

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► *Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs*

Ergebnisse zur Verträglichkeit von UKW-FM mit DRM+
Andreas Steil (FH Kaiserslautern)






Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 27 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► *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.

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 28 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd






 Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs
 

► **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

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 29 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd



 Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs
 

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

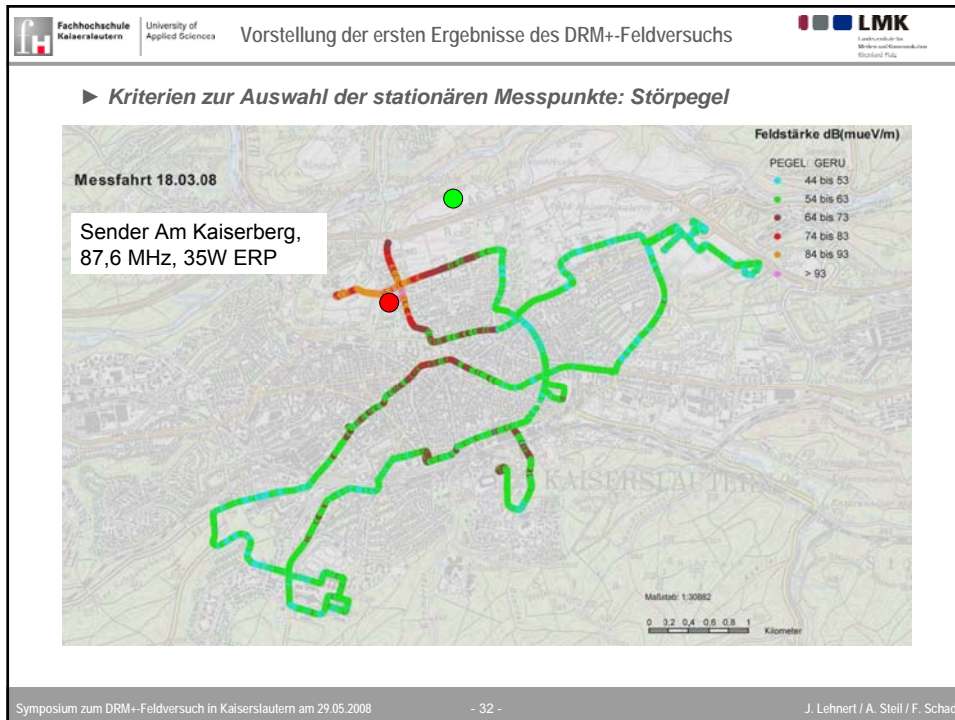
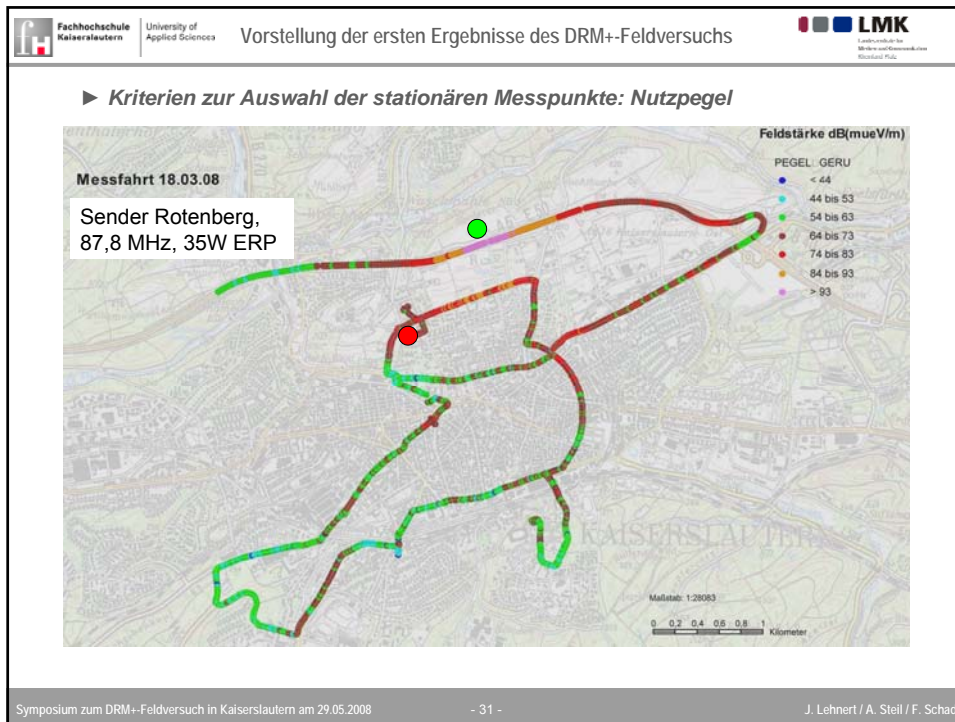
Standort "Am Kaiserberg"

Standort "Rotenberg"

