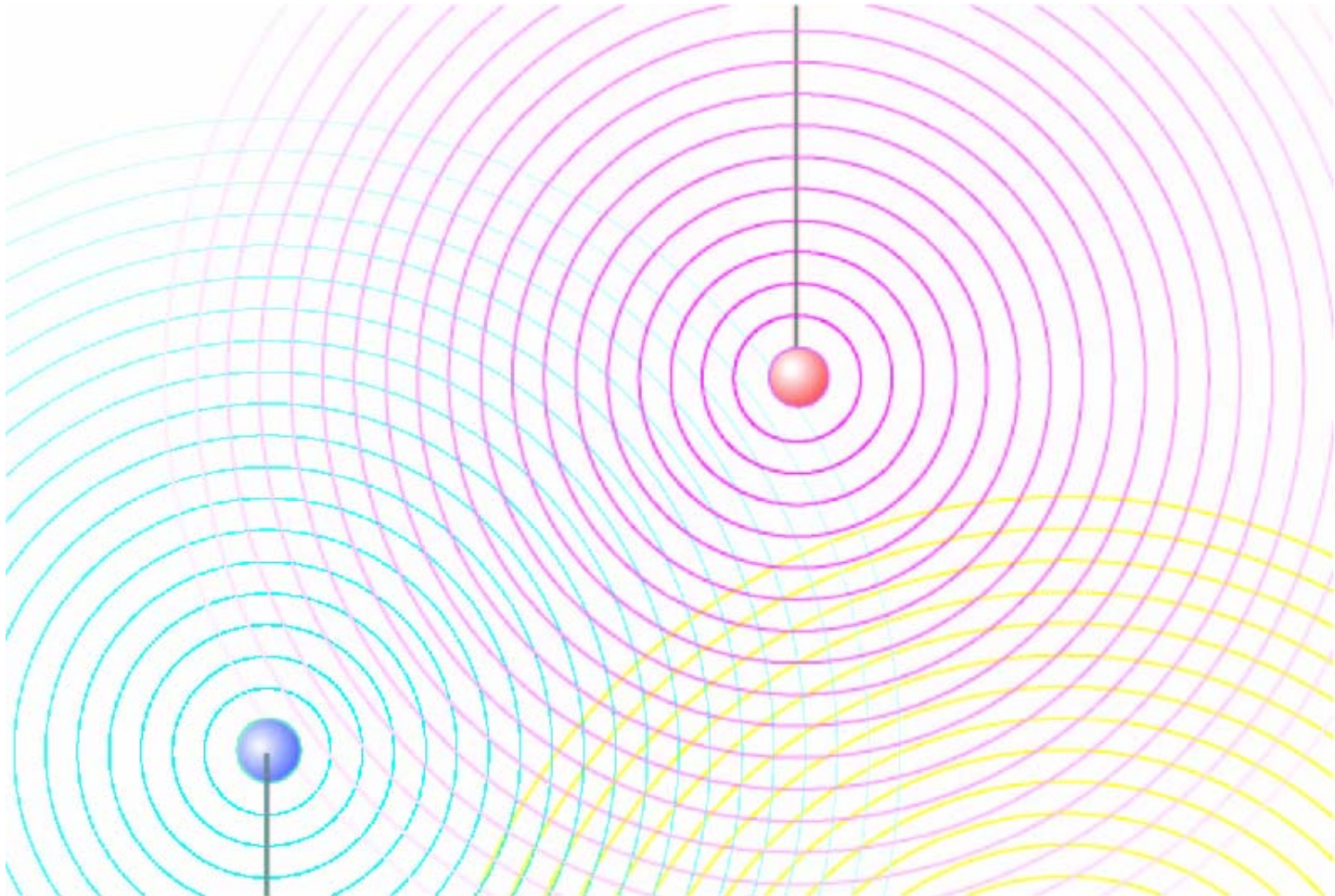


Mobilfunk in Liechtenstein

Workshop am 06. Dezember 2004

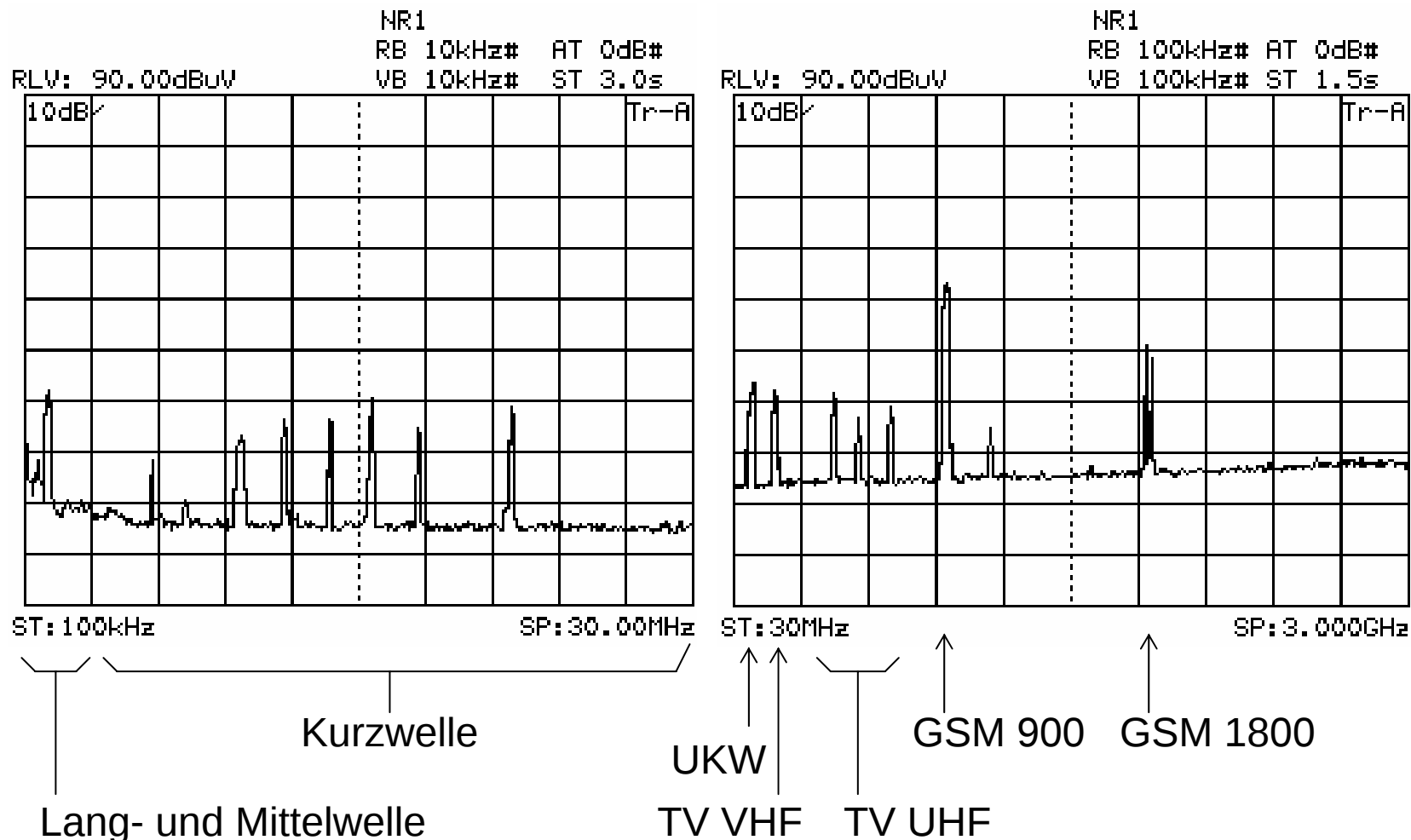
Mobilfunktechnik II



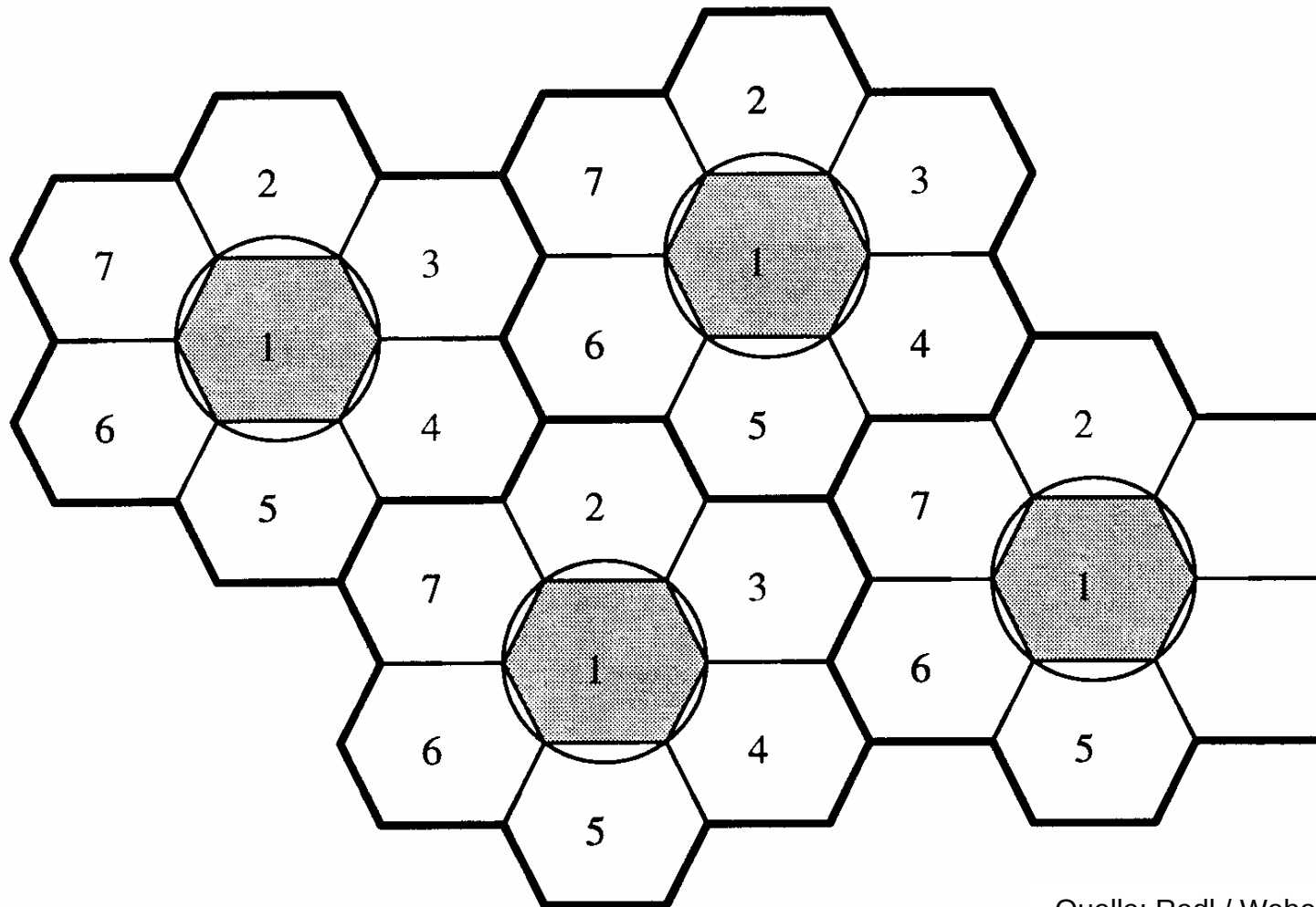
Rundfunksendeanlage (Kurzweile)



