



DRM und DRM+, Digital Radio Mondiale
Eine Systemfamilie bis 108 MHz für den digitalen Hörfunk



Ergebnisse des DRM+ Feldtests in Kaiserslautern



<p> Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences</p> <p>Angewandte Ingenieurwissenschaften Kaiserslautern</p> <p>Prof. Dr.-Ing. Andreas Steil</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morlauterer Strasse 31 67657 Kaiserslautern ▪ Telefon: 0631 / 3724-211 ▪ Fax: 0631 / 3721-222 ▪ E-Mail: andreas.steil@fh-kl.de ▪ URL: www.fh-kl.de/~andreas.steil 	<p> Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences</p> <p>Angewandte Ingenieurwissenschaften Kaiserslautern</p> <p>Dipl.-Ing. Felix Schad</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Morlauterer Strasse 31 67657 Kaiserslautern ▪ Telefon: 0631 / 3724-251 ▪ Fax: 0631 / 3721-222 ▪ E-Mail: felix.schad@fh-kl.de ▪ URL: www.fh-kl.de/~drm
---	---

Ergebnisse des DRM+-Feldtests in Kaiserslautern



► Inhalt

- 1 Ziele und Konzept**
- 2 Sende- und Empfangskette**
- 3 Verträglichkeit DRM+ → FM**
- 4 Versorgung DRM+**
- 5 Ausblick**



► **Ziele und Konzept**

Ziel 1:
Ermitteln der Verträglichkeit von DRM+ mit FM im realen Umfeld

Postulat:

- Die **Labormessungen** zur Verträglichkeit sind **korrekt**
- Ergänzt man die Laboraufbauten lediglich um die Funkstrecke, sorgt aber für ansonsten gleiche (unrealistische) Randbedingungen, so erhält man dieselben Ergebnisse ;-)
- Ein **Feldversuch** macht nur Sinn zur **Ergänzung** der Ergebnisse der Labormessungen durch Messungen im realen Umfeld

Weg zum Ziel:

- Verträglichkeit definiert über den **Vergleich** der Störwirkung eines **FM-Störers** und eines **DRM+-Störers** gleicher Leistung (ERP)
- Festlegen von (nicht standardisierten) Messkonzepten, -signalen etc., die den **realen Gegebenheiten** Rechnung tragen
- Aufbau
 - eines Störsenders mit den Modulationen FM und DRM+
 - eines Nutzsenders mit Modulation FM

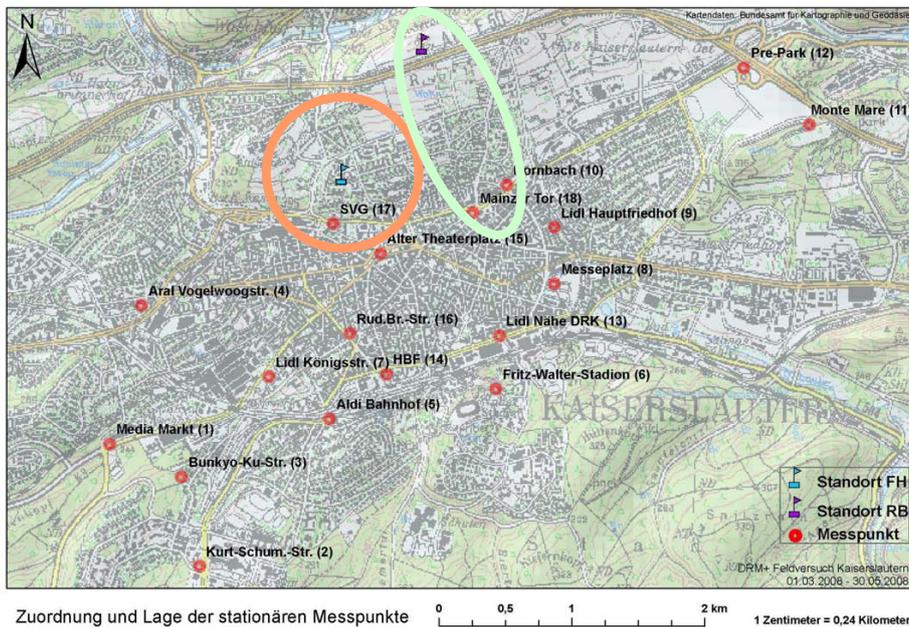
► **Ziele und Konzept**

Standortdaten

	Störsender		Nutzsender
Senderstandort	„Am Kaiserberg“ FH Kaiserslautern, Morlauterer Str. 31 07E 46 49 / 49N 27 10 [PD] 260 m üNN, Antenne: 30 m üGr		„Rotenberg“ SWR-Standort Kaiserslautern Rotenberg 07E 46 19 / 49N 27 39 [PD] 260 m üNN, Antenne: 30 m üGr
Zeitraum	1.3.2008 - 31.5.2008		13.3.2008 – 31.5.2008
Modulation	FM	DRM+	FM
Sendefrequenz(en)	87,6 MHz	87,6 MHz	87,6 ... 88,1 MHz
Genehmigte Leistung	50 W (ERP)		35 W (ERP)
Max. realisierte Leistung	35 W (ERP)	35 W (ERP)	35 W (ERP)
Antenne	Rundstrahlung (ND)	Rundstrahlung (ND)	Richtdiagramm mit 4-Elem. Yagi (K 52 4017)
Polarisation	vertikal	vertikal	vertikal
Inhalte	Audiotestsignale		Audiotestsignale

► Ziele und Konzept

Standorte



► Ziele und Konzept

**Ziel 2:
Ermitteln der Versorgung von DRM+**

Problem: ▪ Verfügbarkeit eines funktionsfähigen echtzeitfähigen DRM+ Empfängers zu Beginn des Feldversuchs (Audio, PRBS)

- Weg zum Ziel:**
- Konzeption und Aufbau eines DRM+-Empfängers aus
 - existierender Hardware:
 - HF-Frontend: Atmel 4262 (Fa. Atmel)
 - DDC: Perseus (Fa. microtelecom)
 - Prototyp der Decodersoftware des IIS Erlangen
 - Festlegen von (nicht standardisierten) Versorgungskriterien und Messkonzepten, um Aussagen zur Versorgung von DRM+ im Vergleich zu FM abzuleiten

► **Inhalt**

- 1 Ziele und Konzept
- 2 **Sende- und Empfangskette**
- 3 Verträglichkeit DRM+ → FM
- 4 Versorgung DRM+
- 5 Ausblick



► **Spark: DRM/DRM+ Multiplexer und OFDM Exciter inkl. MDI**

OFDM output

Status

- CPU load: 14.2 %
- Output buffer: 4.0 s

► OFDM and channel configuration

► FAC channel parameters

► FAC service parameters

Output status

MDI client

Decoder

- Status: OFDM modulation
- OFDM buffer: -1.96
- AF decoder: PFT layer
- Input device: UDP
- Packets received: 194
- Num packet bytes: 9192
- AF seq. number: 243

MDI stream

- Timestamp: 20.05.2008 22:59:50
- OFDM: Mode E (DRM+) Bw: 100 kHz
- MSC, SDC: 4 QAM SM, 4 QAM SM
- Interleaving: 600 ms
- Protection: LPP: 0, HPP: 0, VSPP: 0, SDC: 0
- Stream 0: 37.2kBits UEP
- Service 0: Spark (Audio, ID:1002, German, SD 8)

Output

- Device: Raw output via UDP
- Resolution: 16 bits per sample
- Samplerate: 192 kHz
- Amplification: 0.0 dBFS
- Num channels: 2 ch (0)
- UDP packet size: 8096 bytes
- IP address: localhost/127.0.0.1
- UDP port: 5002
- Packets sent: 1631

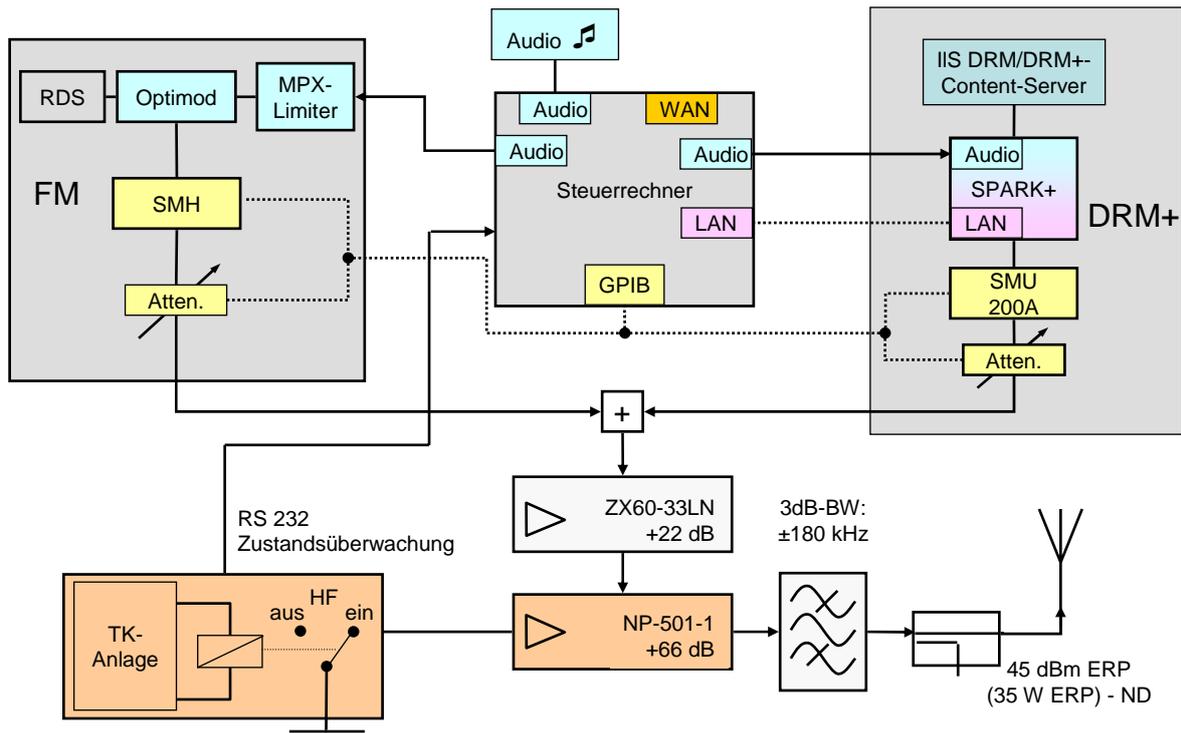
Modulator

- Invert spectrum: Disabled
- IF filter: 16 kHz
- FIR filter: 2.5 kHz, 50 dB
- Upsampling: Disabled

Spark DRM modulator E1.6.0 | (c) 2008 Michael Feilau | License: Fraunhofer IIS

<http://drm-sender.de>

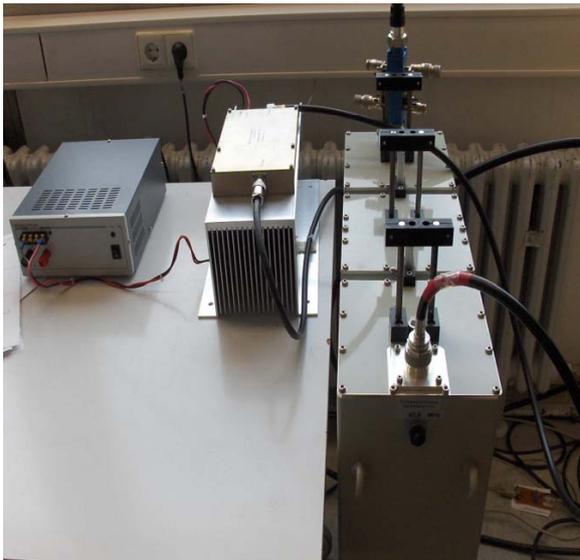
► **Blockschaltbild des Hybridsenders „Am Kaisersberg“**



► **Senderkern in HF-dichter Kabine des Senders „Am Kaiserberg“**



► Der Weg zum „Äther“ „Am Kaiserberg“

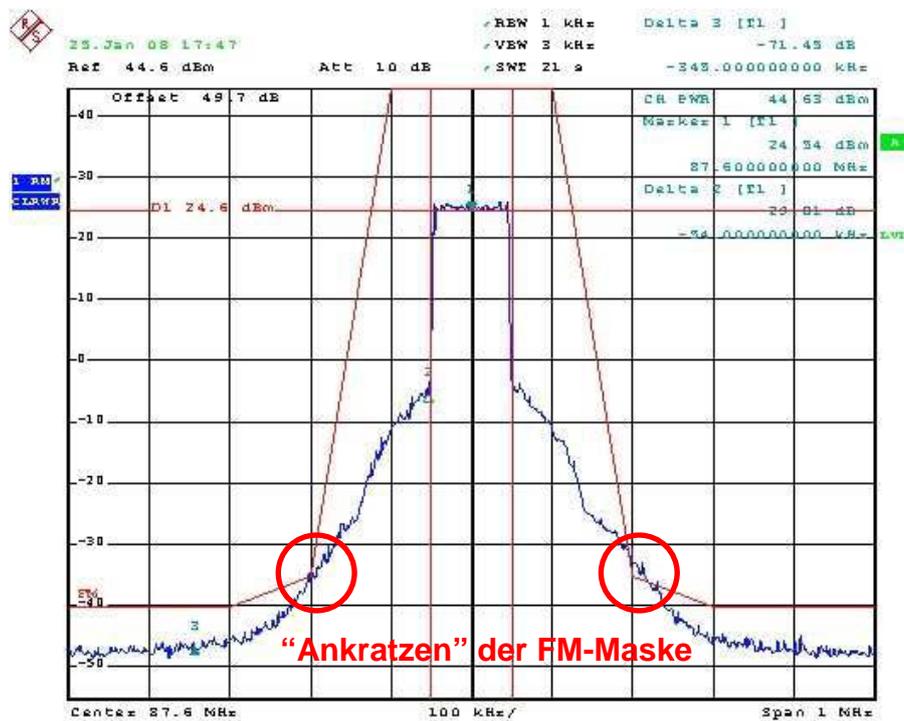


Ausgangssection Sender „Am Kaiserberg“



Zwei Sender auf Tuchfühlung – Blick von der Senderantenne der FH (Vordergrund) auf den Rotenberg (Hintergrund)

