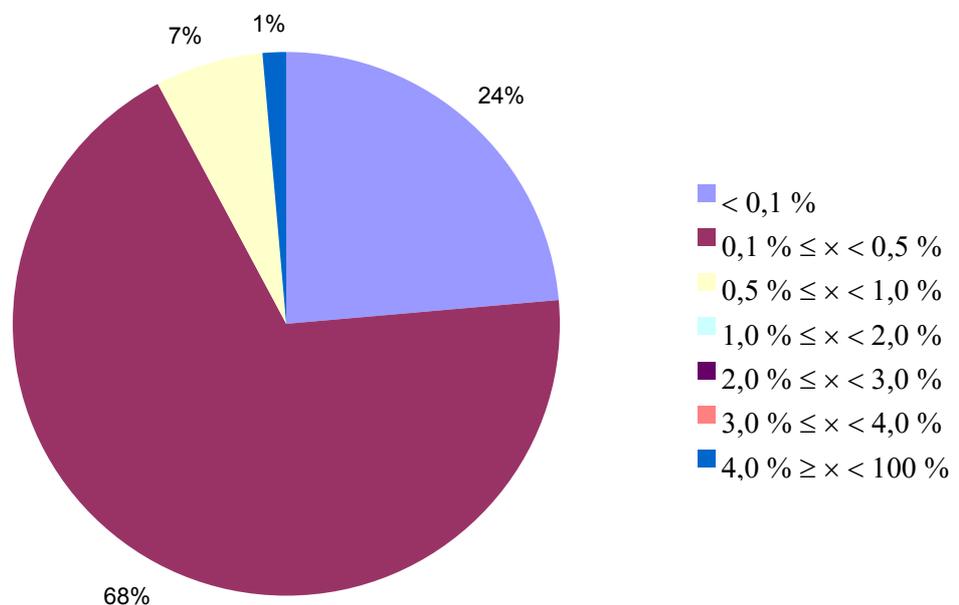
**Diagramm 5:** Summenimmissionen an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



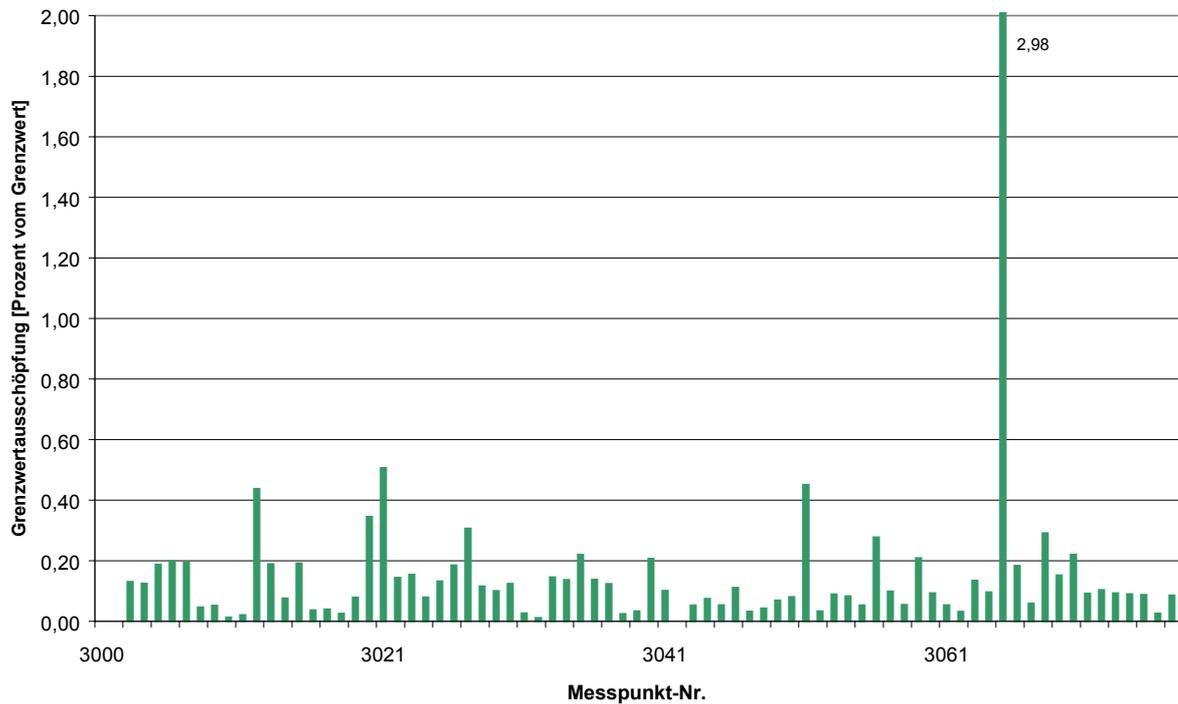
**Diagramm 6:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