Typische „Hochfrequenzlandschaft“ im Zeitalter des Mobilfunks

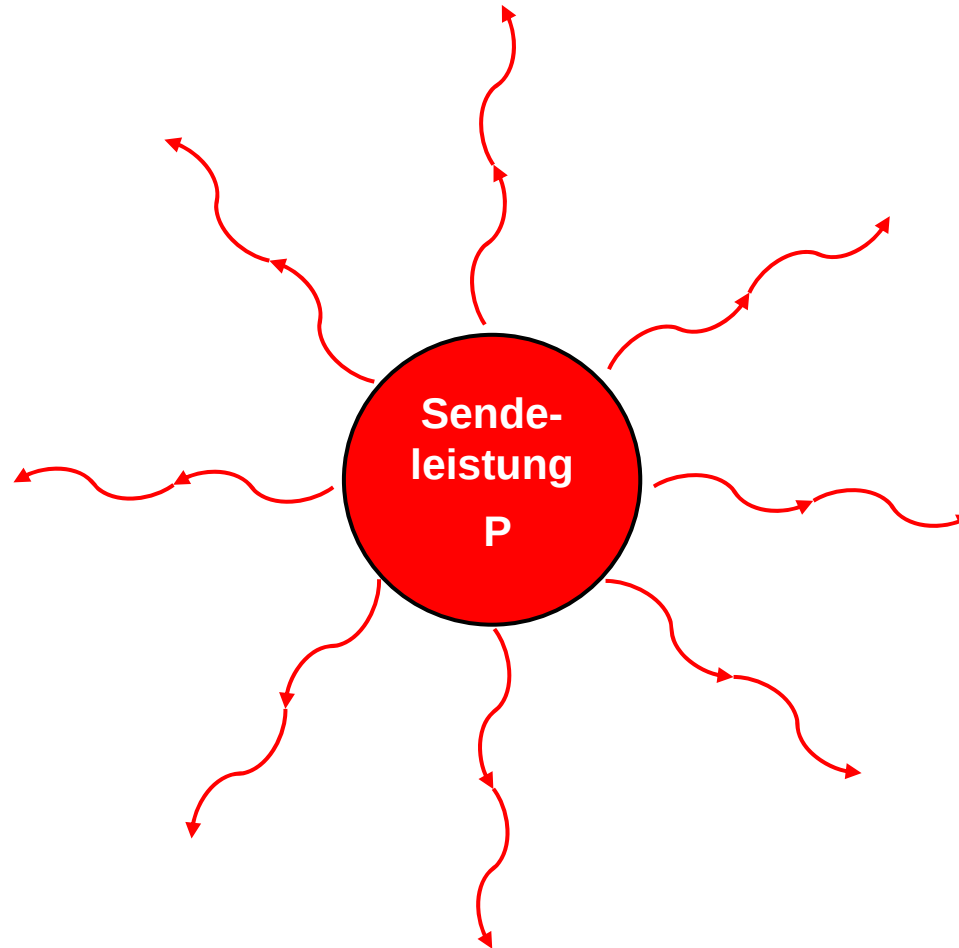


Zellulärer Aufbau eines Mobilfunknetzes

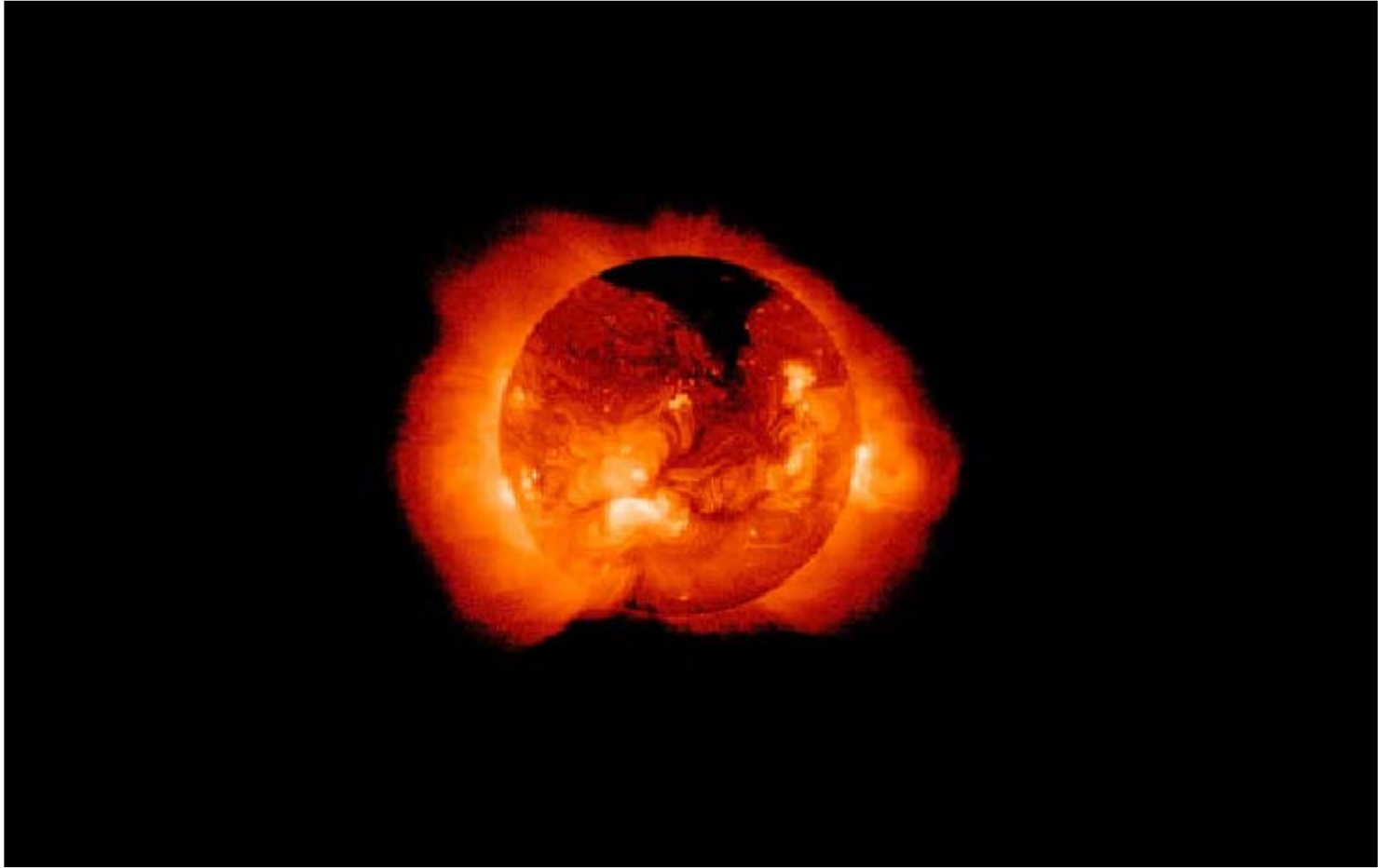


Quelle: Redl / Weber

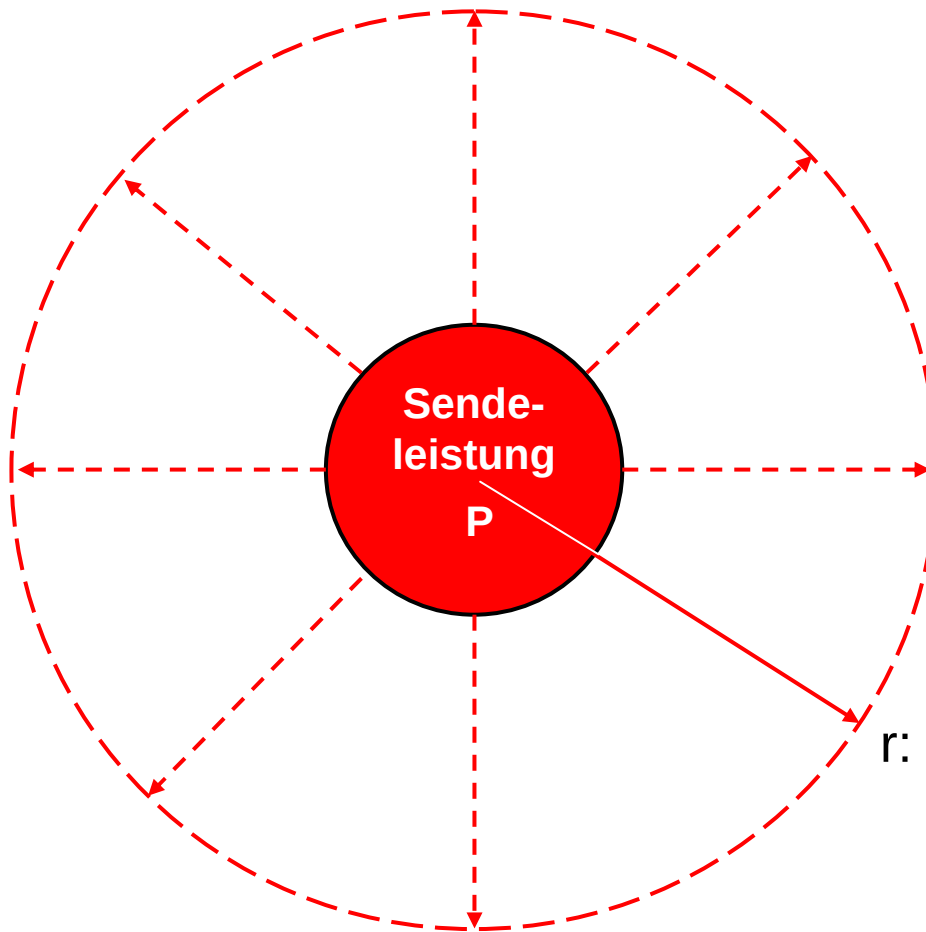
Der isotrope Kugelstrahler



Die Sonne – Natürlicher Kugelstrahler



Der isotrope Kugelstrahler



Strahlungsdichte S

$$S = \frac{P}{4 \pi r^2}$$

r: Entfernung zum Strahler

Mobilfunk-Antennen



Rundumstrahler



Sektorantennen

Strahlungsdichte und Feldstärke am Immissionsort

$$S = \frac{P}{4 \pi r^2} \cdot \frac{\uparrow \text{Produkt aller verstärkenden Faktoren}}{\downarrow \text{Produkt aller dämpfenden Faktoren}}$$

S: Strahlungsdichte

P: Sendeleistung

r : Entfernung zur Sendeantenne

Die Strahlungsdichte ist proportional zum Quadrat der Feldstärke:

$$S \sim E^2$$

EIRP: Äquivalente isotrope Strahlungsleistung

**Antennengewinn durch Richtwirkung
gegenüber dem Kugelstrahler (isotroper Strahler)**

**Typischer Gewinn einer Mobilfunk-Antenne:
17 dBi $\leftrightarrow$ Faktor 50 (für die Strahlungsdichte)**

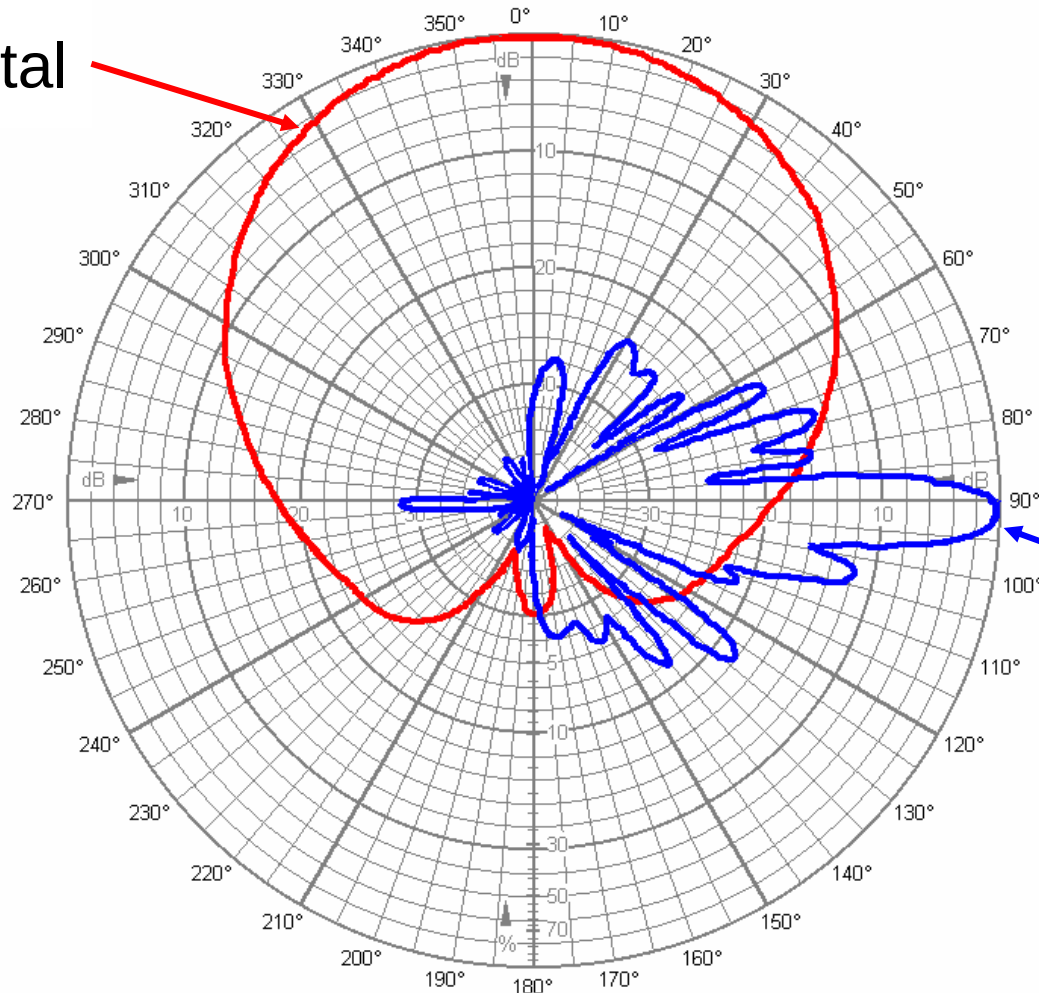
20 W Sendeleistung * 50 $\rightarrow$ 1.000 W EIRP

(EIRP: Equivalent Isotropically Radiated Power)