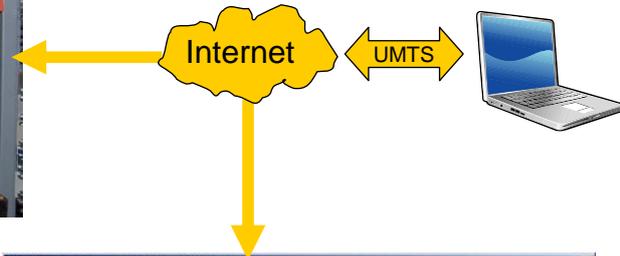
► Sendespektrum des DRM+-Signals bei 35 W ERP



► **Sender Rotenberg**



Steuerrechner und Sender im Standort „Am Rotenberg“
Zugriff auf Sendefrequenz & Einspielung der Audio-Signale

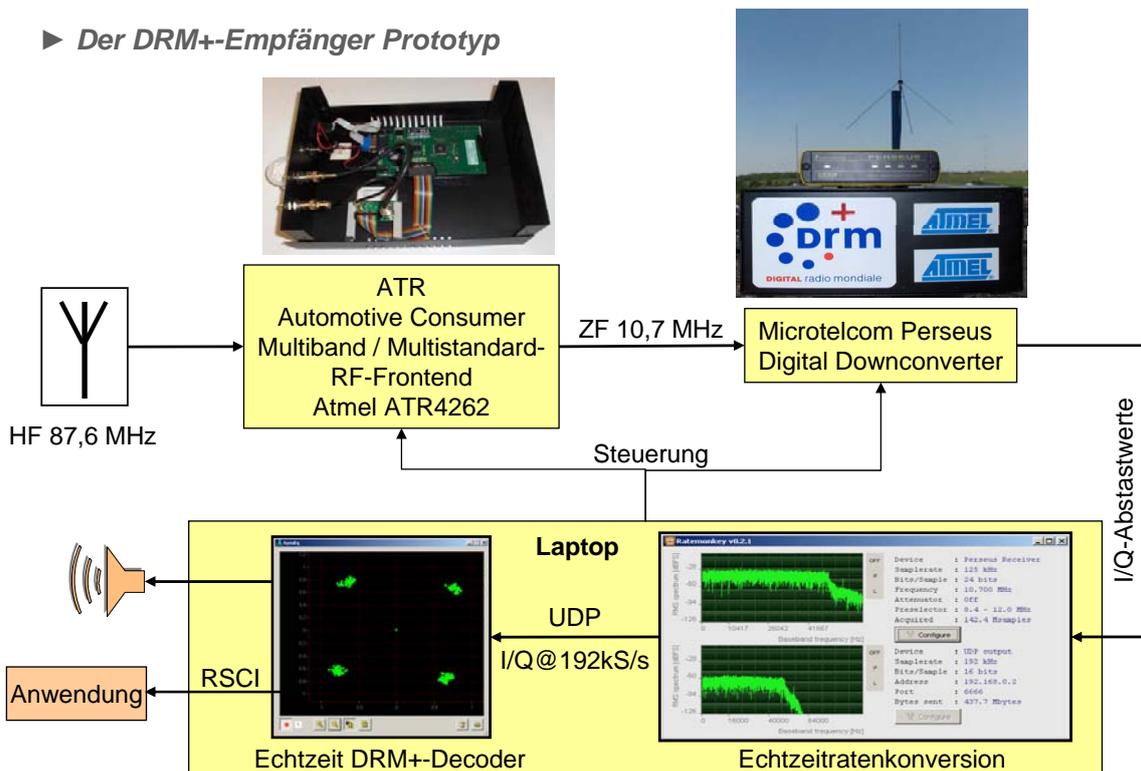


Steuerrechner Sender „Am Kaiserberg“
Zugriff auf Modulation, Sendeleistung & Einspielung der Audio-Signale

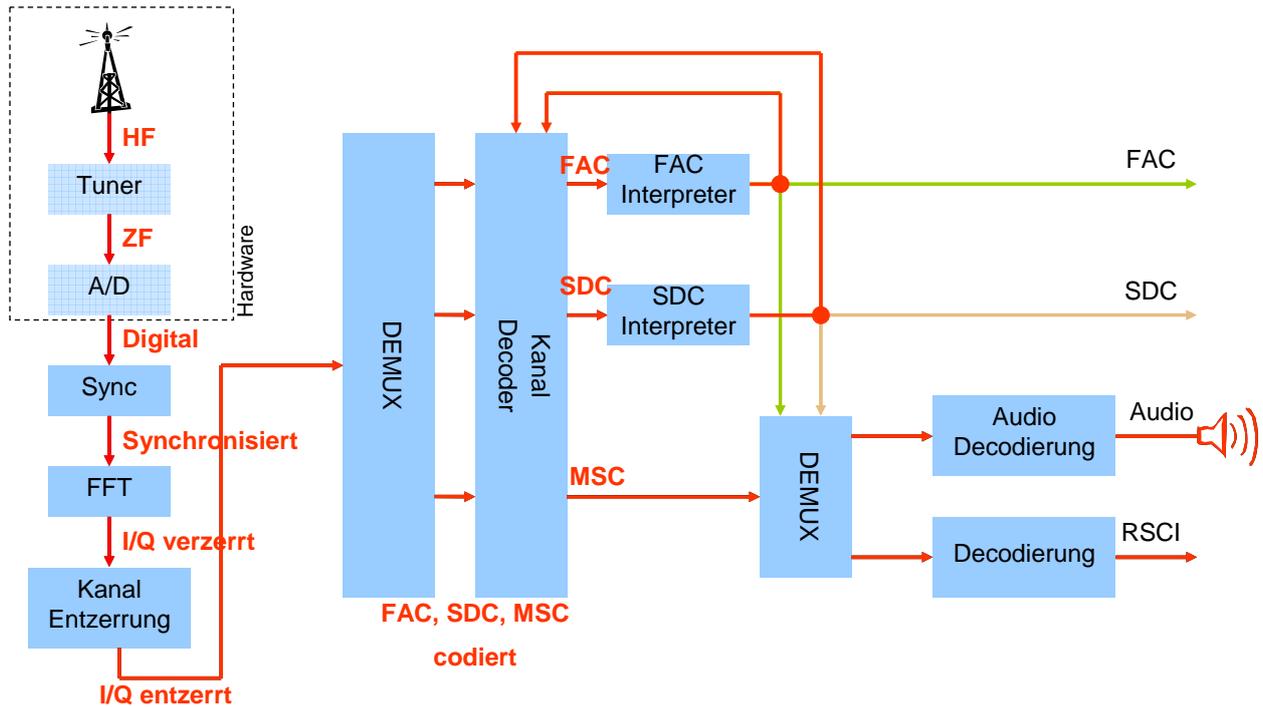


Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs

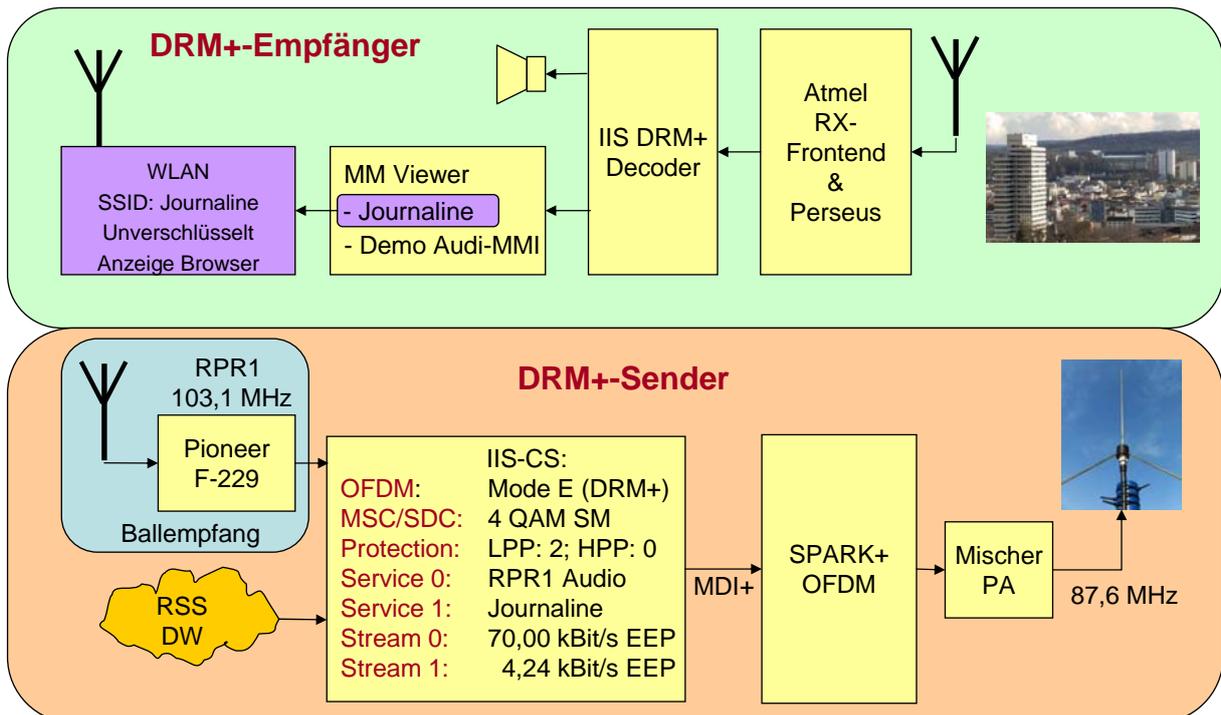
► **Der DRM+-Empfänger Prototyp**



► DRM+ Software Empfänger - Blockschaltbild



► Setup der DRM+-Demonstration in KL (Mai 2008)



► *Inhalt*

- 1 Ziele und Konzept
- 2 Sende- und Empfangskette
- 3 **Verträglichkeit DRM+ → FM**
- 4 Versorgung DRM+
- 5 Ausblick

► *Potentiell betroffene Funkdienste*

- **Behördenfunk im 4m-Band:**
Die Zentralstelle für Polizeitechnik (ZPT) führte eigene Messungen durch.
Resultat:
 - ✓ Labormessungen bestätigt
 - ✓ Keine Beeinflussung messbar (sowohl Nah und Fern des Störsenders)
- **UKW-FM-Rundfunk:**
Im Weiteren vorgestellt, dafür sind Sie ja (auch) hier 😊
- **Flugfunk:**
 - ✓ Deutsche Flugsicherung (DFS) hat unseres Wissens nach keine eigenen Messungen durchgeführt.
 - ✓ Vom Flughafen Ramstein gab es keine Rückmeldung.