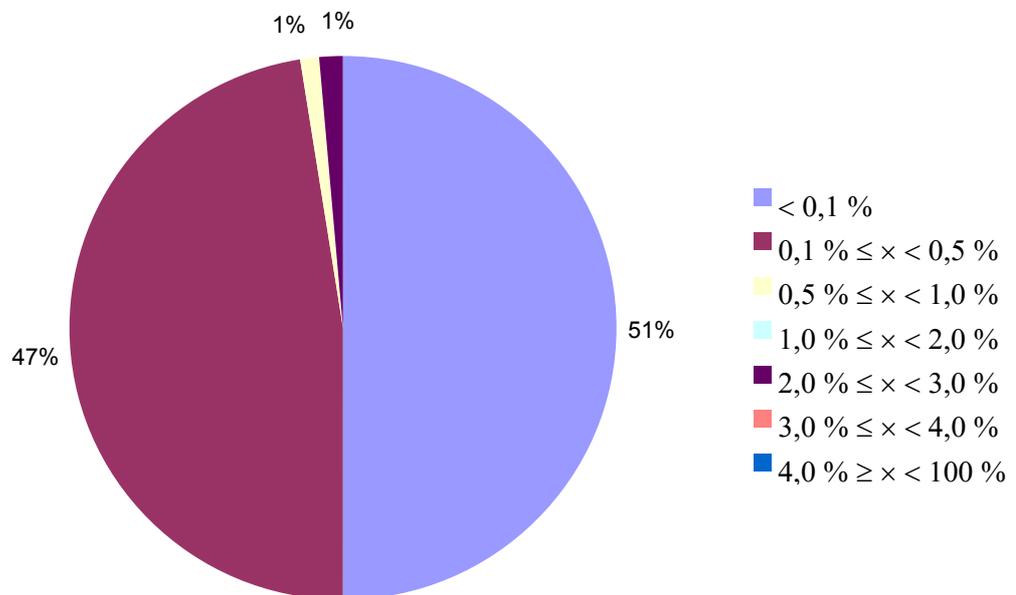
**Diagramm 7:** Summenimmissionen durch LMK-Sender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



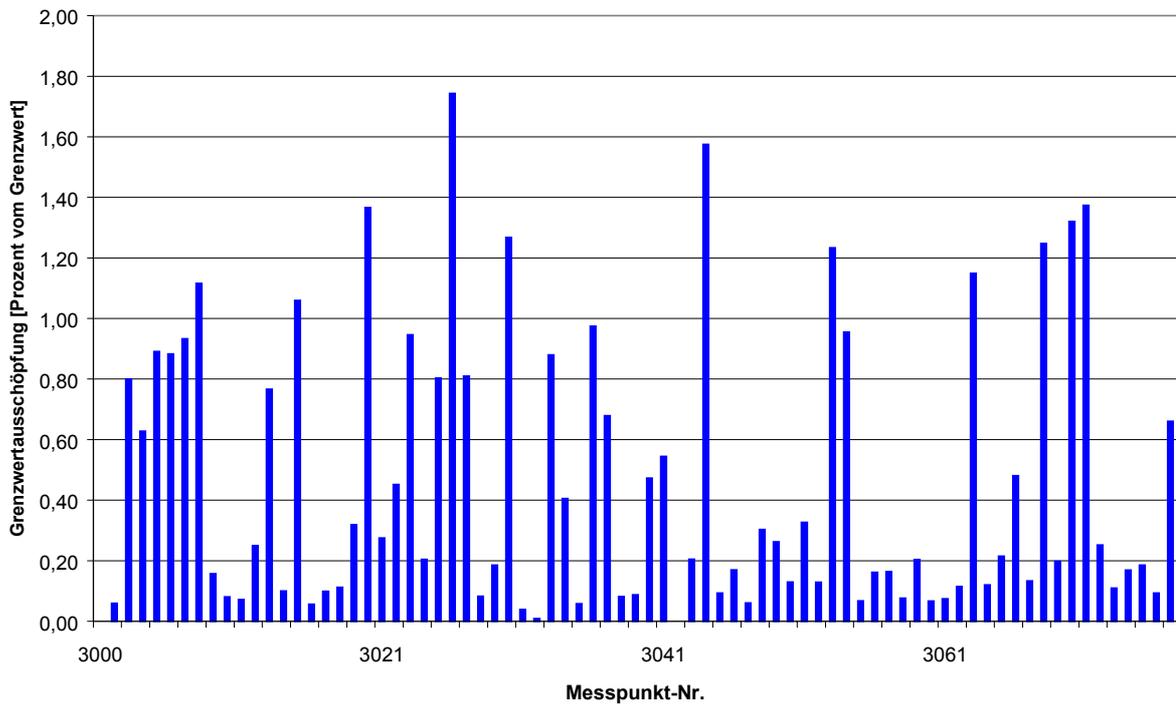
**Diagramm 8:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch LMK-Sender (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



