



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



## Ergebnisse des DRM+ Feldtests in Kaiserslautern



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

### 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

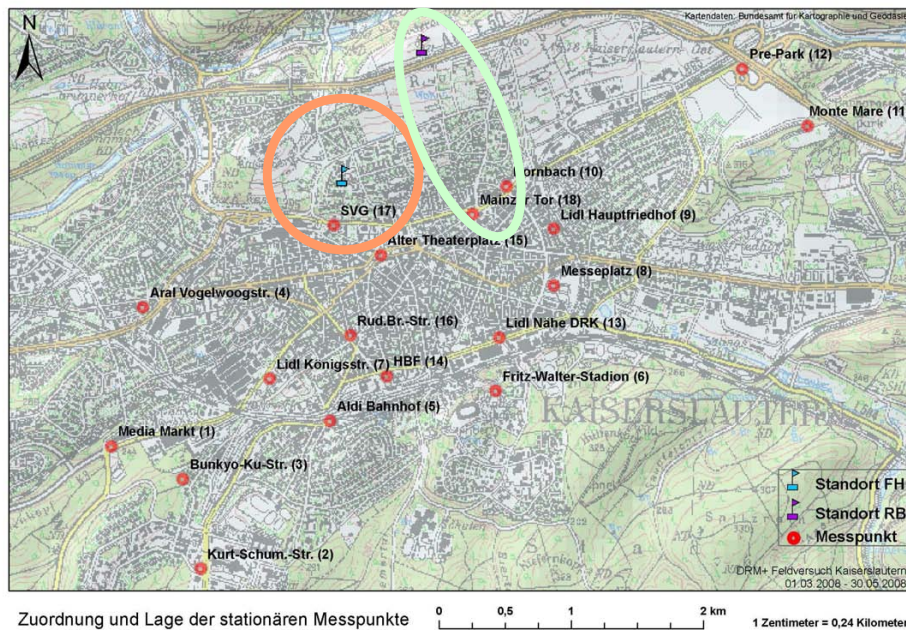
## ► Ziele und Konzept

**Standortdaten**

	Störsender		Nutzsender
<b>Senderstandort</b>	„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
<b>Zeitraum</b>	1.3.2008 - 31.5.2008		13.3.2008 – 31.5.2008
<b>Modulation</b>	FM	DRM+	FM
<b>Sendefrequenz(en)</b>	87,6 MHz	87,6 MHz	87,6 ... 88,1 MHz
<b>Genehmigte Leistung</b>	50 W (ERP)		35 W (ERP)
<b>Max. realisierte Leistung</b>	35 W (ERP)	35 W (ERP)	35 W (ERP)
<b>Antenne</b>	Rundstrahlung (ND)	Rundstrahlung (ND)	Richtdiagramm mit 4-Elem. Yagi (K 52 4017)
<b>Polarisation</b>	vertikal	vertikal	vertikal
<b>Inhalte</b>	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



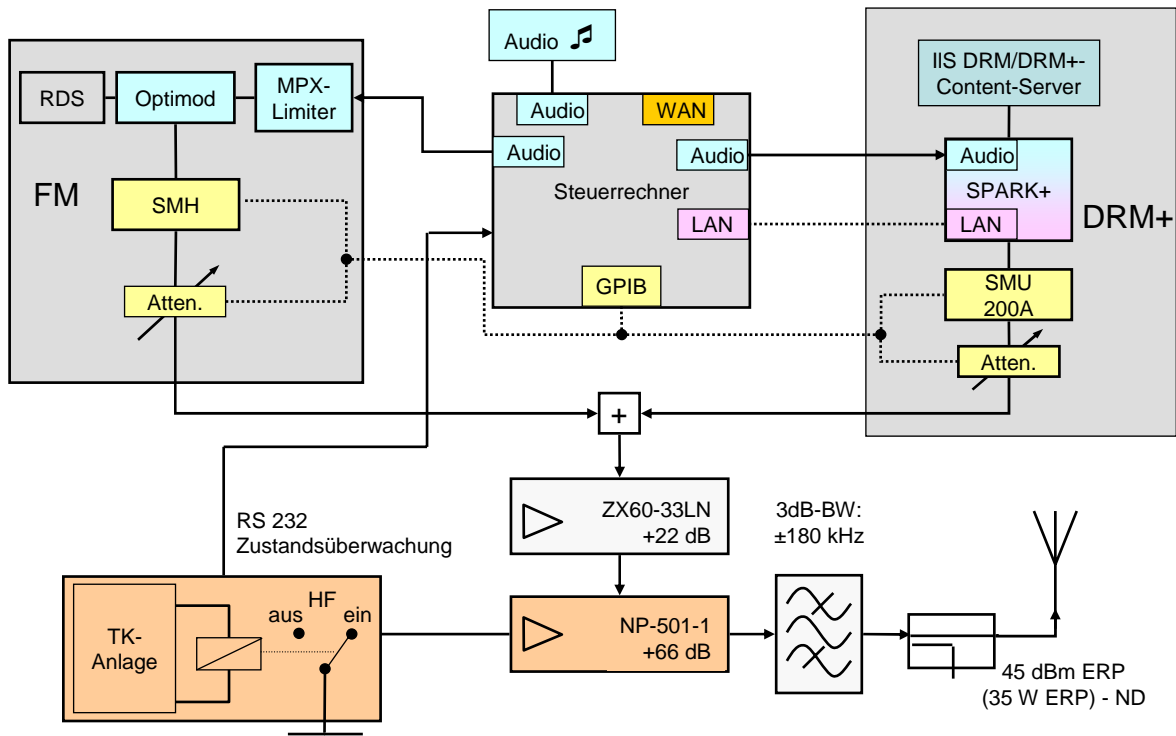
► **Spark: DRM/DRM+ Multiplexer und OFDM Exciter inkl. MDI**

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

<http://drm-sender.de>



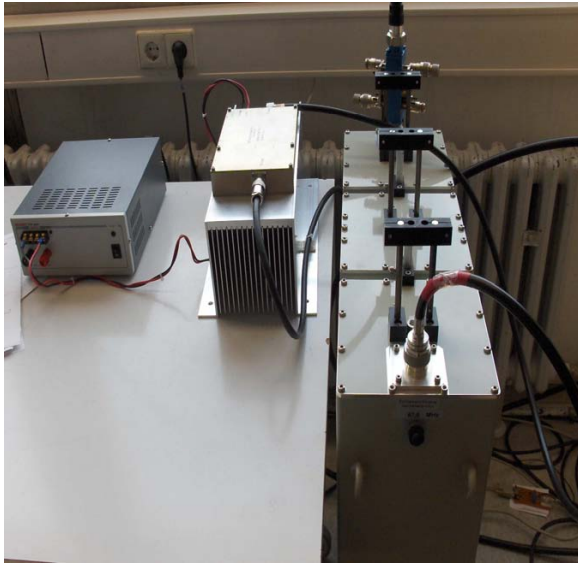
► **Blockschaltbild des Hybridsenders „Am Kaisersberg“**



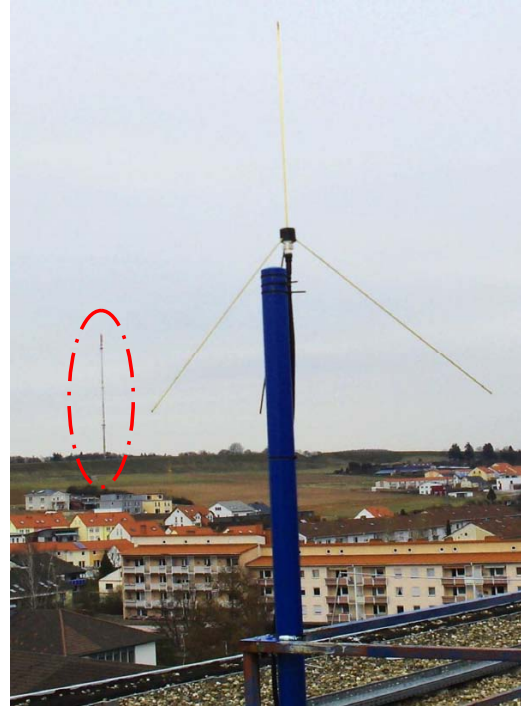
► **Senderkern in HF-dichter Kabine des Senders „Am Kaiserberg“**



► Der Weg zum „Äther“ „Am Kaiserberg“

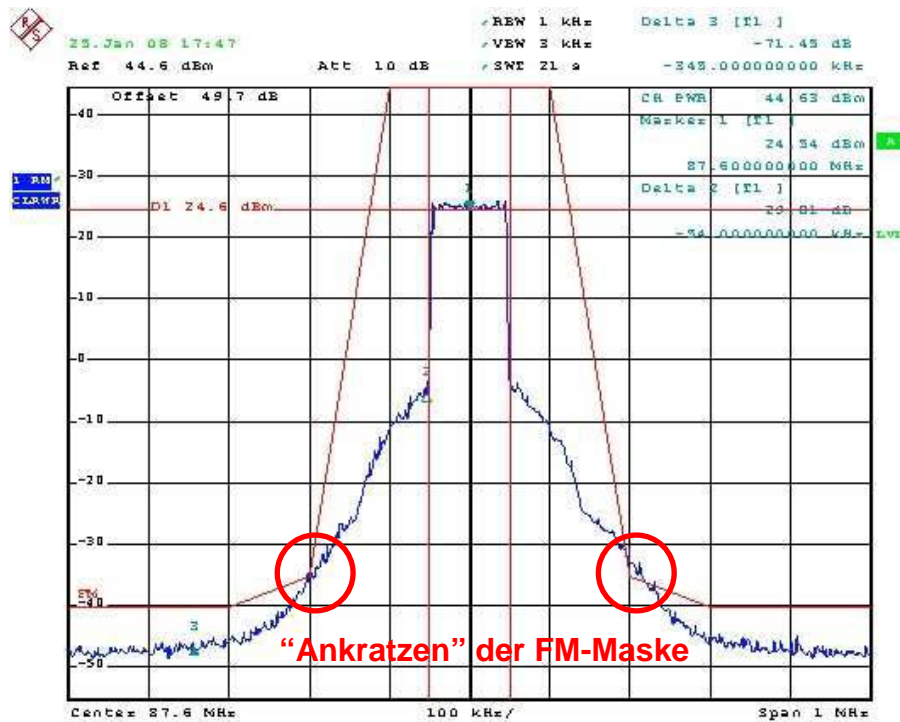


Ausgangssection Sender „Am Kaiserberg“



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

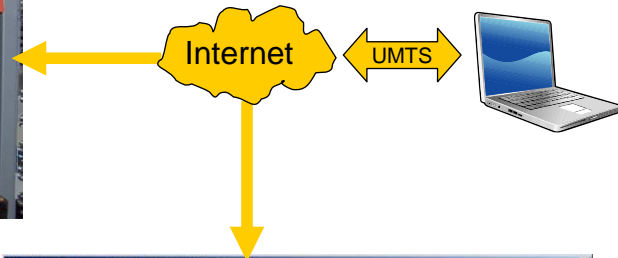
► Sendespektrum des DRM+-Signals bei 35 W ERP