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f96;">FM @ 87,6 MHz</div> <div style="margin-top: 10px; text-align: center;"> • Jeweils gleiche ERP • ERP evtl. variiert </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #f96; margin-top: 10px;">DRM+ @ 87,6 MHz</div> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">FM @ 87,6 MHz</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Gleichkanal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FM @ 87,7 MHz</td> <td style="text-align: center;">1. Nachbarkanal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FM @ 87,8 MHz</td> <td style="text-align: center;">2. Nachbarkanal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FM @ 87,9 MHz</td> <td style="text-align: center;">3. Nachbarkanal</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">FM @ 87,6 MHz</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Gleichkanal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FM @ 87,7 MHz</td> <td style="text-align: center;">1. Nachbarkanal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FM @ 87,8 MHz</td> <td style="text-align: center;">2. Nachbarkanal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">FM @ 87,9 MHz</td> <td style="text-align: center;">3. Nachbarkanal</td> </tr> </table> | FM @ 87,6 MHz | Gleichkanal | FM @ 87,7 MHz | 1. Nachbarkanal | FM @ 87,8 MHz | 2. Nachbarkanal | FM @ 87,9 MHz | 3. Nachbarkanal | FM @ 87,6 MHz | Gleichkanal | FM @ 87,7 MHz | 1. Nachbarkanal | FM @ 87,8 MHz | 2. Nachbarkanal | FM @ 87,9 MHz | 3. Nachbarkanal |
| FM @ 87,6 MHz | Gleichkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FM @ 87,7 MHz | 1. Nachbarkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FM @ 87,8 MHz | 2. Nachbarkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FM @ 87,9 MHz | 3. Nachbarkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FM @ 87,6 MHz | Gleichkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FM @ 87,7 MHz | 1. Nachbarkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FM @ 87,8 MHz | 2. Nachbarkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FM @ 87,9 MHz | 3. Nachbarkanal | | | | | | | | | | | | | | | | |

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

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 30 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd



Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **Kriterien zur Auswahl der stationären Messpunkte: Pegeldifferenz**

Pegeldifferenz / dB
 Quantisiert auf $100 \times 100 \text{m}^2$
 $\Delta = E(\text{FH}/\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) - E(\text{RB}/\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$

Delta / dB

PEGEL GERU

- D ≤ -20
- 20 < D ≤ -15
- 15 < D ≤ -10
- 10 < D ≤ -5
- 5 < D < 0
- 0 < D ≤ 5
- 5 < D ≤ 10
- 10 < D ≤ 15
- 15 < D ≤ 20
- D > 20

M Maßstab: 1:27188
 0 0,10,20,30,40,50 Kilometer

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 33 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

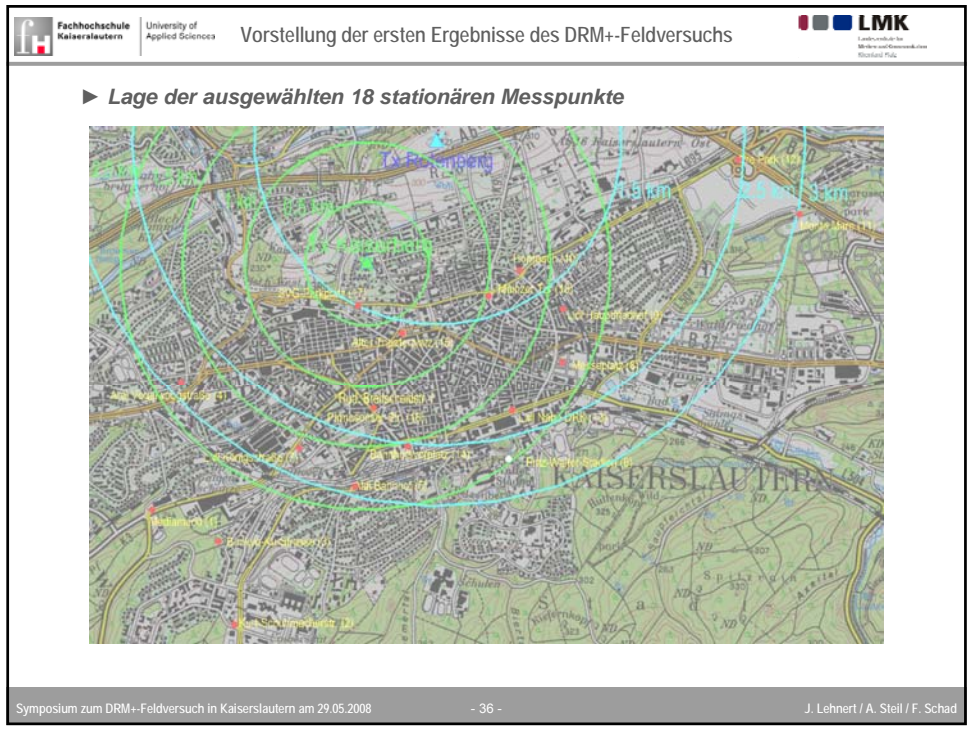
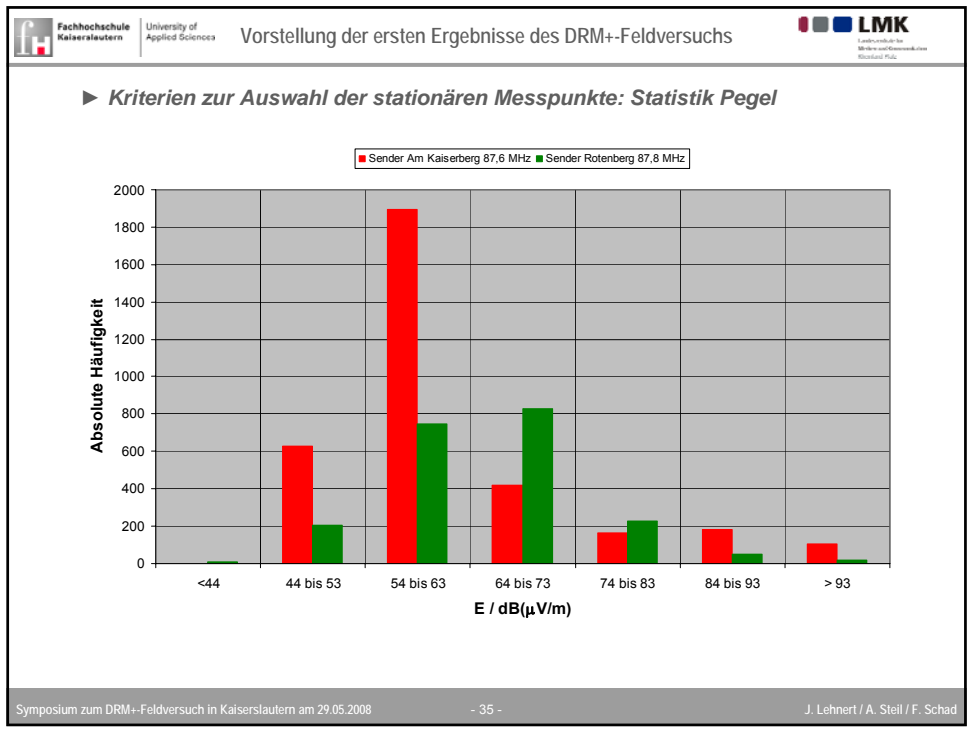
► **Kriterien zur Auswahl der stationären Messpunkte: Statistik Pegeldifferenz**