► **Arten von Messungen**

Es wurden zwei Arten von Messungen durchgeführt:

1. Stationäre Messungen an 18 ausgewählten Messpunkten:

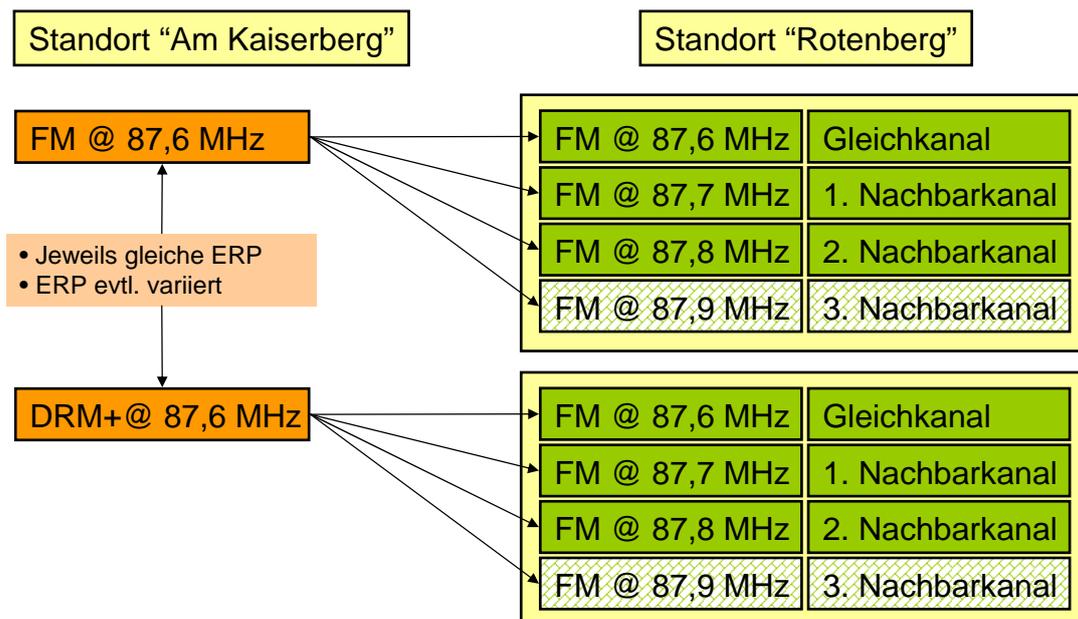
Aufnahme der

- **Versorgung gemäß Richtlinie** (Messaufbau BNetzA)
- **Audiokriterien** (SINAD und S/N) (Messaufbau FH KL)

2. Mobile Messungen: Ermitteln der

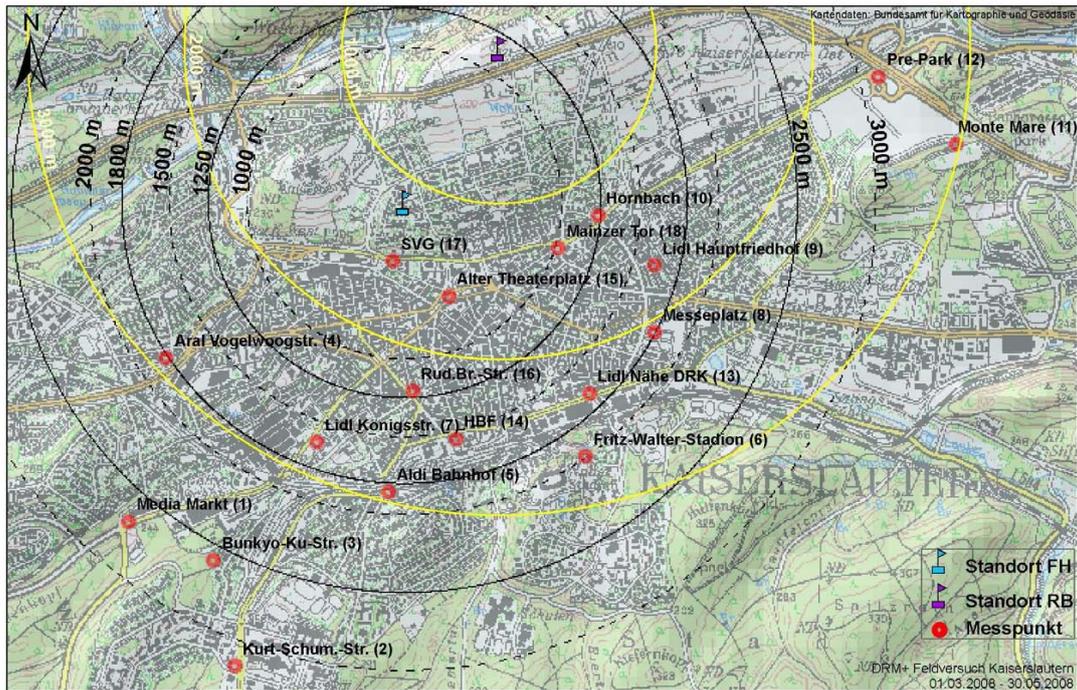
- **Audioqualität** (Messaufbau LfM, Audemat-Messsystem)
 - **Audiokriterien** (SINAD) (Messaufbau FH KL)
- jeweils mit Ortsbezug entlang einer festgelegten Route

► **Untersuchte Störszenarien (stationär und mobil)**



Anmerkung: 88,0 MHz durch SR1 (Göttelborner Höhe, 100 kW) belegt
→ Keine sinnvolle Messung möglich!

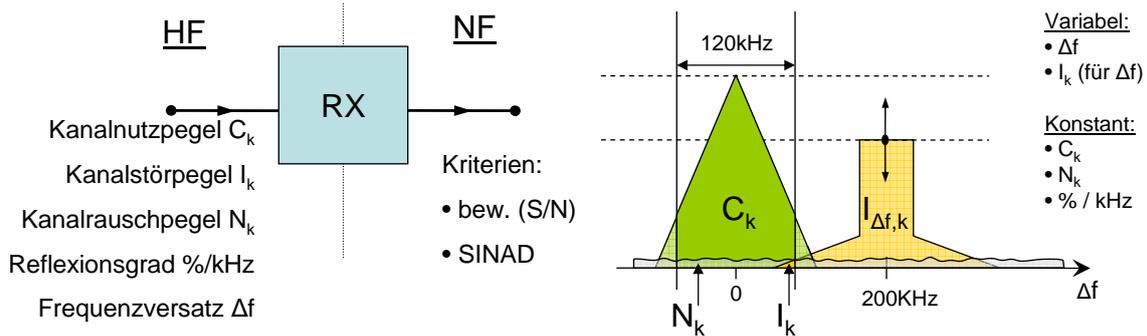
► **Lage der ausgewählten 18 stationären Messpunkte**



Zuordnung und Lage der stationären Messpunkte



► **Verträglichkeit im Feld: Verwendetes Messprinzip für stationäre Messungen**



Prinzip:

Unter Verwendung der definierten Messsignale werden die Pegel C_k , I_k , N_k , der Reflexionsgrad % / kHz sowie S/N und SINAD für jeweils FM und DRM+ als Störer gemessen.



Bewertung der Störwirkung:

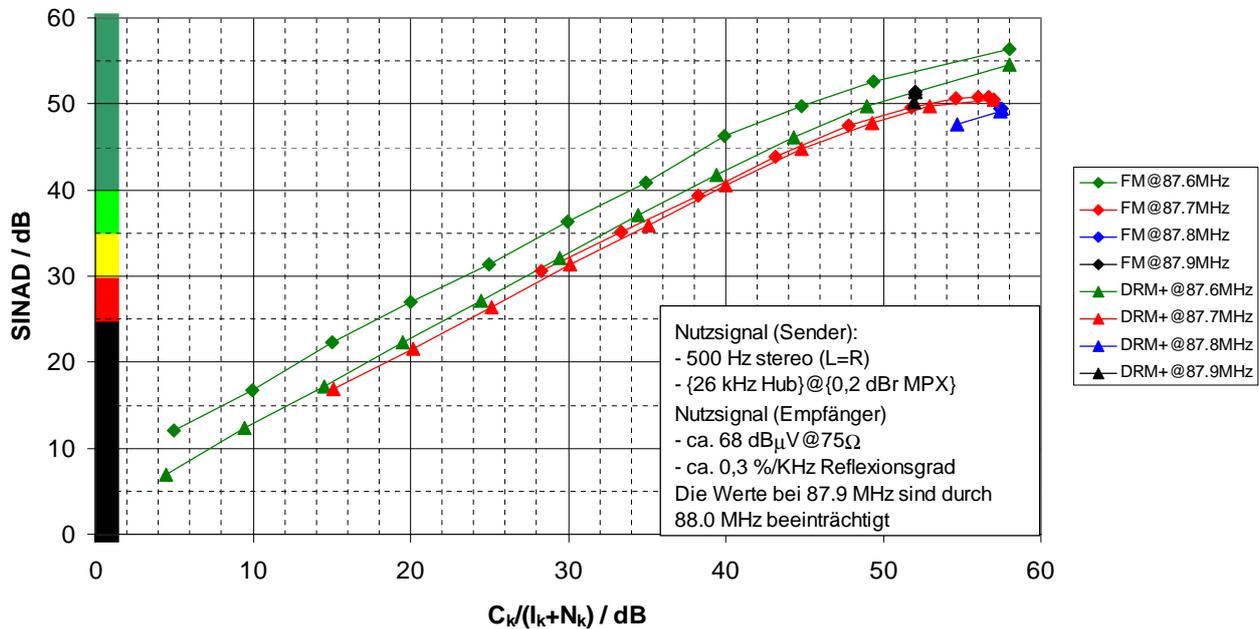
Reflexionsgrad < 2% / kHz: Unterschied im Audiokriterium (FM \leftrightarrow DRM+)

► **Verträglichkeit im Feld: Ergebnisse einer „großen stationären Messung“**

Messpunkt 7: Lidl Königstr.

SINAD vs. $C_k/(I_k+N_k)$

Empfänger: JVC

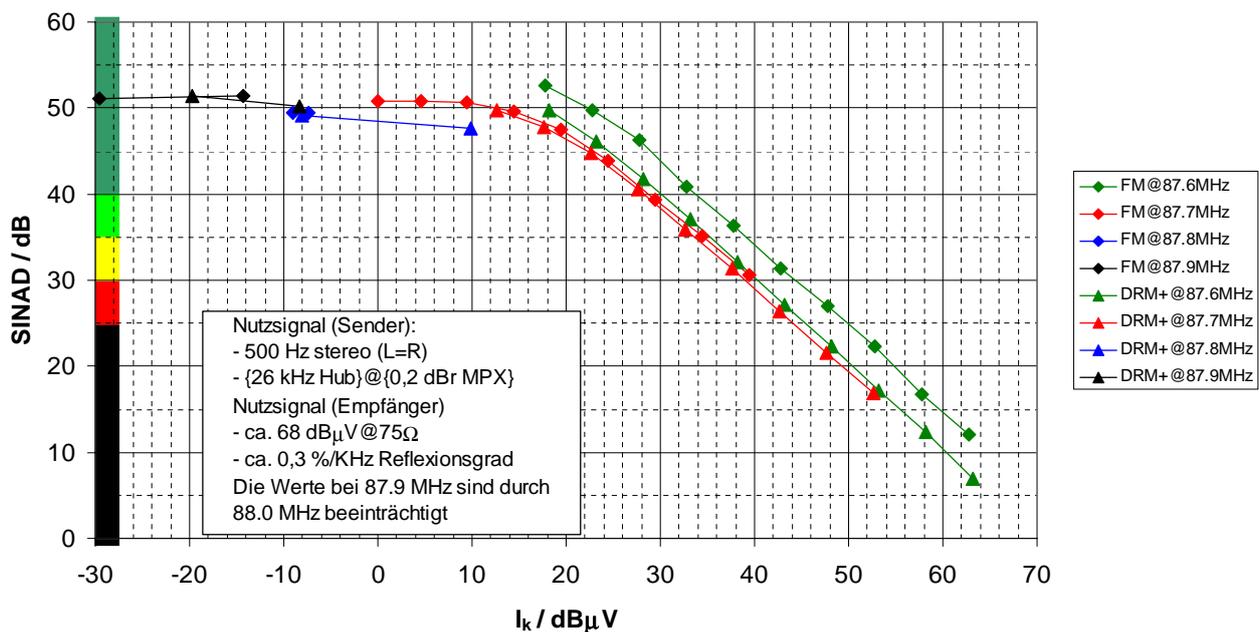


► **Verträglichkeit im Feld: Ergebnisse einer „großen stationären Messung“**

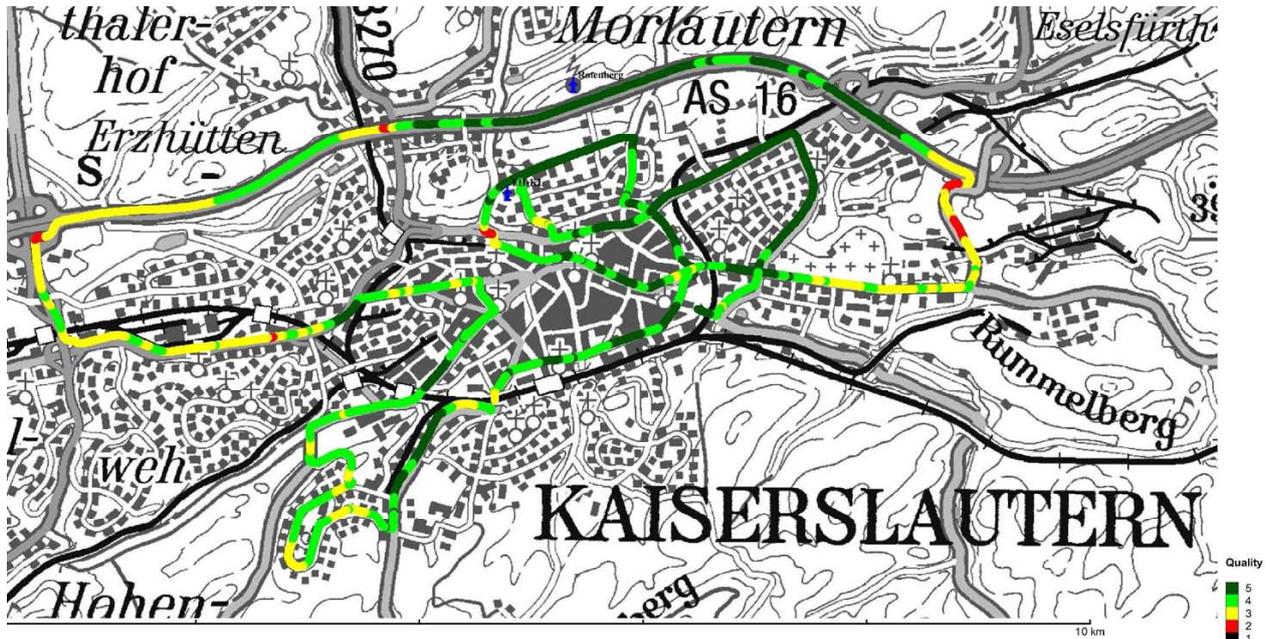
Messpunkt 7: Lidl Königstr.

