

Strahlenausbreitung von Mobilfunk

Von Mobilfunkbetreibern wird oft behauptet, wenn ein Mobilfunkurm weit außerhalb eines Ortes stehen würde, so müsste die Sendeleistung auf dem Mobilfunkurm deutlich erhöht werden, was wiederum zu einer stärkeren Belastung im Ort führen würde.

Diese Aussage wird dazu verwendet, um den Sender bzw. Mobilfunkurm möglichst nahe an den Ort zu bekommen. Allerdings ist diese Aussage nicht zutreffend.

Die Strahlenbelastung in Hauptstrahlrichtung nimmt mit der Entfernung zum Quadrat ab. Das bedeutet, die Strahlenbelastung ist in 2-facher Entfernung nur noch 1/4-tel, in 3-facher Entfernung nur noch 1/9-tel, in 10-facher Entfernung nur noch 1/100-tel. usw. Wenn zum Beispiel der Sender statt 300m in 10-facher Entfernung stehen würde, also in 3000m, so kommt in Hauptstrahlrichtung aus 3000m nur noch 1/100 der Leistung an, als von 300m.

Damit man von einem Mobilfunkurm in 3000m Entfernung noch die gleiche Strahlenstärke wie bei 300m bekommt, müsste man am Mobilfunkurm in 3000m Entfernung die Sendeleistung um das 100-fache erhöhen.

Dies ist allerdings technisch völlig unmöglich, weil es keine so leistungsfähige Verstärker für Mobilfunk gibt und weiterhin keine geeigneten Mobilfunksendantennen, die diese Leistung aushalten würden.

Weiterhin würde dann das gesamte Mobilfunksystem gestört, da nun die Strahlungsleistung so stark wäre, dass die Nachbarzellen des Mobilfunkbetreibers gestört werden würden.

Nun etwas Technisches zum Überblick

Funktionsweise der Sektorantennen

Die Mobilfunkantennen strahlen die Sendeenergie nicht kugelförmig ab, sondern bündeln sie zum Großteil auf den gewünschten Bereich, also hin zu dem gewünschten Versorgungsgebiet. Wegen dieser Bündelung kommt deshalb wesentlich mehr Strahlenleistung im Versorgungsgebiet an als bei kugelförmiger Abstrahlung der Antenne.

Die Mobilfunkantennen bündeln sowohl horizontal als auch vertikal.

Zur Verdeutlichung ein Vergleich: Die Glühbirne eines Autoscheinwerfers, wenn sie sich außerhalb des Scheinwerfers befindet, strahlt ungefähr kugelförmig ab. Somit wird das Licht nicht gebündelt und es scheint z.B. 20 Meter vor dem Auto wenig Licht. Ist die Glühbirne aber im Scheinwerfer, so bündelt dieser und es ist bei der gleichen Leistung der Glühbirne 20 Meter vor dem Auto aufgrund der Bündelung wesentlich mehr Licht.

Die EIRP (äquivalente Strahlungsleistung) gibt an, wie viel Leistung man in eine isotrope Antenne einspeisen müsste, damit sie die gleiche Leistungsflussdichte erzeugt wie eine Richtantenne in ihrer Hauptstrahlrichtung.

Erklärung: Eine isotrope Antenne ist eine Antenne, welche kugelförmig in alle Richtungen gleichmäßig abstrahlt.

Als Beispiel führe ich eine typische Sendeanlage eines Mobilfunkbetreibers auf einem ca. 40 m hohen Mobilfunkturn an. Der gesamte Umkreis wird üblicherweise auf drei Sektoren aufgeteilt, welche um 120 Grad versetzt sind.

Vom Sender abgestrahlte äquivalente Leistung in Watt

Hauptstrahlrichtung 60 Grad Sektor 1

Tabelle 1

Funksystem (Sender)	Funkstandard	Betriebsfrequenzbereich in MHz (Megahertz)	EIRP (äquivalente Strahlungsleistung)
Nr.1	LTE*	811 MHz	2.414,98 Watt
Nr.4	GSM900*	945 MHz	3.529,58 Watt
Nr.7	UMTS*	2.160 MHz	7.571,49 Watt
Nr.10	LTE*	1.805 MHz	2.416,64 Watt
Nr.11	LTE*	1.805 MHz	2.416,64 Watt
Summe			18.349,33 Watt

*Die Frequenzbereiche werden immer flexibler für die jeweiligen Funkstandards verwendet. So wird zum Beispiel auf den ursprünglichen UMTS-Frequenzen jetzt 4G oder 5G gesendet.

Die Sektorantennen erzeugen jeweils aufgrund ihrer Bündelung in Hauptstrahlrichtung die gleiche Strahlenbelastung, als wäre am Mobilfunkturn eine gleichmäßig kugelförmig abstrahlende Antenne, in die eine Leistung von 18.349,33 Watt eingespeist wird.