► **Sender Rotenberg**



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

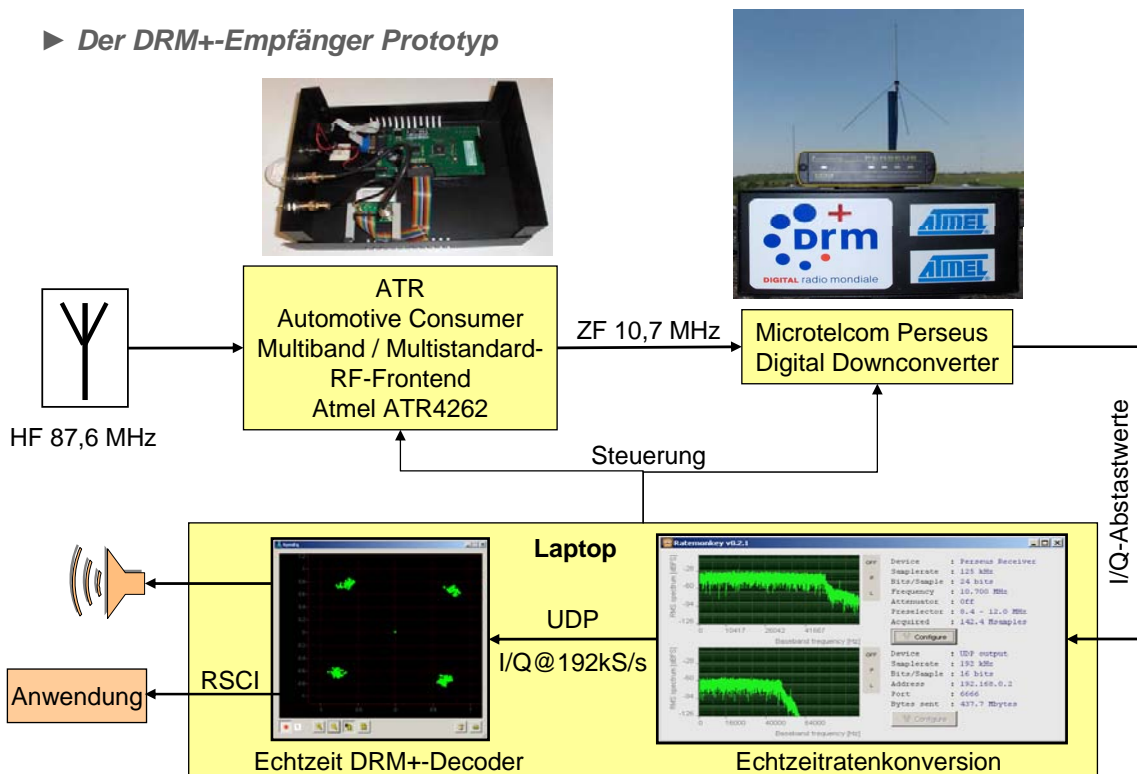


Steuerrechner Sender „Am Kaiserberg“  
Zugriff auf Modulation, Sendeleistung & Einspielung der Audio-Signale

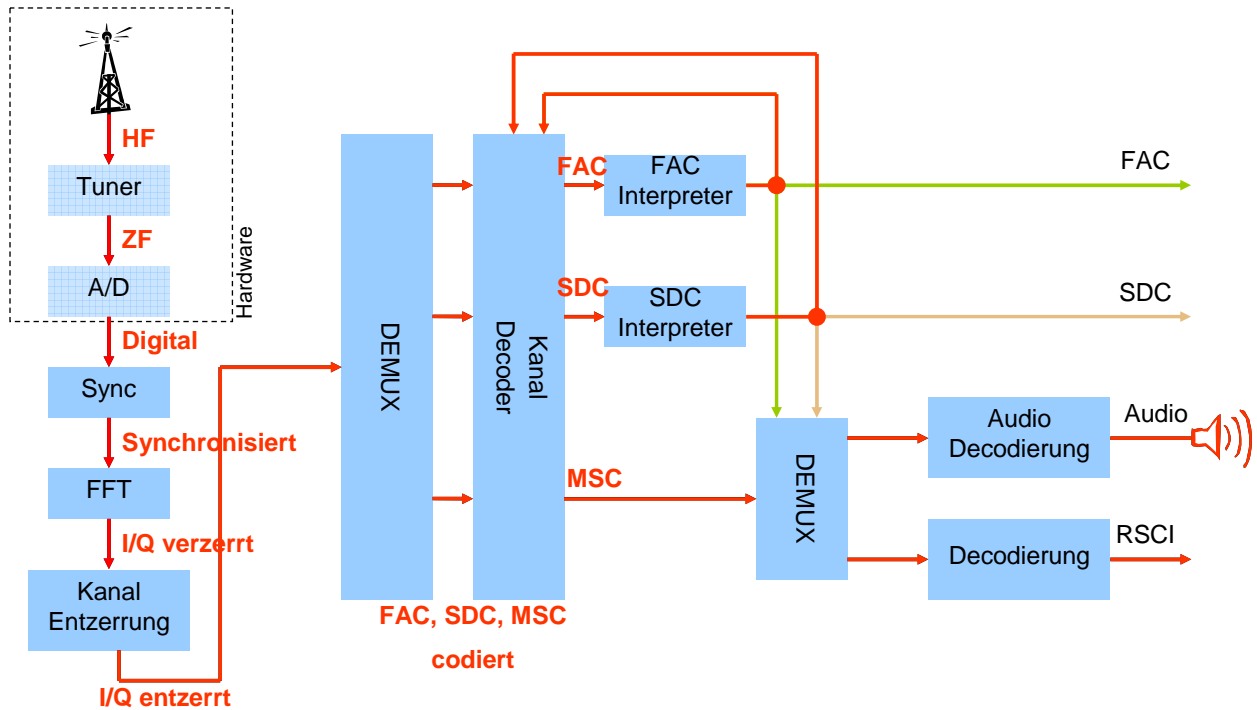


Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs

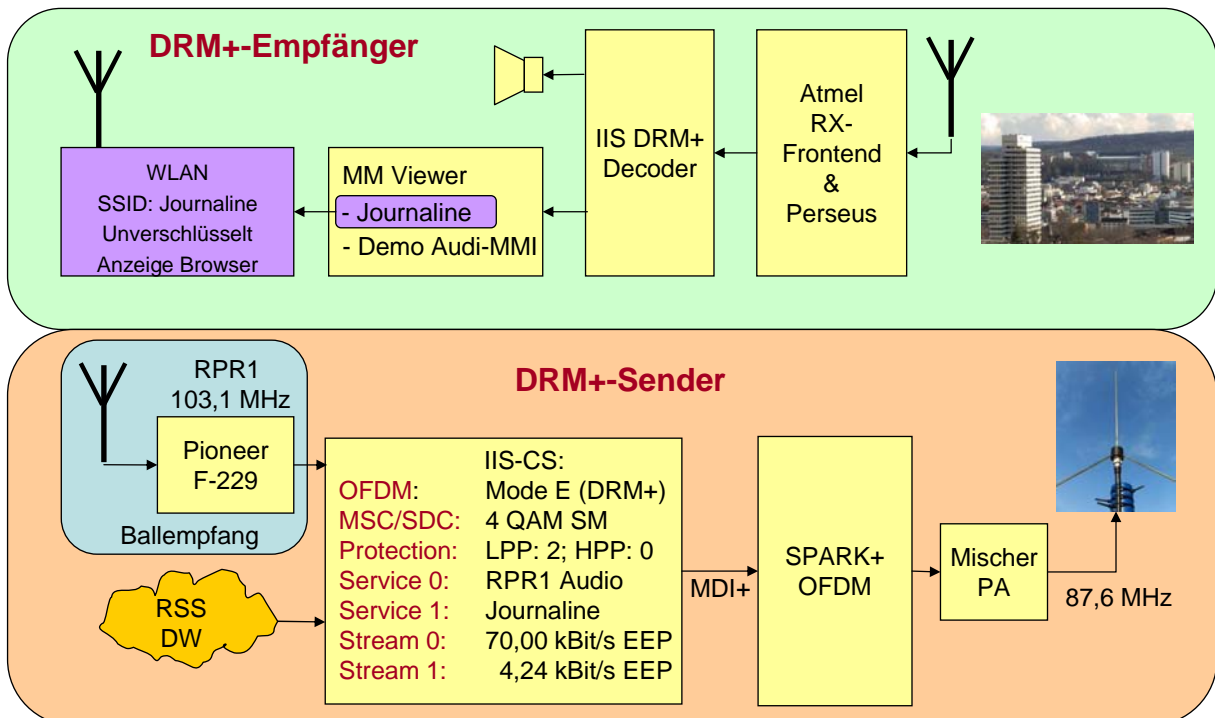
► **Der DRM+-Empfänger Prototyp**



► 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:

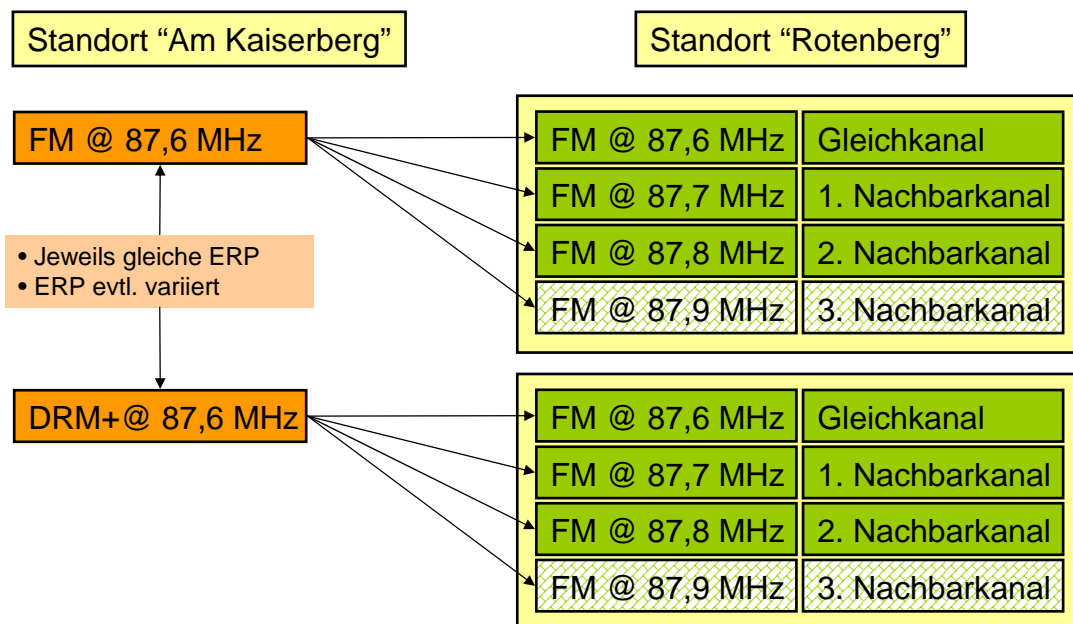
Aufnahme der

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

**2. Mobile Messungen:** Ermitteln der

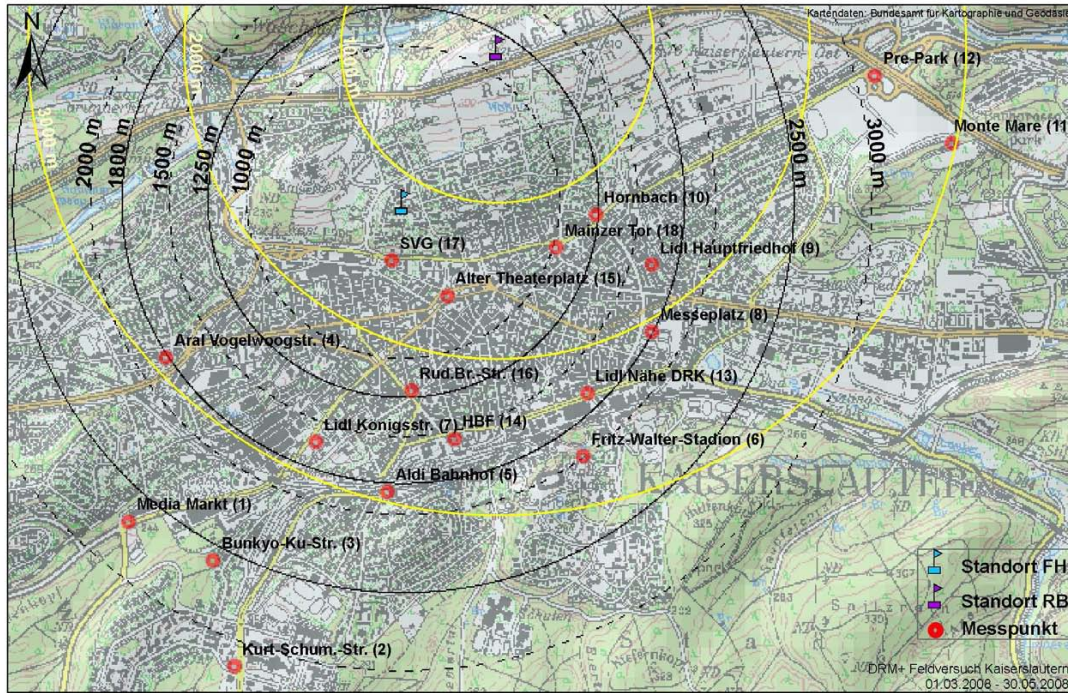
- **Audioqualität** (Messaufbau LfM, Audemat-Messsystem)
  - **Audiokriterien** (SINAD) (Messaufbau FH KL)
- jeweils mit Ortsbezug entlang einer festgelegten Route