Antennen-Richtdiagramm

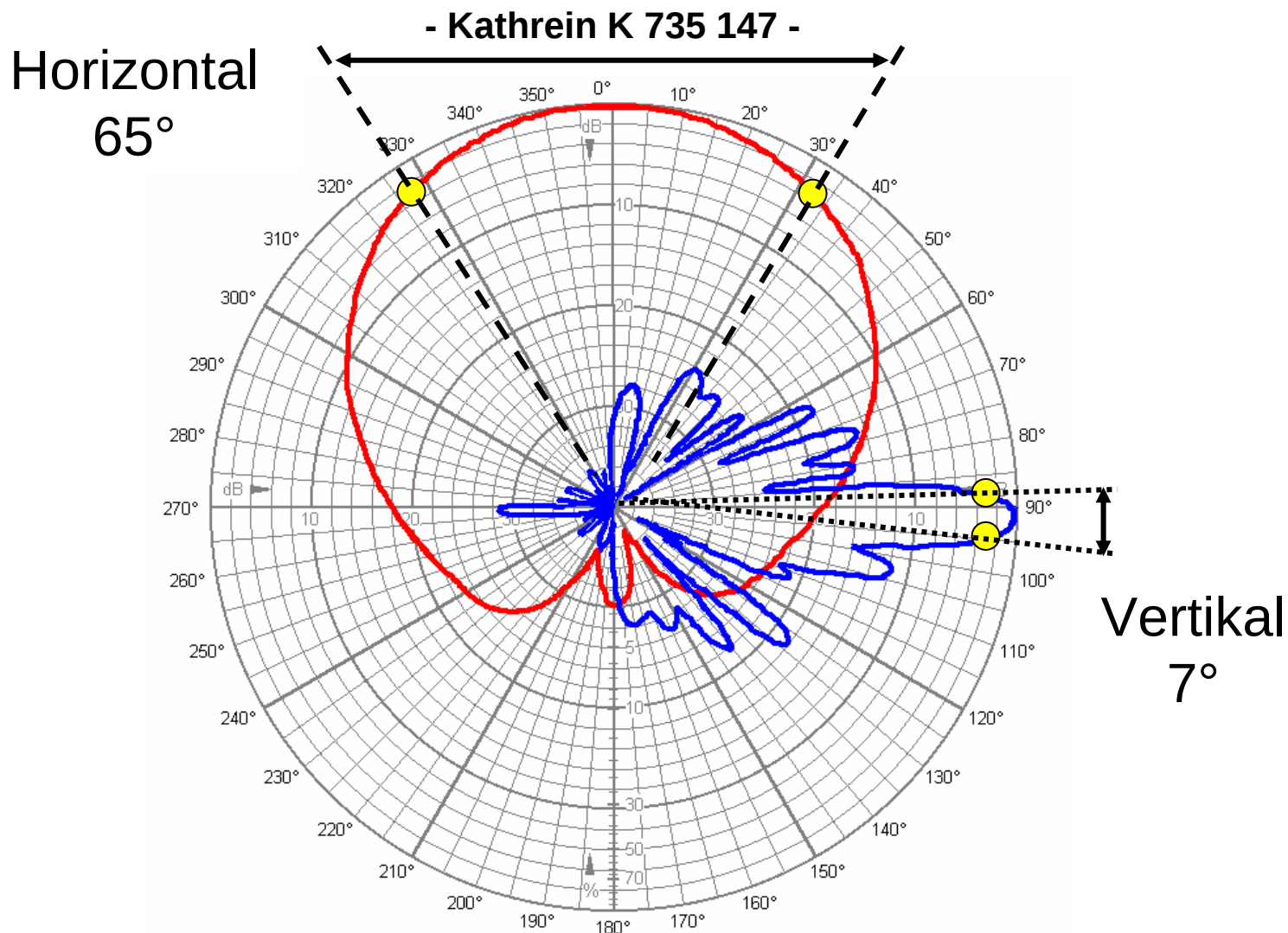
- Kathrein K 735 147 -

Horizontal

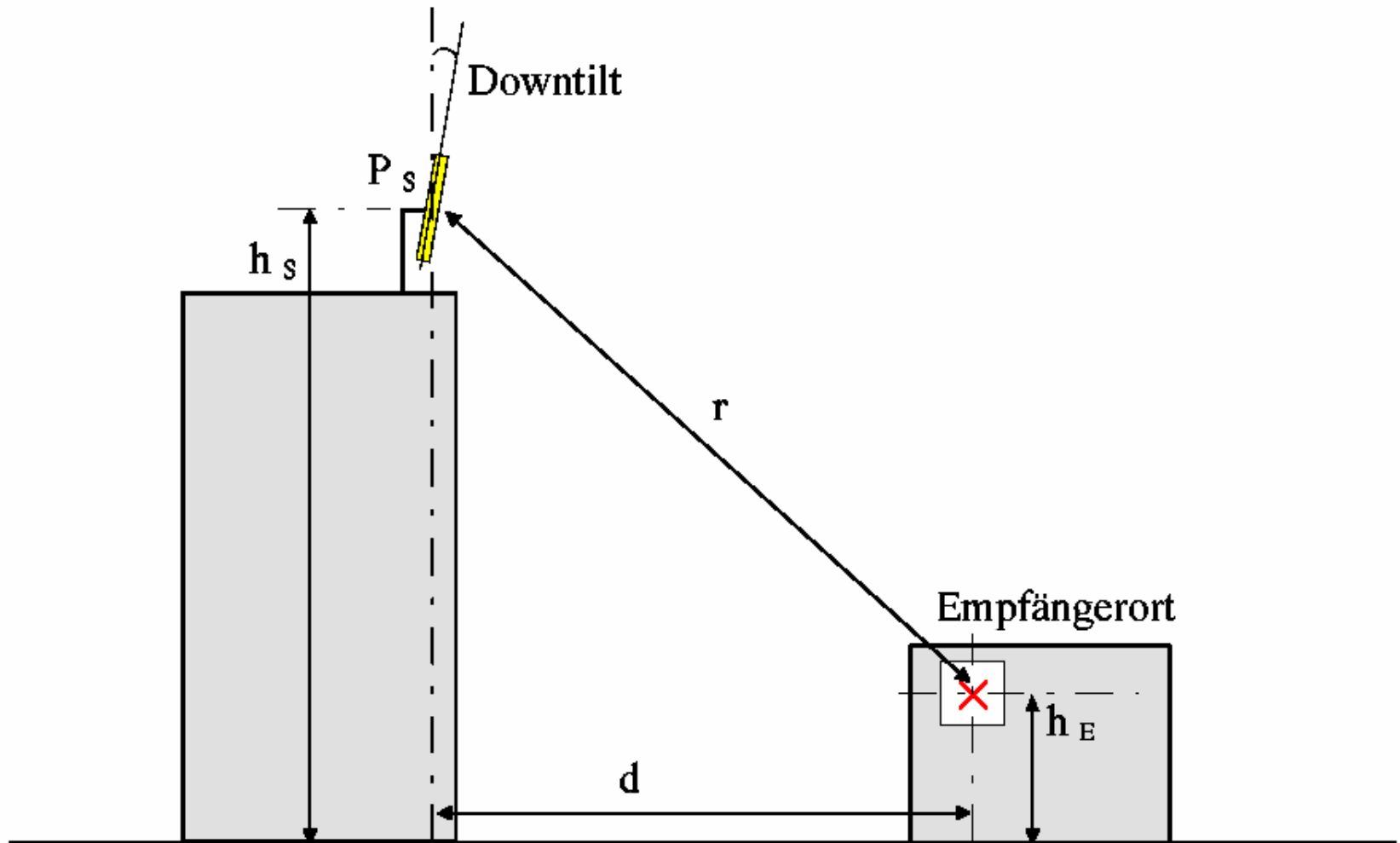


Vertikal

Antennen-Richtdiagramm / Halbwertsbreite [°]



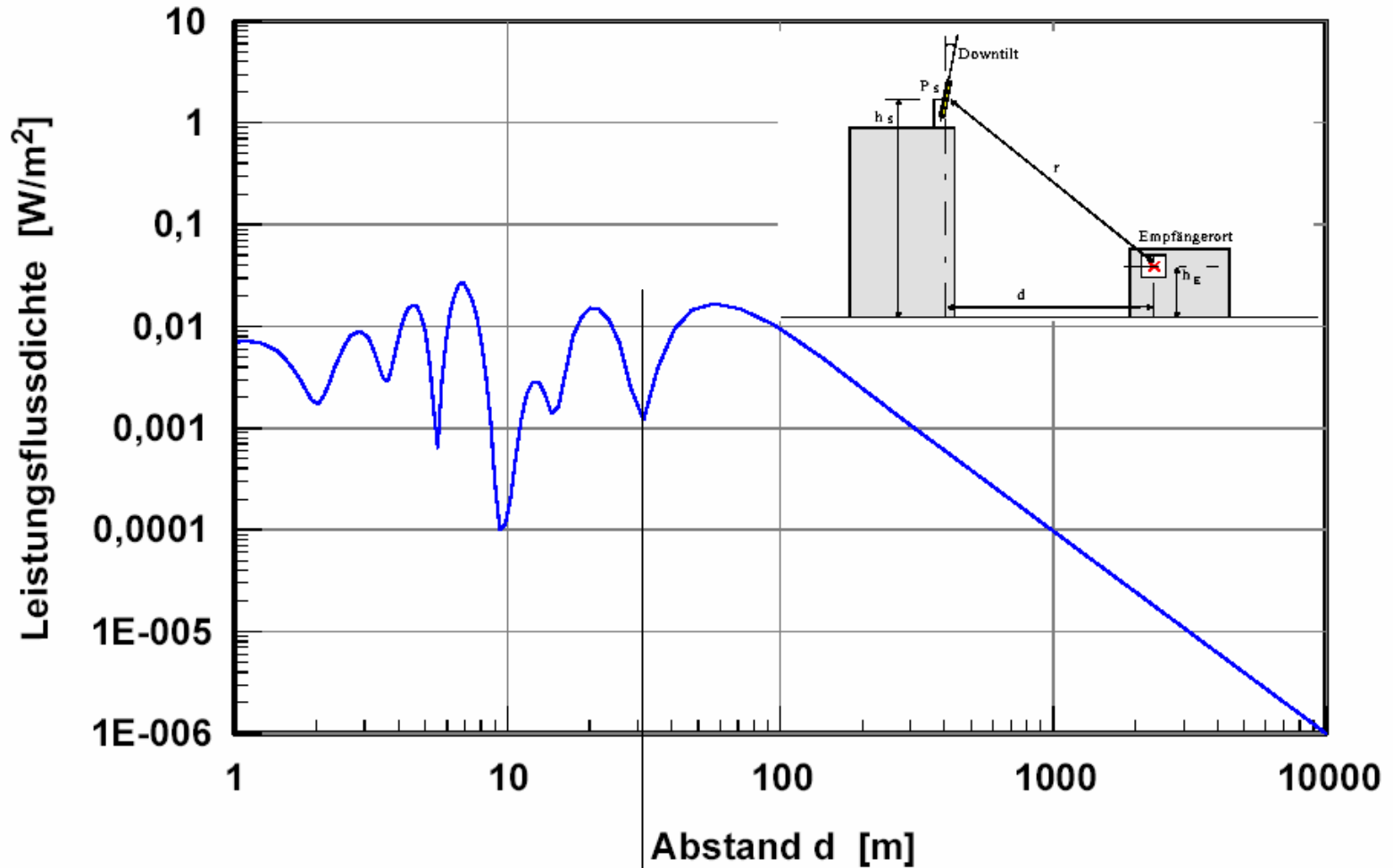
Geometrie für die folgenden Betrachtungen



Quelle: MUNLV-NRW / IMST

Leistungsflussdichte als Funktion des Abstands

Freiraum-Wellenausbreitungsmodell



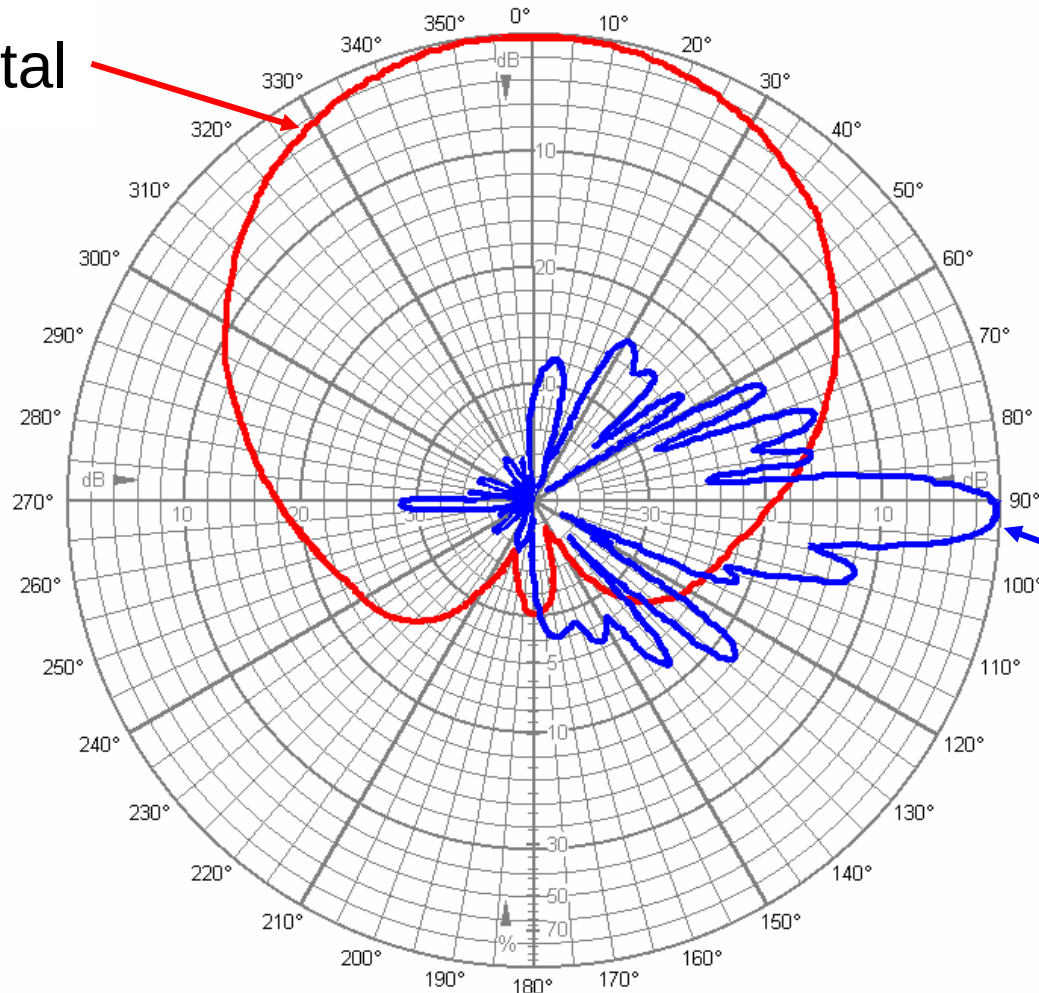
Nebenzipfel $\longleftrightarrow$ Hauptkeule