Die Strahlenbelastung in Hauptstrahlrichtung nimmt mit der Entfernung zum Quadrat ab. Das bedeutet, die Strahlenbelastung ist in 2-facher Entfernung nur noch 1/4-tel, in 3-facher Entfernung nur noch 1/9-tel, in 10-facher Entfernung nur noch 1/100-tel. usw.

Die Strahlenbelastung (Leistungsflussdichte S) kann in Hauptstrahlrichtung mit folgender Formel in Abhängigkeit von der Distanz zum Sender berechnet werden.

$$S = \frac{P \times G}{4 \times \pi \times d^2}$$

S = Leistungsflussdichte in Watt/m²

P = Leistung in Watt, die in die Antenne eingespeist wird

G = Antennengewinn (Bündelfaktor)

π = Kreiszahl 3,14

d = Abstand in Meter zum Sender

P x G ergibt EIRP (äquivalente Strahlungsleistung)

Rechenbeispiel für die Leistungsflussdichte S für 500 Meter Entfernung zum Sender in Hauptstrahlrichtung.

$$S = \frac{18.349,33 \text{ W}}{4 \times 3,14 \times 500\text{m} \times 500 \text{ m}} = 0,0058437 \text{ W/m}^2 = 5.843,7 \text{ } \mu\text{W/m}^2 \text{ (Mikrowatt/m}^2\text{)}$$

Die geringe Dämpfung durch die Luft ist in den Berechnungen vernachlässigt.

Die nachfolgend berechneten Werte in Tabelle 2 gelten für die ankommende Strahlungsleistung vom Mobilfunksender in Mikrowatt pro m² (μW/m²) in Hauptstrahlrichtung bei freier Sicht auf die Sendeantennen.

Tabelle 2

Entfernung zum Sender in Meter:	Leistungsflussdichte Mittelwert (gerundet)
250	23.375 μW/m ²
300	16.233 μW/m ²
350	11.926 μW/m ²
400	9.131 μW/m ²
500	5.844 μW/m ²
600	4.058 μW/m ²
700	2.981 μW/m ²
780	2.401 μW/m ²
800	2.283 μW/m ²
850	2.022 μW/m ²
900	1.804 μW/m ²
1000	1.461 μW/m ²
1100	1.207 μW/m ²
1200	1.015 μW/m ²
1300	864 μW/m ²
1400	745 μW/m ²
1500	649 μW/m ²
3000	162 μW/m ²
4000	91 μW/m ²

Durch diese Tabelle ist die Abnahme der Strahlenbelastung mit zunehmender Entfernung zum Sender gut zu erkennen.

Gutes Telefonieren und Datenübertragung ist bereits bei 0,0001 μW/m² möglich, bei 0,001 μW/m² schon optimal.

Es liegen aber auch nicht alle Häuser in der Hauptstrahlrichtung, sodass die Werte in der Tabelle 2 natürlich oft unterschritten werden. Allerdings ist in der Berechnung nur der Mittelwert der Strahlungsstärke angegeben. Bei den Funkstandards UMTS, LTE und 5G sind Pulsspitzen (Spitzenwert) vorhanden, die bis zu 20-fach höher sind als der Mittelwert in der Tabelle 2.

Funkwellen werden durch Materialien aller Art verschieden stark gedämpft: Mauerwerk, (Wärmeschutz-)Glas und auch Holz dämpfen in unterschiedlichem Maße.

Aus diesem Grund sind nicht nur die zu erwartenden Immissionen innerhalb von Gebäuden stark von deren Bauweise abhängig, sondern Gebäude haben auch Einfluss auf die Immissionen bei dahinterliegenden Häusern.

Anmerkung: Die Sendeantennen haben einen elektrischen down-tilt, je nach Antenne bis ca. 12 Grad. Das bedeutet, dass sich die Hauptstrahlrichtung von horizontal um bis ca. 12 Grad in Sekundenbruchteilen nach unten richten kann.

Bereits bei einer Entfernung von nur 300 m zum Mast, der 20 m über die Bezugshöhe und 40 m hoch ist, also insgesamt 60 m Höhenunterschied, liegen wir noch innerhalb von 12 Grad down-tilt und somit in der möglichen Hauptstrahlrichtung.

Unterhalb der Hauptstrahlrichtung ist durch sog. Nebenkeulen natürlich auch Strahlungsbelastung. Die Nebenkeulen sind ca. 100-fach geringer in der Leistung als der Hauptstrahl. Die Nebenkeulen strahlen nach unten und schräg nach unten ab. Deshalb ist man wegen der geringen Entfernung zu den Sendeantennen trotzdem einer hohen Strahlungsbelastung ausgesetzt, selbst wenn man unterhalb des Hauptstrahles liegen würde.

Wenn zum Beispiel ein weiterer Betreiber mit der gleichen Sendeleistung hinzukommt, so entstehen zusätzlich gleiche Werte wie in der Tabelle 2.

Tirschenreuth, den 09.12.2021



Siegfried Zwerenz
Bürgerwelle e.V., Schutz von Mensch und Umwelt
Lindenweg 10
95643 Tirschenreuth