► *Untersuchte Störszenarien (stationär und mobil)*



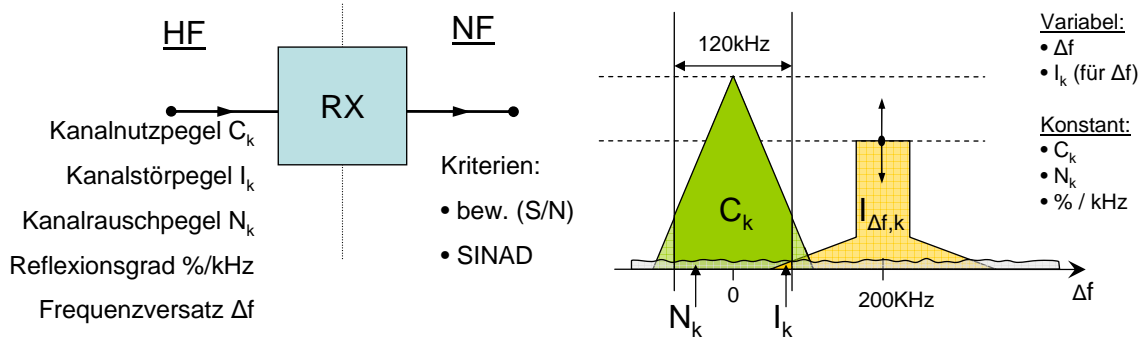
Anmerkung: 88,0 MHz durch SR1 (Göttelborner Höhe, 100 kW) belegt  
→ Keine sinnvolle Messung möglich!

► **Lage der ausgewählten 18 stationären Messpunkte**



Zuordnung und Lage der stationären Messpunkte 0 0,5 1 2 km 1 Zentimeter = 0,24 Kilometer

► **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  $\% / \text{kHz}$  sowie S/N und SINAD für jeweils FM und DRM+ als Störer gemessen.



**Bewertung der Störwirkung:**

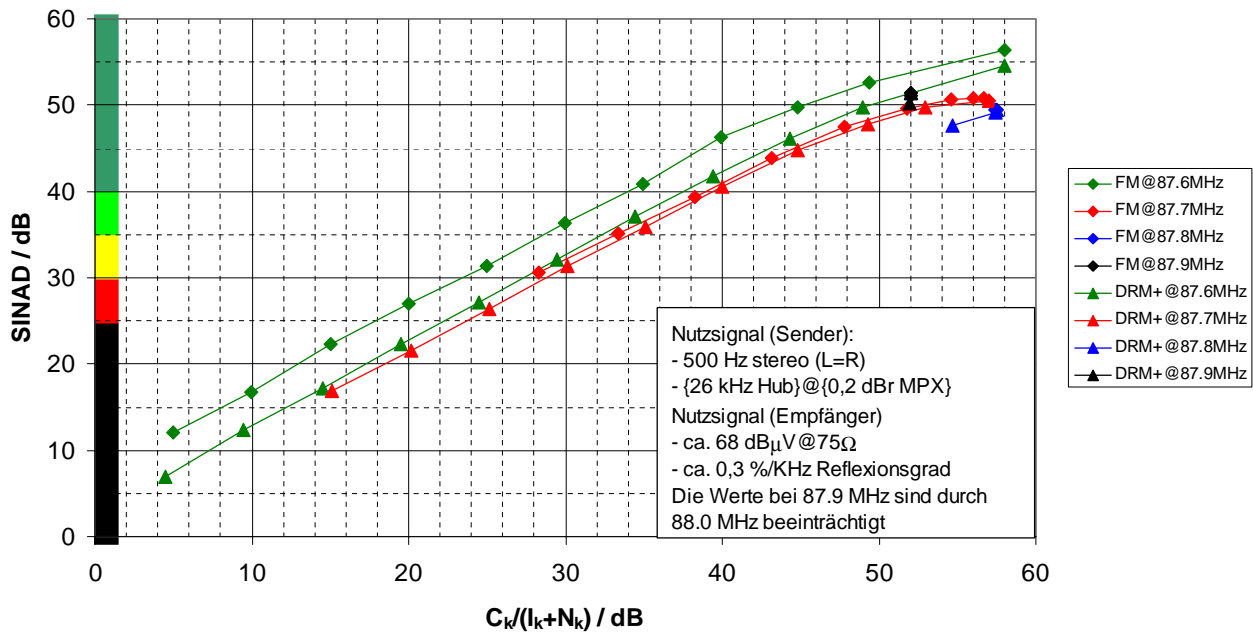
Reflexionsgrad  $< 2\% / \text{kHz}$ : Unterschied im Audiokriterium (FM  $\leftrightarrow$  DRM+)

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

Messpunkt 7: Lidl Königstr.

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

Empfänger: JVC

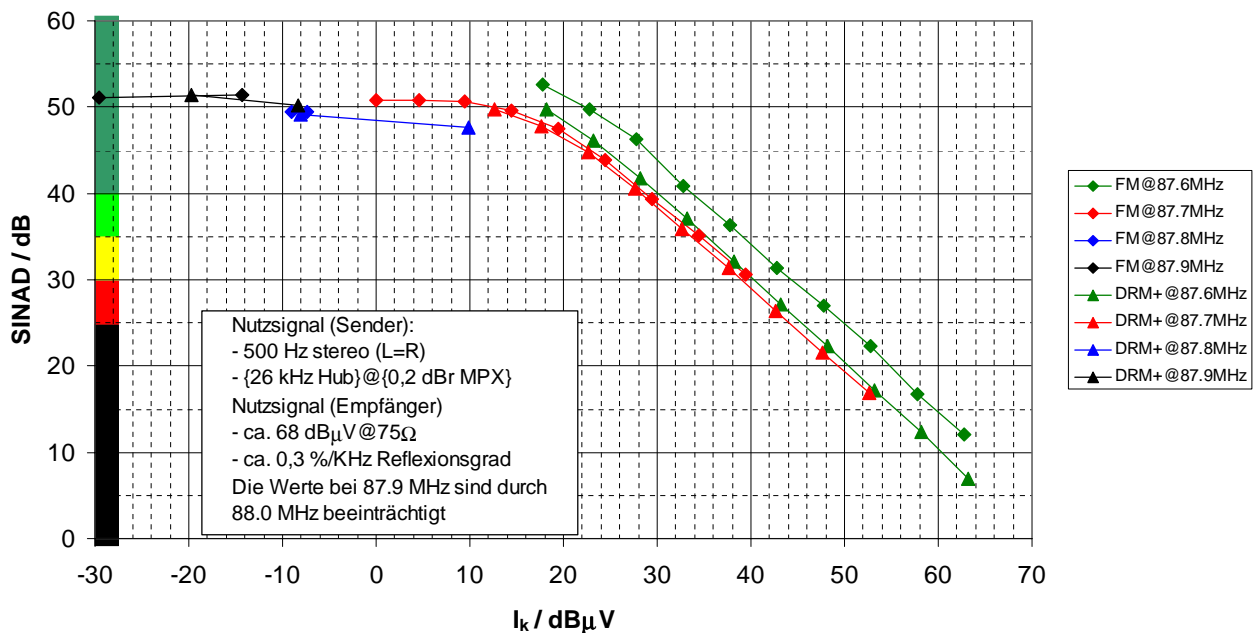


► **Verträglichkeit im Feld: Ergebnisse einer „großen stationären Messung“**

Messpunkt 7: Lidl Königstr.