Quelle: MUNLV-NRW / IMST

Antennen-Richtdiagramm

- Kathrein K 735 147 -

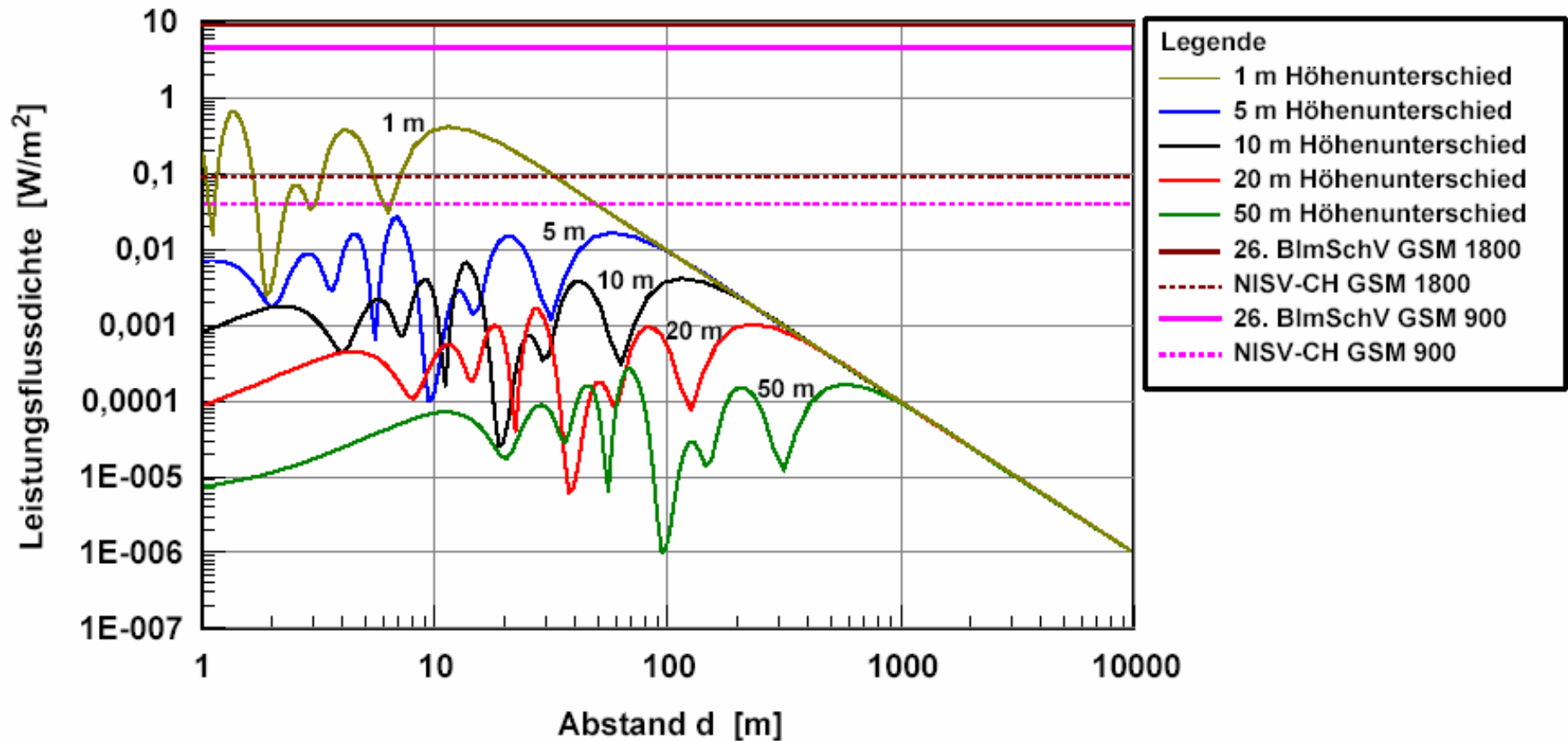
Horizontal



Vertikal

Leistungsflussdichte als Funktion des Höhenunterschieds Sende-/Empfangsantenne

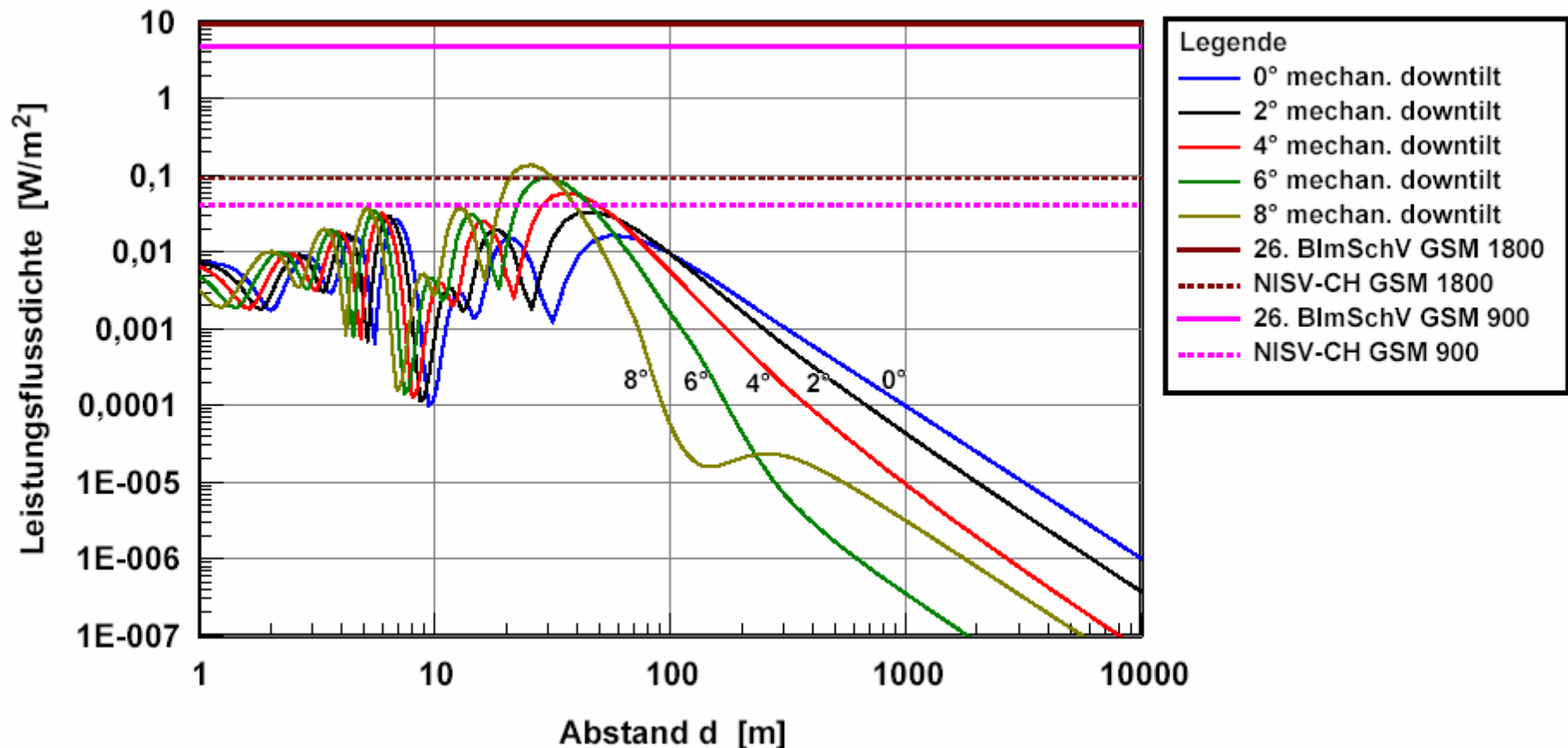
Freiraum-Wellenausbreitungsmodell



Quelle: MUNLV-NRW / IMST

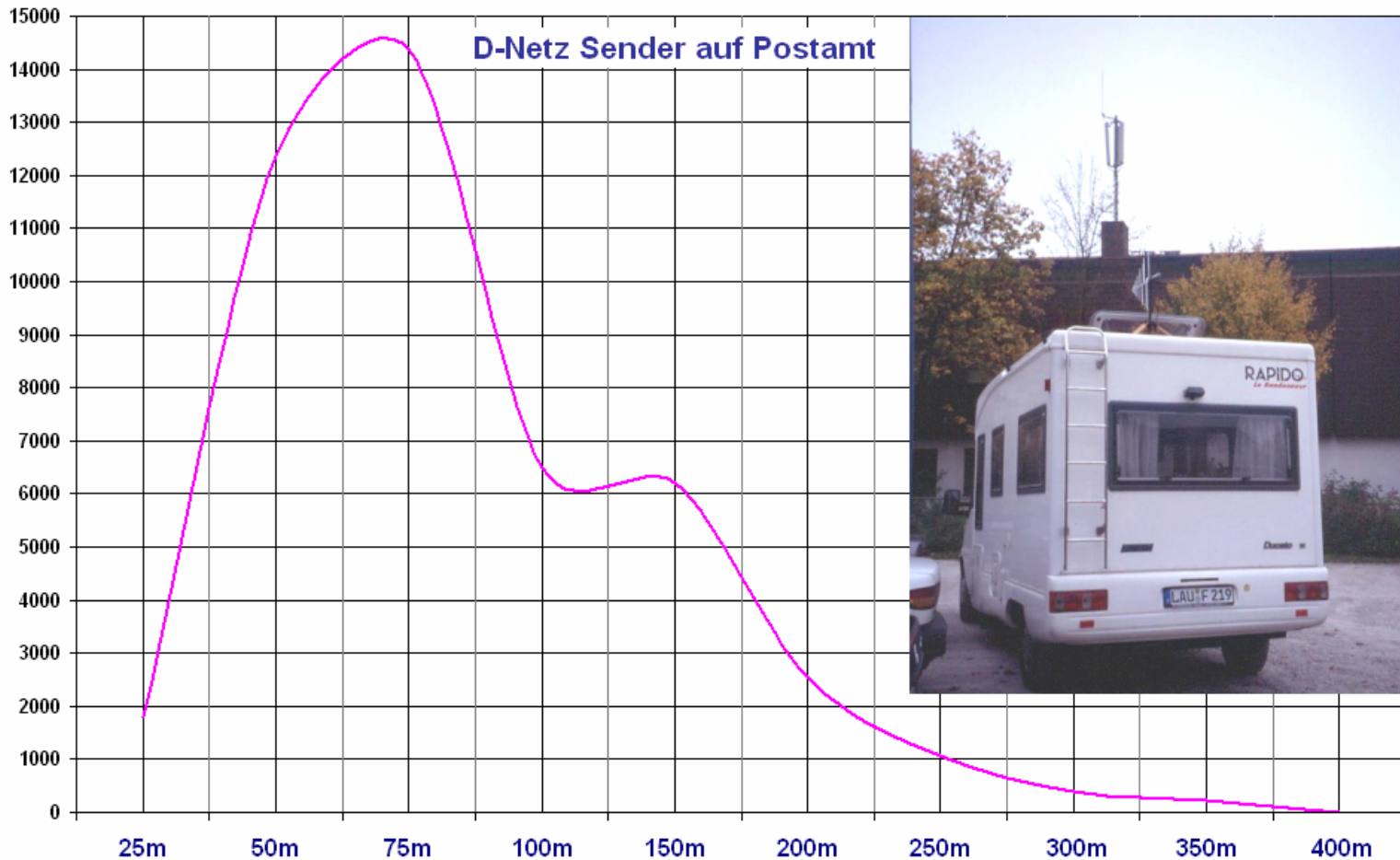
Leistungsflussdichte als Funktion des Downtilts

Freiraum-Wellenausbreitungsmodell



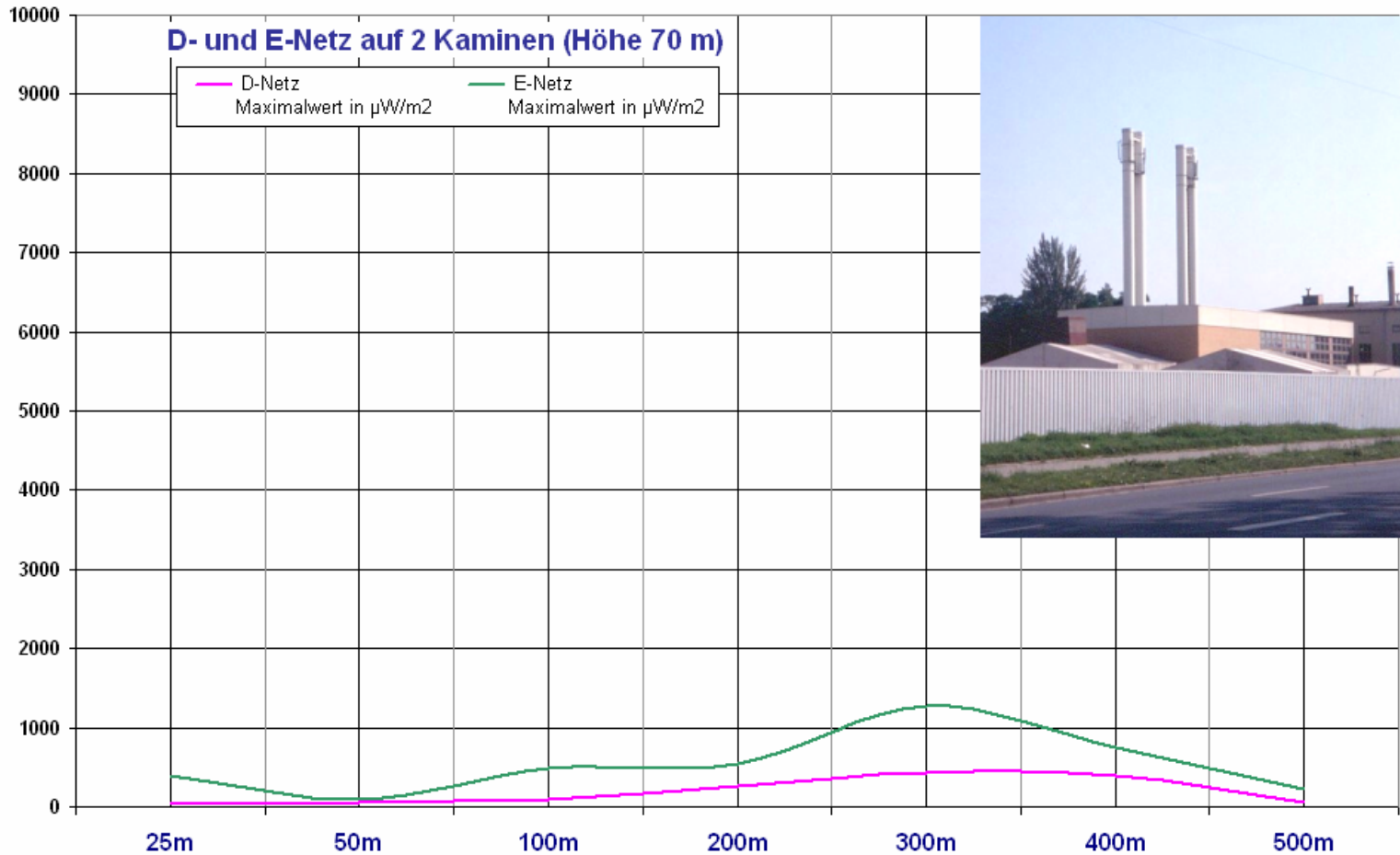
Quelle: MUNLV-NRW / IMST

Abstandsprofil der Leistungsflussdichte [$\mu\text{W}/\text{m}^2$] GSM-Antennen auf Dachstandort (15 m Höhe)



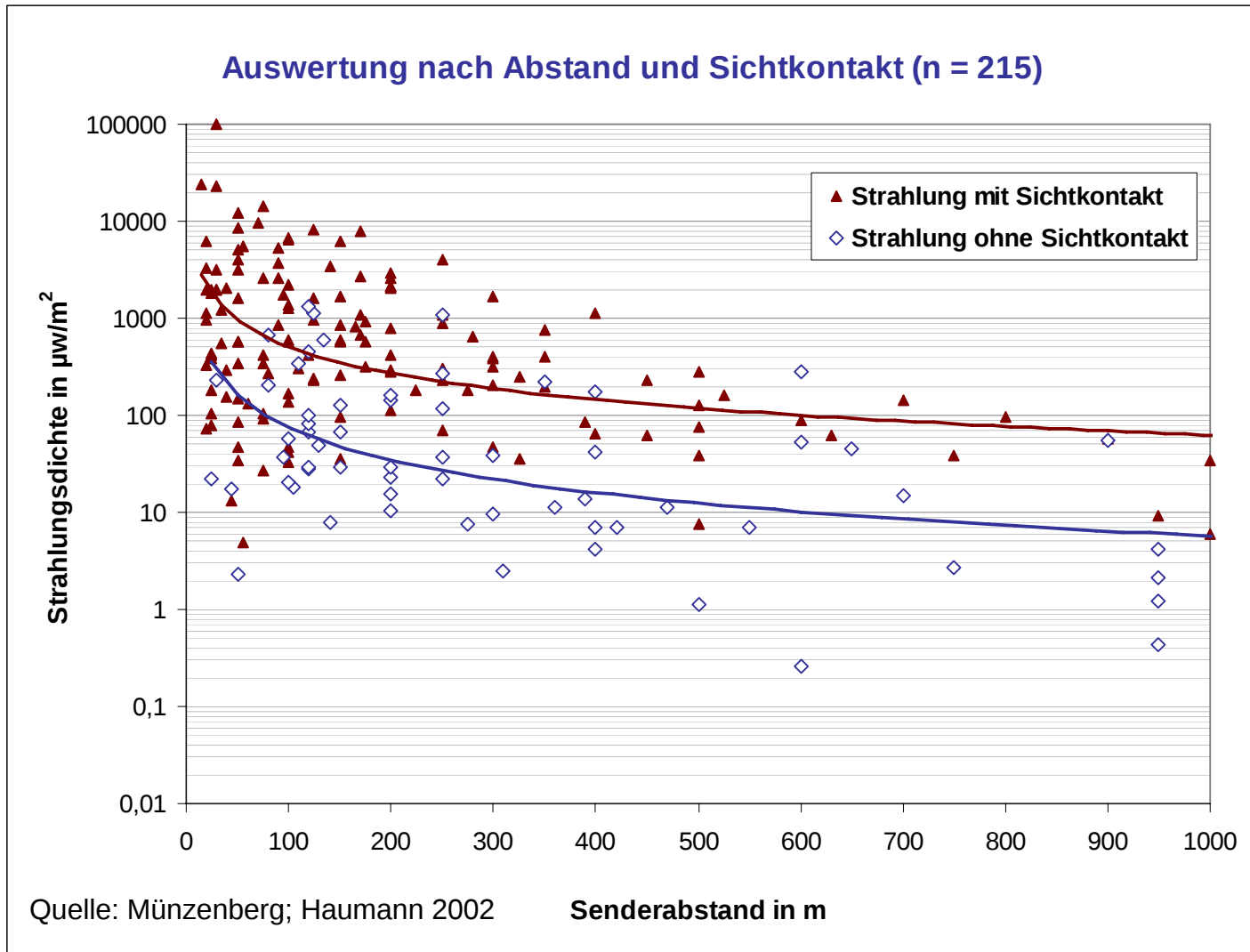
Quelle: Münzenberg; Haumann 2002

Abstandsprofil der Leistungsflussdichte [$\mu\text{W}/\text{m}^2$] GSM-Antennen auf Industriekaminen (70 m Höhe)