Absolute Häufigkeit

Pegeldifferenz FH - Rotenberg in dB

| Pegeldifferenz FH - Rotenberg in dB | Absolute Häufigkeit |
|-------------------------------------|---------------------|
| ≤ -20 | 8 |
| (-20...-15] | 20 |
| (-15...-10] | 16 |
| (-10...-5] | 36 |
| (-5...0] | 57 |
| (0...5] | 24 |
| (5...10] | 3 |
| (10...15] | 2 |
| (15...20] | 4 |
| > 20 | 4 |

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 34 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd



Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

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

„Zumutbare“ UKW Richtantenne

R&S FSP30 Kanalleistungen, Rauschen

Laptop m. UMTS-Karte zur Sendersteuerung

50Ω → 75Ω Matching Pad

R&S ESVN

ArgusMon

JVC FM-Rx

Audiosignale

R&S UPV

SINAD, S/N, Audiosamples

Messungen gem. FTZ-Richtlinie

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 37 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **Versorgung gem. Richtlinie: FM-Sender „Am Kaisersberg“**

Versorgung des FM-Senders „Am Kaisersberg“ @ 87,6 MHz

● Nicht versorgt / Feldstärke

● Gestört / Schutzmenge

● Versorgt / Schutzmenge

MP 5,6,8: Störung durch Mainz/Idar Oberstein

Gute Versorgung des Stadtgebiets; Leichte Störungen durch Mainz (87,7 MHz) / Idar-Oberstein (87,6 MHz)

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 40 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern

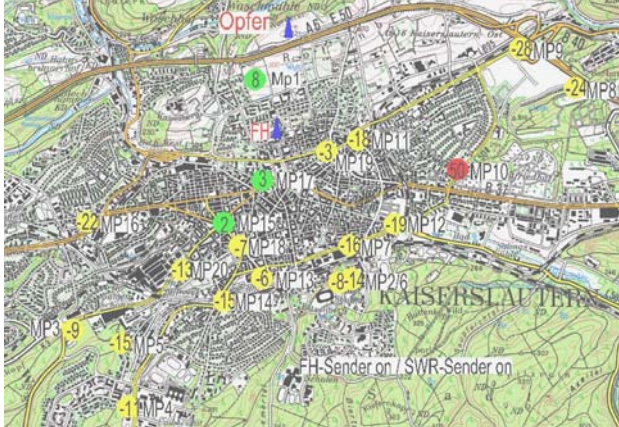
University of Applied Sciences

Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs

LMK
Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Rheinland-Pfalz

► **Versorgung gem. Richtlinie: FM-Sender „Am Kaiserberg“**

Versorgung des FM-Senders „Am Kaiserberg“ @ 87,6 MHz
bei eingeschaltetem FM-Sender „Rotenberg“ @ 87,8 MHz



- Nicht versorgt / Feldstärke
- Gestört / Schutzmenge
- Versorgt / Schutzmenge

Störung im wesentlichen nur durch den 200 kHz-Nachbar

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 41 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern