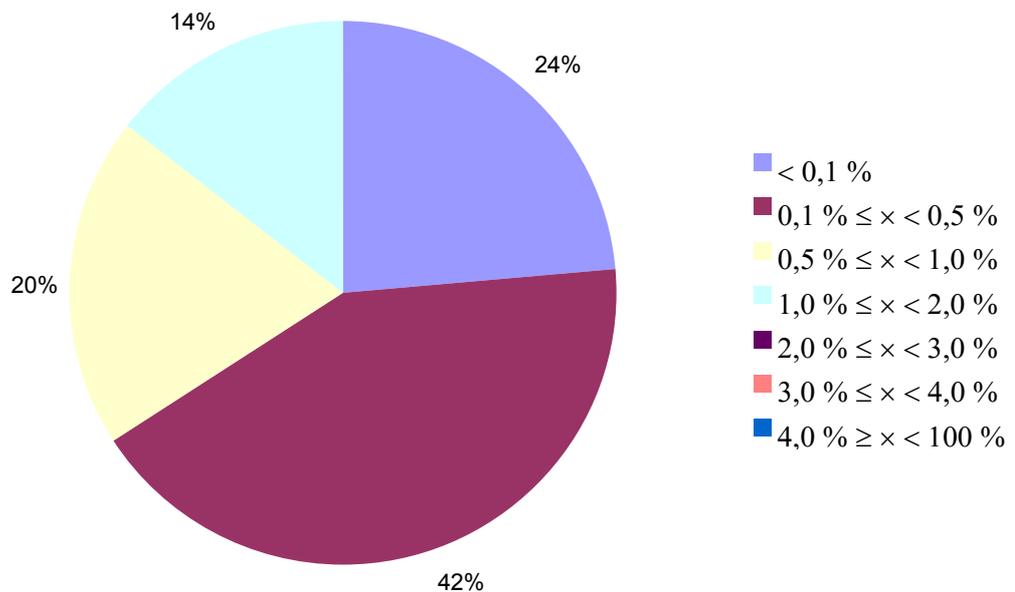
**Diagramm 9:** Summenimmissionen durch UKW-Sender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