SINAD vs. I_k

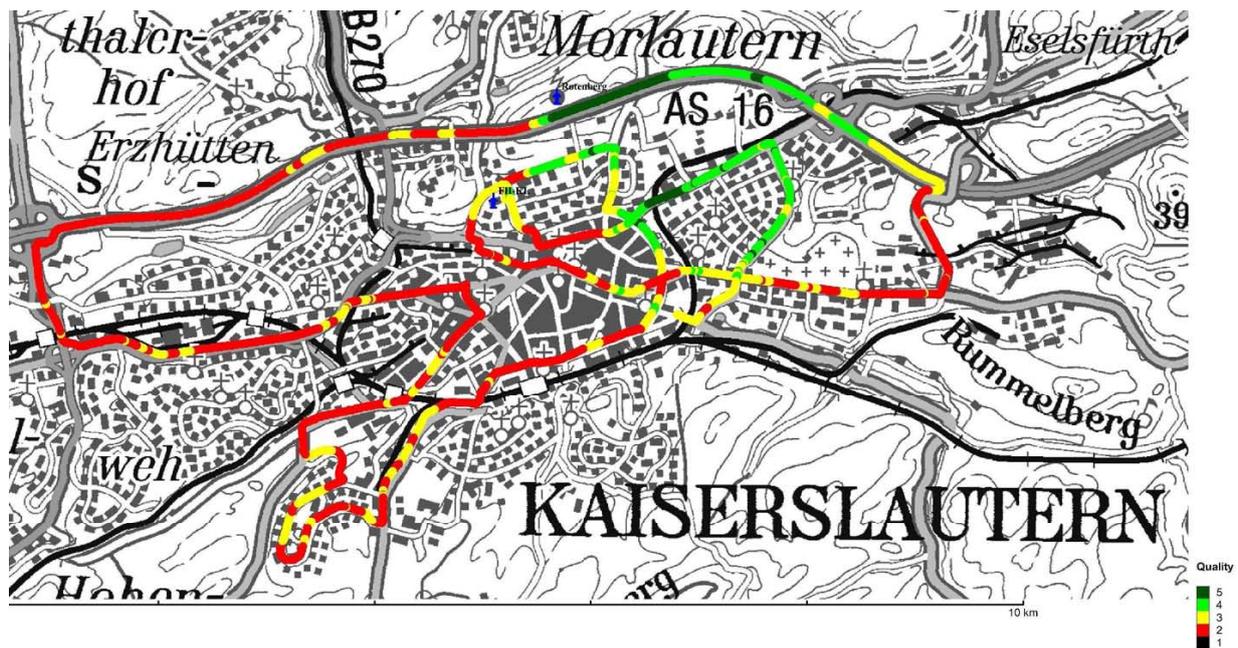
Empfänger: JVC



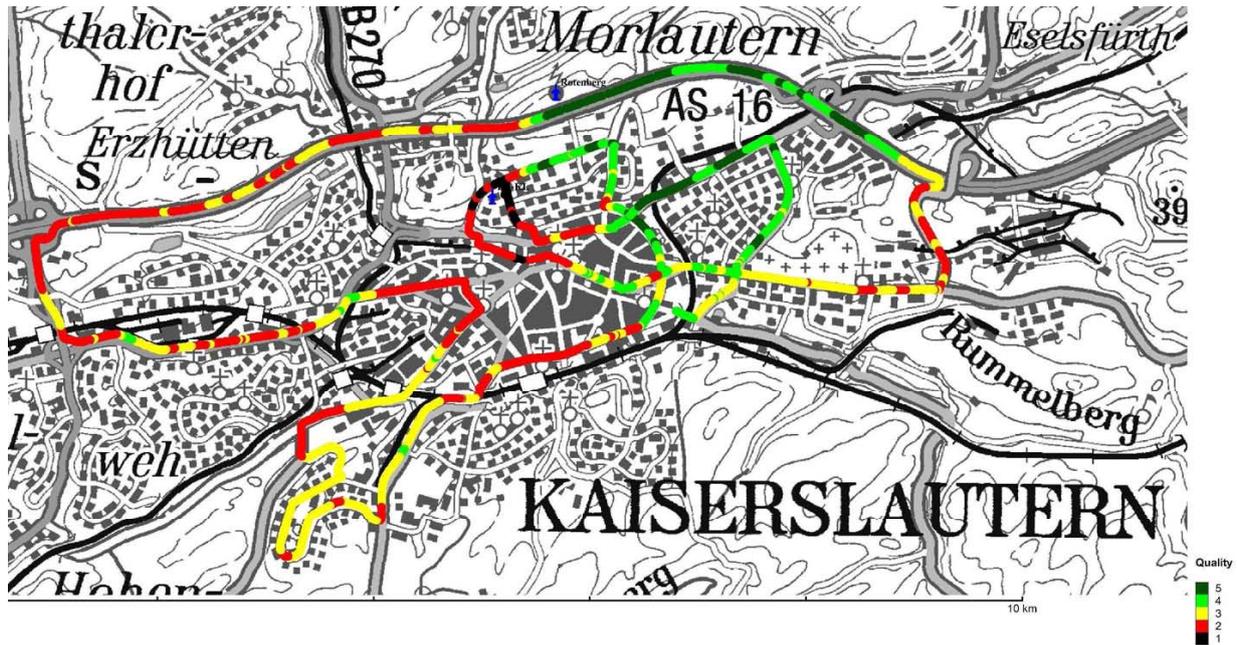
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz ungestört, Qualitätsbewertung durch Audemat**



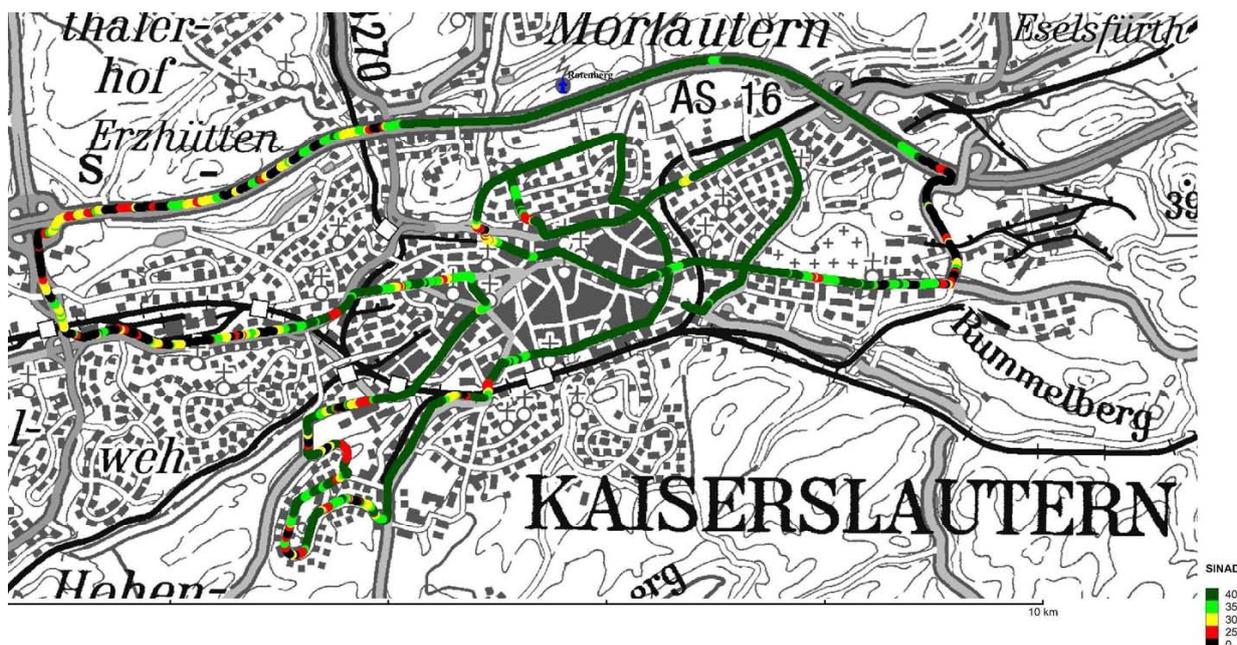
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: FM, Qualitätsbewertung durch Audemat**



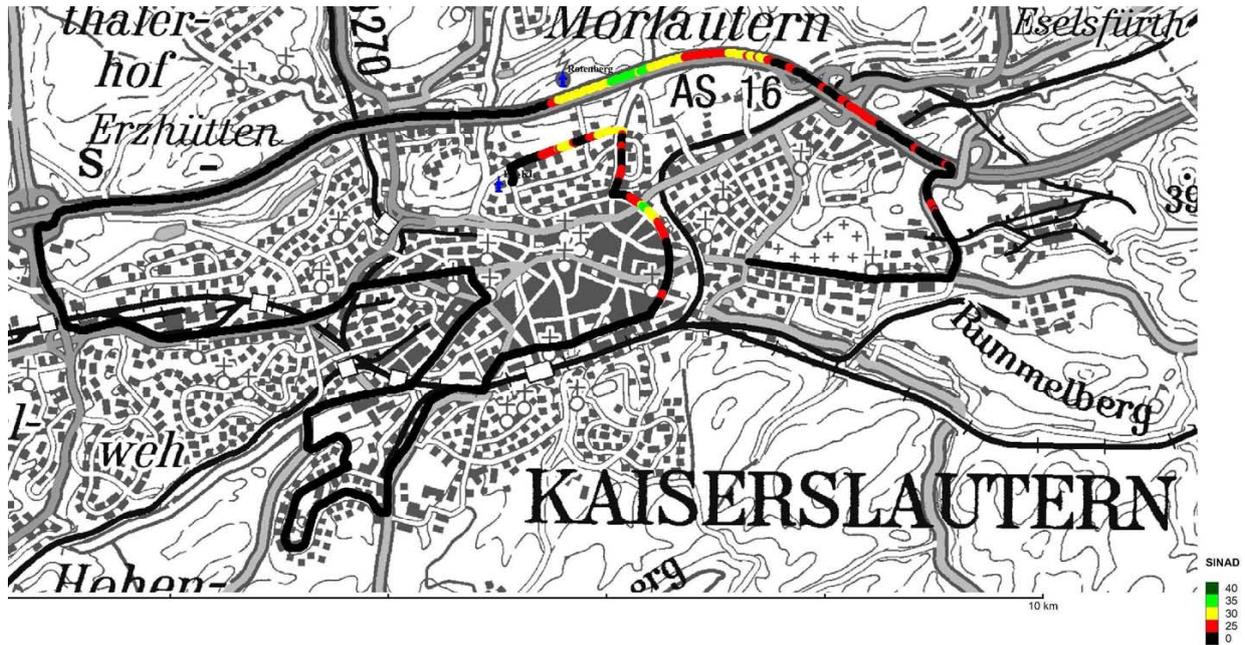
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: DRM+-Störer, Qualitätsbewertung durch Audemat**



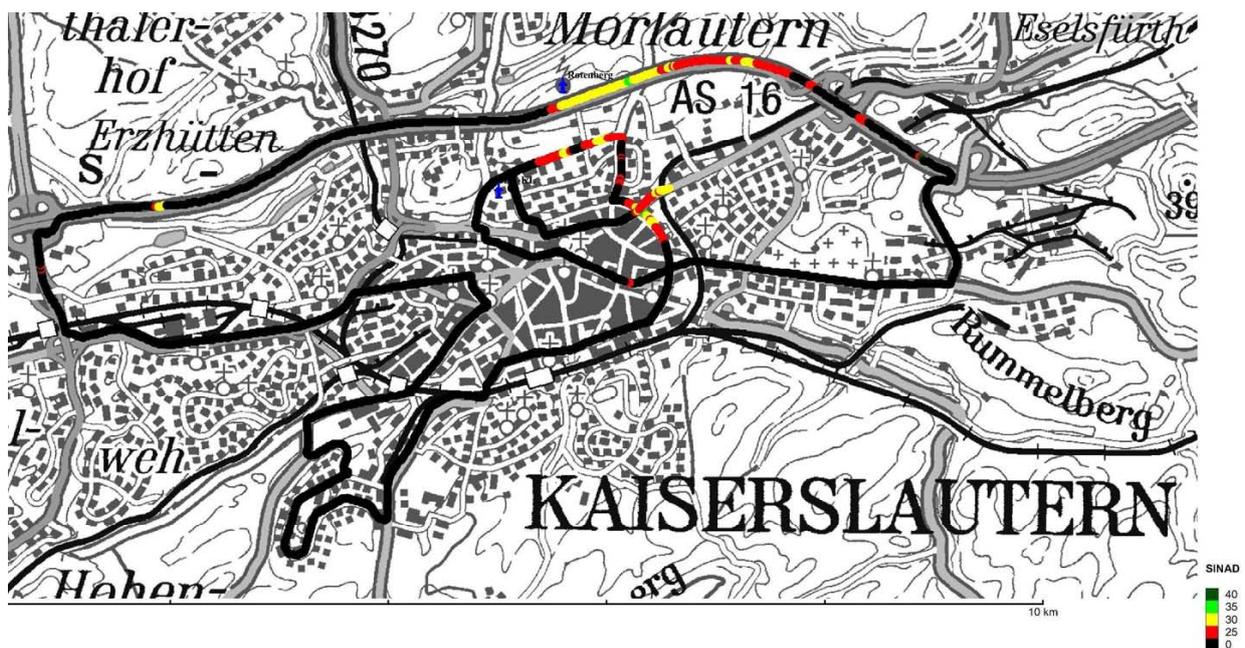
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz ungestört, SINAD**