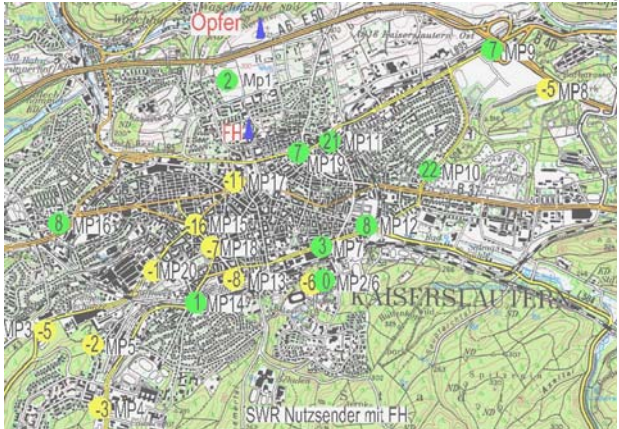
University of Applied Sciences

Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs

LMK
Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Rheinland-Pfalz

► **Versorgung gem. Richtlinie: FM-Sender „Rotenberg“**

Versorgung des FM-Senders „Rotenberg“ @ 87,8 MHz
bei eingeschaltetem FM-Sender „Am Kaiserberg“ @ 87,6 MHz



- Nicht versorgt / Feldstärke
- Gestört / Schutzmenge
- Versorgt / Schutzmenge

Störungen hier insbes. im Westlichen Stadtgebiet;
in den östlichen Bezirken bessere Versorgung (wie geplant)

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 42 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrum für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

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

HF → **RX** → NF

Gesamtnutzpegel C_g
Gesamtstörpegel I_g
Frequenzversatz Δf

Kriterium:
bew. (S/N)

Variabel:
• Δf
• I_g (für Δf)

Konstant:
• C_g
• Kriterium

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

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 43 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrum für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **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!**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 44 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs

Fachhochschule
Kaiserslautern

University of
Applied Sciences

LMK

Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Kaiserslautern

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

HF NF

→ ←

Kanalnutzpegel C_k

Kanalstörpegel I_k

Kanalrauschpegel N_k

Reflexionsgrad %/kHz

Frequenzversatz Δf

Kriterien:

- bew. (S/N)
- SINAD

Variabel:

- Δf
- I_k (für Δf)

Konstant:

- C_k
- N_k
- % / kHz

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 ↔ DRM+)

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 45 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs

Fachhochschule
Kaiserslautern

University of
Applied Sciences

LMK

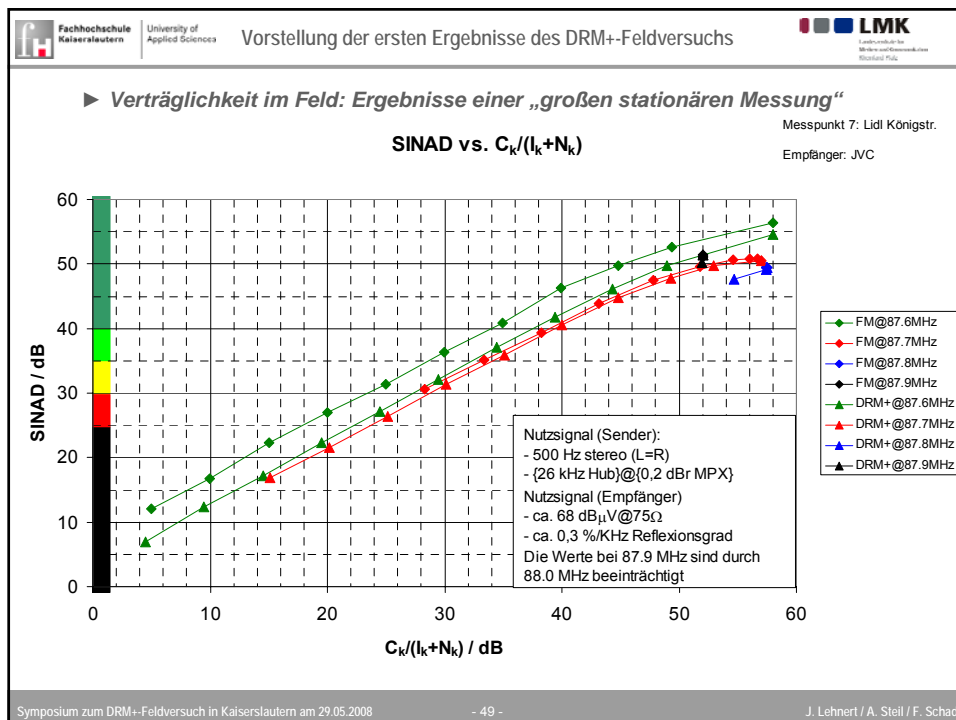
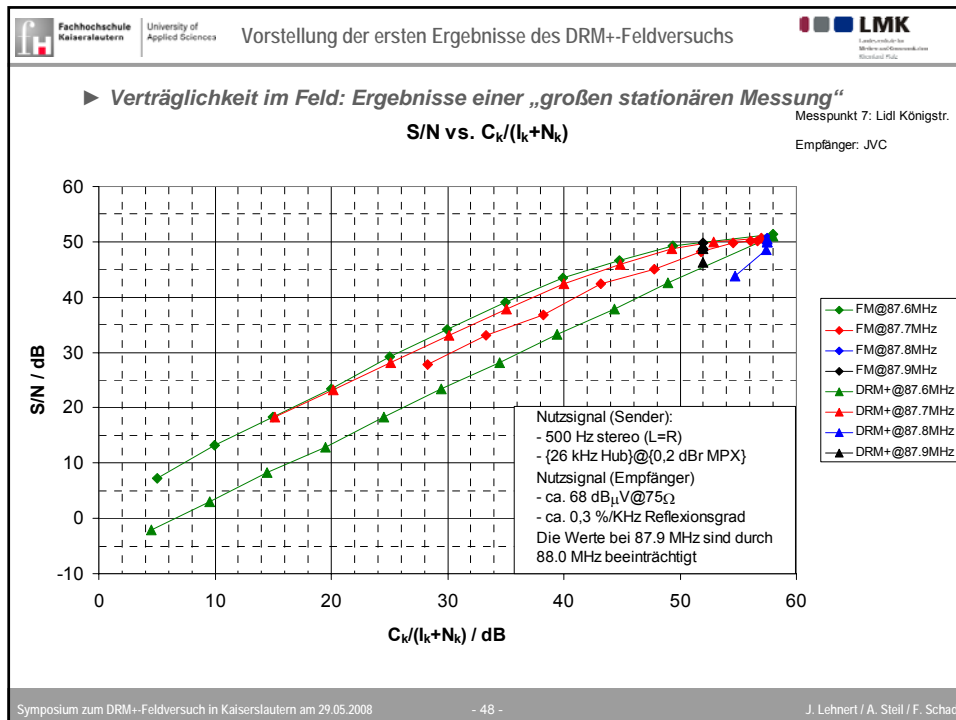
Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Kaiserslautern

