



## Einwirkungen durch Funkwellen in Baden-Württemberg

Ergebnisse der Messprogramme 2003 und 2009

LUBW Landesanstalt für Umwelt,  
Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg  
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe  
Internet: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de)



Baden-Württemberg

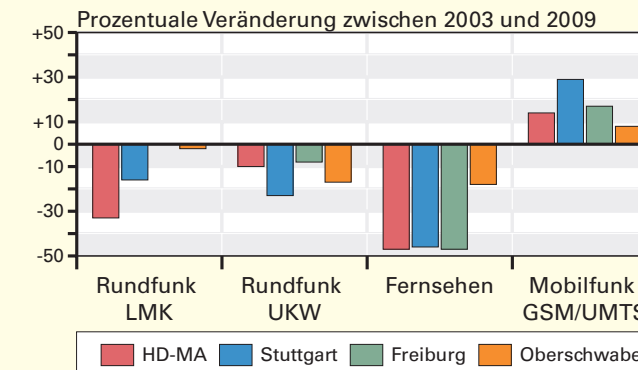


Abb. 11: Prozentuale Veränderung der mittleren Einwirkungen durch wichtige Funkdienste zwischen 2003 und 2009 in den vier Untersuchungsgebieten

Rundfunksenders. An insgesamt acht Messpunkten betragen die Einwirkungen mehr als 5 Prozent des Grenzwertes.

Abb. 11 zeigt für die fünf wichtigsten Funkdienste, welche prozentualen Veränderungen der gesamten Einwirkungen in den vier Untersuchungsgebieten zwischen 2003 und 2009 eingetreten sind. Die Abnahme beim Rundfunk und Fernsehen ist in allen Gebieten deutlich zu erkennen. Dem gegenüber haben die Einwirkungen beim Mobilfunk zugenommen, am stärksten im Untersuchungsgebiet Stuttgart.

### DOKUMENTATION IM INTERNET

Auf den Internetseiten der LUBW sind die Funkwellen-Messprojekte 2003 und 2009 zusammen mit ihren Ergebnissen ausführlich dokumentiert. Jeder Messort kann mit dem zugehörigen detaillierten Messprotokoll über einen interaktiven Kartendienst einzeln aufgerufen werden. Der wissenschaftliche Endbericht steht als PDF-Datei zum Herunterladen zur Verfügung. Sie können die Inhalte auf zwei Wegen erreichen:

- Navigieren Sie von der LUBW-Startseite [www.lubw.de](http://www.lubw.de) zum Themenportal „Elektromagnetische Felder“ und von dort aus in das Unterportal „Messungen“.
- Rufen Sie direkt die folgende Adresse auf:  
[www.lubw.de/servlet/is/53103](http://www.lubw.de/servlet/is/53103).

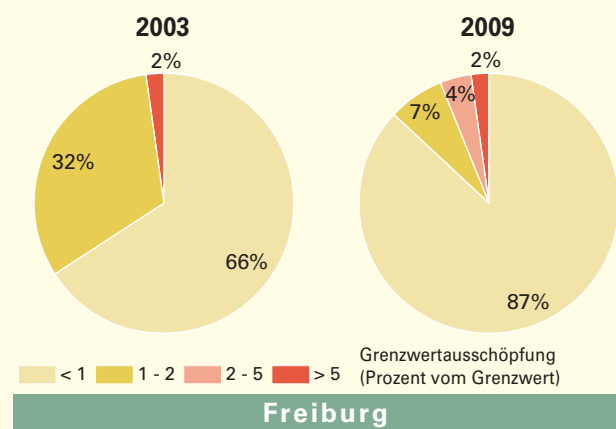
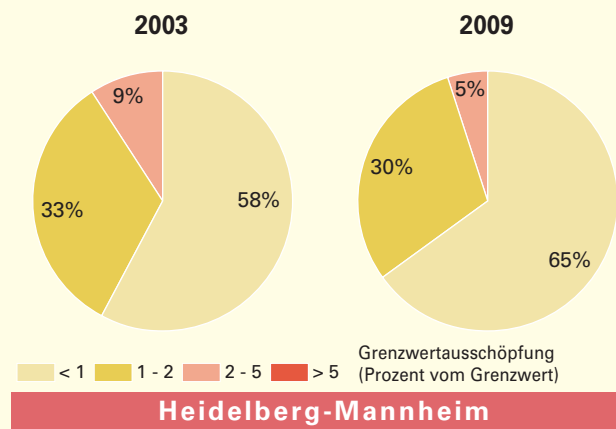


Abb. 7 (oben) und 8 (unten): Verteilung der Gesamtimmissionen in den Untersuchungsgebieten Heidelberg-Mannheim und Freiburg. Datenbasis: Heidelberg-Mannheim 108, Freiburg 56 Messpunkte.