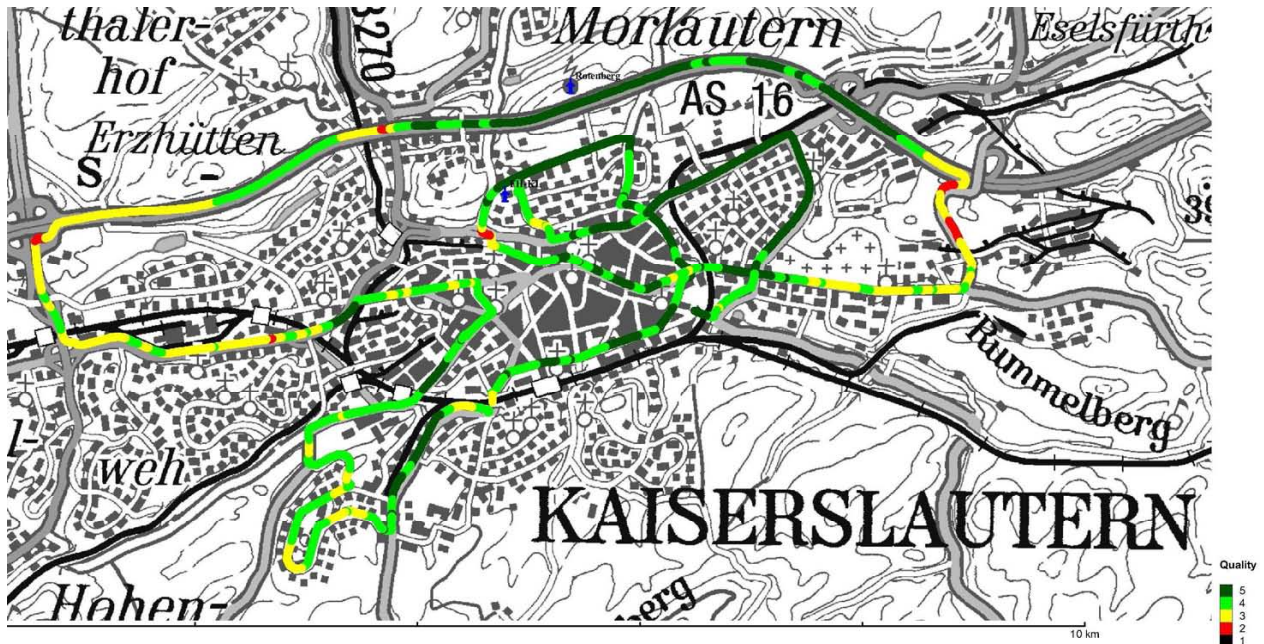
**SINAD vs.  $I_k$**

Empfänger: JVC

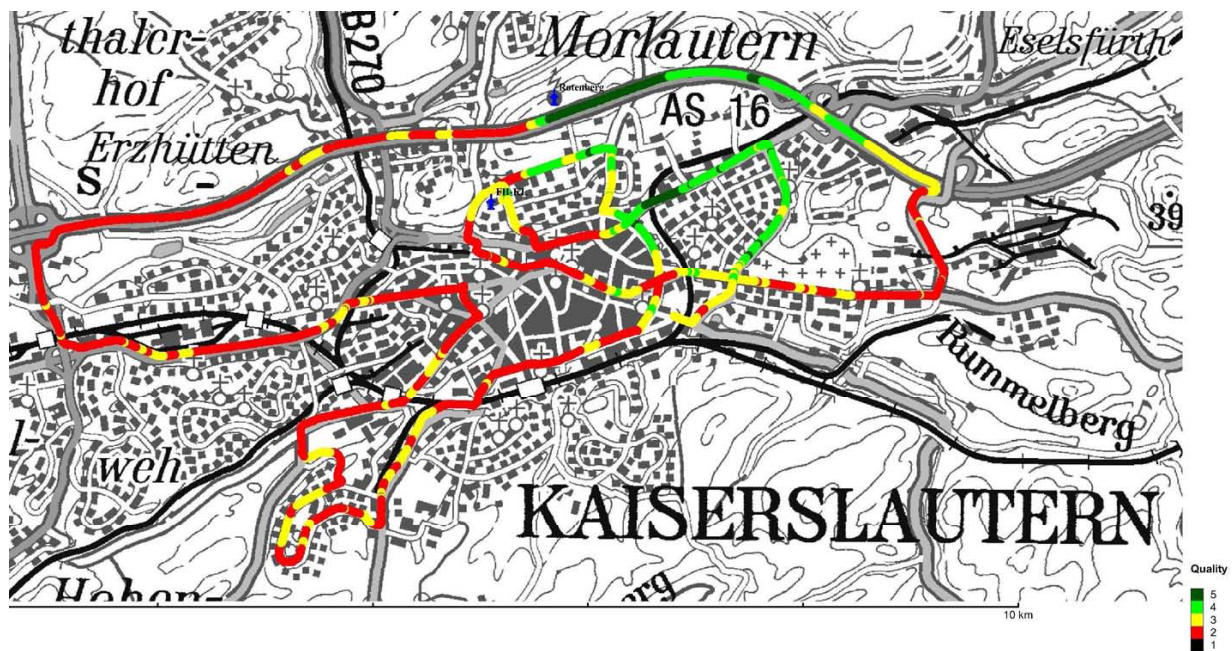




► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz ungestört, Qualitätsbewertung durch Audemat**

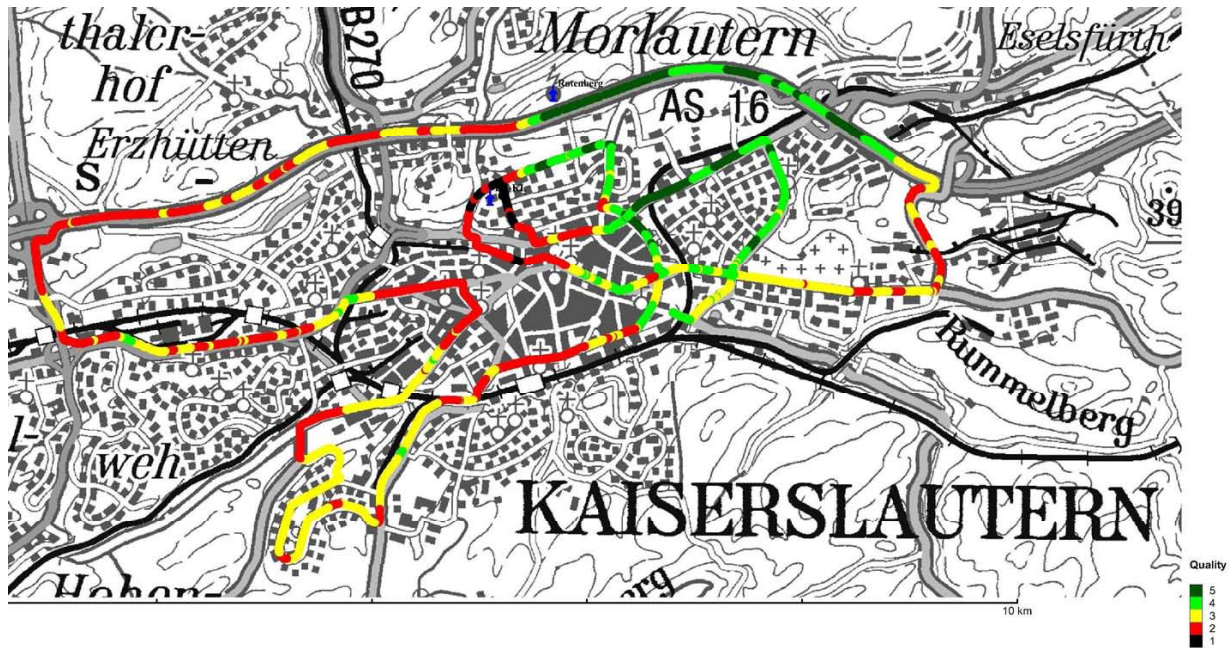


► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: FM, Qualitätsbewertung durch Audemat**

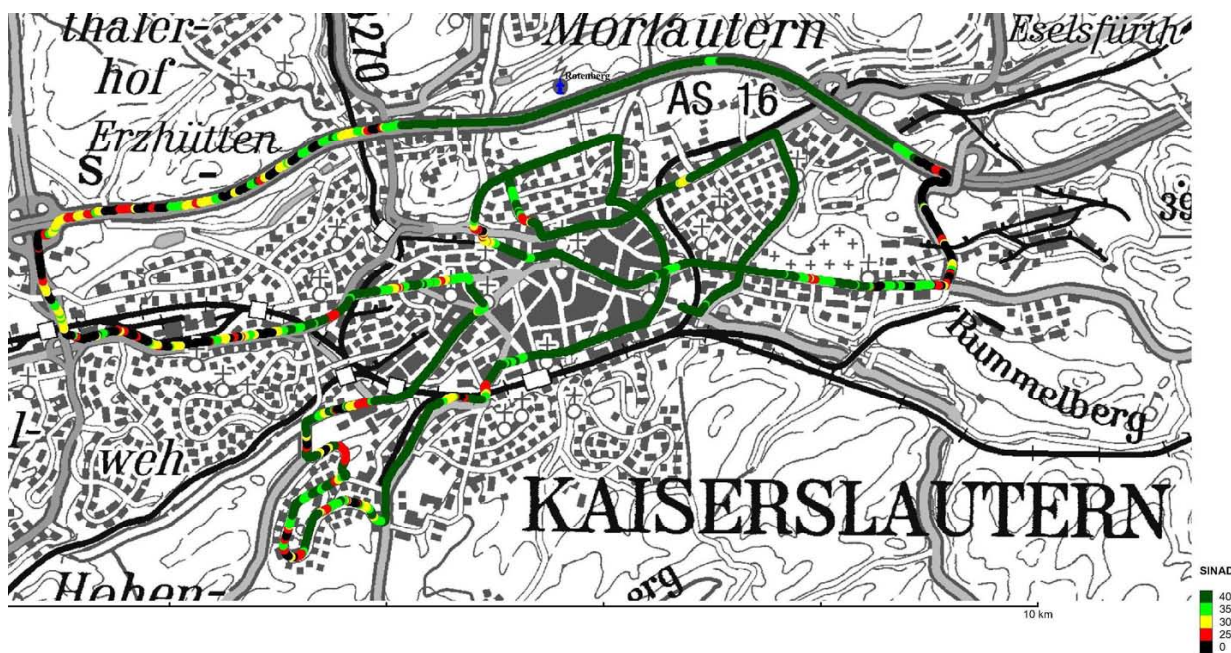




► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: DRM+-Störer, Qualitätsbewertung durch Audemat**