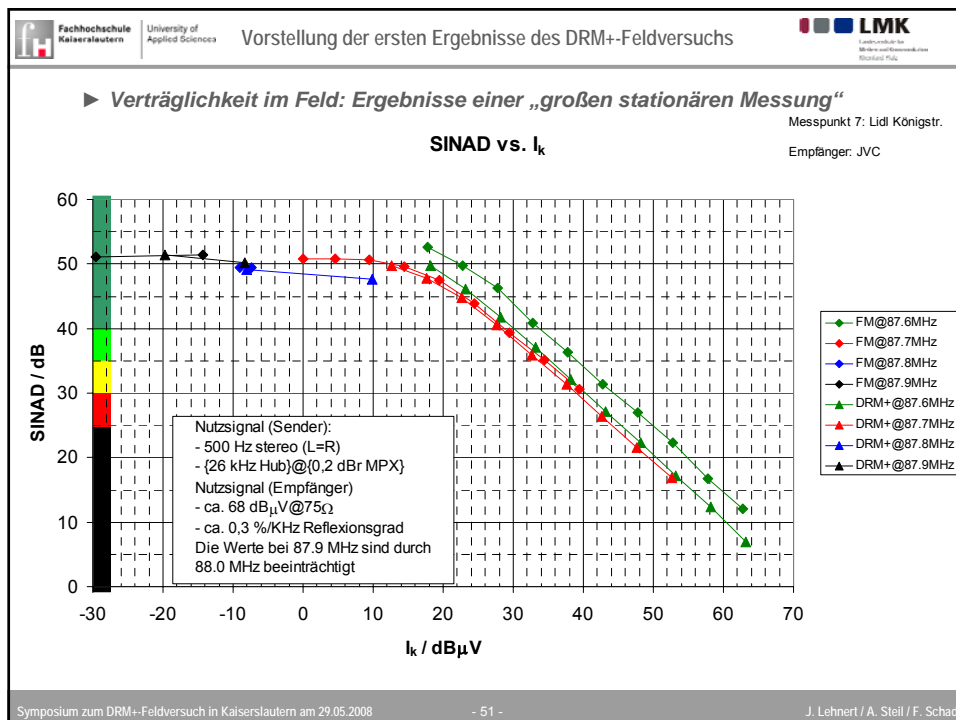
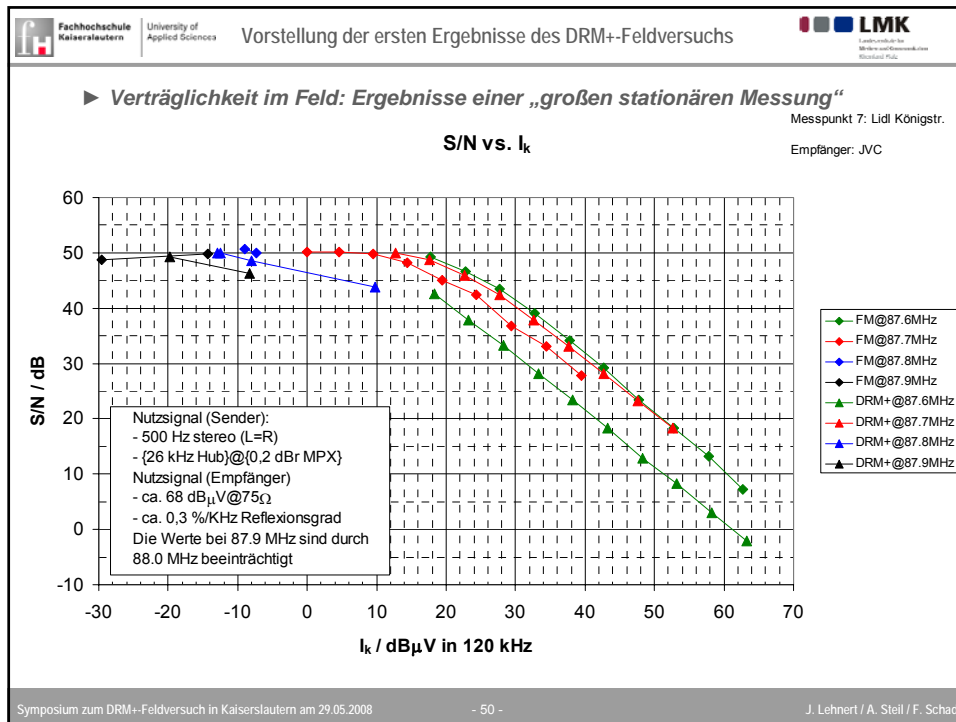
► **Unterschiede in den verwendeten Messsignalen für die S/N-Messung**