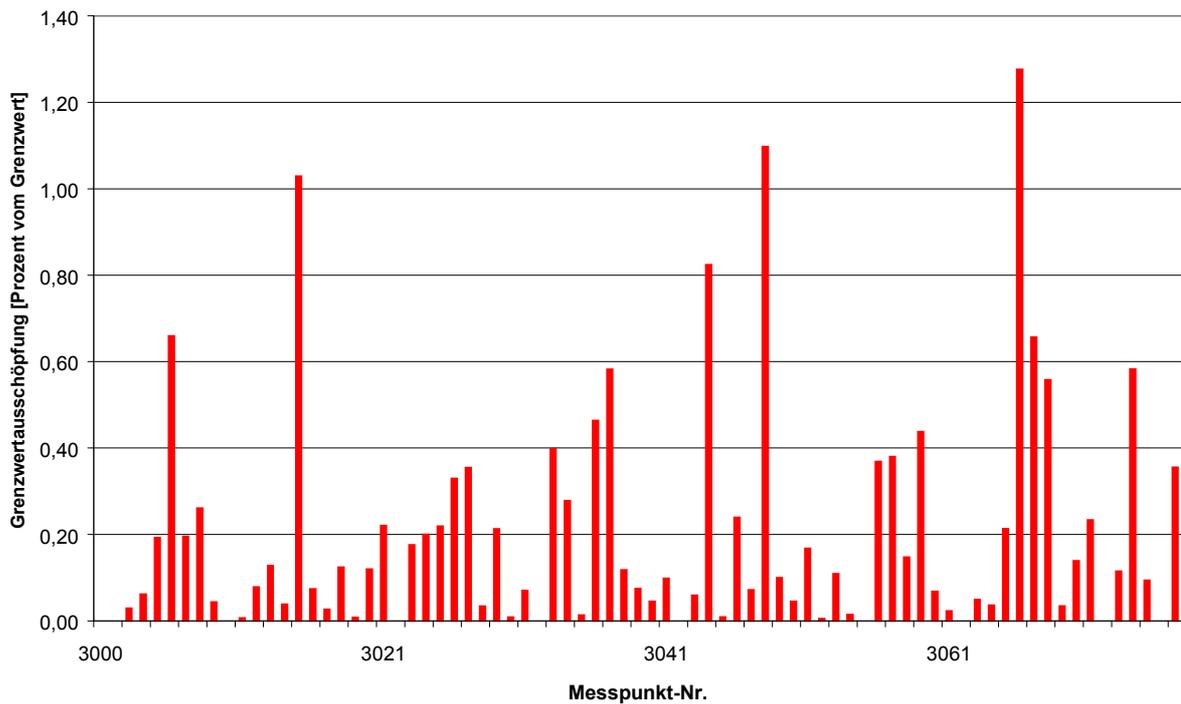
**Diagramm 10:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch UKW-Sender (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



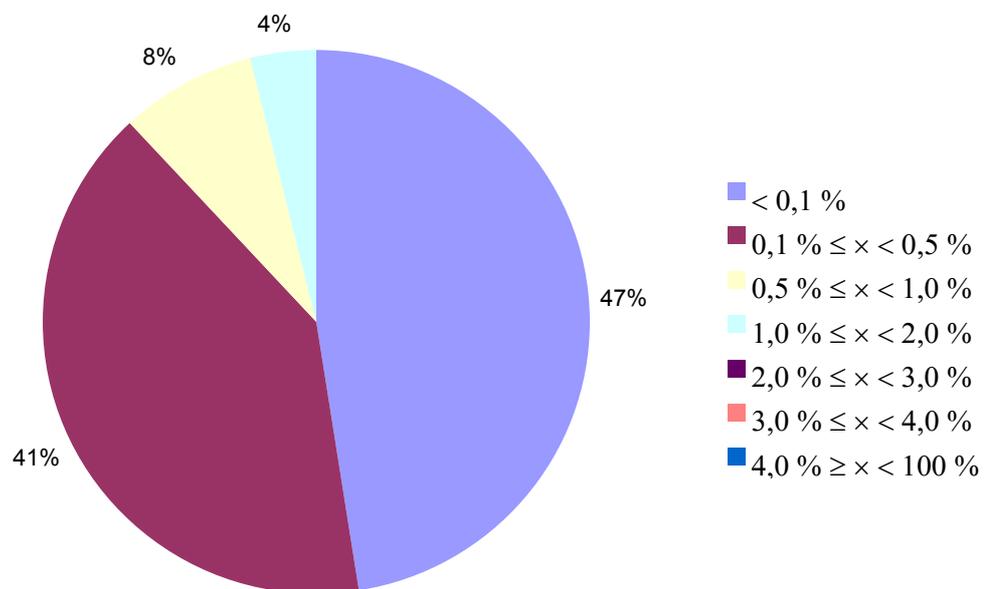
**Diagramm 11:** Summenimmissionen durch Fernsehsender an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