### REGIONALE ERGEBNISSE

Die differenzierten Ergebnisse für die vier Untersuchungsgebiete sind in den Abbildungen 7 bis 10 dargestellt. Die Einwirkungen nahmen überall ab, was vor allem auf den kompletten Wegfall des analogen Fernsehens und teilweise auf die Reduzierung von Sendekanälen im Rundfunkbereich zurückzuführen ist. Trotz seines raschen Wachstums war die Zunahme beim Mobilfunk jedoch geringer als diese Abnahme. In der Kategorie der Messpunkte mit Einwirkungen unterhalb 1 Prozent des Grenzwertes weisen die eher ländlichen

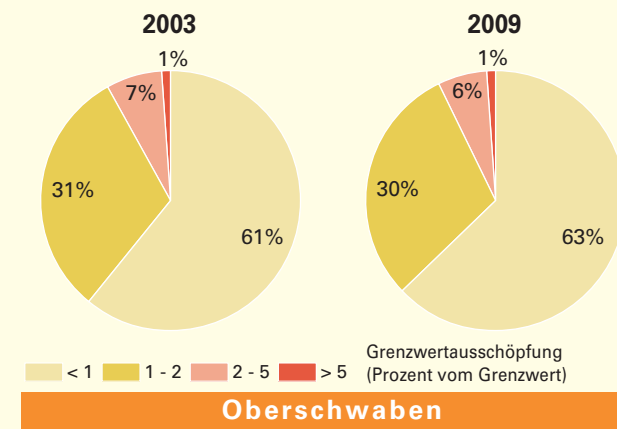
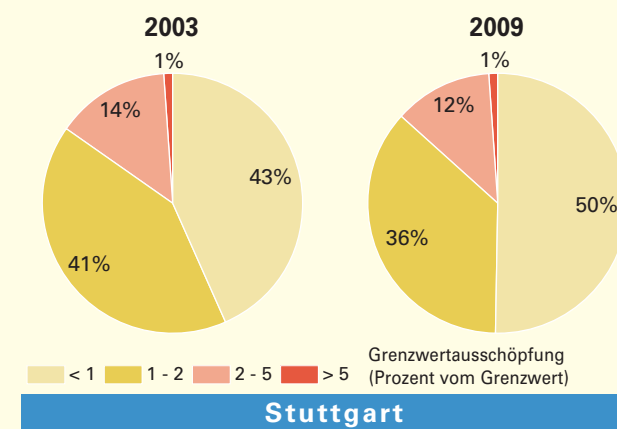


Abb. 9 (oben) und 10 (unten): Verteilung der Gesamtimmissionen in den Untersuchungsgebieten Stuttgart und Oberschwaben. Datenbasis: Stuttgart 353 Messpunkte, Oberschwaben 81 Messpunkte.

Untersuchungsgebiete Freiburg und Oberschwaben mit 63 Prozent bzw. 87 Prozent der Messpunkte den höchsten Anteil auf. Einwirkungen dieser niedrigsten Kategorie liegen im Untersuchungsgebiet Stuttgart an 50 Prozent der Messorte und im Untersuchungsgebiet Heidelberg-Mannheim an 65 Prozent der Messorte vor. Der höchste erfasste Einzelwert liegt bei ca. 11 Prozent des Grenzwertes. Ursache dafür ist das zufällige Zusammentreffen der Lage des Messpunkts mit dem Ort der höchsten Strahlungsimmission eines kleineren lokalen