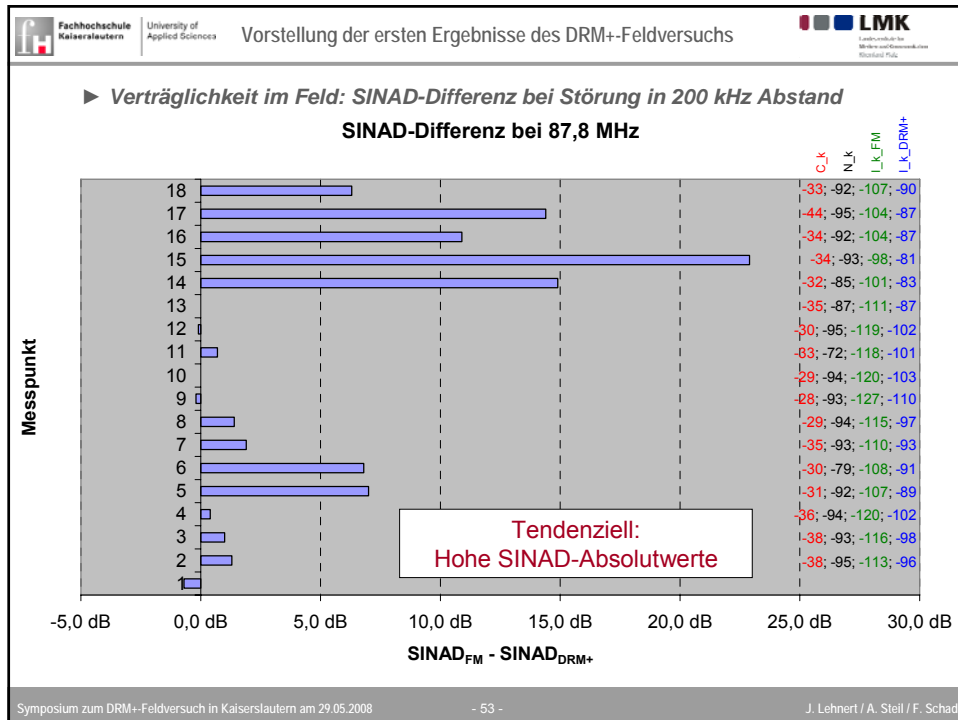
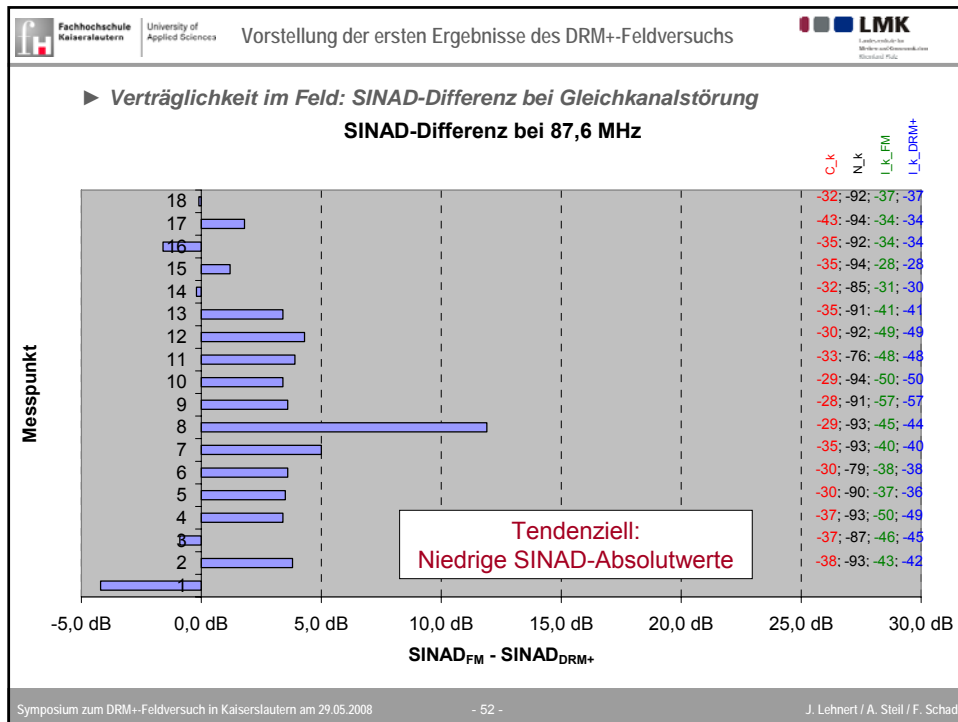
Achtung:
Die S/N-"Labor"-Werte und die "Feld"-Werte sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Die "Feld"-Werte sind in *Anlehnung an ITU-R BS 641* bestimmt worden:

- **Hub:**
 - **Feld:** ca. 26 kHz (500 Hz) für 0 dBr MPX-Leistung
 - **Labor:** 75 kHz
- **Eingangspegel:**
 - **Feld:** Bewertetes S/N als Differenz von unbewertetem Nutzpegel und bewerteten Störpegel (auf Basis der empfangenen Pegel)
 - **Labor:** Variation des Eingangspegels solange, bis die Differenz von unbewertetem Nutzpegel und bewerteten Störpegel 56 dB erreicht (dann Zuschalten des Störers, bis Verschlechterung auf 50 dB)

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 46 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd







Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

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

Orts- und Zeiterfassung über 3 autonome GPS-Rx'e

$\lambda/4$ – Rundstrahler

R&S ESVN

-6 dB

Audemat

DRM+ Rx-Frontend

50 Ω \rightarrow 75 Ω , -6 dB

JVC FM-Rx

R&S UPV SINAD

Laptop

Externe Festplatte

GPS-Rx

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 54 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schad

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

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

thalerhof

Erzhütten

Morlautern

Eselsfürth

AS 16

Hummelberg

weh

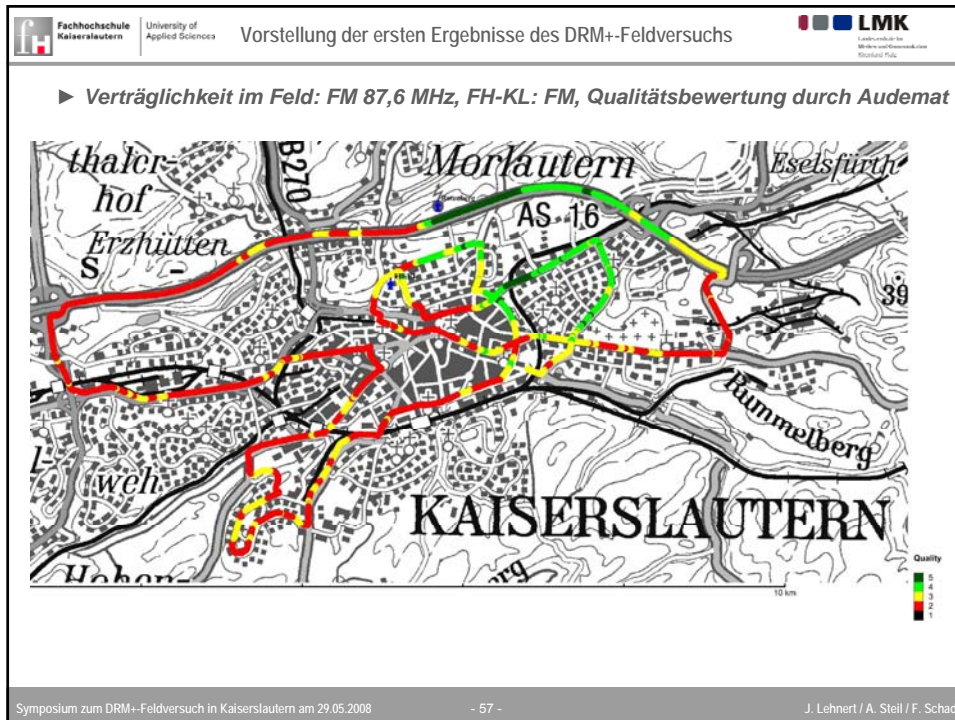
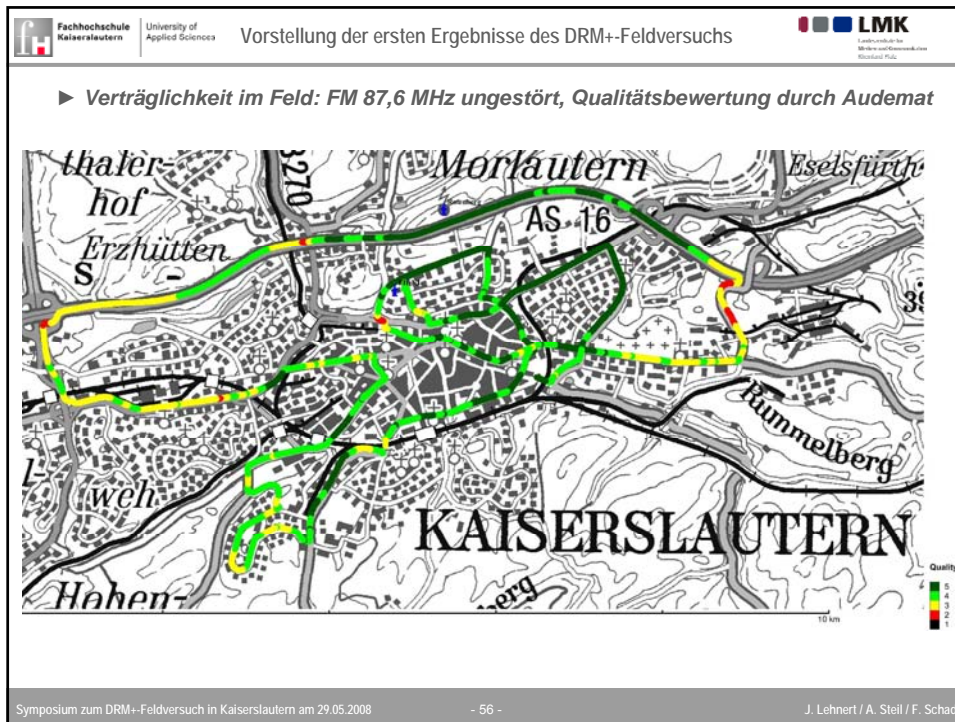
Hohenberg