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

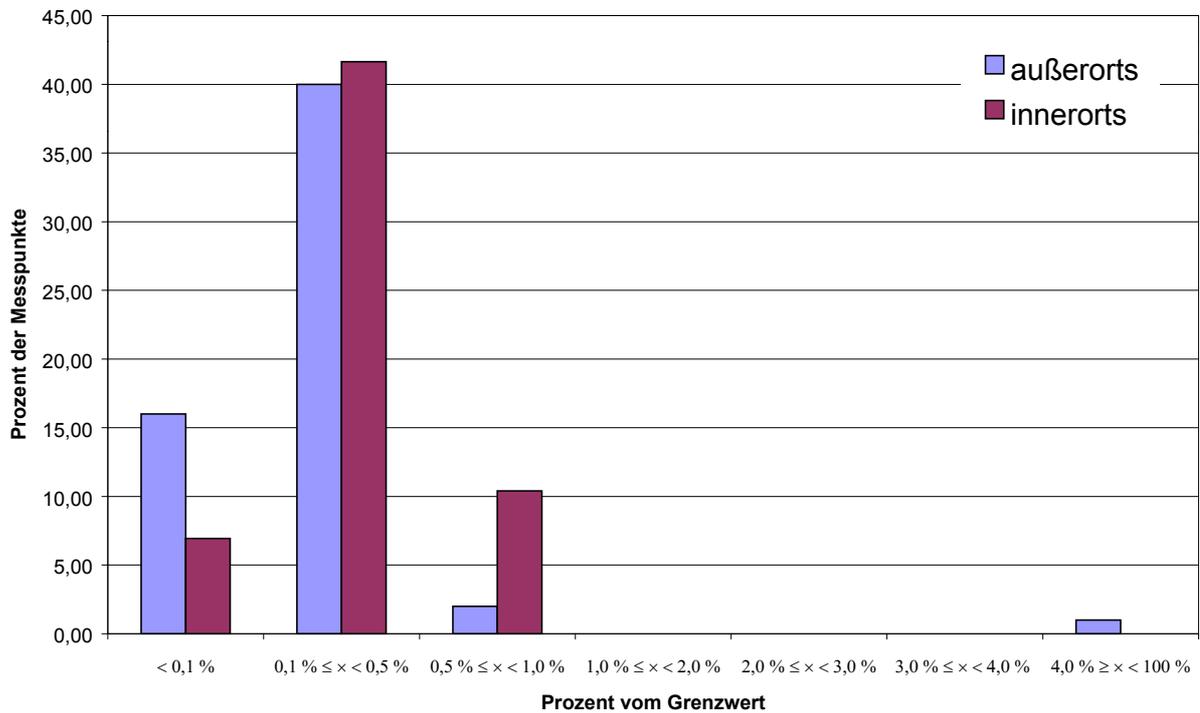


**Diagramm 13:** Summenimmissionen durch den Mobilfunk an allen Messpunkten (Ausschöpfung des Grenzwertes, Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)