- Auch im UKW-Bereich ist ein Rückgang der Einwirkungen von fast 20 Prozent zu verzeichnen.
- Dem gegenüber führte die Verdichtung des GSM-Mobilfunknetzes zu einer Zunahme der Einwirkungen durch dieses Netz um 18 Prozent. Zusammen mit der flächendeckenden Einführung von UMTS wuchs die durchschnittliche Einwirkung aller Mobilfunknetze insgesamt um 23 Prozent. Im Untersuchungsgebiet Stuttgart war ein Zuwachs bis zu 29 Prozent zu verzeichnen.
- Die Zunahme beim Mobilfunk ist jedoch bisher geringer als die Abnahme der anderen Einwirkungen. Im Ergebnis haben die Einwirkungen – bezogen auf die thermische Wirkung – seit 2003 nicht zugenommen.
- Deutliche Veränderungen ergaben sich bei der Aufteilung der Funkdienste im Bereich der thermischen Wirkung. Aufgrund des Rückgangs des analogen Fernsehens hat sich der Anteil des Mobilfunks an den gesamten Einwirkungen von 27 auf 37 Prozent erhöht (siehe Abb. 4). Diese Zunahme ging zu Lasten der Anteile der Rundfunk- und Fernsehsender. Andere Funkdienste wie BOS und sonstige Sender spielen mit einem Anteil von 6 Prozent nur eine untergeordnete Rolle.

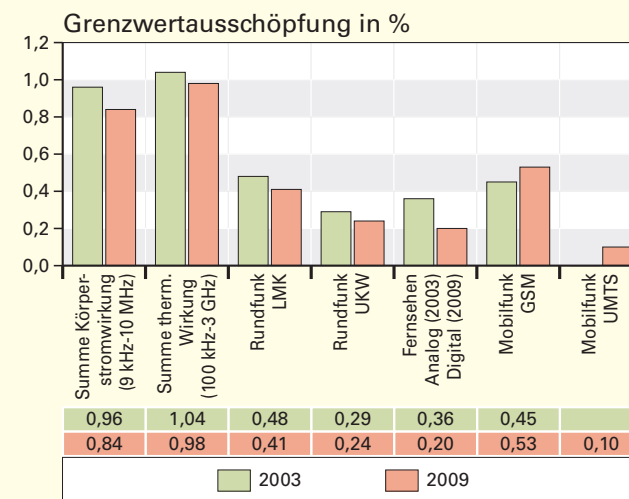


Abb. 6: Veränderungen zwischen 2003 und 2009: Vergleich der Mittelwerte für das jeweils gleiche Messpunktkollektiv. Mobilfunk UMTS wurde 2003 nicht erfasst.

## UMFANG DER UNTERSUCHUNG

Die LUBW führte zwischen Februar und Oktober 2009 im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg das Projekt „Großräumige Ermittlung von Funkwellen in Baden-Württemberg“ durch. Das Messprogramm wiederholte an fast 600 Messpunkten die in den Jahren 2001 bis 2003 erstmals durchgeführte Untersuchung an damals 895 Messpunkten. Die Messungen wurden von der TÜV SÜD Industrie Service GmbH in Kooperation mit dem Institut für Hochfrequenztechnik (IHF) der Universität Stuttgart durchgeführt. Die Qualitätssicherung der Messungen erfolgte durch das IHF und die LUBW.

## ZIELE DER UNTERSUCHUNG

Das Funkwellen-Messprojekt hatte folgende Ziele:

- Repräsentative Erfassung der Einwirkungen durch Funkwellen in Baden-Württemberg für das Bezugsjahr 2009
- Ermittlung und Bewertung der Einwirkungen durch Funkwellen anhand wissenschaftlich abgesicherter Messverfahren und Grenzwerte
- Vergleich mit den Daten der Erhebungen in den Jahren 2001 bis 2003 und Dokumentation der Veränderungen
- Ermittlung der Veränderungen durch neue Techniken wie DVB-T (digitales Fernsehen), UMTS (Mobilfunk) oder digitale BOS-Funkdienste (z. B. Polizeifunk)
- Unterstützung der Risikokommunikation durch Bereitstellung aktueller Grundlagendaten

## WO WURDE GEMESSEN?

Die Feldstärken der hochfrequenten elektromagnetischen Wellen wurden in vier Regionen Baden-Württembergs in einem vorgegebenen Gitternetz mit 2 Kilometer Maschenweite erfasst, dokumentiert und wissenschaftlich bewertet. Die Messorte waren unabhängig vom Standort der Funksendeanlagen festgelegt. Die Anzahl der Messpunkte in einer Gemeinde ist nur von ihrer flächenmäßigen Ausdehnung abhängig.

Das Konzept der Rastermessung ermöglicht Aussagen über die typischen Einwirkungen von Funkwellen auf die Bevölkerung. Die Ergebnisse sind repräsentativ für das Land Baden-Württemberg.