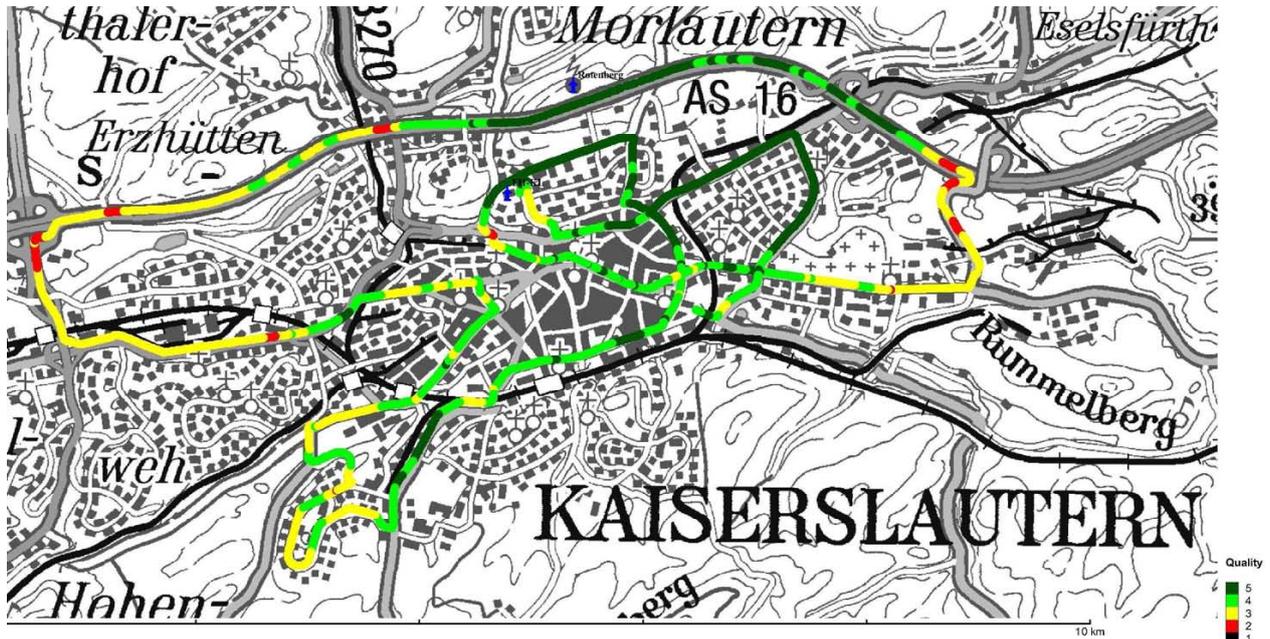
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: FM-Störer, SINAD**



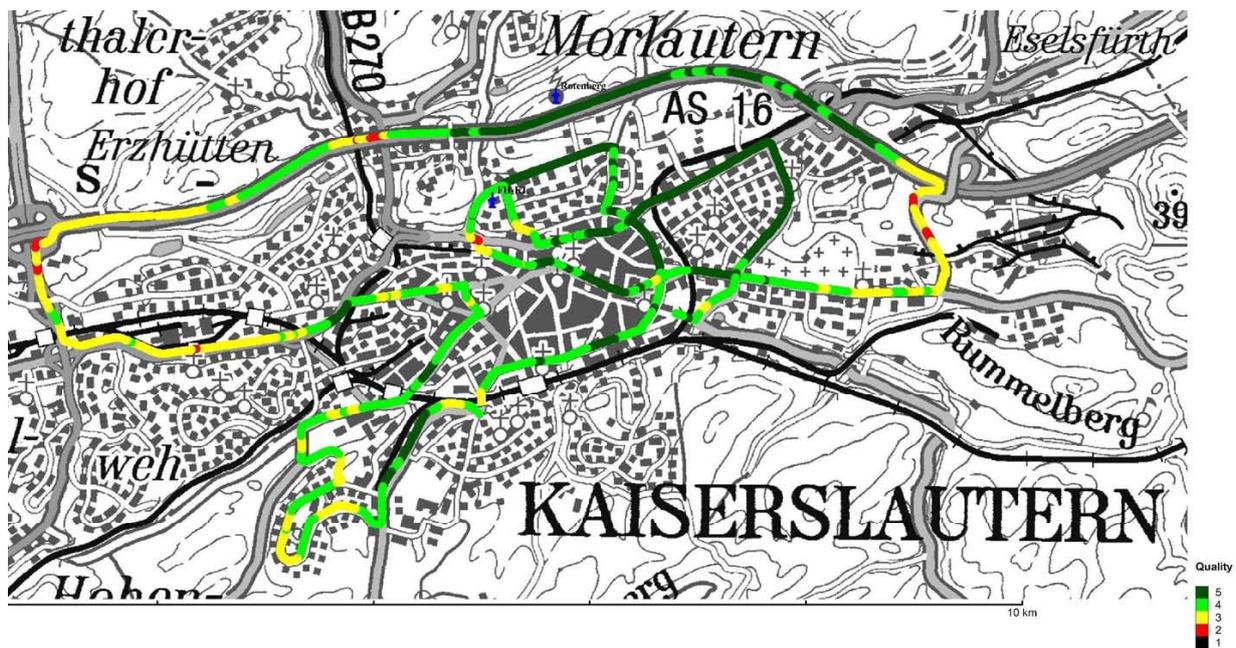
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: DRM+-Störer, SINAD**



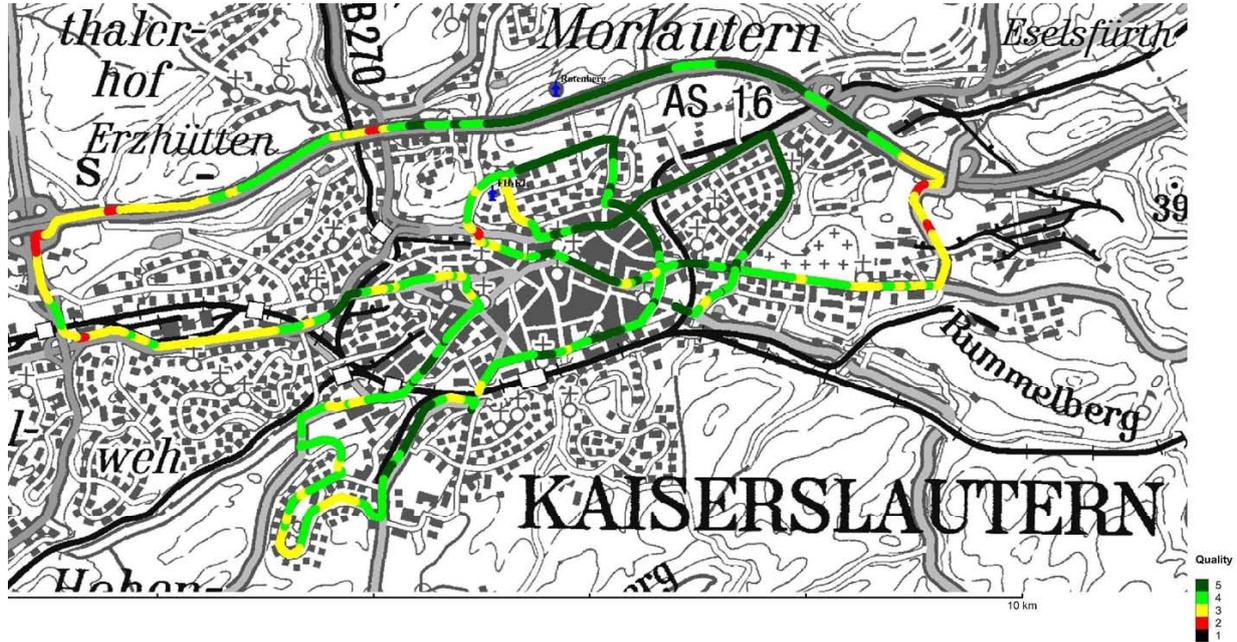
- ▶ **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz ungestört, Qualitätsbewertung durch Audemat**



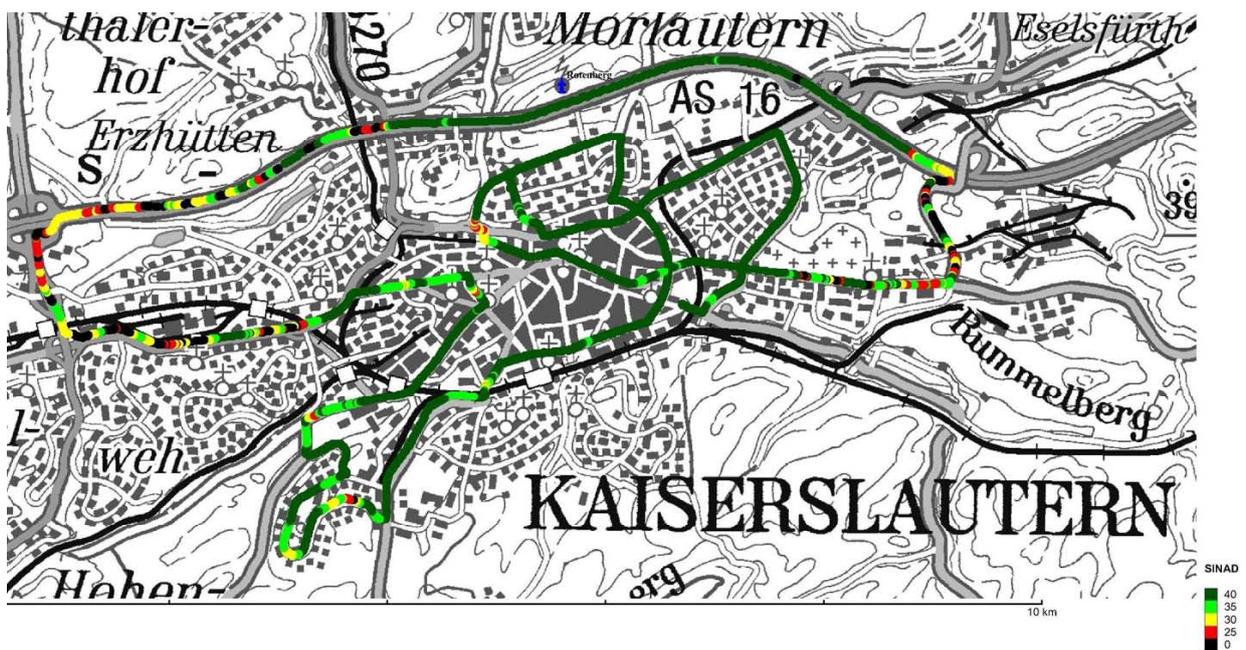
- ▶ **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz, FH-KL: FM-Störer, Qualitätsbewertung durch Audemat**



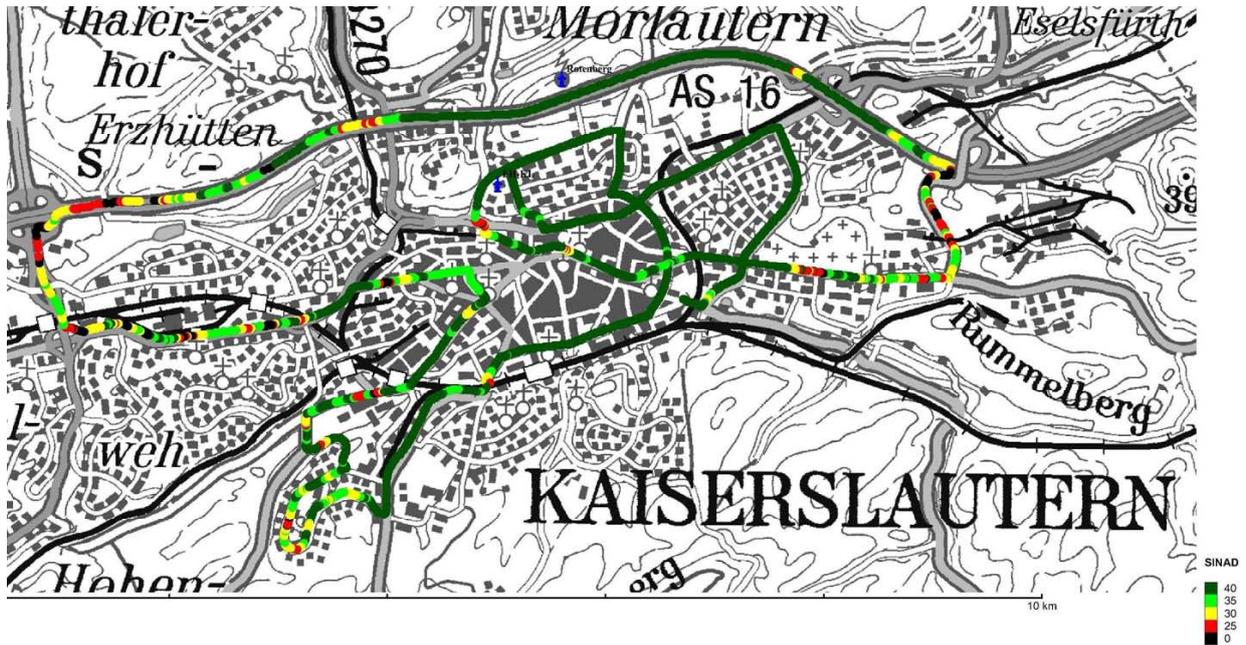
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz, FH-KL: DRM+-Störer, Qualitätsbewertung durch Audemat**



