

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

► **DRM+ im UKW-FM-Umfeld**

**Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation des DRM+ Feldversuchs**  
Andreas Steil (FH Kaiserslautern)



Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 1 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **Technischer Roter Faden der Arbeiten**

2006 Technische Studien zu DRM+ im UKW-Umfeld

↓

Erfüllt DRM+ die Anforderungen an ein modernes Übertragungssystem?

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 2 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK

► **Technische Studien in 2006: Anforderungen und Annahmen**

Core requirements	Technical setpoints	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Use of state-of-the art transmissions principles of DRM standard</li> <li>• Coverage and structures similar to VHF FM system, fully accounting for                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mobility, up to 300 km/h</li> <li>– Portable receiver characteristics</li> <li>– Full indoor reception</li> <li>– Grid-conforming</li> </ul> </li> <li>• CD-like audio quality and PAD</li> <li>• SFN capability</li> <li>• Switching over on a single VHF FM frequency possible (smooth transition)</li> </ul>	System bandwidth	100 kHz
	Modulation Scheme	OFDM
	Subcarrier modulation	4-,16-,64-QAM
	Coded BER	10 <sup>-4</sup>
	Channel model	Urban Area
	Channel coding	Conv., R = ½
	SFN TX-distances	60 km

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 3 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK

► **Technische Studien in 2006: OFDM Parametersätze und Datenraten**

Modulation scheme	4-QAM	16-QAM	64-QAM
Required C/N @ RX input	15 dB	25 dB	33 dB
Bandwidth	100 kHz	100 kHz	100 kHz
Subcarrier spacing	375 Hz	750 Hz	1500 Hz
Number of subcarriers	266	132	66
Maximum RX velocity	300 km/h		200 km/h
QAM symbol duration	2.667 ms	1.333 ms	0.667 ms
Guard interval (for SFN = 166.667 µs)	1/16	1/8	1/4
OFDM symbol duration	2.833 ms	1.5 ms	0.833 ms
Number of pilot subcarriers per OFDM symbol	11		
Gross data rate	<b>187.7 kBit/s</b>	<b>352 kBit/s</b>	<b>475.2 kBit/s</b>
Net data rate (code rate = 0.5)	93.5 kBit/s	175.5 kBit/s	237.5 kBit/s
Net data rates for FAC & SDC (ca. 15 %)	14 kBit/s	18.6 kBit/s	35.7 kBit/s
Net data rate for MSC	<b>79.5 kBit/s</b>	<b>149.1 kBit/s</b>	<b>201.8 kBit/s</b>

**Achtung: Diese Parameter sind nicht jetzigen DRM+-Parameter**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 7 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern | University of Applied Sciences | Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... | LMK

► **Technische Studien in 2006: Funknetzplanungsparameter**

$RX_{min}$ : {Minimum received power}@{receiver input}  
 $E_{plan}$ : Planning field strength, used for RF-planning

receiving situation / receiver type		fixed	portable		mobile@ $v_{max}$
			outdoor	indoor	
FM (Stereo)	$E_{plan}$	54 dB $\mu$ V/m	73 dB $\mu$ V/m	80 dB $\mu$ V/m	77 dB $\mu$ V/m
4-QAM	$RX_{min}$	-102 dBmW			-99 dBmW
	$E_{plan}$	10 dB $\mu$ V/m	35 dB $\mu$ V/m	42 dB $\mu$ V/m	42 dB $\mu$ V/m
16-QAM	$RX_{min}$	-92 dBmW			-84 dBmW
	$E_{plan}$	20 dB $\mu$ V/m	45 dB $\mu$ V/m	52 dB $\mu$ V/m	57 dB $\mu$ V/m
64-QAM	$RX_{min}$	-84 dBmW			-80 dBmW
	$E_{plan}$	28 dB $\mu$ V/m	53 dB $\mu$ V/m	60 dB $\mu$ V/m	61 dB $\mu$ V/m
T-DAB	$E_{plan}$	35 dB $\mu$ V/m	56 dB $\mu$ V/m	59 dB $\mu$ V/m	60 dB $\mu$ V/m

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 | - 8 - | J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern | University of Applied Sciences | Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... | LMK

► **Technischer Roter Faden der Arbeiten**

2006 --- Technische Studien zu DRM+ im UKW-Umfeld

↓

Erfüllt DRM+ die Anforderungen an ein modernes Übertragungssystem?