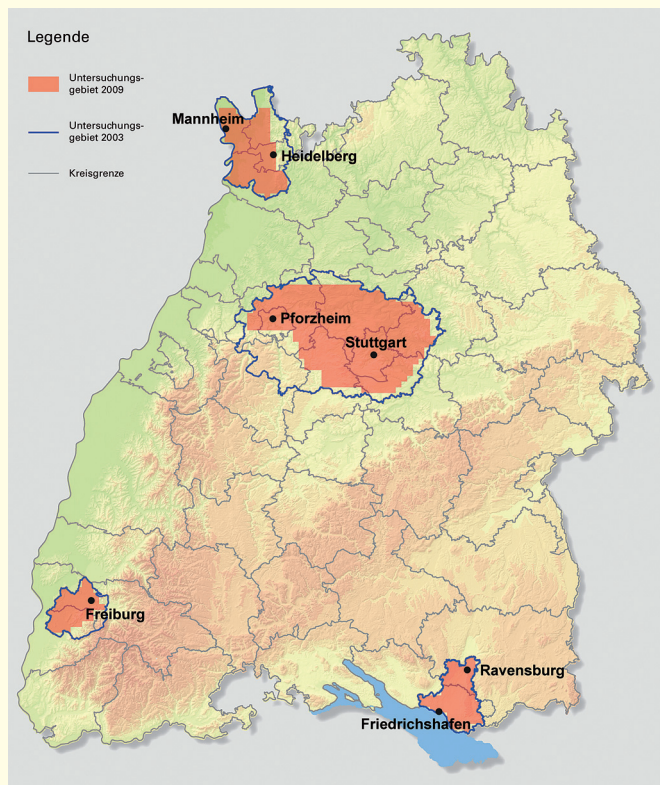


Abb. 1: Lage der vier Untersuchungsgebiete der Funkwellen-Messprojekte 2003 und 2009 in Baden-Württemberg. Die Messungen erfolgten in städtisch und ländlich geprägten Regionen. Durch das Konzept der Rastermessung wurden repräsentative Ergebnisse erzielt.

## WAS UND WIE WURDE GEMESSEN?

Im Rahmen des Messprogramms wurde die Stärke der hochfrequenten Funkwellen von Sendeanlagen im Frequenzbereich von 9 Kilohertz (kHz) bis 3 Gigahertz (GHz) erfasst. Damit wurden alle wichtigen Funksendeanlagen wie Rundfunk, Fernsehen (analog und digital), Mobilfunk (GSM 900, GSM 1800, UMTS), Betriebsfunk, Polizei-, Feuerwehr-, Amateurfunk und Radar gemessen. Die Messungen erfolgten frequenz aufgelöst. Das bedeutet, dass die erfassten Signale entsprechend ihrer Frequenz dem jeweiligen Verursacher wie zum Beispiel Mobilfunkbasisstationen, Fernseh- und Rundfunksendern zugeordnet werden können.

## WIE WERDEN DIE ERGEBNISSE BEWERTET?

Die Stärke der einzelnen Funksignale wird mit dem frequenz-abhängigen Grenzwert der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz – 26. BImSchV) verglichen. Im Frequenzbereich unter 10 Megahertz (MHz), wo das Immissionsschutzrecht keine Grenzwerte vorgibt, werden die Referenzwerte der Empfehlung 1999/519/EG des Europäischen Rates herangezogen (siehe Abb. 2).

Nach dem allgemein anerkannten biologischen Wirkungsmodell können die im menschlichen Körper aufgenommenen elektromagnetischen Wellen oberhalb einer Frequenz von 100 kHz je nach Stärke zu einer Temperaturerhöhung im Gewebe führen (thermische Wirkung). Für den Frequenzbereich unter 10 MHz sind neben der thermischen Wirkung auch die ausgelösten Körperströme zu betrachten.

Beide Effekte wurden bei der Auswertung berücksichtigt. Hierzu wurden die Einzelbeiträge jeder Frequenz wirkungsgerecht aufsummiert. Die Einwirkungen wurden in Verursachergruppen eingeteilt und in Summenwerte für die Körperstromwirkung und die thermische Wirkung umgewandelt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt letztlich als Grenzwertausschöpfung, angegeben in Prozent des jeweiligen Grenzwertes.