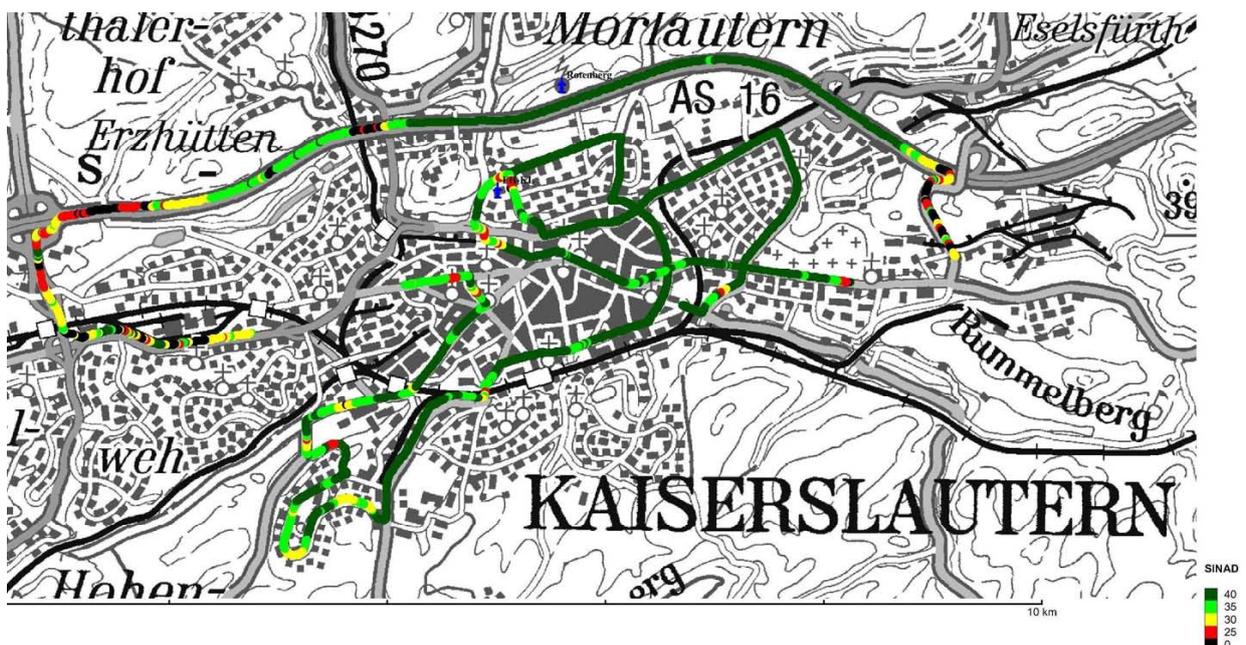
► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz ungestört, SINAD**



► *Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz, FH-KL: FM-Störer, SINAD*



► *Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz, DRM+-Störer, SINAD*



- **Zusammenfassung: Verträglichkeit von UKW-FM mit DRM+**
- **DRM+ hat gegenüber FM als Störer (gleiche ERP) ein leicht höheres Störpotential:**
- Gleichkanal:
 - Nur leicht höhere Störwirkung
 - Symmetrische Störung (Liegt im ZF-Filter)
 - Im 100 / 200 kHz-Abstand
 - Störwirkung relativ gesehen etwas stärker, aber absolut gesehen weniger kritisch (ins. bei 200 kHz Offset), da die Absolutwerte der Kriterien (SINAD, S/N) bereits hoch sind
 - Unsymmetrische Störung (Liegt auf der Flanke des ZF-Filters)
 - In der Umgebung des Störsenders hat DRM+ eine höhere Störwirkung (*Ursache* → *AGC, Crest-Faktor*) als in weiter Entfernung
 - 300 kHz-Abstand: Keine sinnvolle Aussage, da gestört durch SR1
- **Die Labormessungen werden qualitativ bestätigt**, wobei die Situation in der Realität aufgrund des "Hintergrundrauschens" deutlich unkritischer ist.

➤ **DRM+ und FM können „vertäglich“ in einem Band „leben“.**

► **Inhalt**

- 1 Ziele und Konzept
- 2 Sende- und Empfangskette
- 3 Verträglichkeit DRM+ → FM
- 4 **Versorgung DRM+**
- 5 Ausblick



► Arten von Messungen

Es wurden zwei Arten von Messungen durchgeführt:

1. Messungen der Bitfehlerrate (stationär / mobil):

Abstrahlung im PRBS-Mode:

- **Asynchron**
- **4-QAM**

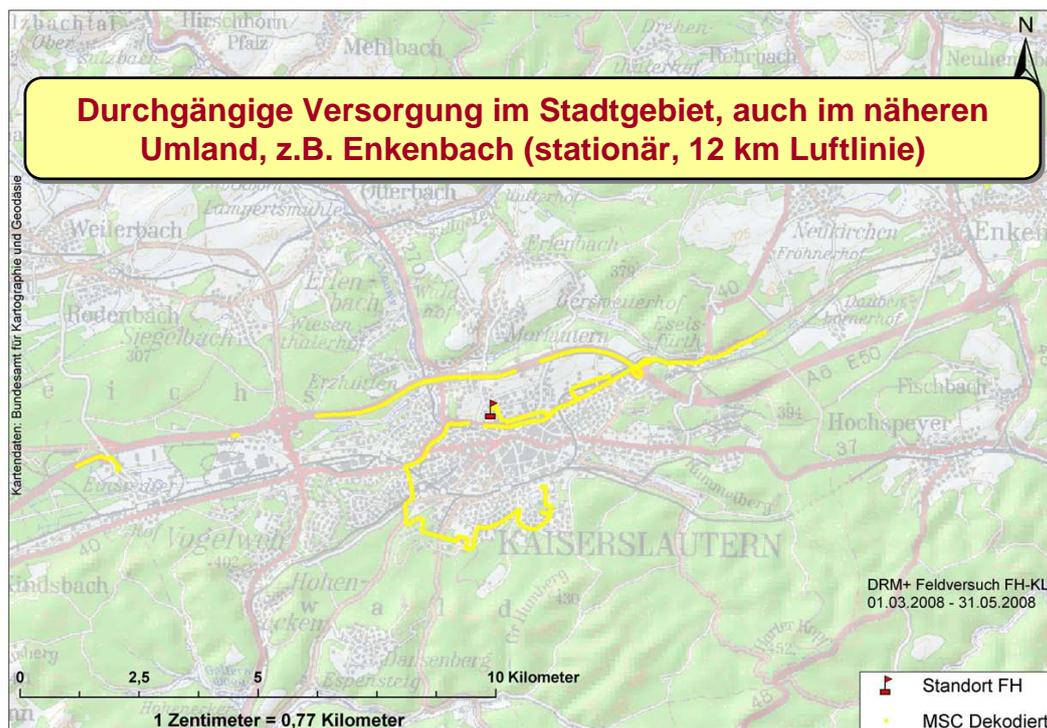
2. Subjektive Beurteilung der Audioqualität (stationär / mobil)

- **4-QAM**
- **Dolby-AAC bzw. FAAC**

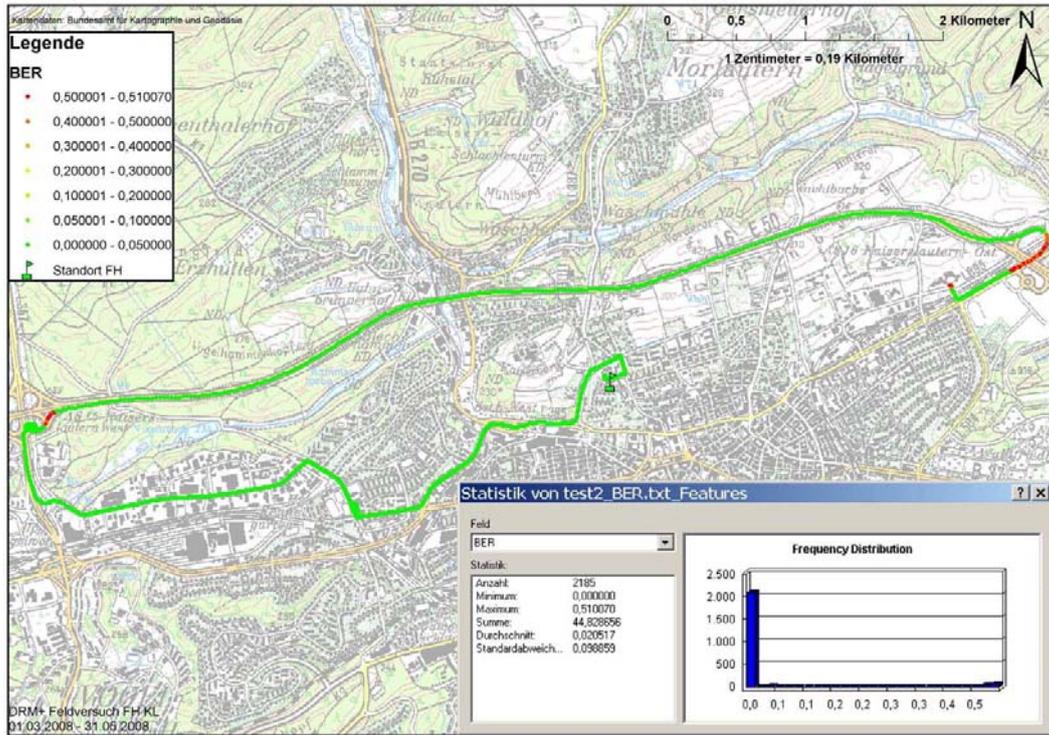
Die Messungen sind erste Eindrücke. Decoder erst nach Pfingsten stabil.

→ Hier sollte die Arbeit fortgeführt werden!!

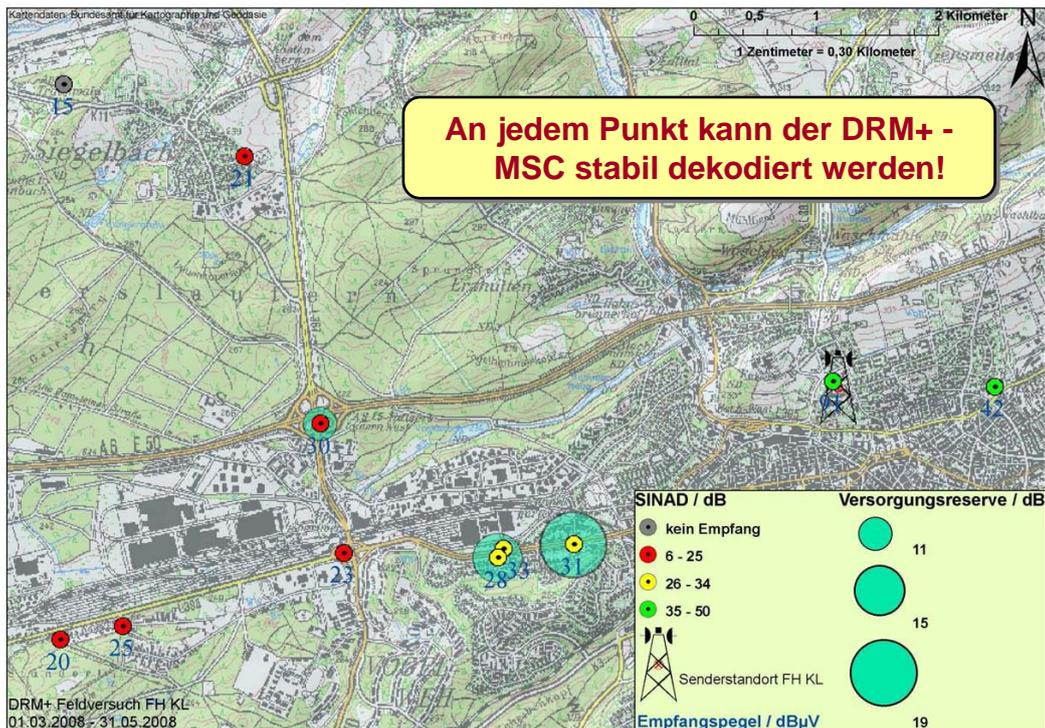
► Erste Versorgungseindrücke ...