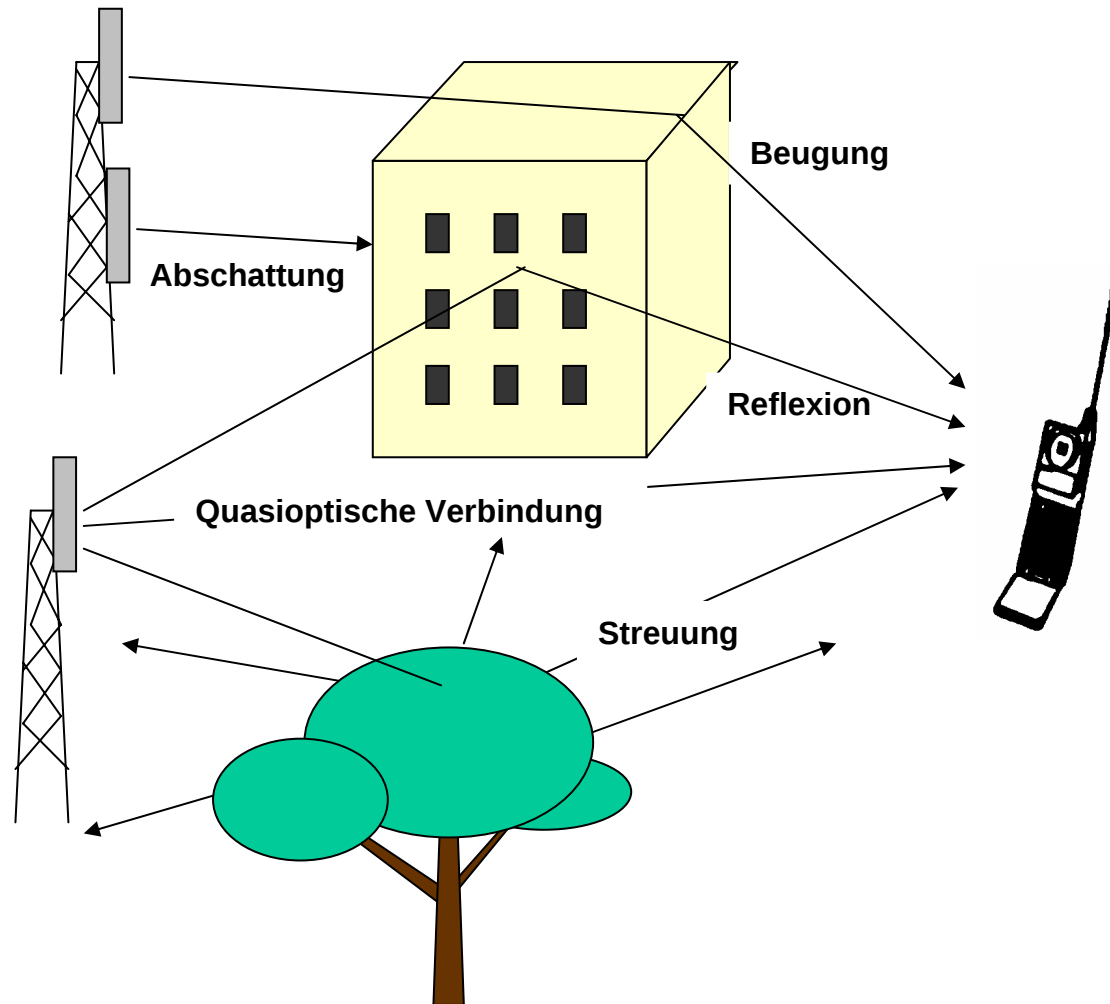


Quelle: Münzenberg; Haumann 2002

Mobilfunkstrahlung in der Nähe von GSM-Sendeanlagen in Wohngebieten



Reflexion, Abschattung, Beugung, Streuung, → Interferenz



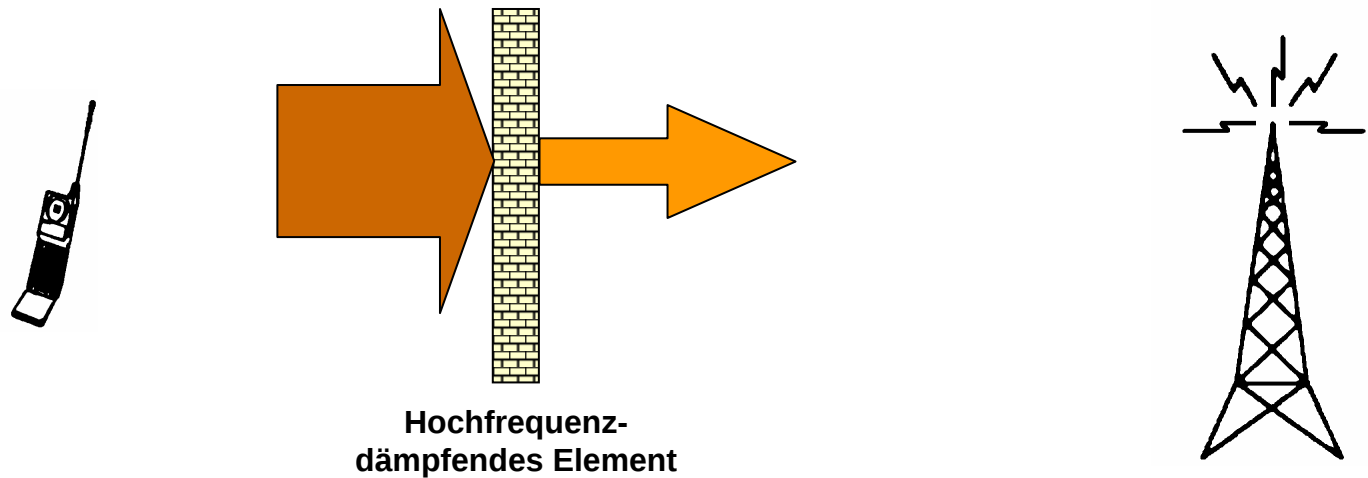
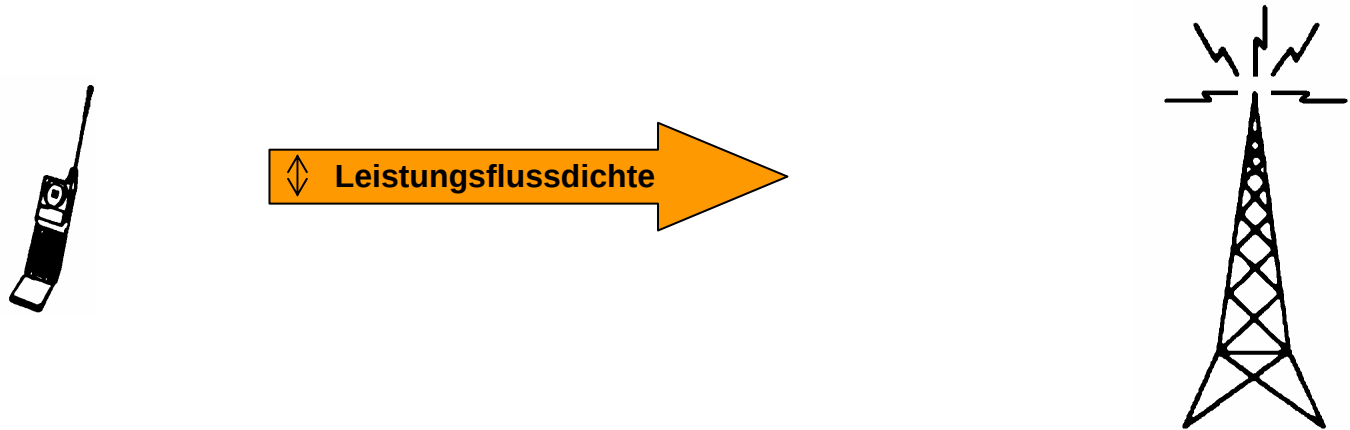
Zusammenfassung der Messergebnisse:

- Grenzwerte der 26. BImSchV überall eingehalten
- An einem MP wird Schweizer Vorsorgewert überschritten
- Große Schwankungsbreite der Messwerte (Faktor 100.000)
- MPE mit den höchsten gemessenen Immissionen:
 - AC 2.3: Mehrfachnutzung, nahe an HSR, geringer Abstand
 - W 1.3: Einfachnutzung, in HSR, geringer Abstand
- Direkte Sicht nicht immer allein ausschlaggebend; Beugung und Reflexion berücksichtigen
- Große Schwankungsbreite (Faktor 1000) auch in Wohnungen direkt unter der Anlage
- Immissionen durch externe HF-Quellen (Rundfunk, Fernsehen) unterschiedlich (abh. von der Nähe des MP zum jew. Mobilfunk- oder anderen HF-Sender)

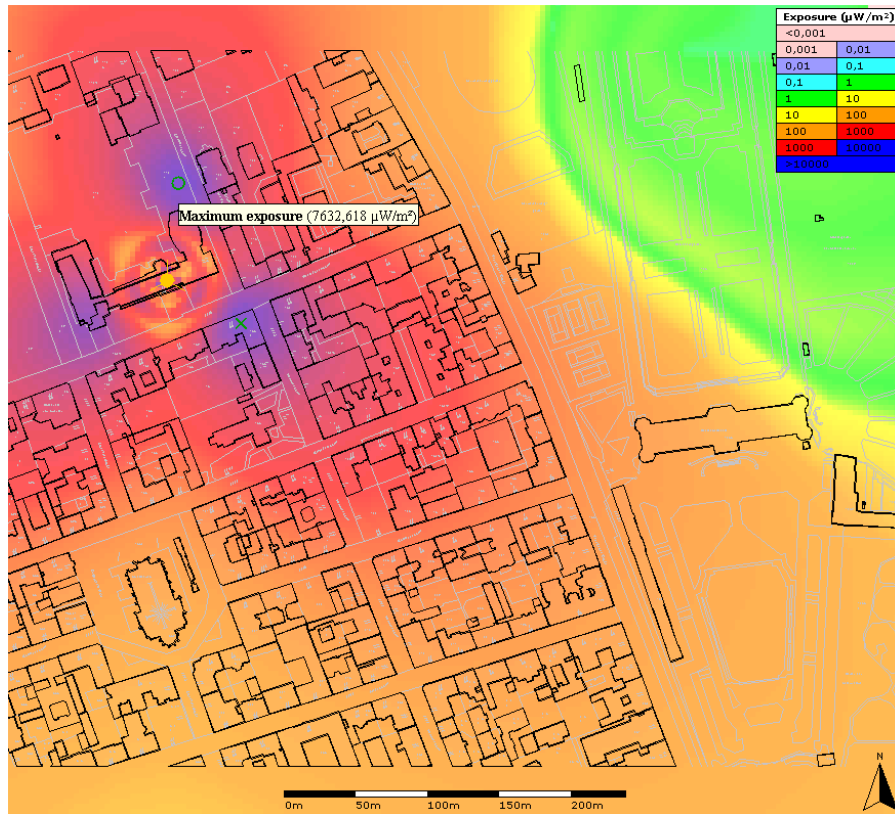


Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen

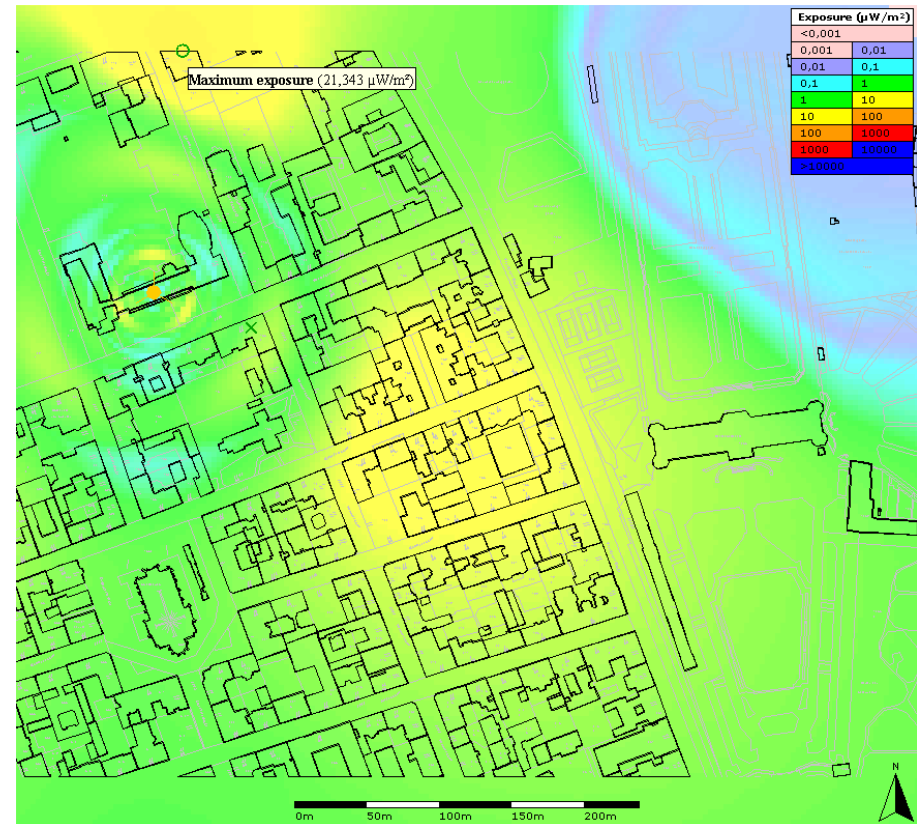
Leistungsregelung der Mobilteile



Immissions-Berechnungen für Variationen der Höhe der Sendeantenne



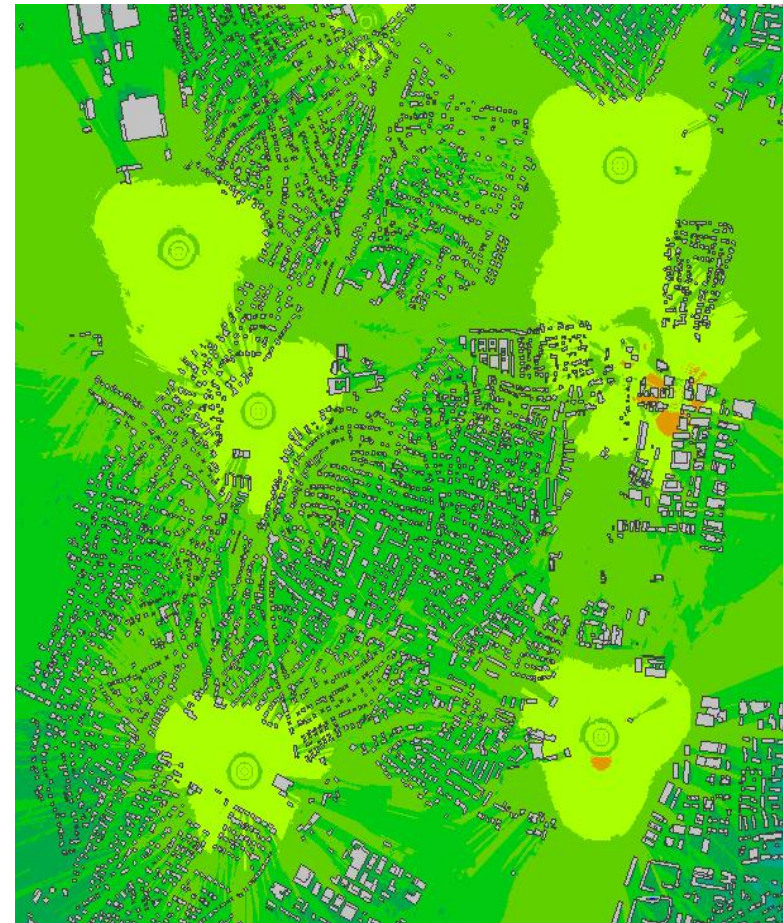
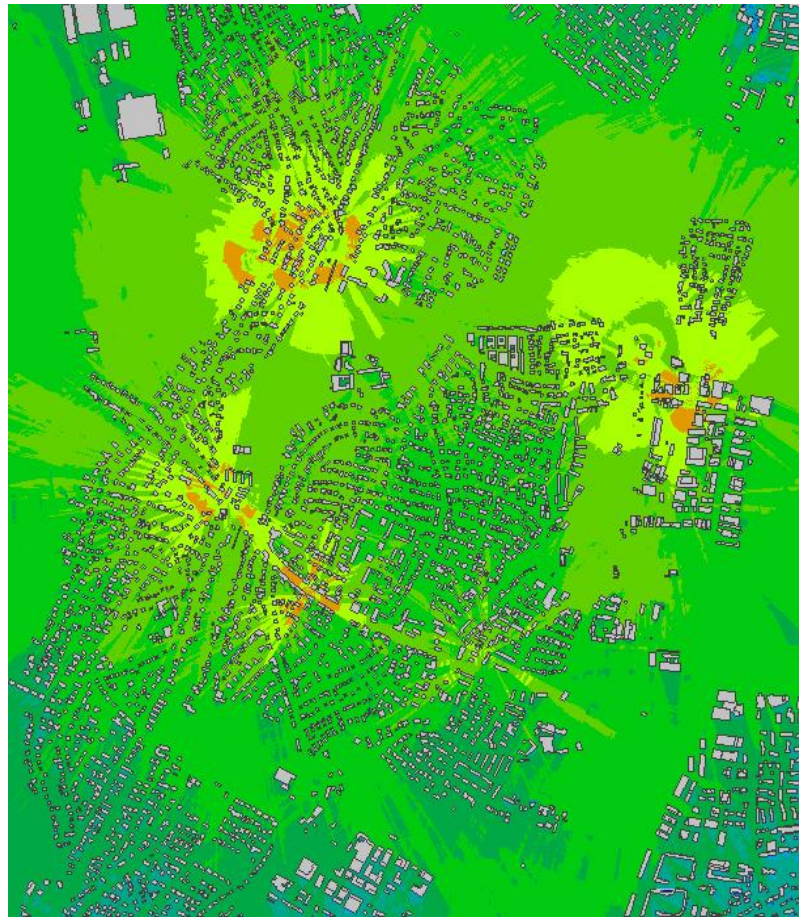
Antennenhöhe = 20 m