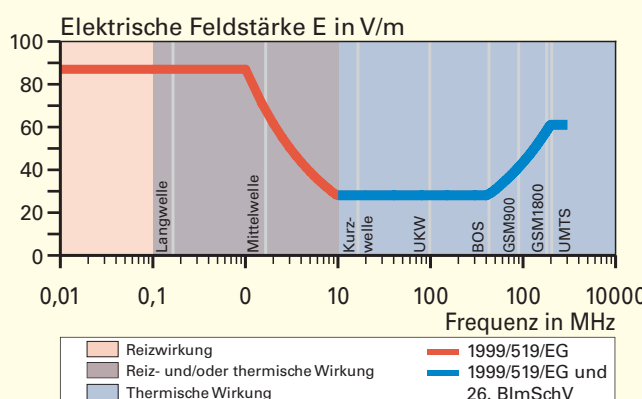


Abb. 2: Grenzwerte für elektromagnetische Felder nach der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) und der Empfehlung 1999/519/EG des Europäischen Rates

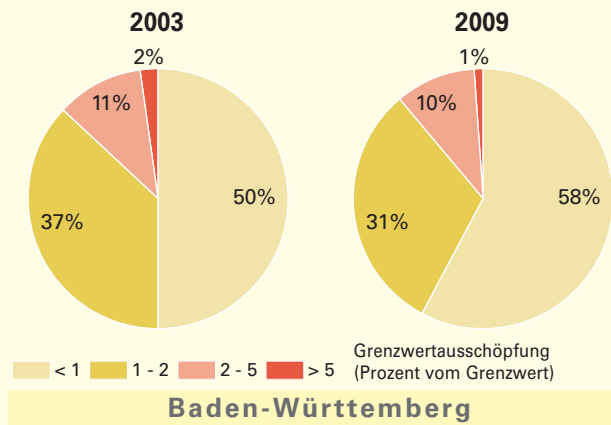


Abb. 3: Verteilung der Gesamtimmisionen in allen vier Untersuchungsgebieten Baden-Württembergs. Im Jahre 2009 war an 58 % aller Messpunkte der Grenzwert zu weniger als 1 % ausgeschöpft. An 1 % der Messpunkte lag die Grenzwertausschöpfung über 5 %. Datenbasis: 598 Messpunkte, die sowohl 2003 als auch 2009 erfasst wurden.

## WIE HOCH SIND DIE EINWIRKUNGEN?

In allen vier Untersuchungsgebieten schöpfen die durchschnittlichen Einwirkungen die gesetzlichen Grenzwerte nur zu weniger als 1 Prozent aus. Die höchsten gemessenen Immissionen erreichen etwas über 10 Prozent vom Grenzwert. Die meisten Funkdienste schöpfen an der überwiegenden Zahl der Messpunkte sogar nur 0,1 Prozent vom Grenzwert aus.

Die höchsten Grundimmissionen werden durch LMK-Sender (Lang-, Mittel- und Kurzwelle) erzeugt. Der Schwerpunkt der Häufigkeitsverteilung liegt für diese Sendergruppe bei rund 0,6 Prozent vom Grenzwert. Analoge TV-Sender konnten an fast 90 Prozent der Messpunkte nicht mehr gemessen werden.

## WIE IST DIE VERTEILUNG AUF DIE FUNKDIENSTE?

Den höchsten Anteil an den Gesamtimmisionen haben die LMK-Sender. Bei dieser Bewertung sind die Körperstromwirkung und die thermische Wirkung zusammen berücksichtigt.

Im Bereich der thermischen Wirkung allein, also oberhalb der Frequenz 100 kHz, stellt der Mobilfunk mit rund 37 Prozent die stärkste Gruppe dar. Erst an zweiter Stelle folgen mit

28 Prozent die LMK-Sender, gefolgt von den Rundfunksendern im UKW-Band mit 16 Prozent und den vorwiegend digitalen Fernsehsendern mit 13 Prozent. Der Beitrag der BOS-Sendeanlagen (Feuerwehr- und Polizeifunk) und der sonstigen Funkanlagen bleibt unter 6 Prozent der thermischen Gesamtwirkung (siehe Abb. 4).

## VERGLEICH INNERORTS / AUSSERORTS

Innerorts stellt der Mobilfunk die stärkste Einzelquelle bei der thermischen Wirkung dar und übertrifft hier die durch LMK-Rundfunksender verursachten Immissionen. Außerorts ist es umgekehrt (siehe Abb. 5). Ursache hierfür ist vor allem die unterschiedliche Reichweite der Sender. Während LMK-Sender ganz Deutschland von einem einzigen Standort aus erreichen können und DVB-T Sender einen Bereich bis zu 50 Kilometern abdecken, versorgt ein Mobilfunksender innerorts meist nur einen Bereich von 500 m bis 1000 m um den Standort. Außerorts können es hingegen bis zu 5 km sein. In bebauten Bereichen müssen Mobilfunksender daher deutlich näher an den Nutzern platziert werden.