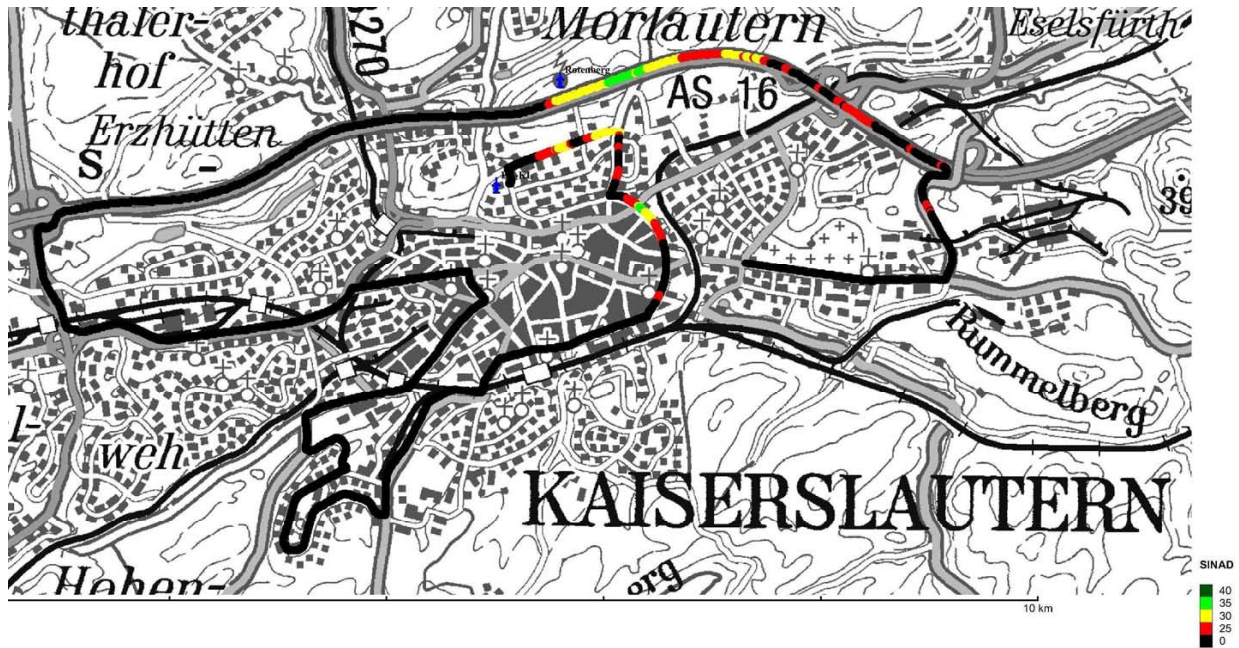


► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz ungestört, SINAD**

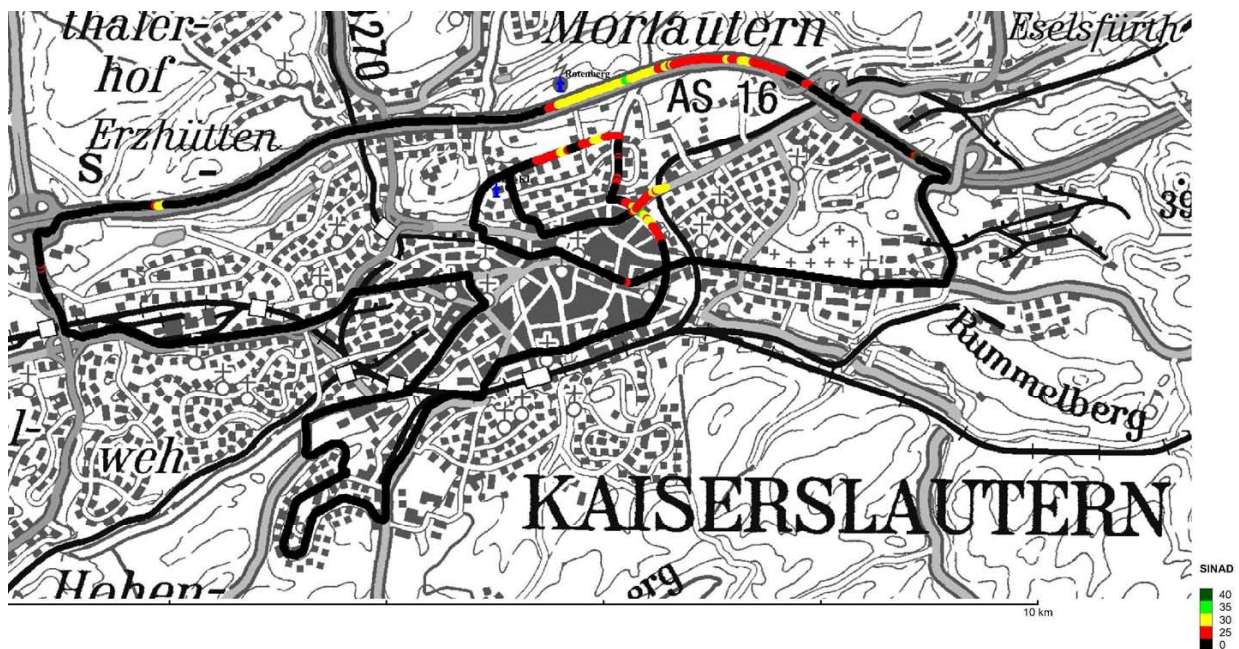




► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: FM-Störer, SINAD**

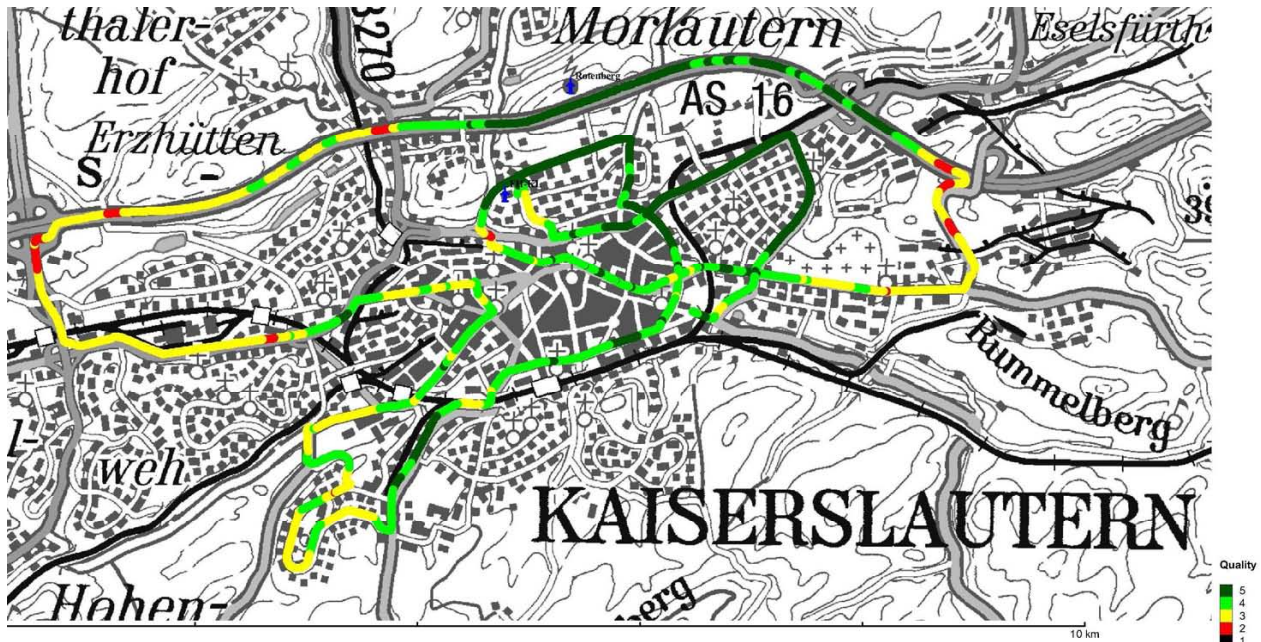


► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,6 MHz, FH-KL: DRM+-Störer, SINAD**

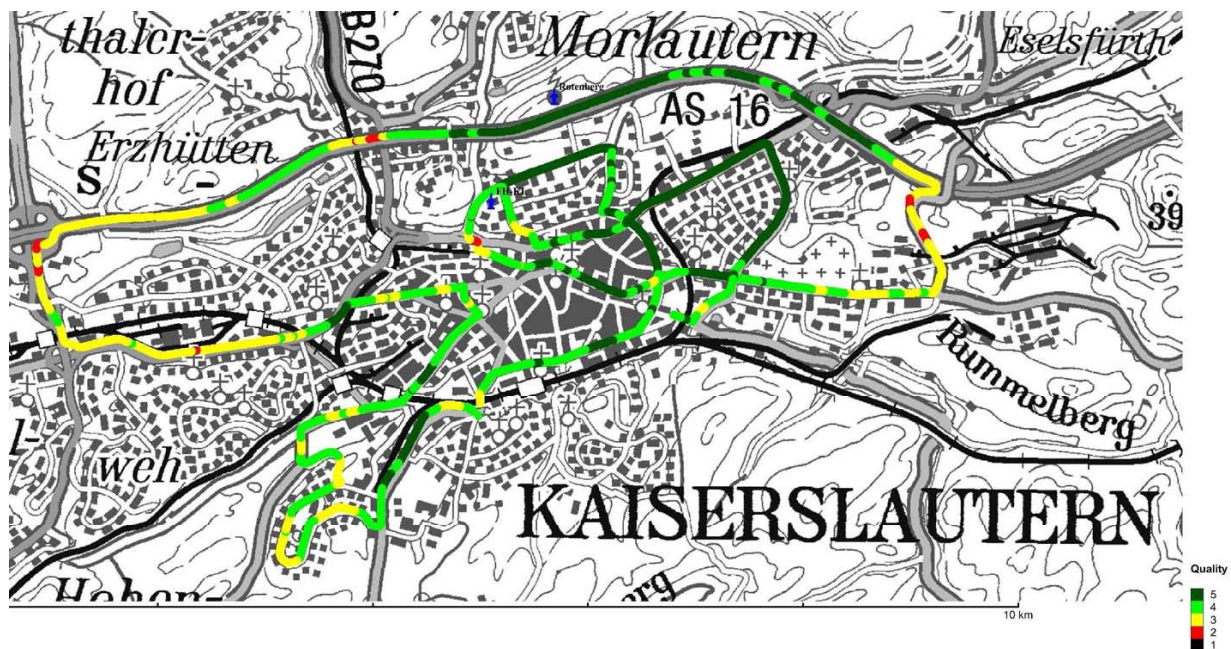




- ▶ **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz ungestört, Qualitätsbewertung durch Audemat**

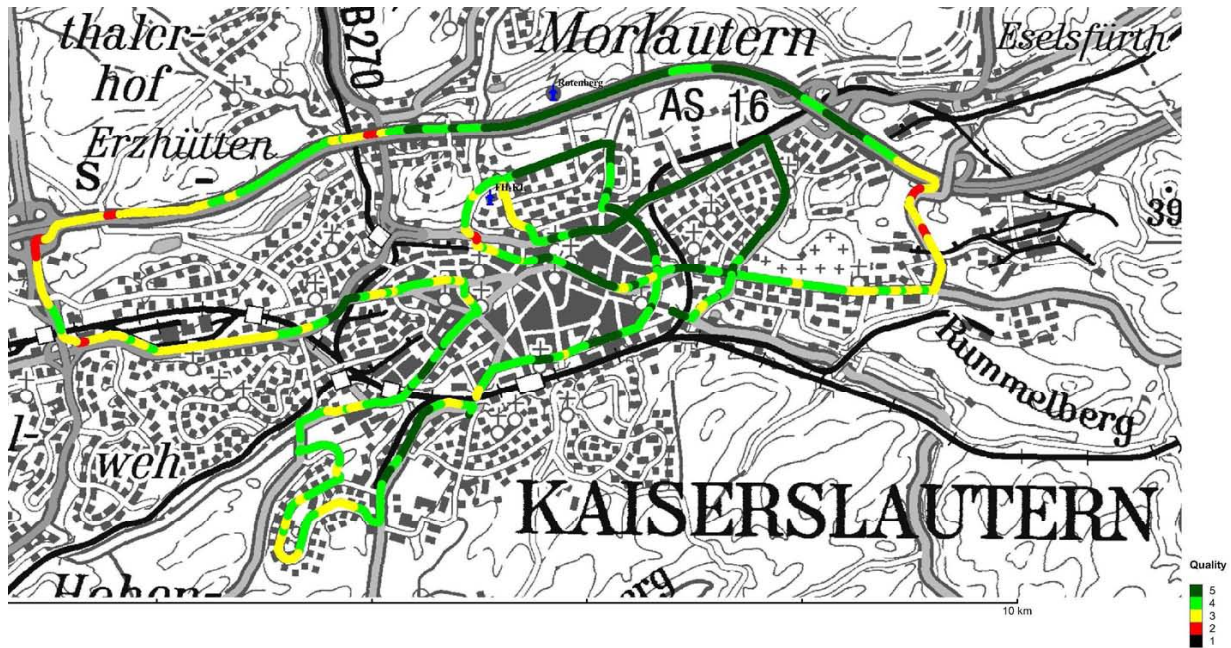


- ▶ **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz, FH-KL: FM-Störer, Qualitätsbewertung durch Audemat**

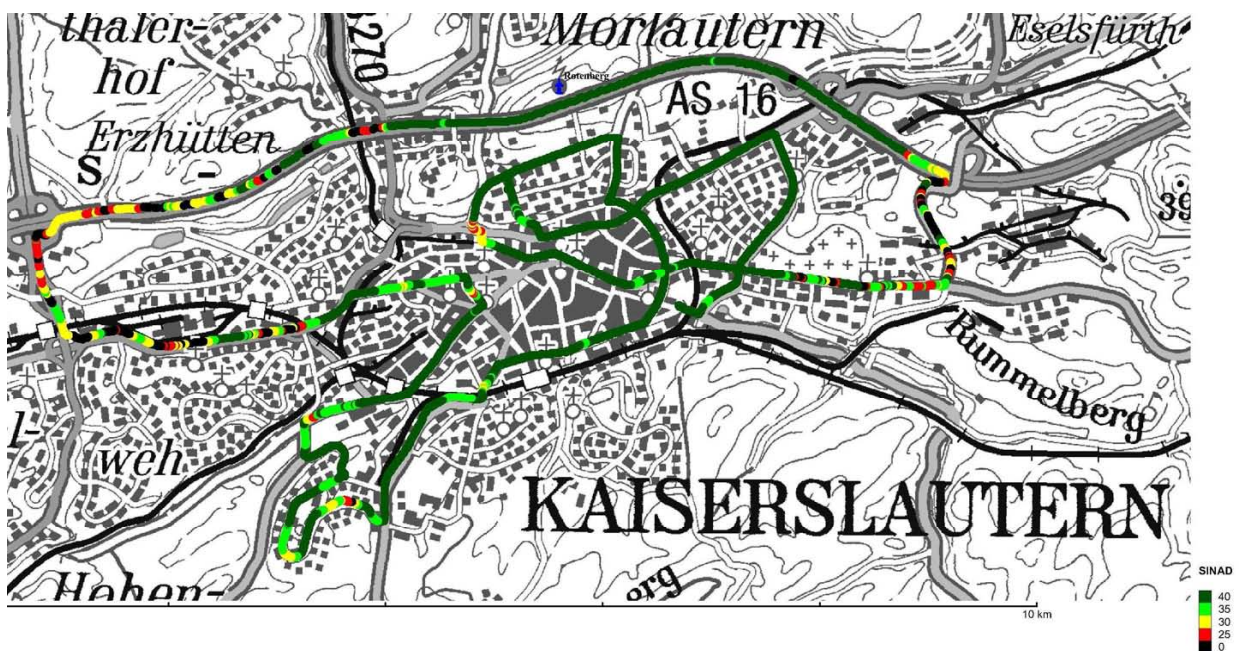




► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz, FH-KL: DRM+-Störer, Qualitätsbewertung durch Audemat**