Wie steht es mit der "Sozialverträglichkeit"?  
 → Messungskampagnen im Labor

↓

2007 --- Verträglichkeit von DRM+ mit BOS, FM und Flugfunkdiensten (Labormessungen)

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 | - 9 - | J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

**Fachhochschule  
Kaiserslautern**  
 University of  
Applied Sciences

Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation...

**LMK**  
 Landeszentrale für  
Medien und Kommunikation  
Kaiserslautern

---

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Zweck, untersuchte Systeme, Gültigkeit**

- **Notwendigkeit** von **Verträglichkeitsuntersuchungen** vor Abstrahlung!
- Definition des Begriffes „**Schutzabstand**“:  
HF-Leistungsverhältnis zweier Signale in Abhängigkeit der Frequenzdifferenz, bei dem das Störkriterium des zu schützenden Dienstes gerade noch erfüllt ist.
- **Untersuchte Systeme:**
  - **DRM+**
  - **HD-Radio™**

- **Betroffene Systeme:**
  - **UKW-Rundfunk** (87,5 – 107,9 MHz)
  - **Behördenfunk** BOS im 4-Meter-Band (74,0 – 85,0 MHz)
  - **Flugfunk** (hier: 108,0 – 117,95 MHz, VOR & ILS Localizer)
- **Reaktion realer Empfänger** auf OFDM-Signale ist **nicht vorhersagbar**.  
Ohne aufwendige Messungen ist eine **zuverlässige Funknetzplanung** unmöglich.
- **Messung** der Schutzabstände erfolgt **konform zu** den einschlägigen **Vorschriften**.
- **Achtung!** Die dargestellten Ergebnisse sind aufgrund der geringen Empfängeranzahl **Anhaltspunkte für Versuchssendungen** und **KEINE** absoluten Zahlen zur Verwendung als **Planungsgrundlage des Regelbetriebs!**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 10 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

**Fachhochschule  
Kaiserslautern**  
 University of  
Applied Sciences

Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation...

**LMK**  
 Landeszentrale für  
Medien und Kommunikation  
Kaiserslautern

---

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Spektrum DRM+**

- **Sendermaske kompatibel mit FM-Maske**  
ETSI-EN 302 108-1 V1.2.1
- **Messbeispiel:**  
DRM+ vs. BOS Schmalband-FM  
bei Beginn der Störung

Sendemasken für DRM120 SQAM und FM

Legend: DRM120 SQAM (blue line), ETSI EN 302 108-1 V1.2.1 FMMask (green line)