Dies hat zur Folge, dass innerhalb von Ortschaften das Mobilfunksendernetz deutlich dichter ist als außerhalb. Fernseh- und Rundfunksender dagegen befinden sich in der Regel außerhalb

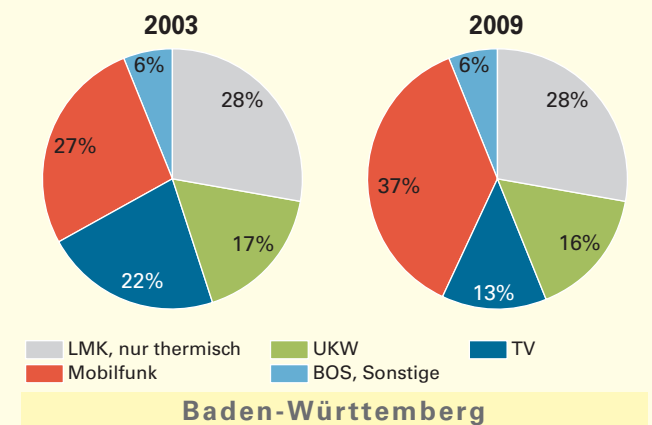


Abb. 4: Prozentualer Anteil der Funkdienste an der durchschnittlichen Gesamtimmision in Baden-Württemberg in den Jahren 2003 und 2009, exemplarisch für die thermische Wirkung. Datenbasis: 598 Messpunkte, die sowohl 2003 als auch 2009 erfasst wurden.

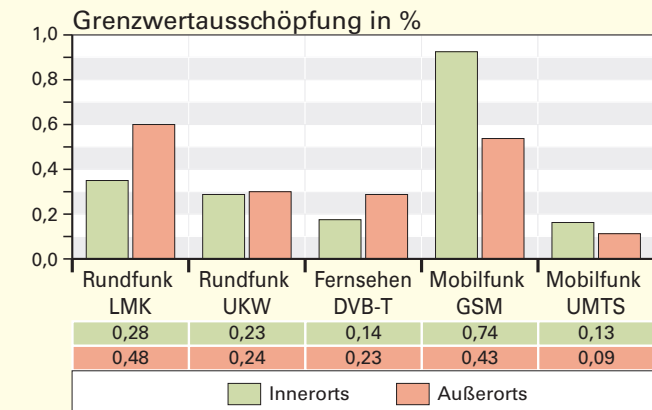


Abb. 5: Durchschnittliche Beiträge (thermische Wirkung) ausgewählter Funkdienste innerorts und außerorts für das Jahr 2009. Datenbasis: 598 Messpunkte.

von Ortschaften auf Hügeln oder Bergkuppen. Für UKW-Sender ist hingegen kaum ein Unterschied zu erkennen, was vermutlich auf weitere Immissionen durch ortsnahe Umsetzer zurückzuführen ist.

## VERÄNDERUNGEN 2003-2009

Zwischen 2003 und 2009 hat das Niveau der Einwirkungen durch Funkwellen insgesamt nicht zugenommen. Dies war aufgrund der generell intensiveren Nutzung der Funktechniken nicht zu erwarten. Die Anzahl der Messpunkte mit einer maximalen Gesamtimmision von weniger als einem Hundertstel des Grenzwertes ist von 50 auf 58 Prozent angewachsen (siehe Abb. 3). Ursachen hierfür sind:

- Im Mittelwellenbereich wurden überregionale Sender abgeschaltet, z. B. Stuttgart-Hirschlanden oder Heidelberg-Dossenheim. Dadurch ist die durchschnittliche Einwirkung um mehr als 12 Prozent gesunken.
- Die Fernsehsender mit analoger Sendetechnik wurden in Baden-Württemberg flächendeckend abgeschaltet. Der Sendebetrieb mit der digitalen Technik DVB-T wurde andererseits noch nicht vollständig aufgenommen. Dadurch haben die durchschnittlichen Einwirkungen durch Fernsehsender um 45 Prozent abgenommen.