► Erste Eindrücke von Fehlerraten auf Basis PRBS ...



► Erste Ergebnisse zur DRM+-Versorgung (1)



► **Zusammenfassung: Erste Ergebnisse zur DRM+-Versorgung (2)**

Beobachtung:

- Der FM-Rx schaltet aufgrund mangelndem Eingangspegel auf stumm, teilweise schon bevor die DRM+-Dekodierungsgrenze erreicht wird!
- Erhöht man die FM-Leistung wieder solange bis der Empfänger anspricht, so würde man diese Frequenz als Hörer sofort „verlassen“, man ist außerhalb des Versorgungsgebiets!

Erste vorsichtige Schlussfolgerung:

- ✓ Dort wo FM irgendwie noch tolerierbar hörbar ist (*ausserhalb* des nominellen Versorgungsbereichs) konnte DRM+ immer noch problemlos decodiert werden ...und darüber hinaus!
- ✓ Die „digitale Reichweite“ ist zur Zeit auch durch den Prototypencharakter des Empfängers begrenzt, die eigentliche DRM+Reichweite erscheint daher größer als das, was wir bis jetzt beobachten konnten!

► **Inhalt**

- 1 **Ziele und Konzept**
- 2 **Sende- und Empfangskette**
- 3 **Verträglichkeit DRM+ → FM**
- 4 **Versorgung DRM+**
- 5 **Ausblick**



Die Versuchslizenzen wurden bis 31.12.2008 verlängert.

Weitere Untersuchungen zu DRM+ sind geplant:

1. Vermessen der gesamten DRM+-Kette

- Linearität
- Phasenrauschen
- Rauschzahlen
- Decoder Performance



2. Definition von Gütekriterien für DRM+ (Fehlerraten etc.)

3. Labormessungen zum Schutzabstand FM → DRM+

4. Systematische Messkampagnen zur DRM+-Versorgung

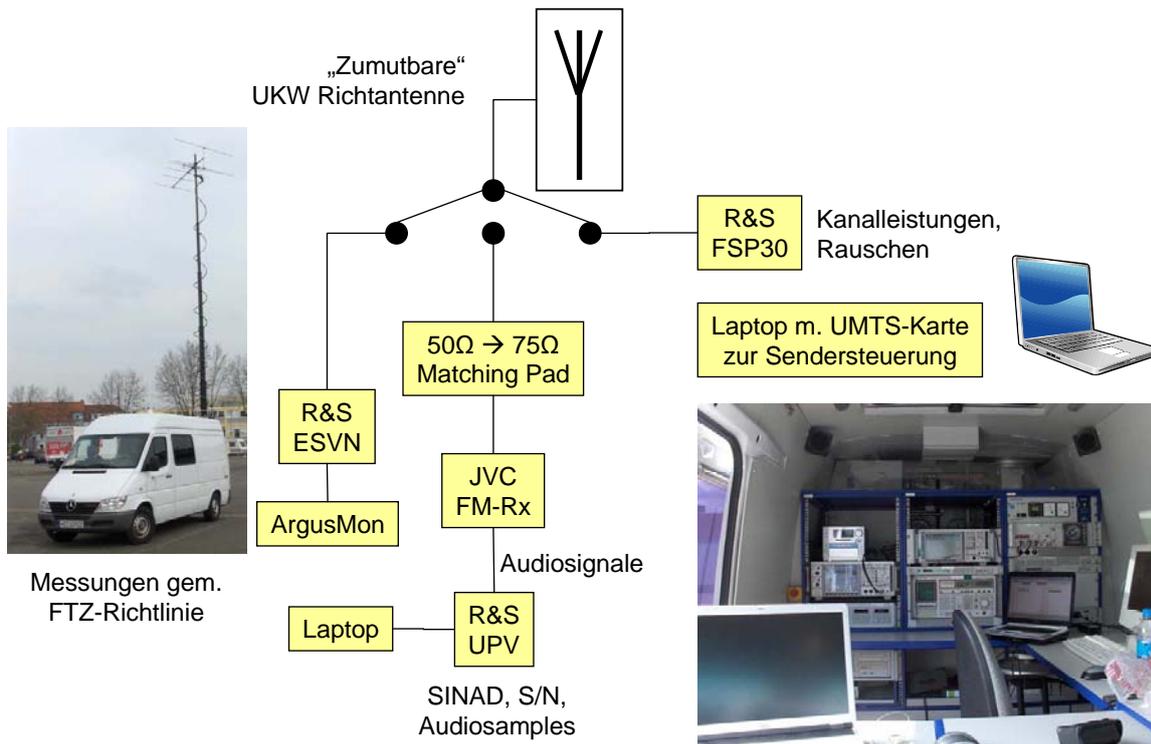
... Soviel zu den ersten  Ergebnissen ...

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit ...**

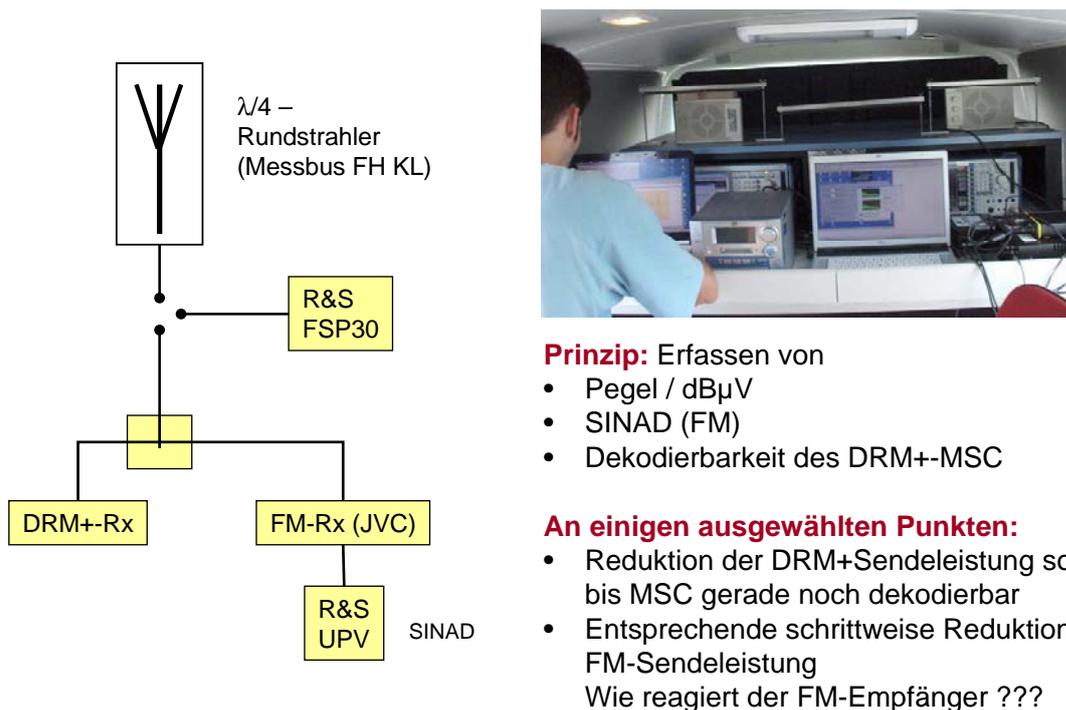
**...weiter geht's mit dem
Sendestart von DRM+**



► **Messaufbau (vereinfacht) – 10 m Antennenhöhe, stationär**



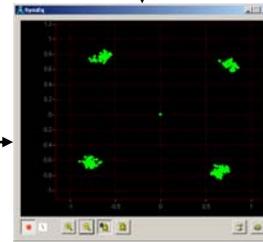
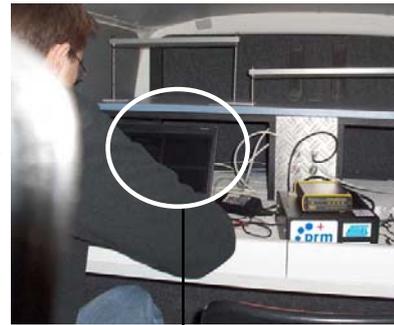
► **Erste Versuche zur DRM+-Reichweite im Vergleich zu FM ...**



► Messprinzip



Messbus der FH Kaiserslautern mit. $\lambda/4$ -Rundstrahler, ca. 2,2m ü. Gr.



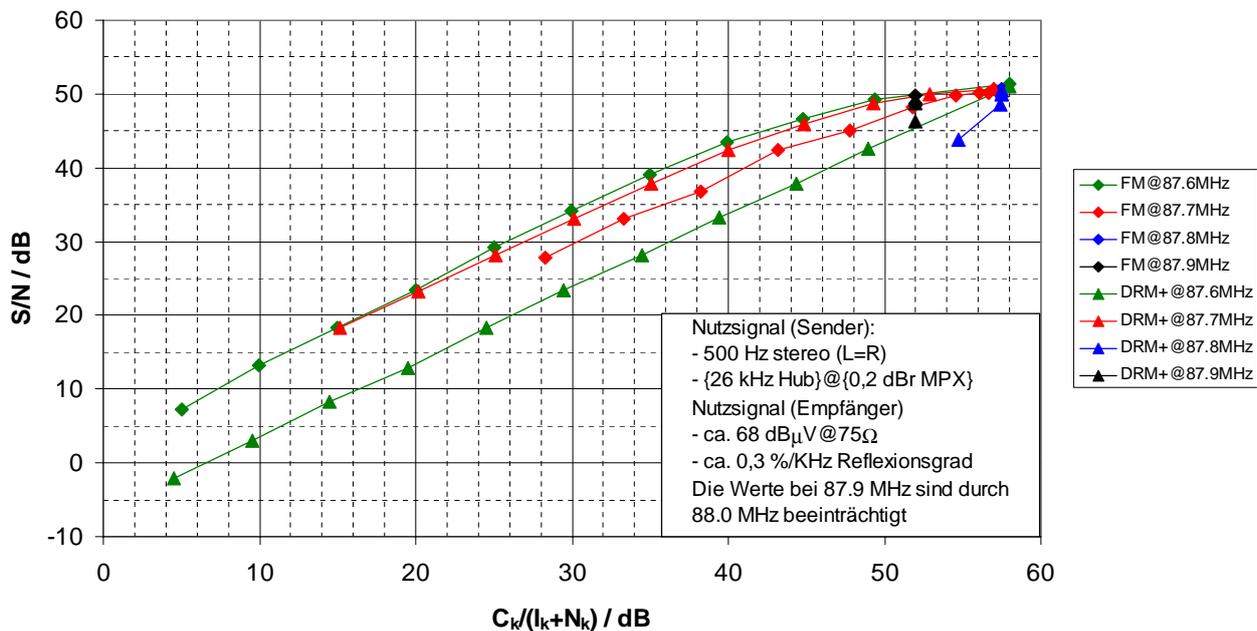
DRM+-Decoder

► Verträglichkeit im Feld: Ergebnisse einer „großen stationären Messung“

Messpunkt 7: Lidl Königstr.