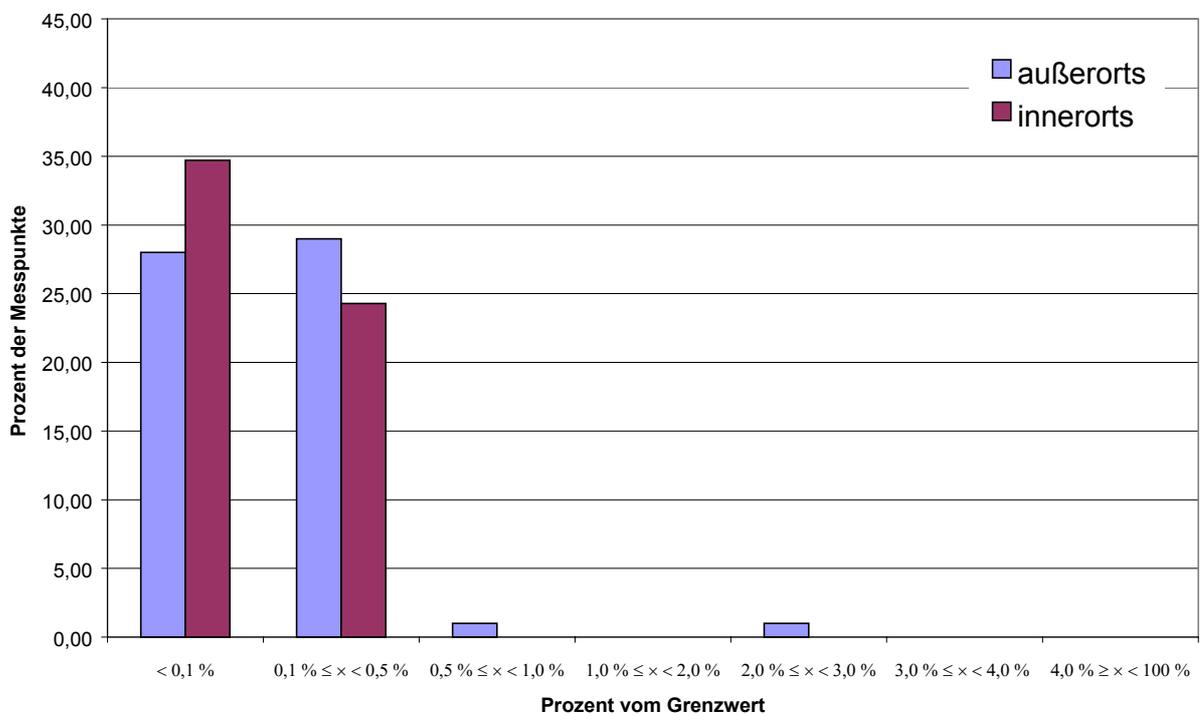


**Diagramm 14:** Prozentuale Verteilung der Summenimmissionen durch den Mobilfunk (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)

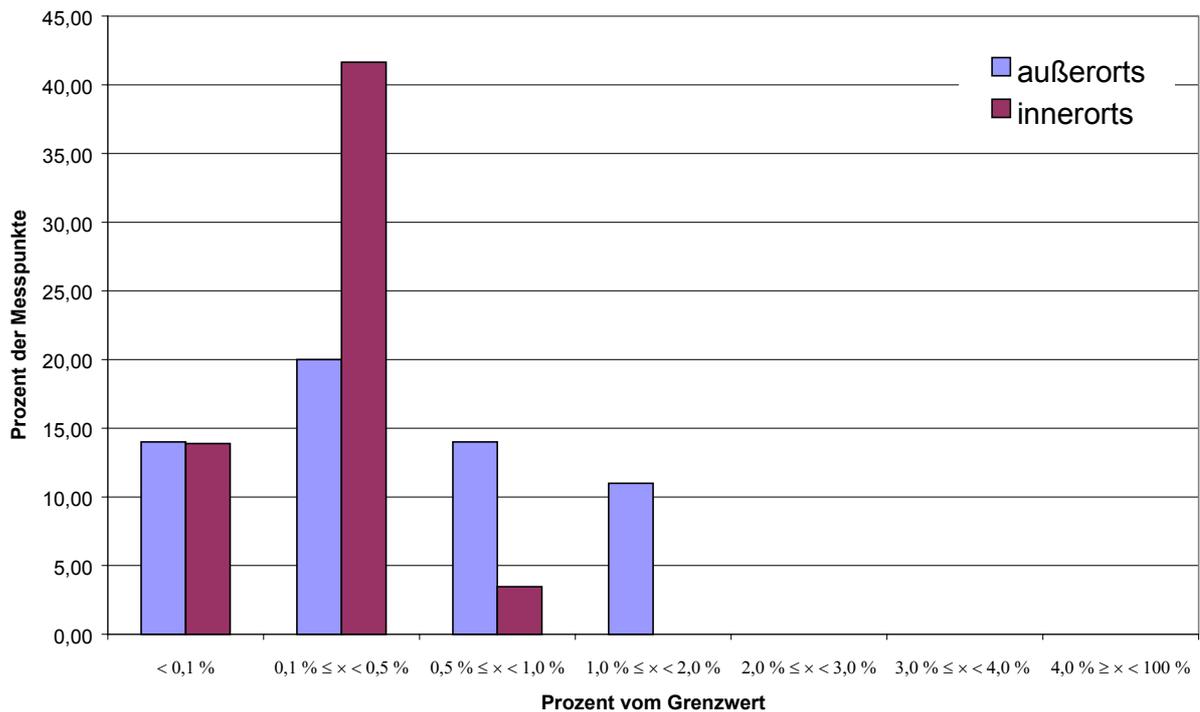
### Vergleich der Immissionen innerorts gegenüber außerorts