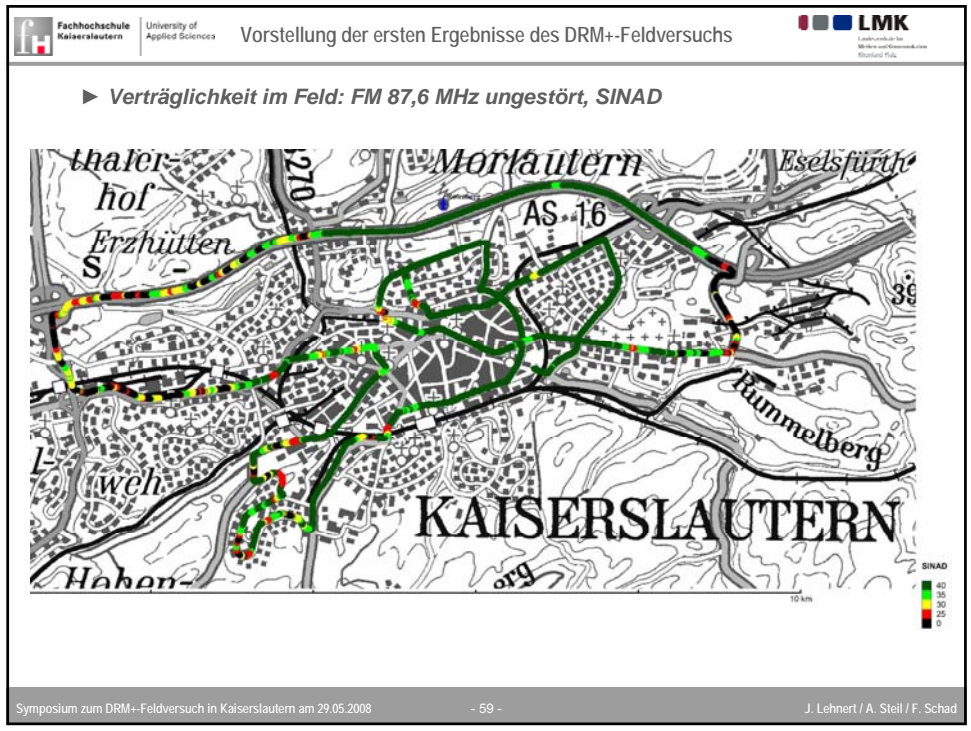
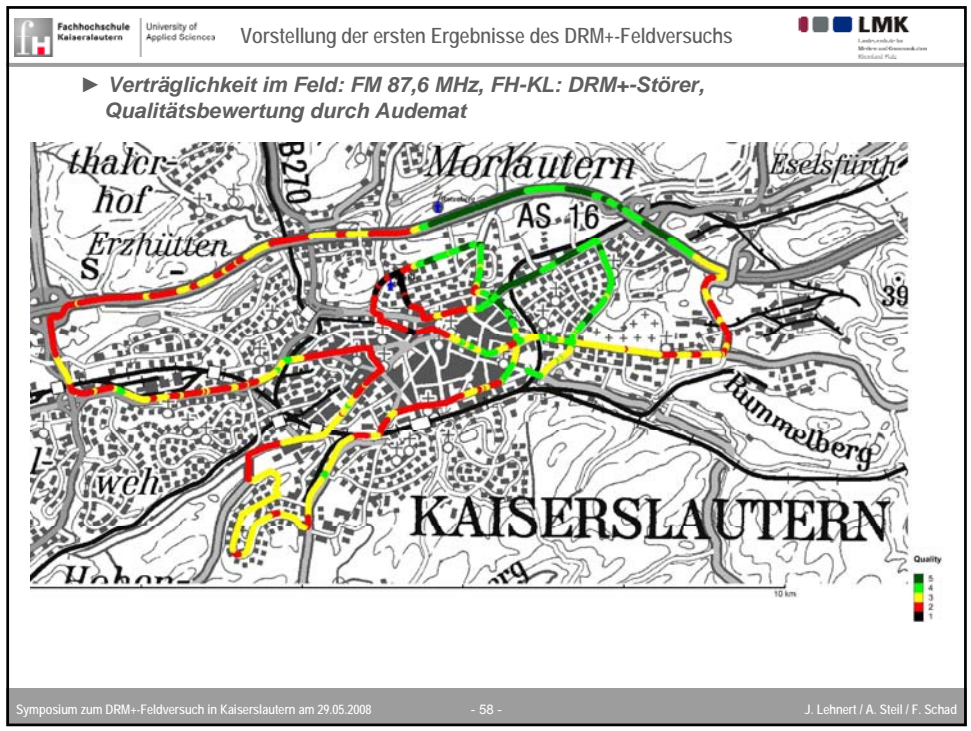
KAISERSLAUTERN

10 km

(dBm)

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 55 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schad















Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Vorstellung der ersten Ergebnisse des DRM+-Feldversuchs LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **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“.**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 69 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schad