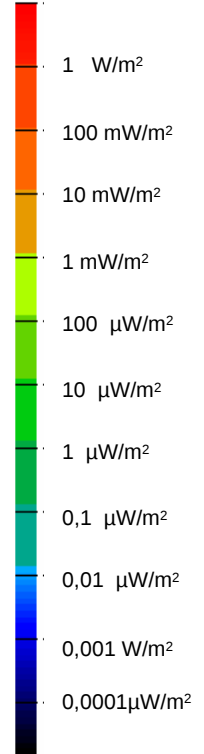
Antennenhöhe = 35 m

Quelle: Oberfeld 2003

Beispiel einer Immissions-minimierten Netzplanung



Maximale
Strahlungsdichten
in 2 m Höhe über
Grund



0 km 0,5 km 1,0 km 1,5 km 2,0 km 2,5 km 3,0 km

Ausgangszustand

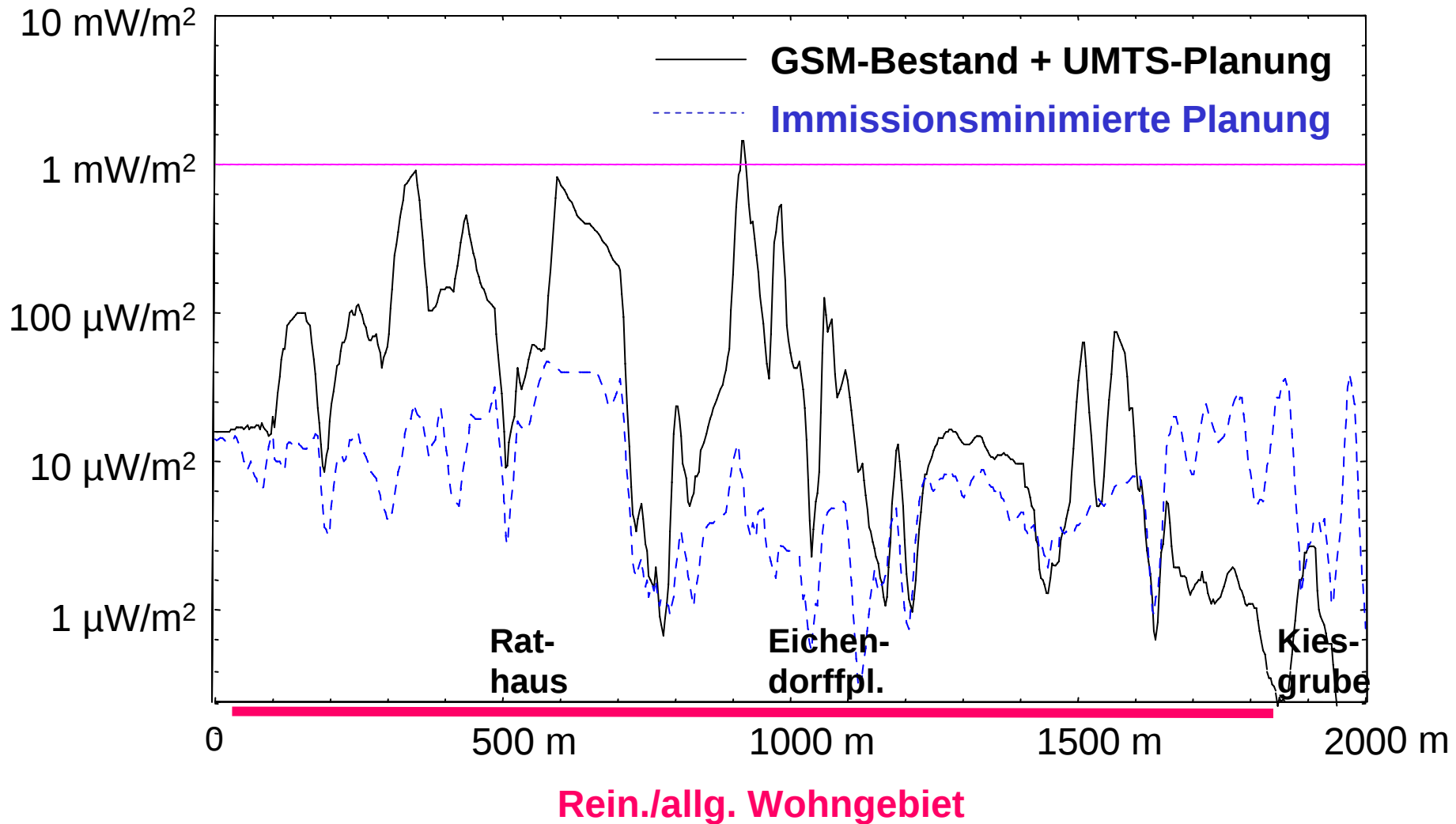
0 km 0,5 km 1,0 km 1,5 km 2,0 km 2,5 km 3,0 km