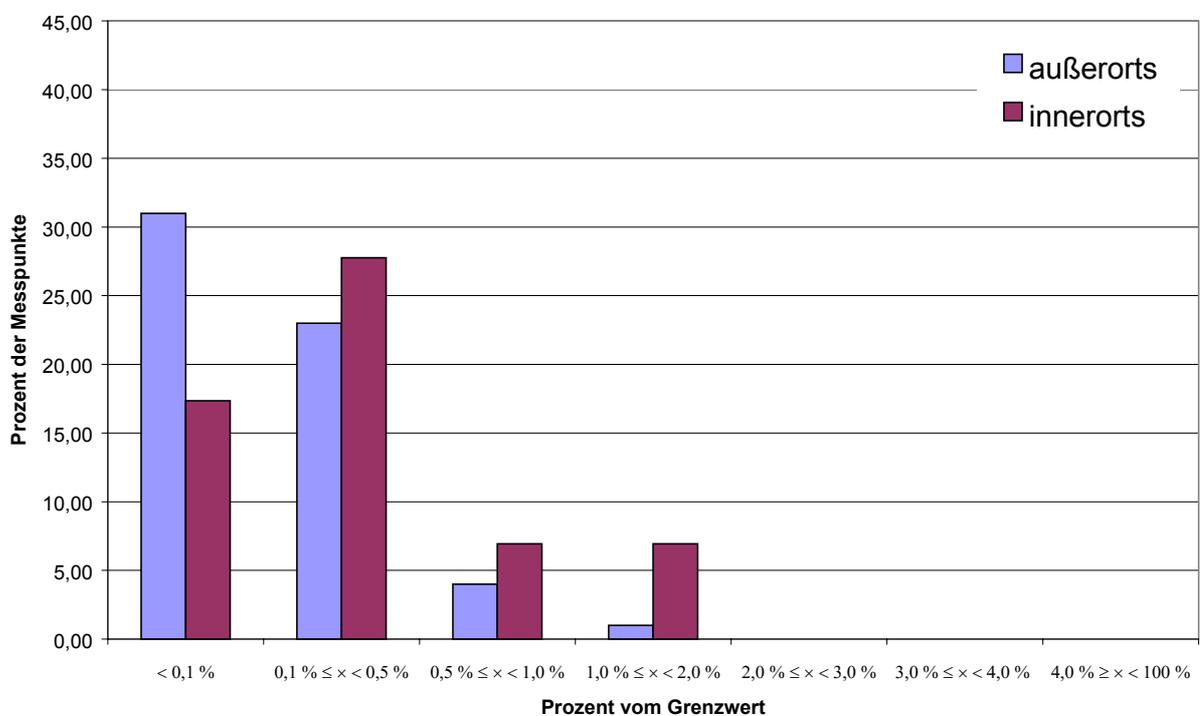
**Diagramm 15:** Immissionsverteilung von LMK-Sendern innerorts und außerorts im Vergleich (Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



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

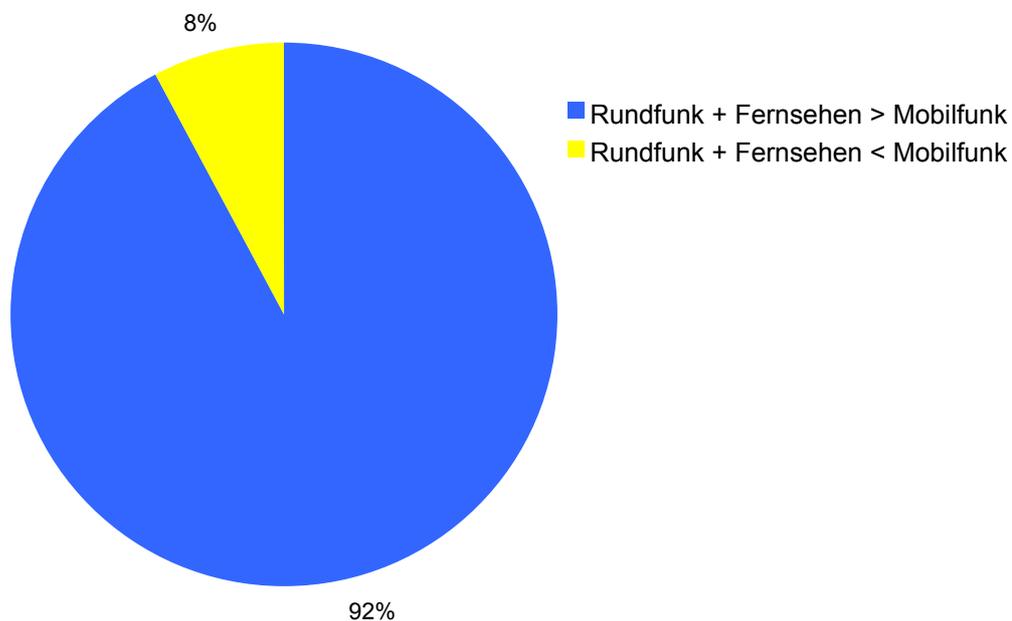


**Diagramm 17:** Immissionsverteilung von Fernsehsendern innerorts und außerorts im Vergleich („Wirkungsmodell „thermische Wirkungen“)



**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