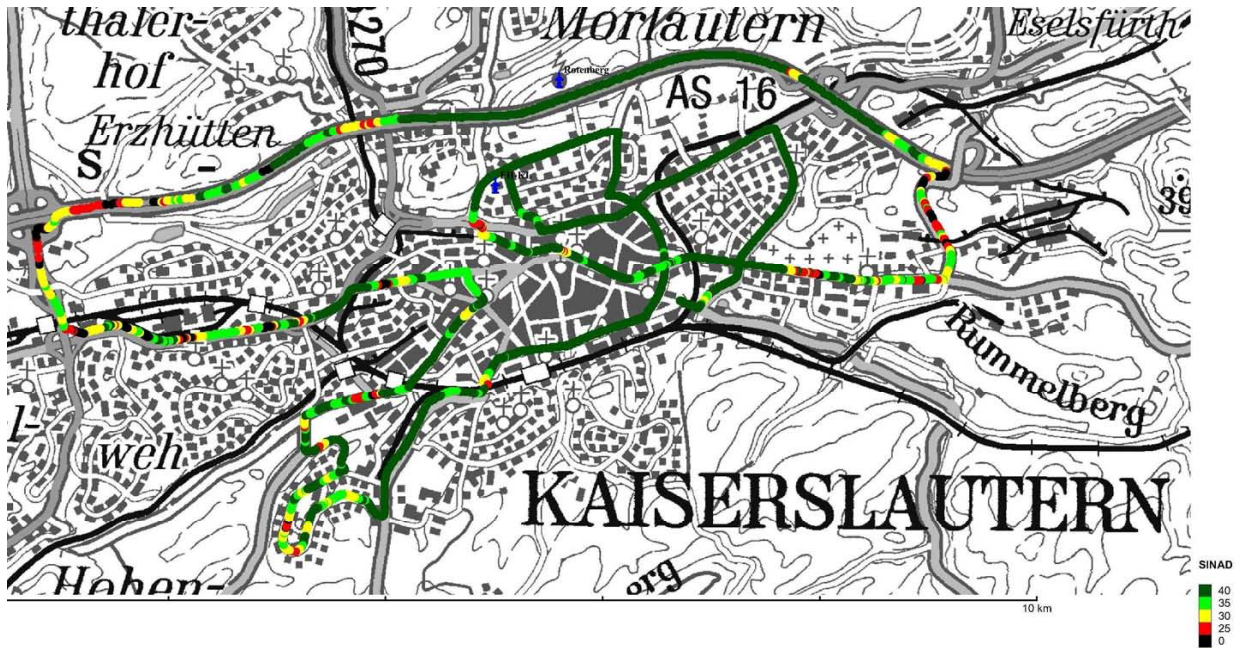


► **Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz ungestört, SINAD**

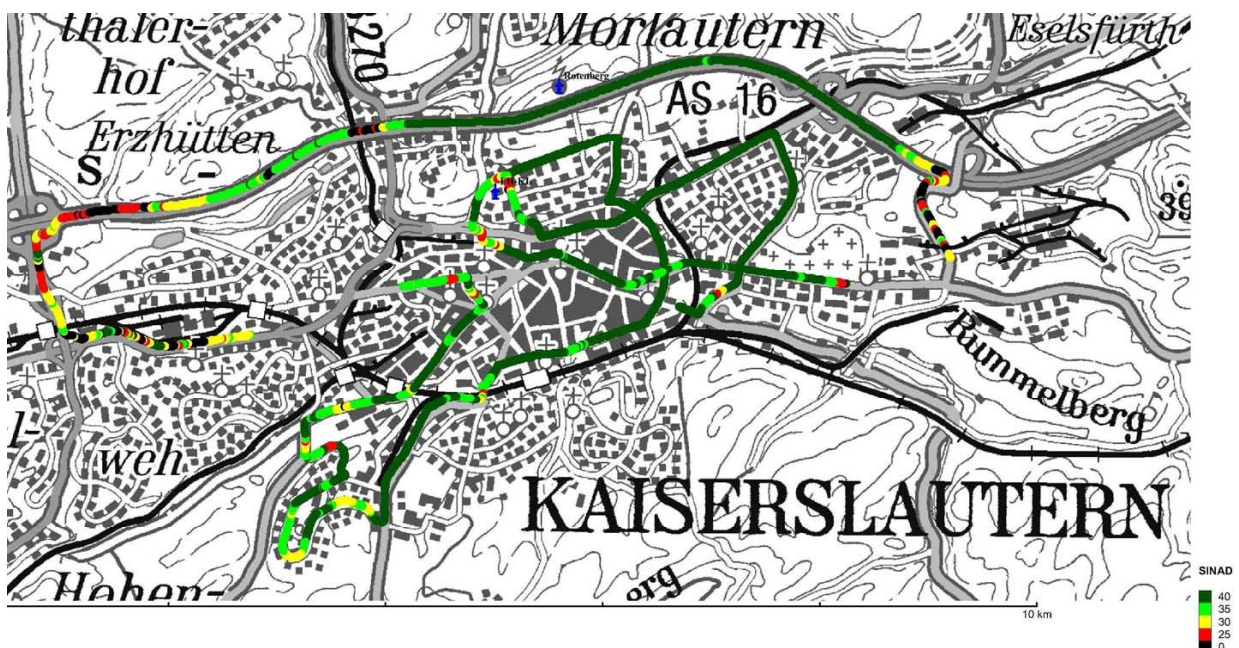




► *Verträglichkeit im Feld: FM 87,8 MHz, FH-KL: FM-Störer, SINAD*



► *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**

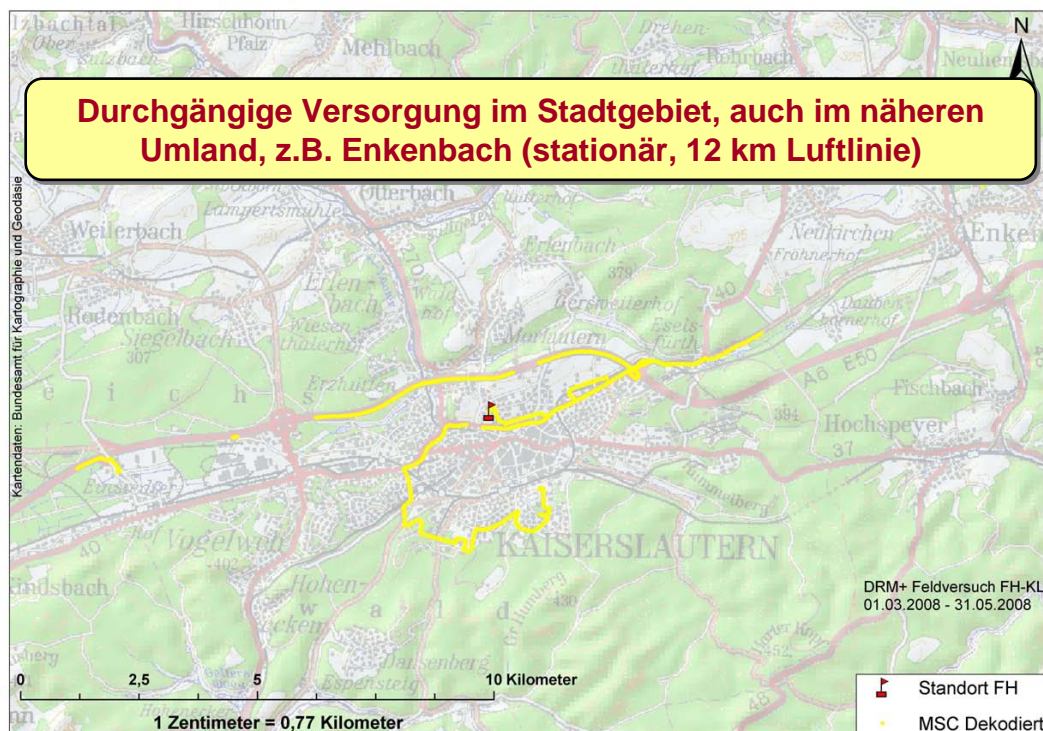
#### 2. Subjektive Beurteilung der Audioqualität (stationär / mobil)

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

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

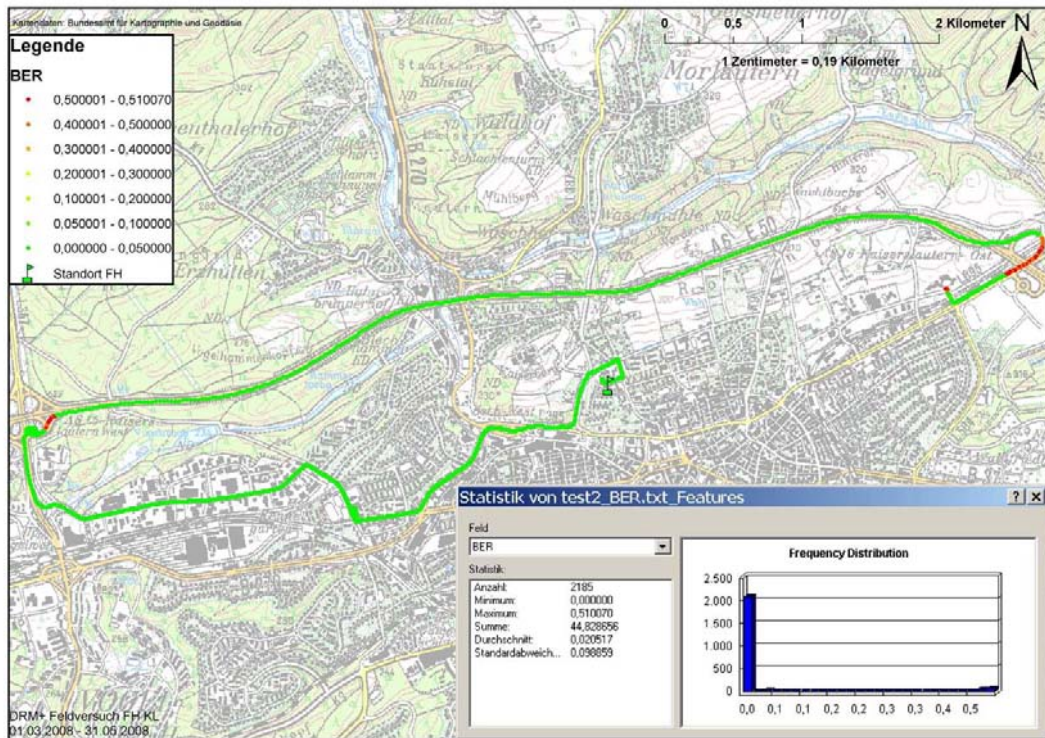
→ Hier sollte die Arbeit fortgeführt werden!!