Immissionsminimierte Alternativplanung

Quelle: Kalau 2003

GSM-Bestand + bestehende UMTS-Planung versus immissionsminimierte Planung

Querschnittsbetrachtung: Leistungsflussdichten für Pfad Northwest-Südost



GSM-Standorte in einer Großstadt

Beispiel GSM Essen-Süd

● =GSM-Standort



Realitätsnahe Darstellung

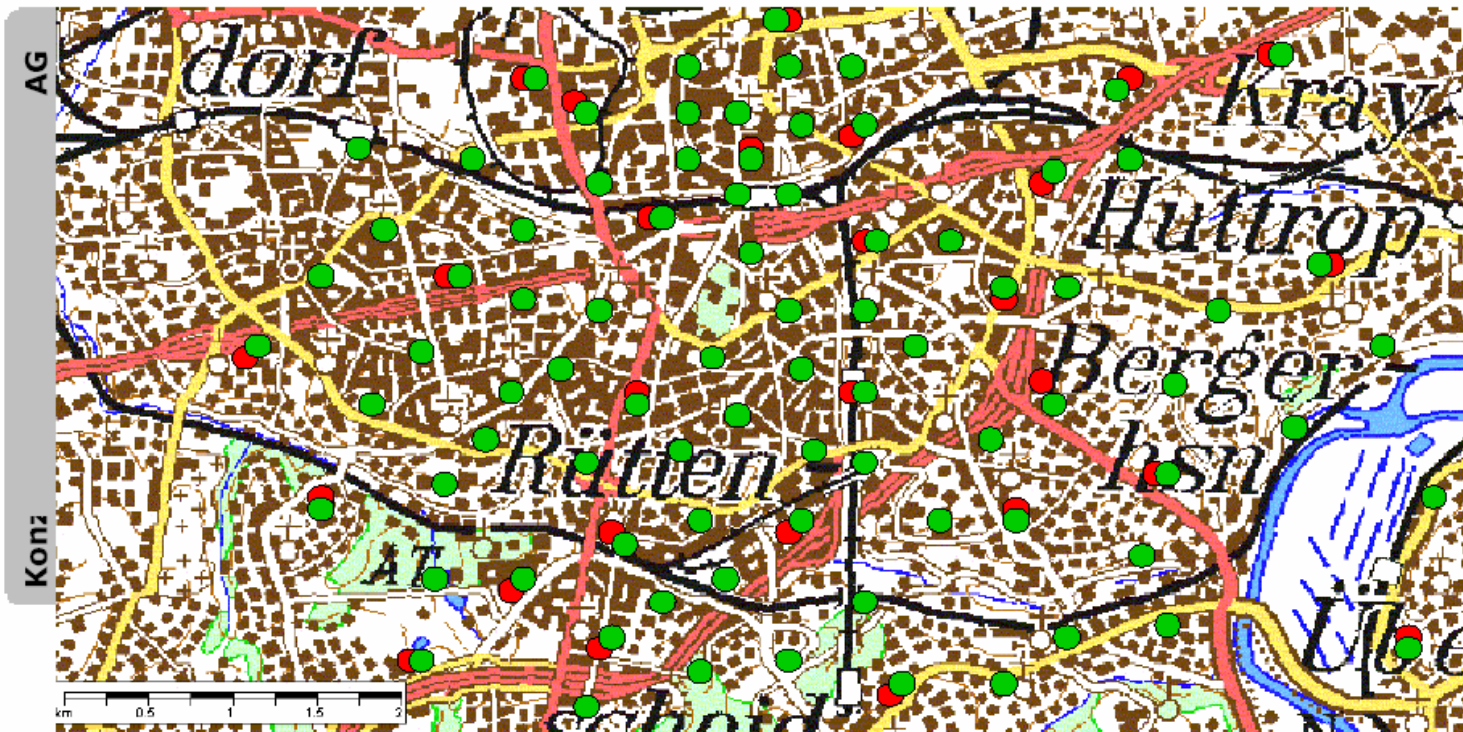
Quelle:  roofsitemanagement

 NewRadioTower

GSM- und geplante UMTS-Standorte

Beispiel Essen-Süd

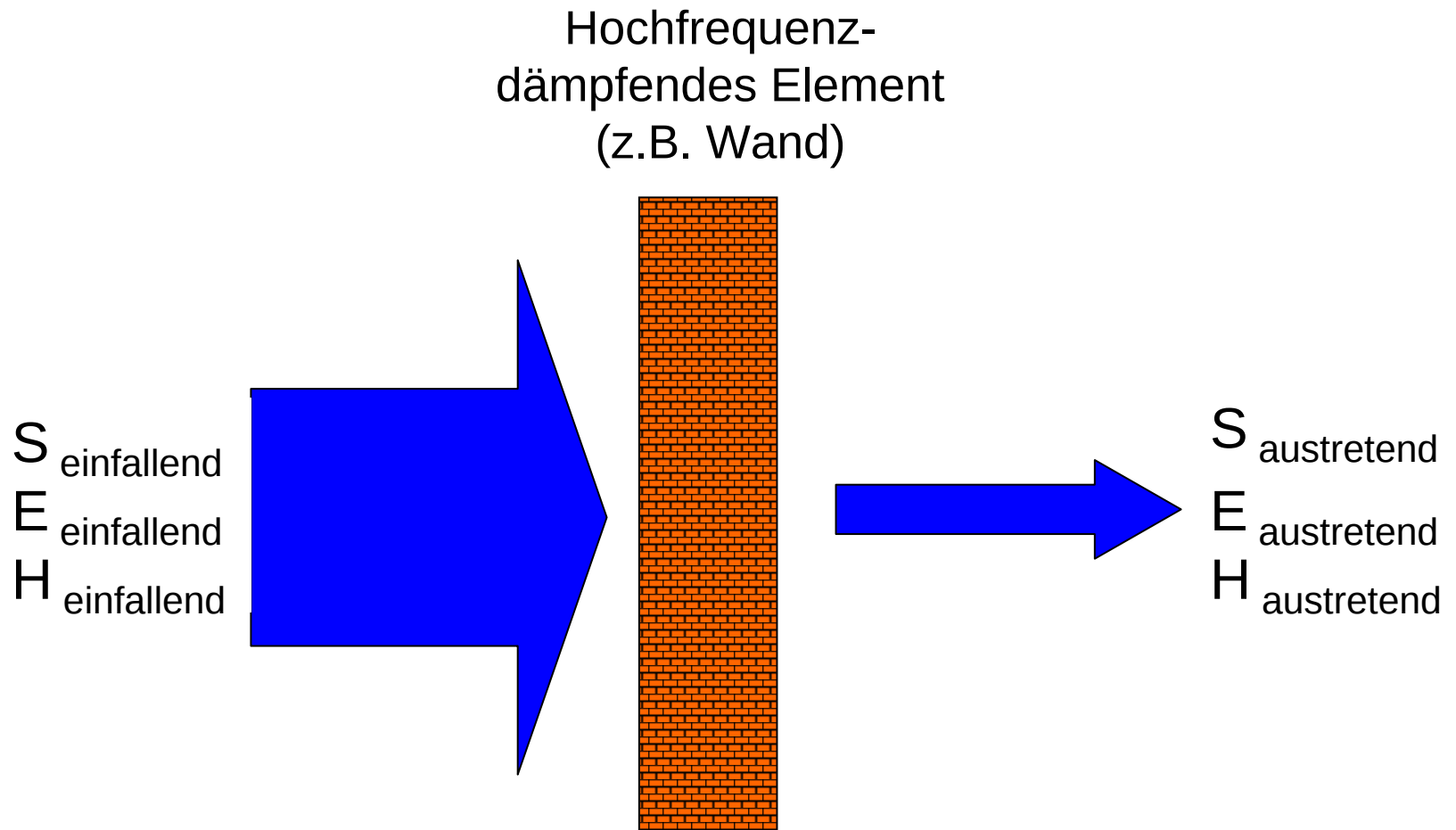
- =UMTS-Standort
- =GSM-Standort



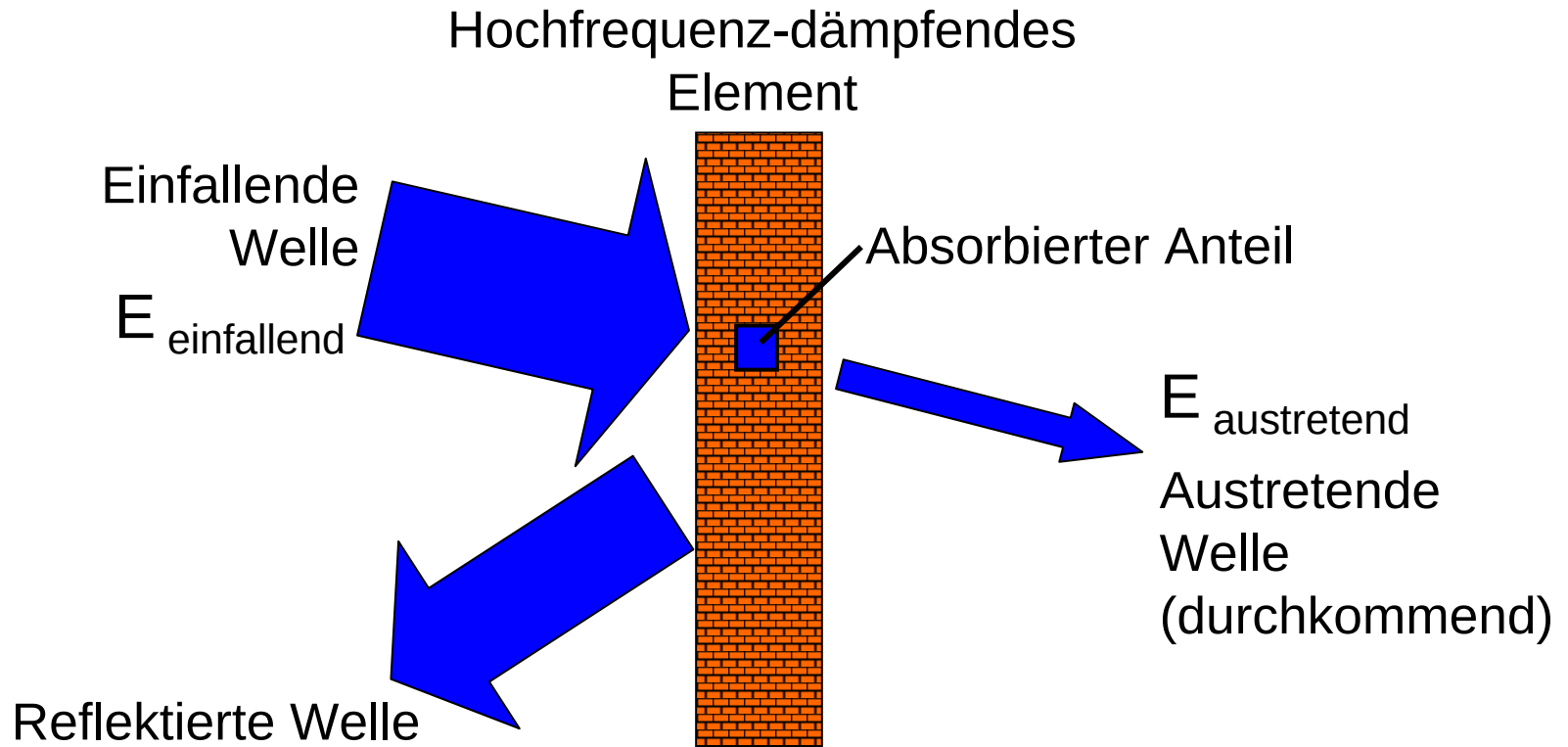
Quelle: **roofsitemanagement**

Realitätsnahe Darstellung
((••)) **NewRadioTower**

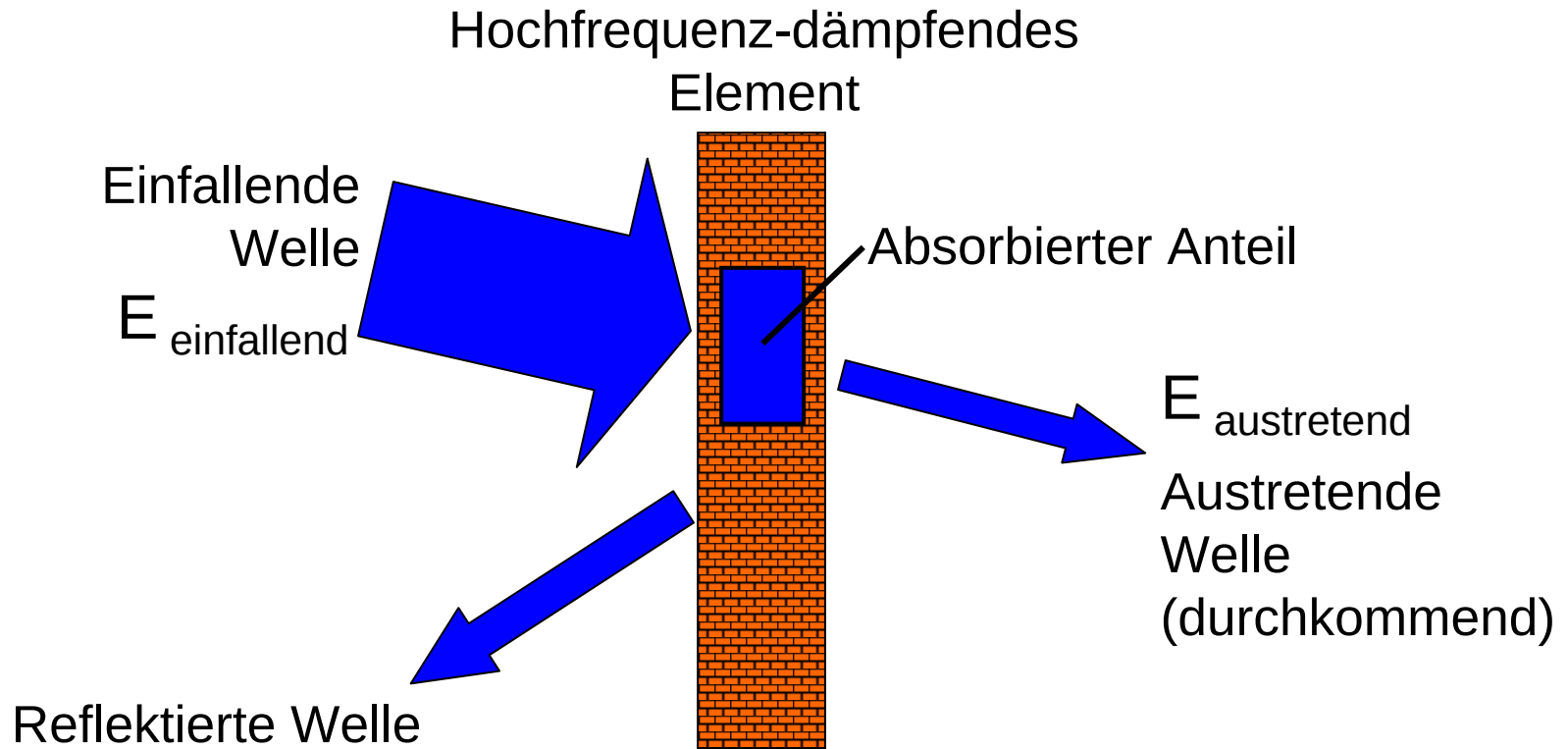
Grundprinzip der Hochfrequenz-Dämpfung



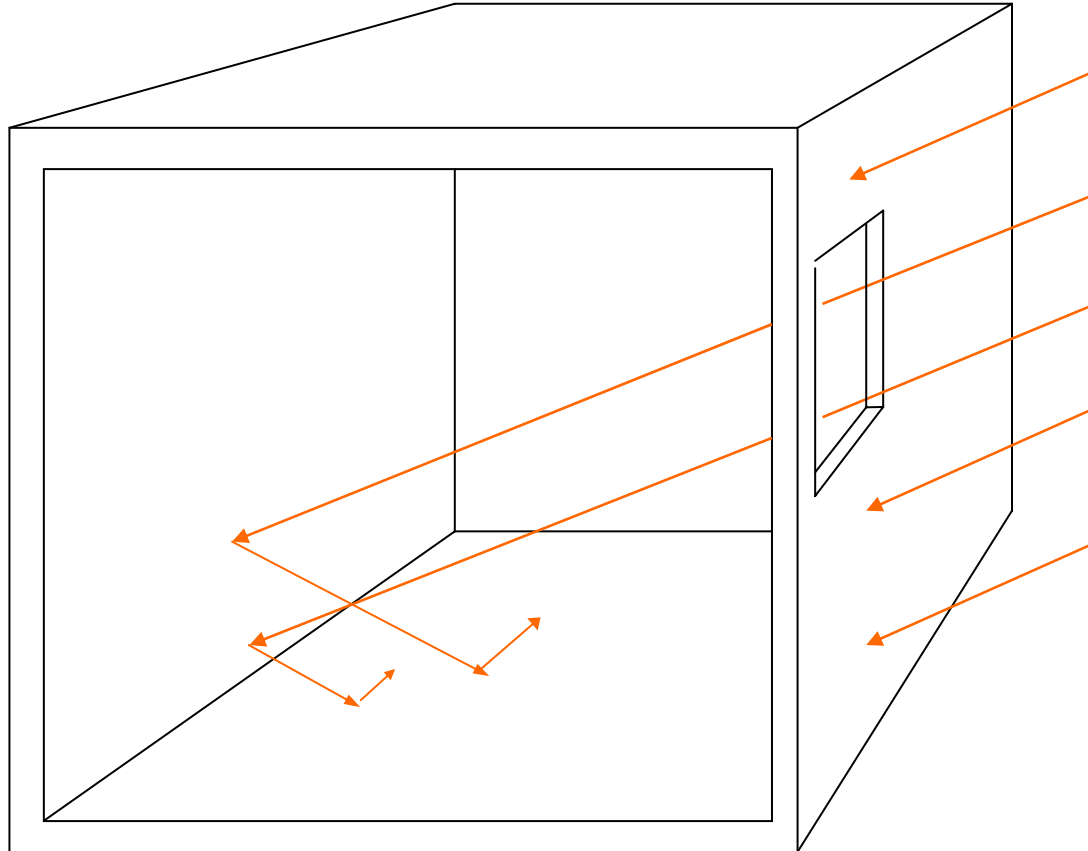
HF-Dämpfung überwiegend durch Reflexion



HF-Dämpfung überwiegend durch Absorption

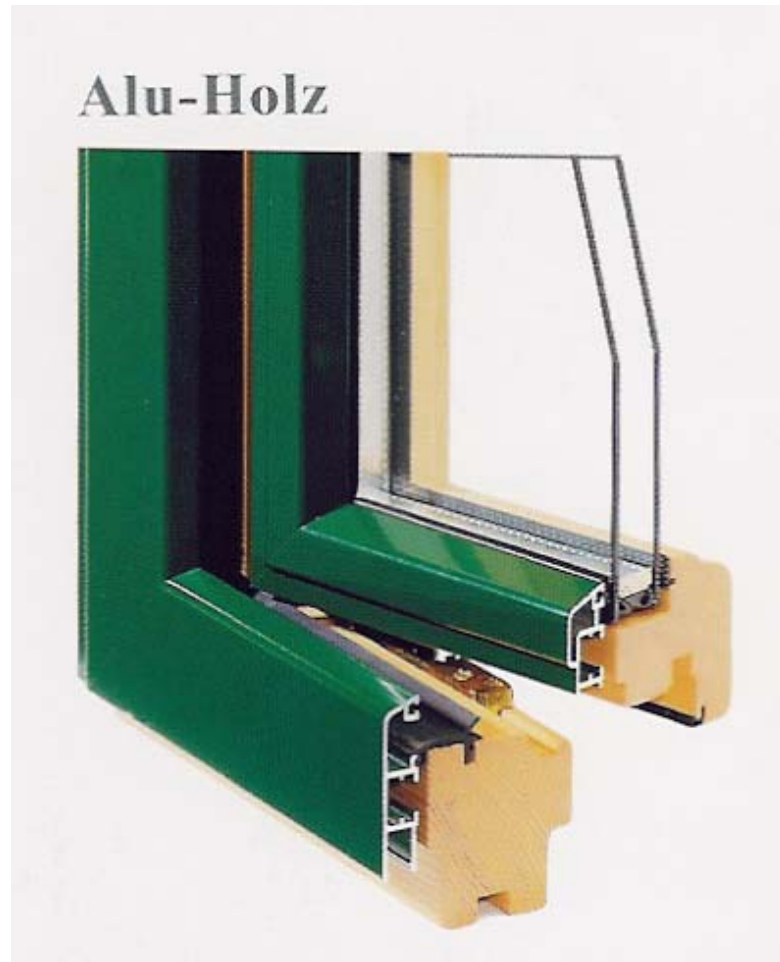


„Löcher“ in der Abschirmung



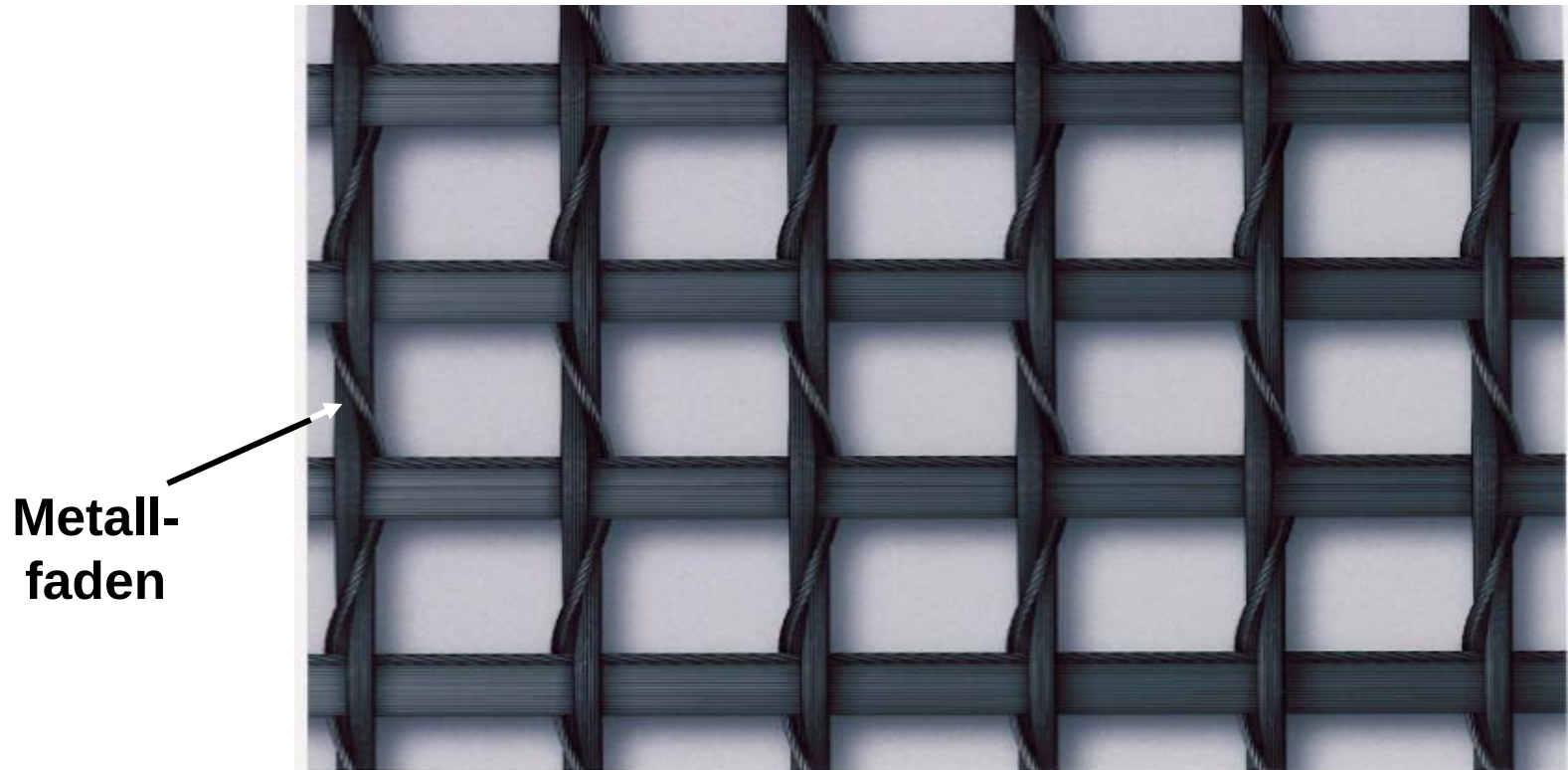
Quelle: Pauli, Moldan

HF-abschirmender Fensterrahmen



Quelle: Weiß & Weiß

HF-abschirmendes Putz-Armierungsgewebe



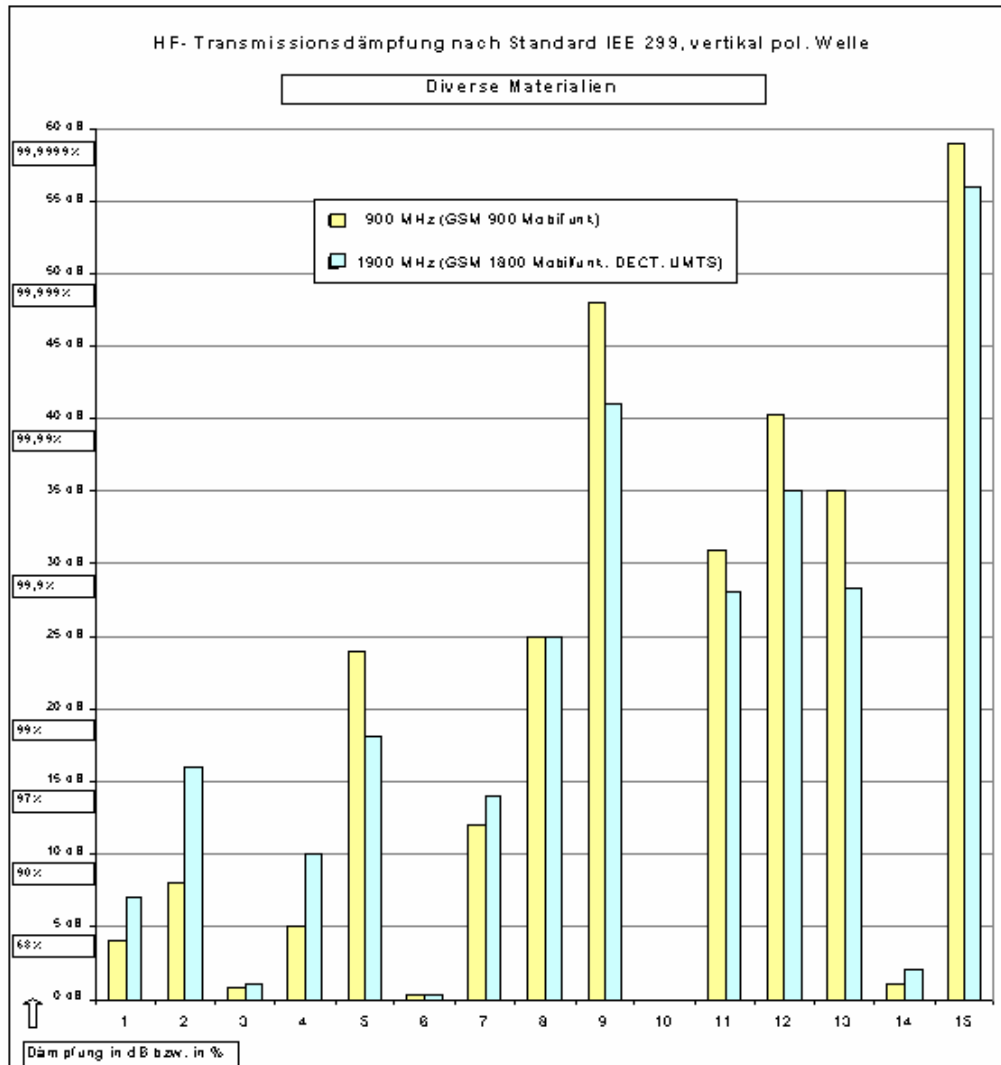
Quelle: STO

Bettbaldachin aus textilem Abschirmgewebe



Quelle: biologa

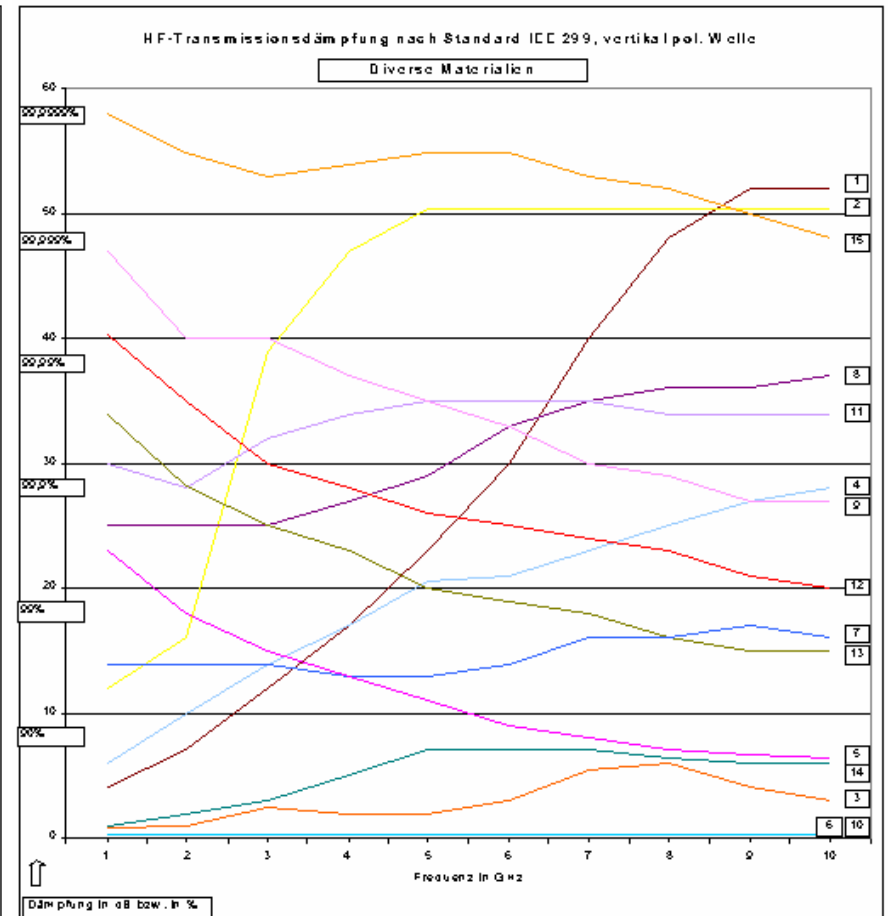
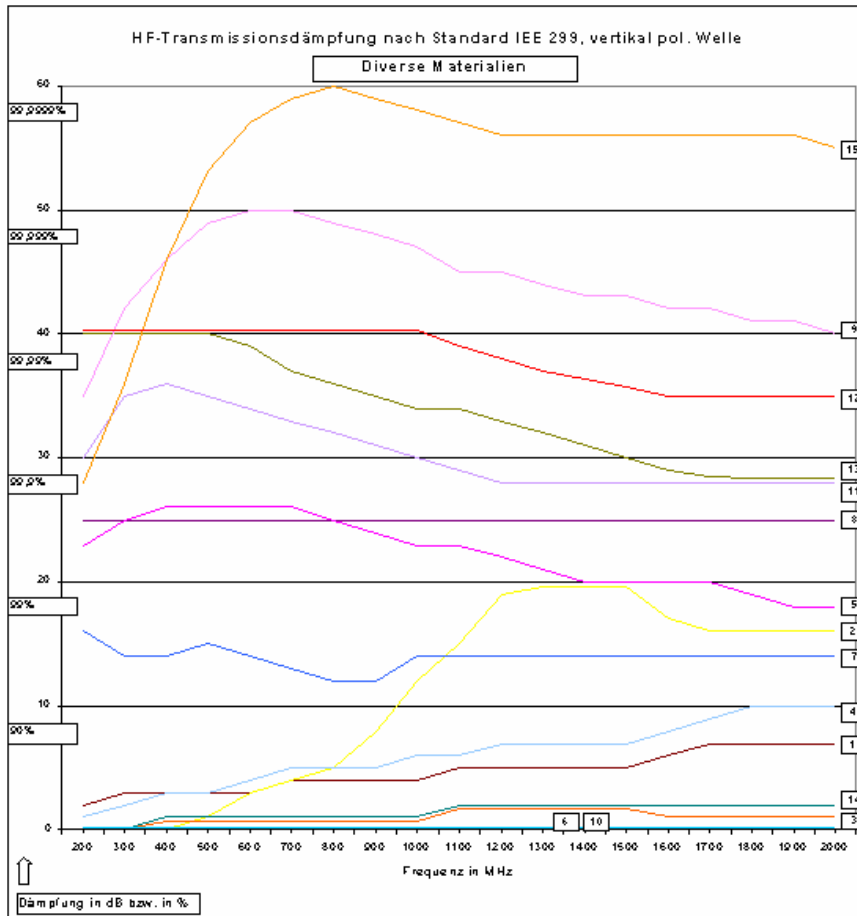
HF-Transmissionsdämpfung diverser Materialien



Nr.	Bezeichnung	Typ und Anmerkungen
1	Kalksandstein 24 cm	(1.800 kg/m³)
2	Hochlochziegel 24 cm	(1.200 kg/m³)