Ref: -20 dBm    Att: 1.0 dB

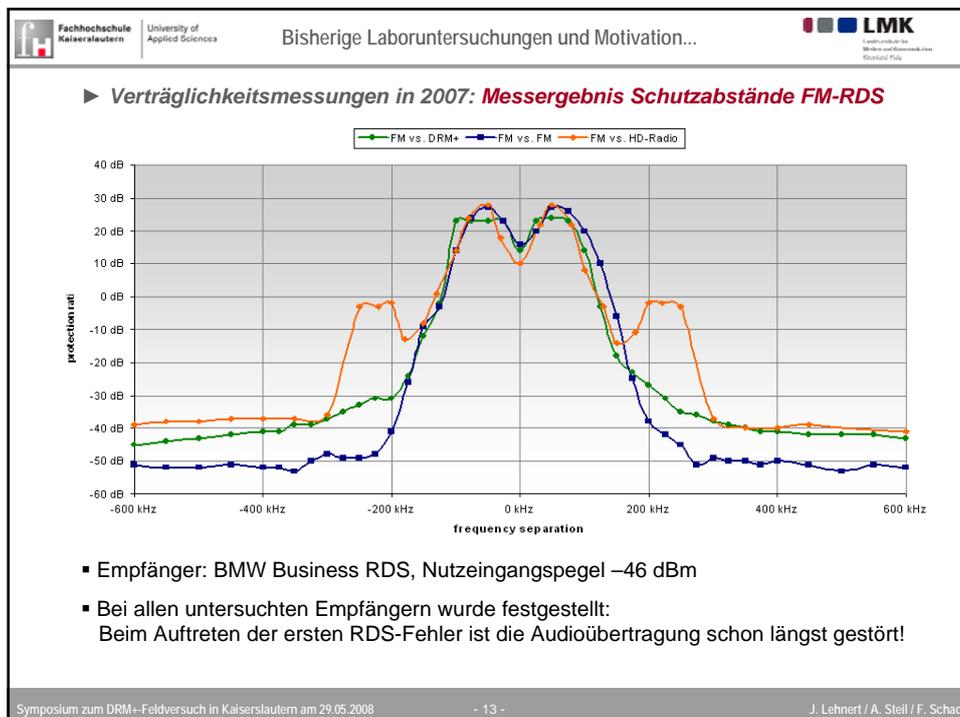
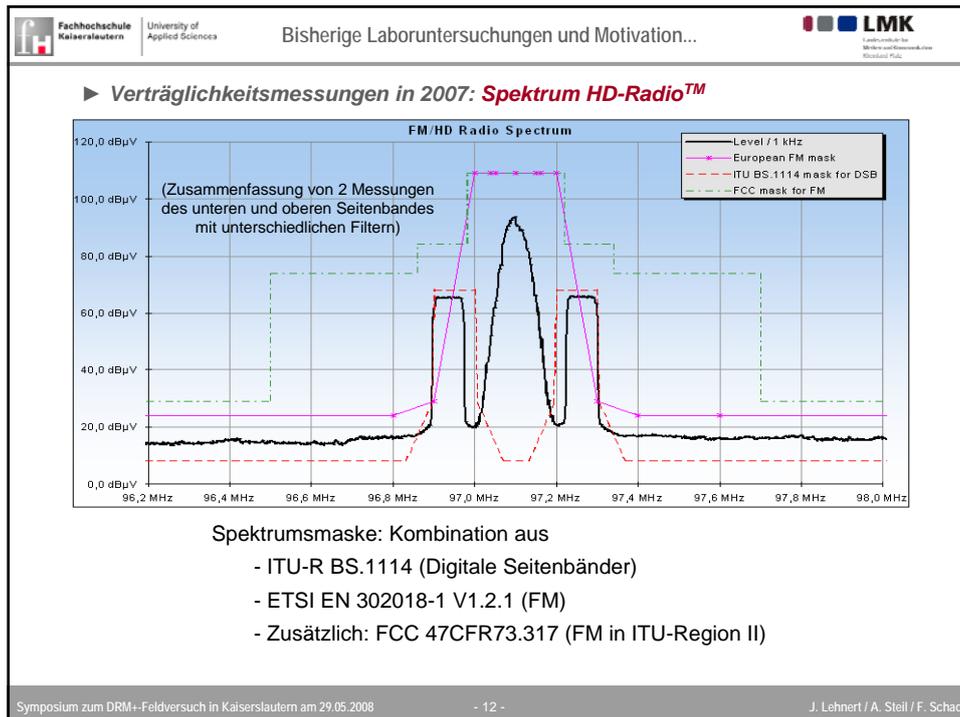
- FREQ 1 kHz    Marker 1 [T1]    -48.24 dBm