### ► Erste Versorgungseindrücke ...

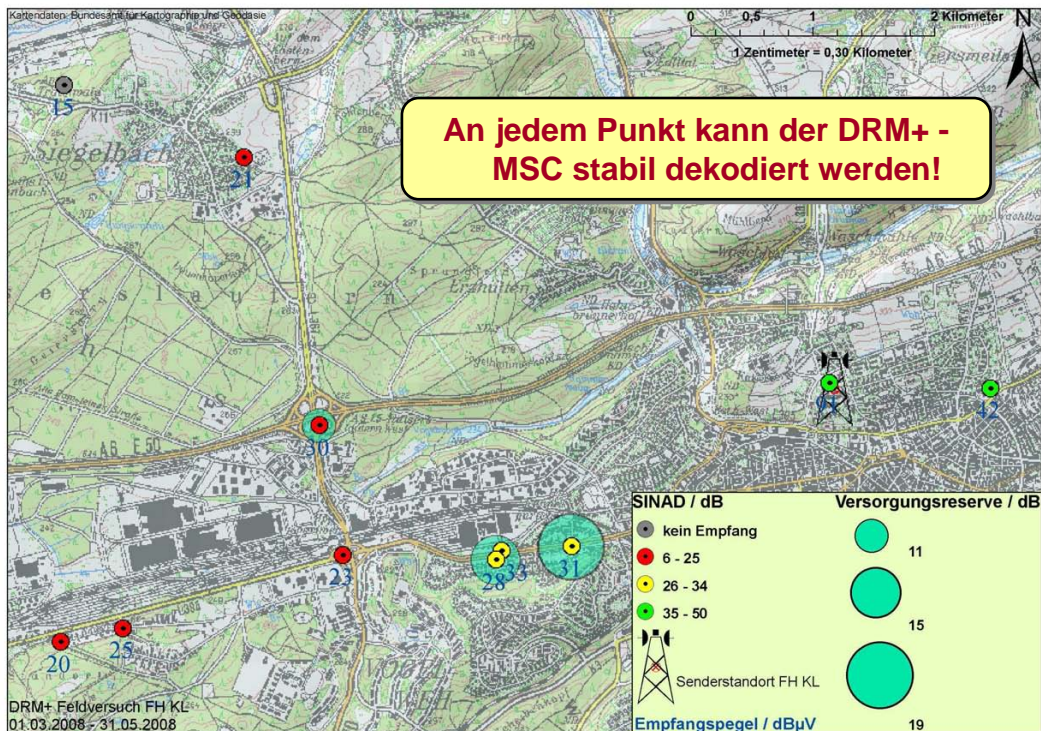




► **Erste Eindrücke von Fehlerraten auf Basis PRBS ...**



► **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**

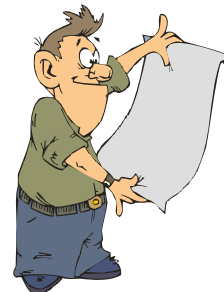


**Die Versuchslizenzen wurden bis 31.12.2008 verlängert.**

**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 ...**

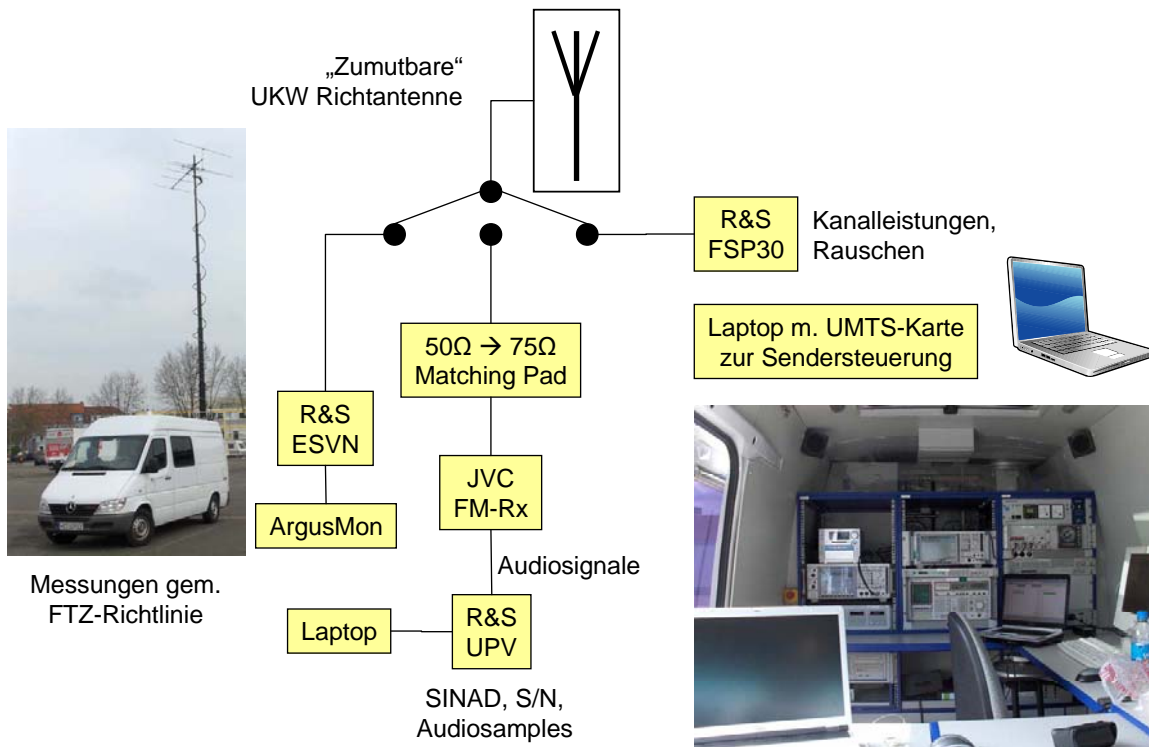
**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit ...**

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

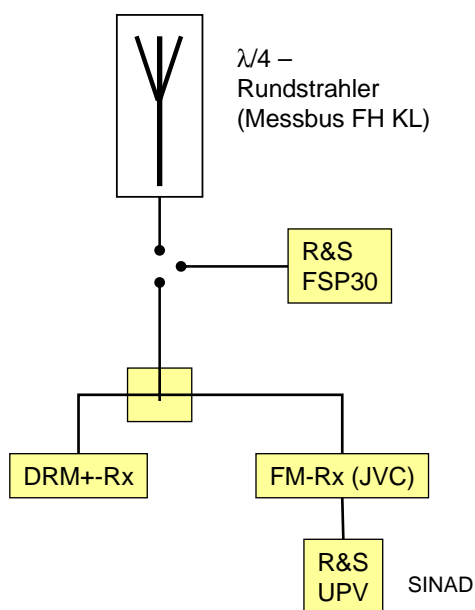




► Messaufbau (vereinfacht) – 10 m Antennenhöhe, stationär



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



**Prinzip:** Erfassen von

- Pegel / dBμV
- SINAD (FM)
- Dekodierbarkeit des DRM+-MSC

**An einigen ausgewählten Punkten:**

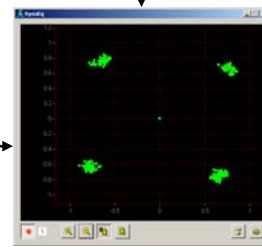
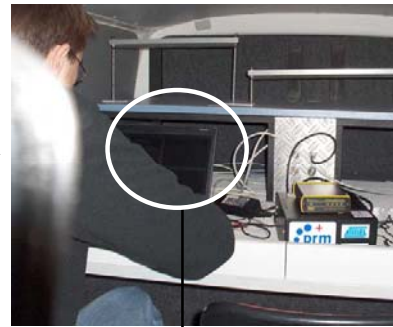
- Reduktion der DRM+Sendeleistung solange, bis MSC gerade noch dekodierbar
- Entsprechende schrittweise Reduktion der FM-Sendeleistung  
Wie reagiert der FM-Empfänger ???



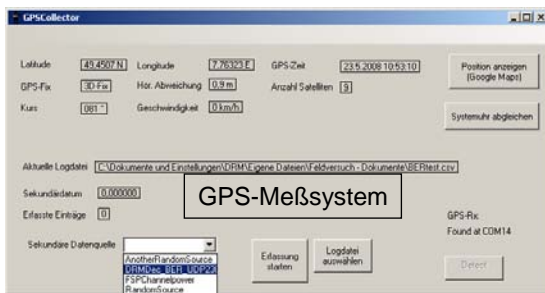
► Messprinzip



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



DRM+-Decoder



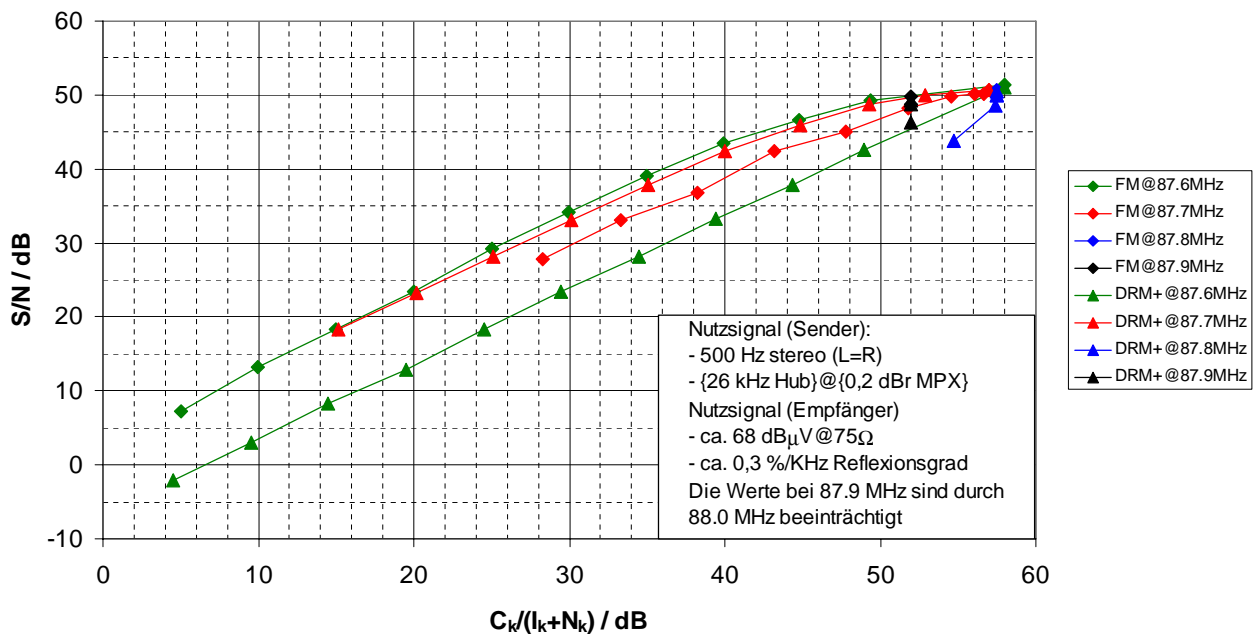
GPS-Meßsystem

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

Messpunkt 7: Lidl Königstr.