3	typische Fertighauswand in Holzrahmenkonstruktion 23 cm	(170 kg/m³)
4	Fichte-Tanne 17 cm	(400 kg/m³) [THOMA]
5	Sto-Abschirmgewebe AES	bei dünn-schichtigen Mörteln W DVS (5 x 5 mm) [Sto]
6	Gipskartonplatte, Holzpaneele, Dämmstoffe	
7	Schutzplatte LaVita	Gipskartonplatte 12,5 mm [Knauf]
8	Lesando Abschirmputz MENO	Lehmabschirmputz 1,5 mm [Lesando]
9	Cuprolect	Kupfergewebe 1 x 1 mm [Kessel]
10	Ein- und Mehrfach- sowie Isolierverglasungen	
11	SGG EMS Stapid Protect PLT N	2-Scheiben-Wärmedämmglas [St-Gobain Dt. Glas Kion]
12	Swiss Shield Naturell	feines Baumwollgewebe mit Metallfäden [Biologa]
13	Elektromag-Schutz-Gitter	Insektenschutzgitter [Heier]
14	Tondachziegel 11,3 cm	
15	Sisalex S14	Dampfsperre [Impact]

Quelle: Moldan 2003

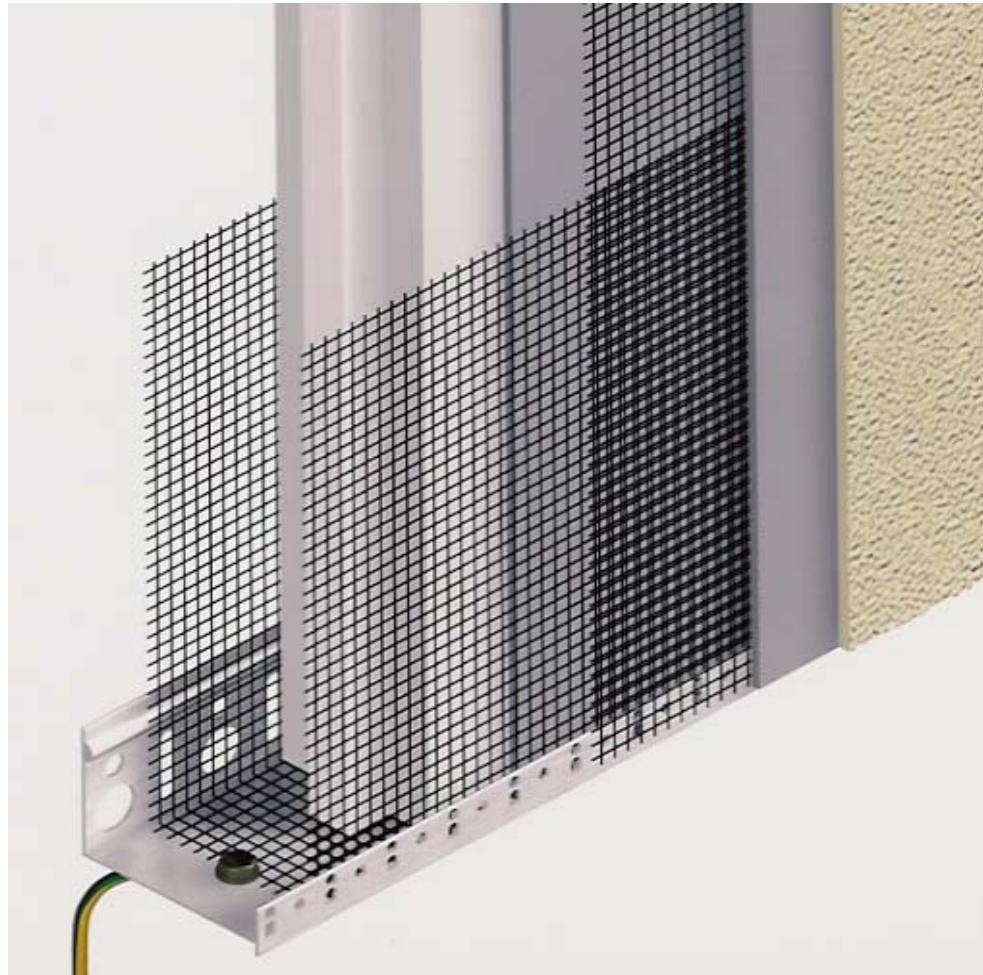
HF-Transmissionsdämpfung diverser Materialien



Quelle: Moldan 2003

Fachgerechte Erdung leitfähiger Abschirmungen

**Erdung
eines
Wärme-
dämm-
verbund-
Systems
(WDV)
mit
Abschirm-
Putzgitter**



Quelle: STO

Erdung von leitfähigen Hochfrequenz-Abschirmungen

Eine Erdung ist aus Gründen der Hochfrequenz-Abschirmung nicht erforderlich, aber wegen:

- **Gefahr der Ankopplung und Verschleppung niederfrequenter elektrischer Wechselfelder (50 Hz)**
- **Personen- und Sachschutz (el.Schlag, Brandgefahr)**

→ Erdungsmaßnahmen gehören in die Hand einer Elektrofachkraft:

- **Sie müssen massiv, dauerhaft und mechanisch belastbar ausgeführt werden**
- **Es sollte dringend ein Fehlerstrom-Schutzschalter (30 mA) vorhanden sein**