Empfänger: JVC

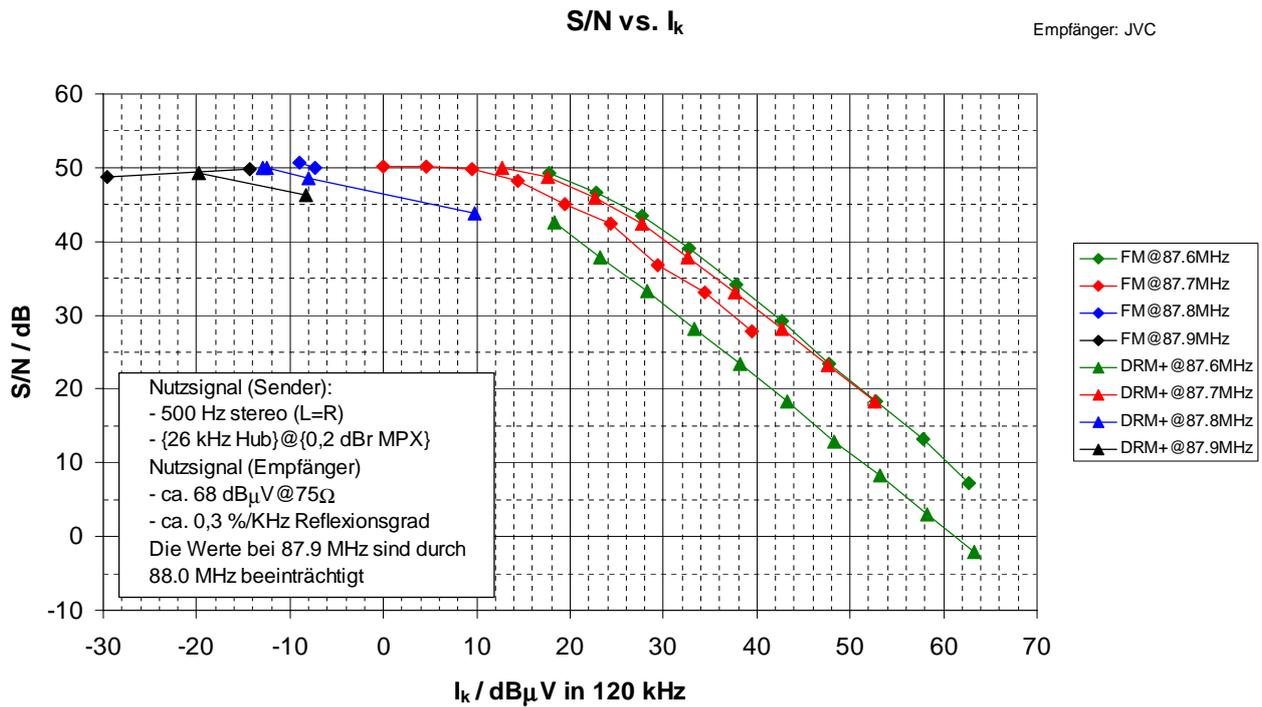
S/N vs. $C_k/(I_k+N_k)$



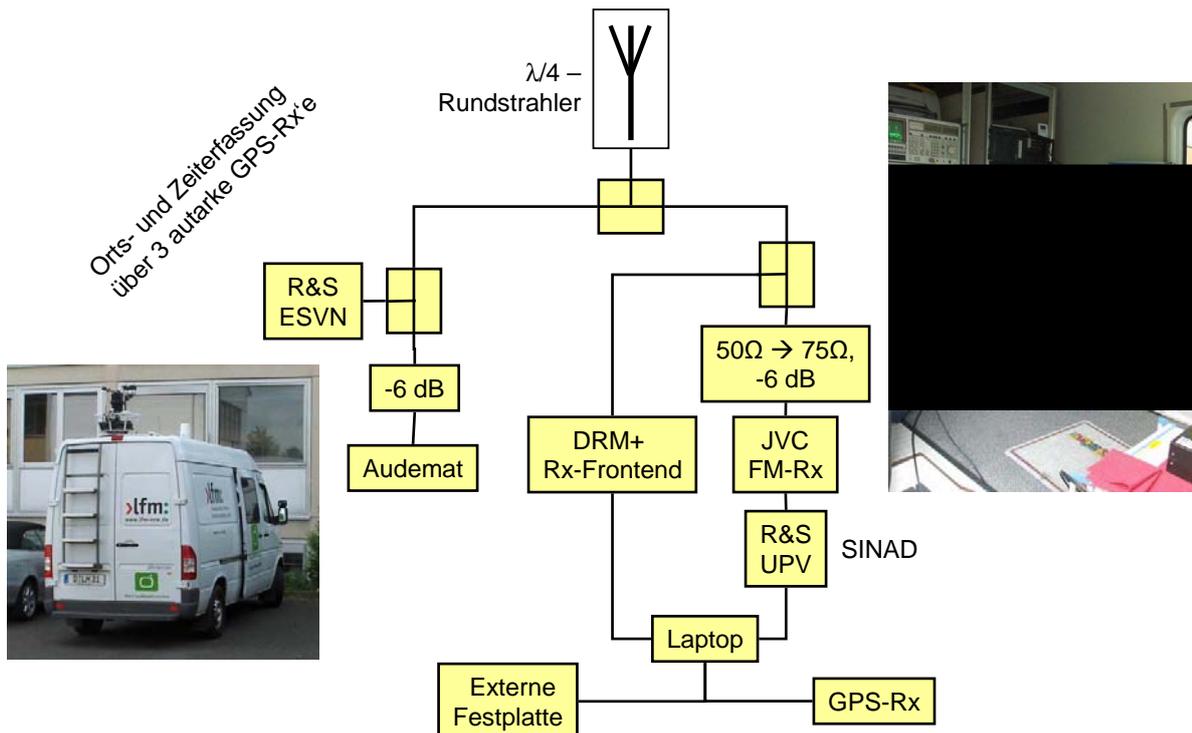
► **Verträglichkeit im Feld: Ergebnisse einer „großen stationären Messung“**

Messpunkt 7: Lidl Königstr.

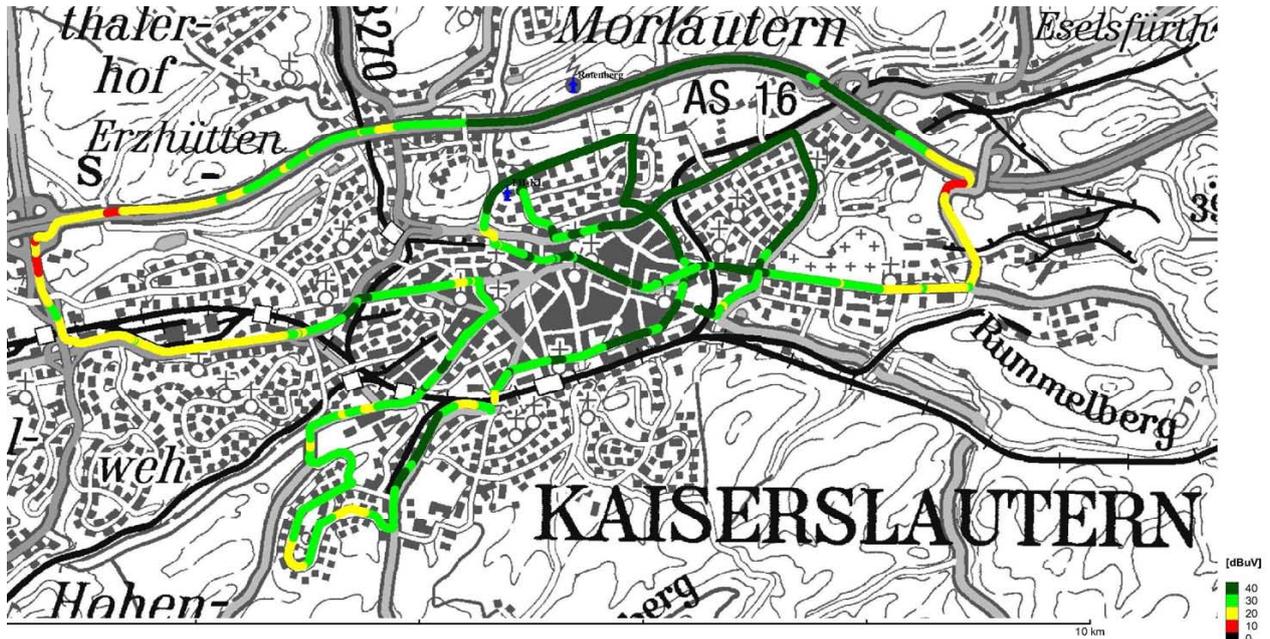
Empfänger: JVC



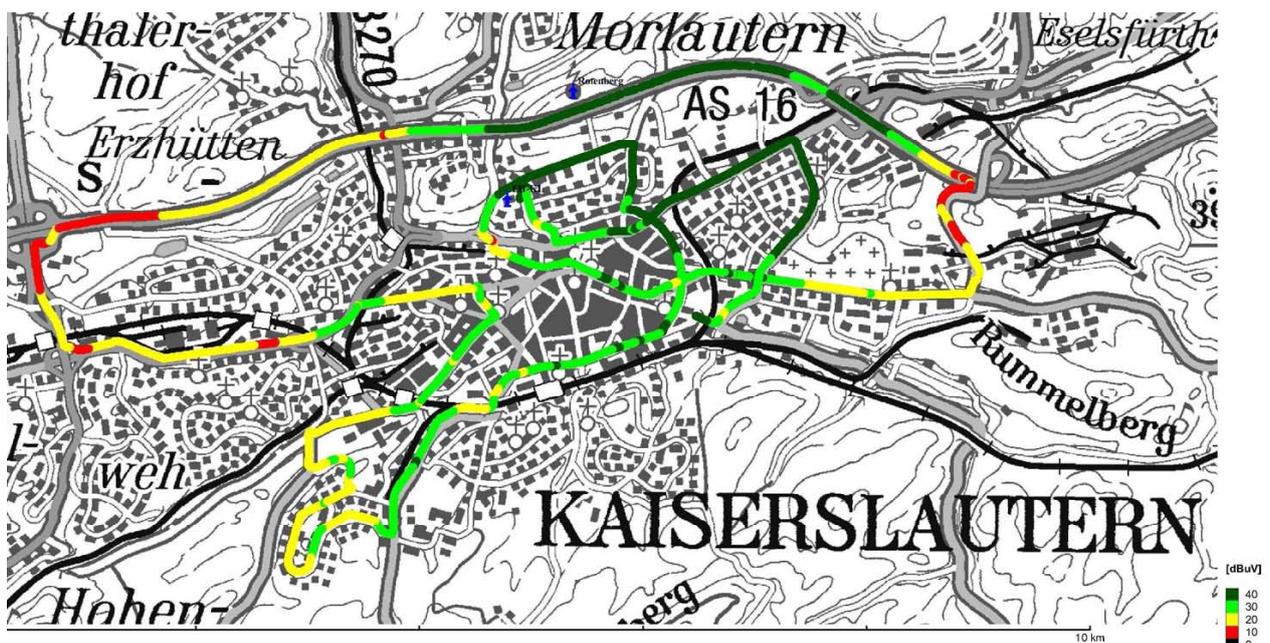
► **Messaufbau (vereinfacht) – Mobile Aufnahme (ca. 2,2 m ü.Gr.)**



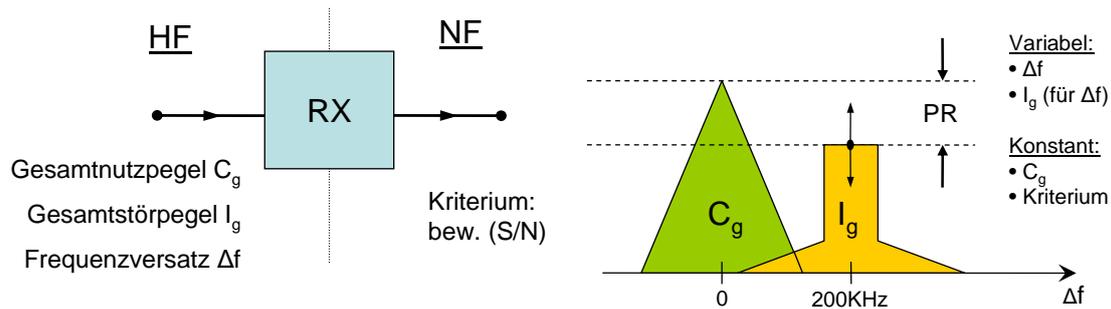
► **Verträglichkeit im Feld: Empfangspegel FM 87,6 MHz (Rotenberg) ohne FH KL**



► **Verträglichkeit im Feld: Empfangspegel FM 87,8 MHz ungestört**



► **Verträglichkeit im Labor: Messen des Schutzabstandes (PR) – ITU-Prinzip**



Prinzip:

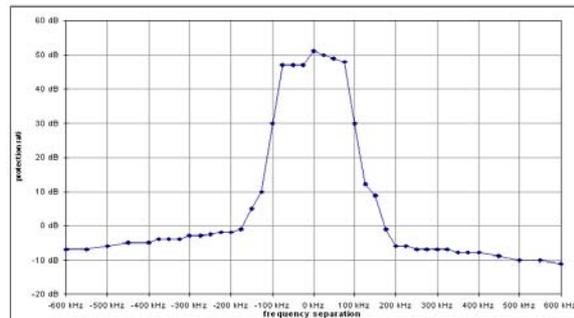
Unter Verwendung der definierten Messsignale:

- C_g so, dass 56 dB S/N ungestört
- I_g so, dass 50 dB S/N

Bewertung:

Einzuhaltender Schutzabstand:

$$PR / \text{dB} = (C_g - I_g) @ \{50 \text{ dB S/N}\}$$



► **Verträglichkeitsmessung im Labor: Übertragbar in Feldmessungen?**

Antwort: Nein.

Vielfältige Gründe:

- Weitere Parameter beeinflussen das S/N, z.B.
 - Reflexionsgrad (Mehrwegeausbreitung)
 - „Grundrauschpegel“/ „Man made noise“
 - Reproduzierbarkeit
 - ...
- Im Feld erreicht der Empfänger das geforderte Kriterium (50 dB bew. S/N) selten, auch wenn er dies im Labor erreicht !!
- Erfassen der Einzelpegel? (Selektives Messen !)
- ...

➤ **Definition eines an die realen FM-Signale angepassten Messprinzips!**

► *Unterschiede in den verwendeten Messsignalen für die S/N-Messung*

Achtung:

Die S/N-„Labor“-Werte und die „Feld“-Werte sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Die „Feld“-Werte sind in *Anlehnung an ITU-R BS 641* bestimmt worden:

▪ **Hub:**

- **Feld:** ca. 26 kHz (500 Hz) für 0 dBr MPX-Leistung
- **Labor:** 75 kHz

▪ **Eingangspiegel:**

- **Feld:** Bewertetes S/N als Differenz von unbewertetem Nutzpegel und bewerteten Störpegel (auf Basis der *empfangenen* Pegel)
- **Labor:** Variation des Eingangspiegels solange, bis die Differenz von unbewertetem Nutzpegel und bewerteten Störpegel 56 dB erreicht (dann Zuschalten des Störers, bis Verschlechterung auf 50 dB)