Empfänger: JVC

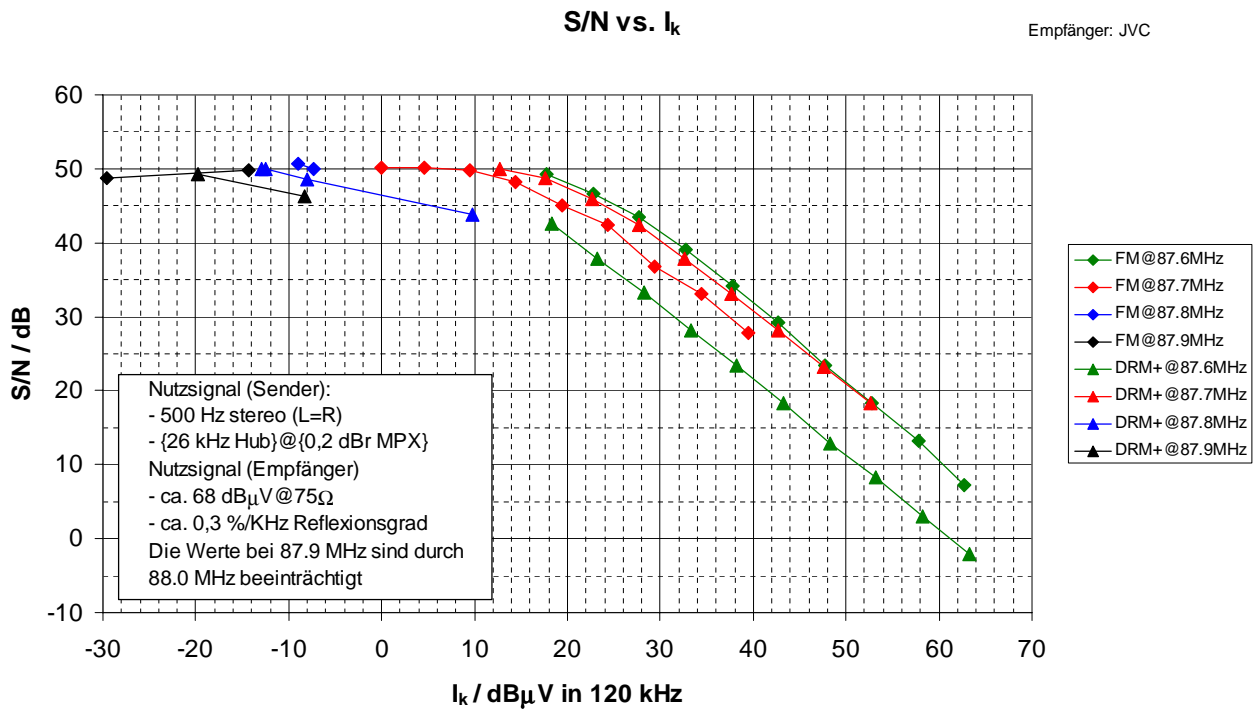
S/N vs.  $C_k/(I_k+N_k)$



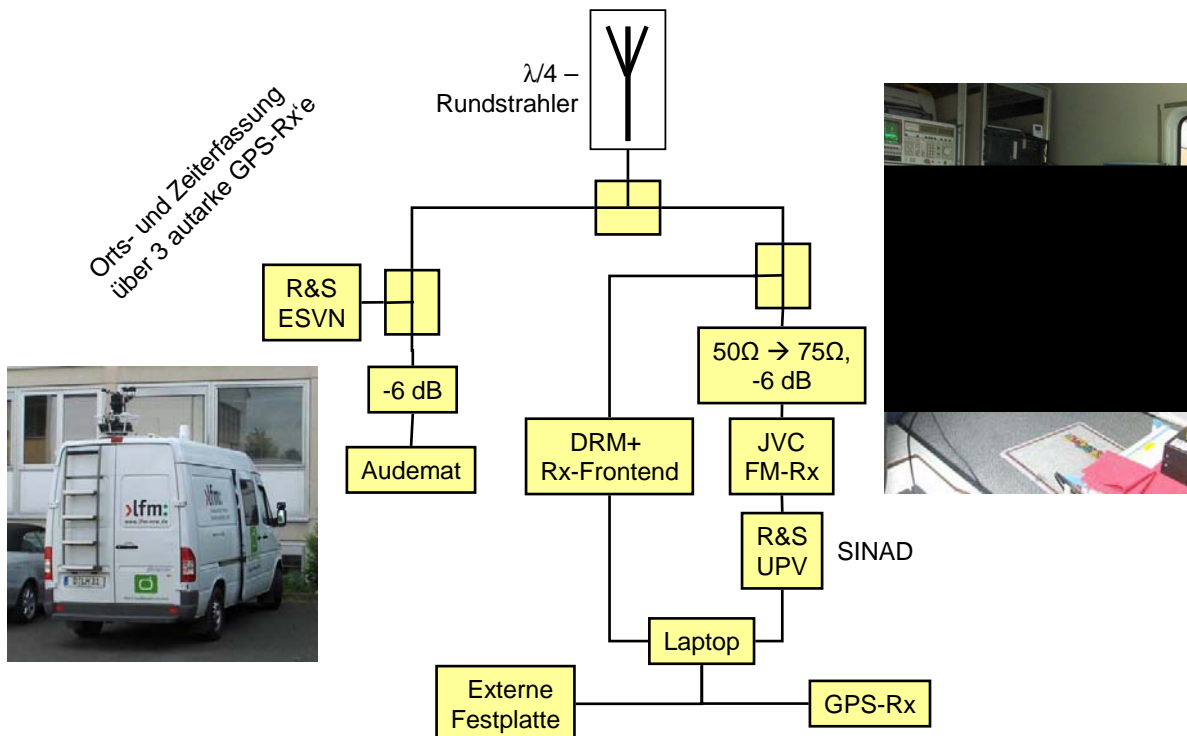
► **Verträglichkeit im Feld: Ergebnisse einer „großen stationären Messung“**

Messpunkt 7: Lidl Königstr.

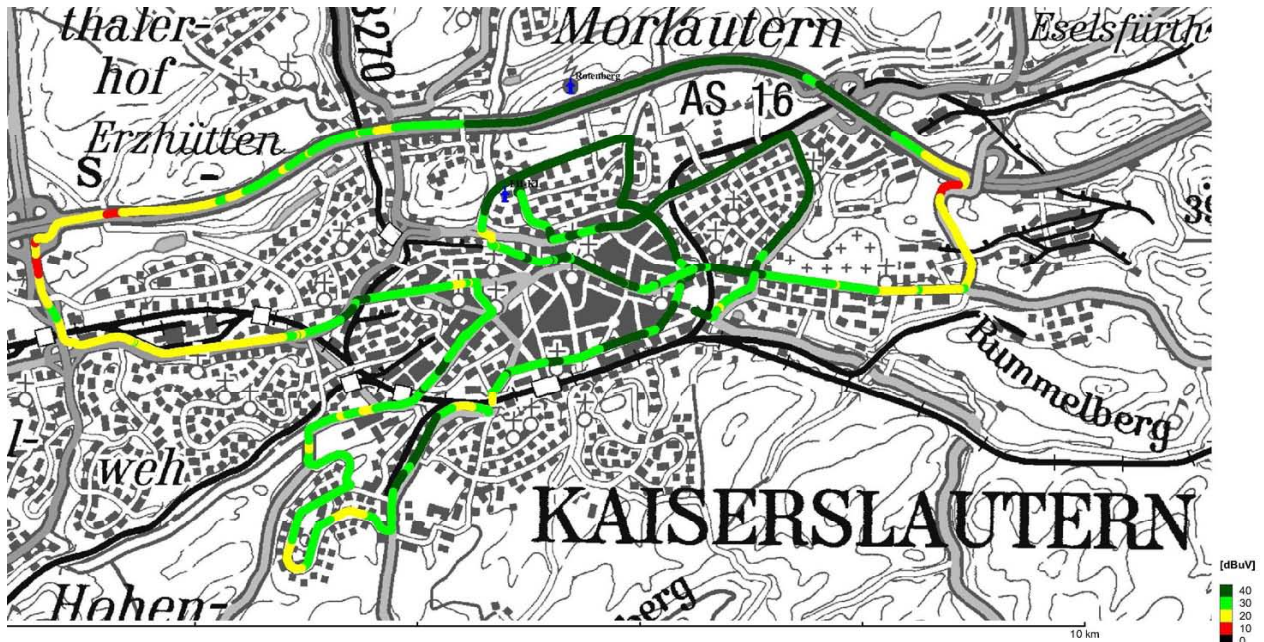
Empfänger: JVC



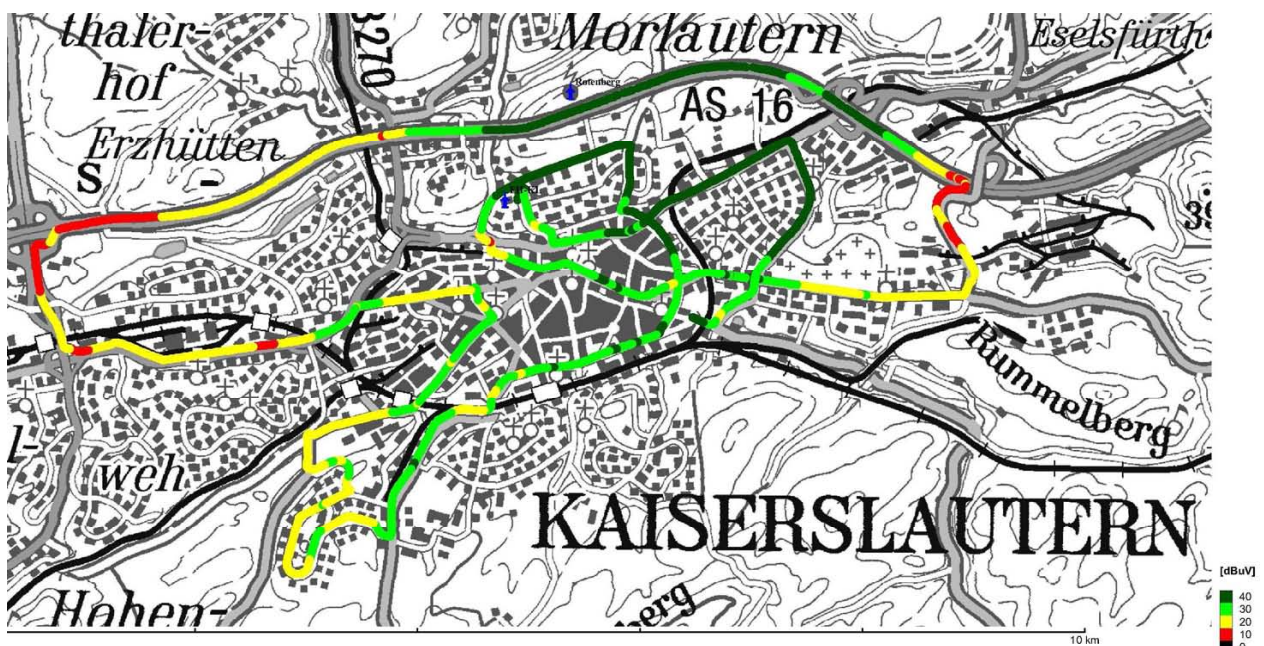
► **Messaufbau (vereinfacht) – Mobile Aufnahme (ca. 2,2 m ü.Gr.)**



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

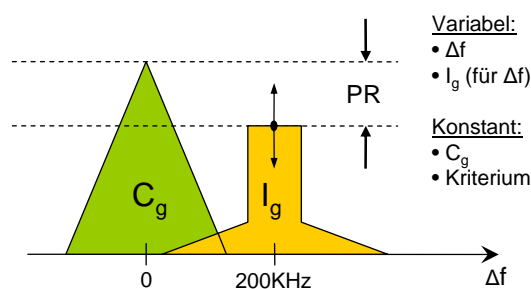
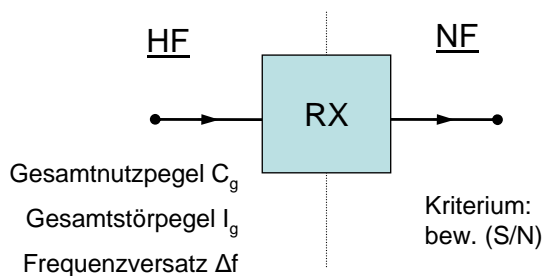


► **Verträglichkeit im Feld: Empfangspegel FM 87,8 MHz ungestört**



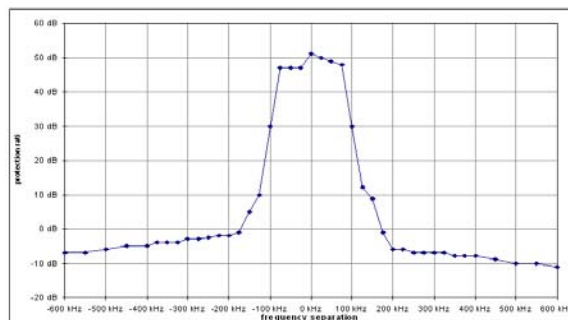


► **Verträglichkeit im Labor: Messen des Schutzabstandes (PR) – ITU-Prinzip**



**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)