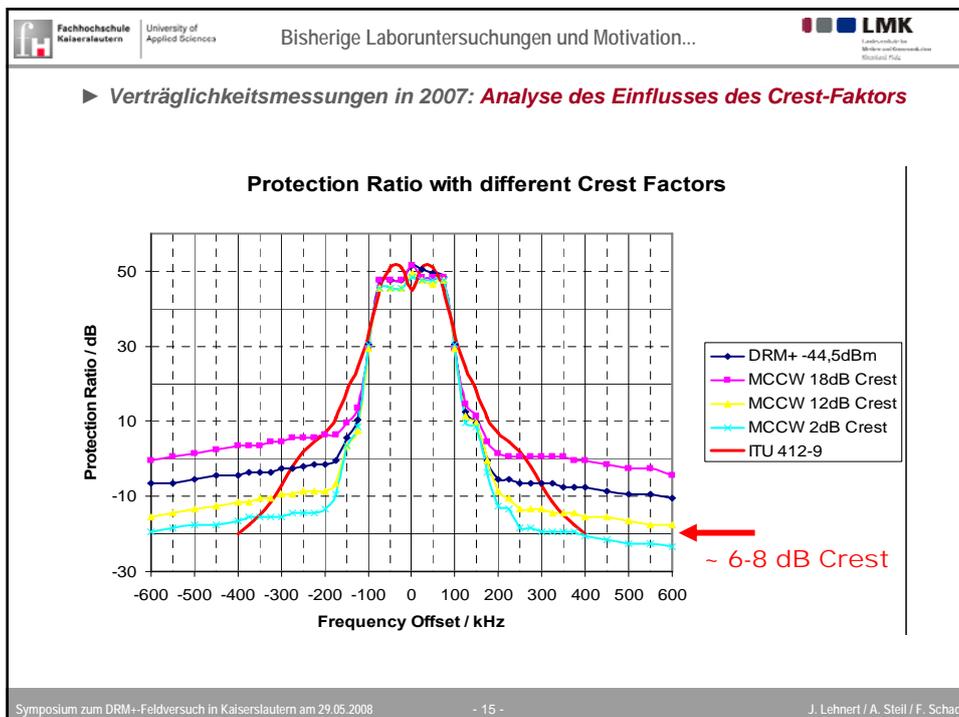
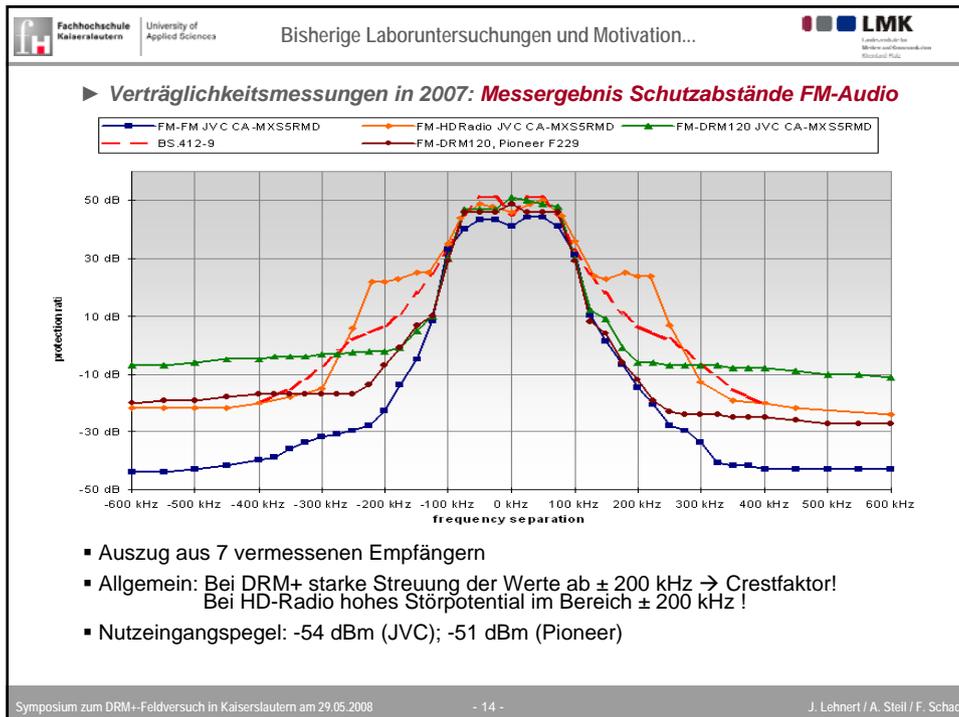
- FREQ 1.00 kHz    -48.24 dBm

- BW 1.0 g    87.25720000 MHz

Center: 87.165 MHz    Span: 500 kHz

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 11 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd





Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Analyse des Einflusses des Crest-Faktors**

- DRM+ stört FM
- ALC ein

**Spektrum der 1. ZF eines Autoradios (Blaupunkt Windsor SQR 38)**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 16 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Analyse des Einflusses des Crest-Faktors**

- OFDM-Signal mit 2 dB Crestfaktor stört FM
- ALC ein

Intermodulation geht zurück!

**Spektrum der 1. ZF eines Autoradios (Blaupunkt Windsor SQR 38)**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 17 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule  
Kaiserslautern

University of  
Applied Sciences

Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation...

LMK  
Landeszentrale für  
Medien und Kommunikation  
Kaiserslautern

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Analyse des Einflusses des Crest-Faktors**

- DRM+ stört FM
- ALC manuell eingestellt: Reduktion des Gewinns um ca. 7 dB bewirkt eine Reduktion der IM um ca. 23 dB !!!

**Spektrum der 1. ZF eines Autoradios  
(Blaupunkt Windsor SQR 38)**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 18 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule  
Kaiserslautern

University of  
Applied Sciences

Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation...

LMK  
Landeszentrale für  
Medien und Kommunikation  
Kaiserslautern

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Analyse des Einflusses des Crest-Faktors**

Die gezeigten Messbilder der ZF legen folgenden Schluss nahe:

**1) Der Schutzabstand in den Nachbarkanälen hängt stark vom Crestfaktor ab:**

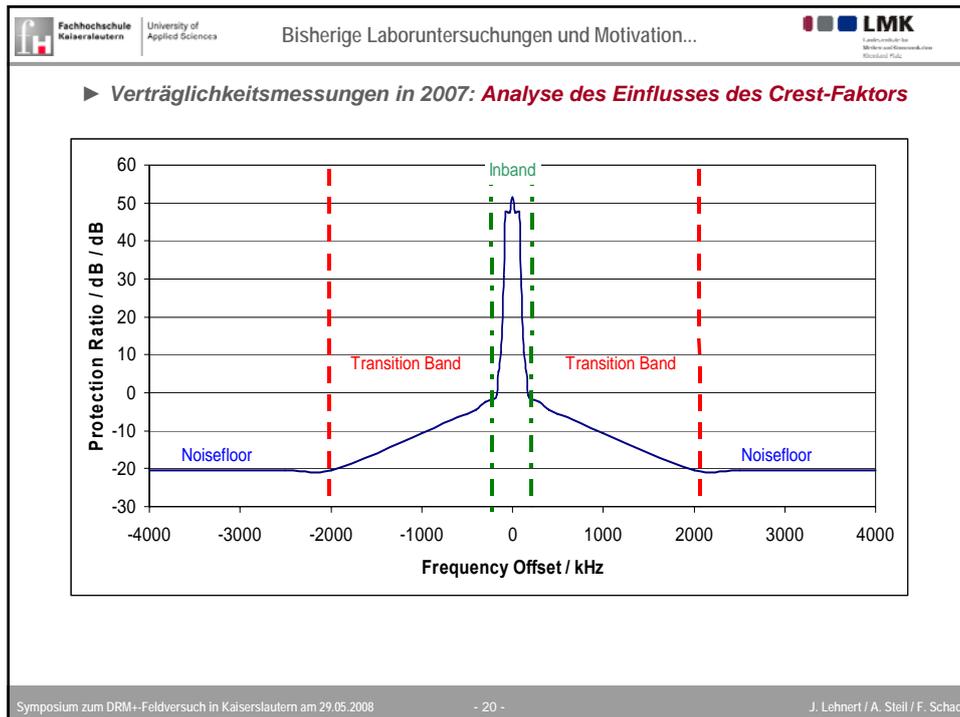
Je höher der Crestfaktor, je größer der Schutzabstand.

Die ALC des FM-Empfängers ist zu langsam, um den schnellen Spitzen eines DRM+-Signals zu folgen.

Die erste Mischerstufe wird übersteuert und bewirkt starke Intermodulation.

**2) FM-Empfänger mit schlechter Vorselektion können Übergangsbänder (Transition Band) bis zu 4 MHz aufweisen.**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 19 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd



Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK Landeszentrum für Medien und Kommunikation Kaiserslautern

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Analyse des Einflusses des Crest-Faktors**

<b>Inband</b>	Kein Problem (ähnlicher Schutzabstand wie FM-FM)
<b>Noiseband</b>	<b>Problem</b> der Generierung des Sendesignals / I-Q-Signals: <b>Lösung</b> durch geeignete Bandpass-Filter nach dem Sender
<b>Transition Band (+/- 2MHz)</b>	<b>Problem</b> der UKW-FM-Radios: <b>Intermodulationsprodukte</b> aufgrund der ALC <b>Mögliche Lösung senderseitig (Vorschlag):</b>  Reduzierung des Crest-Faktors des DRM+-Signals (auf z.B. 6dB, falls möglich (DRM-Konsortium!)) <b>und / oder</b> Reduzierung der Sendeleistung (um z.B. 10 dB) gegenüber der FM-Leistung

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 21 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Zusammenfassung (1)**

 - weist im Vergleich zu FM ein ähnliches Störpotential gegenüber den Nachbardiensten BOS und VOR/ILS auf, insbes. wenn eine senderseitige Filterung zur Eliminierung evtl. Nebenaussendungen vorgenommen wird.

- hat gleiches bis höheres Störpotential im UKW-Band als FM. Die Höhe der Störung hängt wesentlich vom Empfängerfrontend (ALC-Problematik, Übersteuerung des ersten Mischers durch hohen Crestfaktor, ...) ab.

 - weist bei senderseitiger Filterung ein vergleichbares Störpotential gegenüber BOS wie FM auf.

- hat gegenüber ILS/VOR ab einer Sendefrequenz 107,5 MHz ein höheres Interferenz-potential als FM. Ein Betrieb oberhalb 107,7 MHz ist aufgrund der Bandbreite nicht möglich.

- ist im UKW-Band im Sinne der Störwirkung mit Ausnahme des Bereichs  $\pm (100 \dots 250)$  kHz vergleichbar mit FM. Im Bereich  $\pm (100 \dots 250)$  kHz haben die digitalen Seitenbänder hohes Störpotential.

- erfüllt nicht die Vorgaben an die Spektrumsmaske in ITU-Region I.

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 22 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

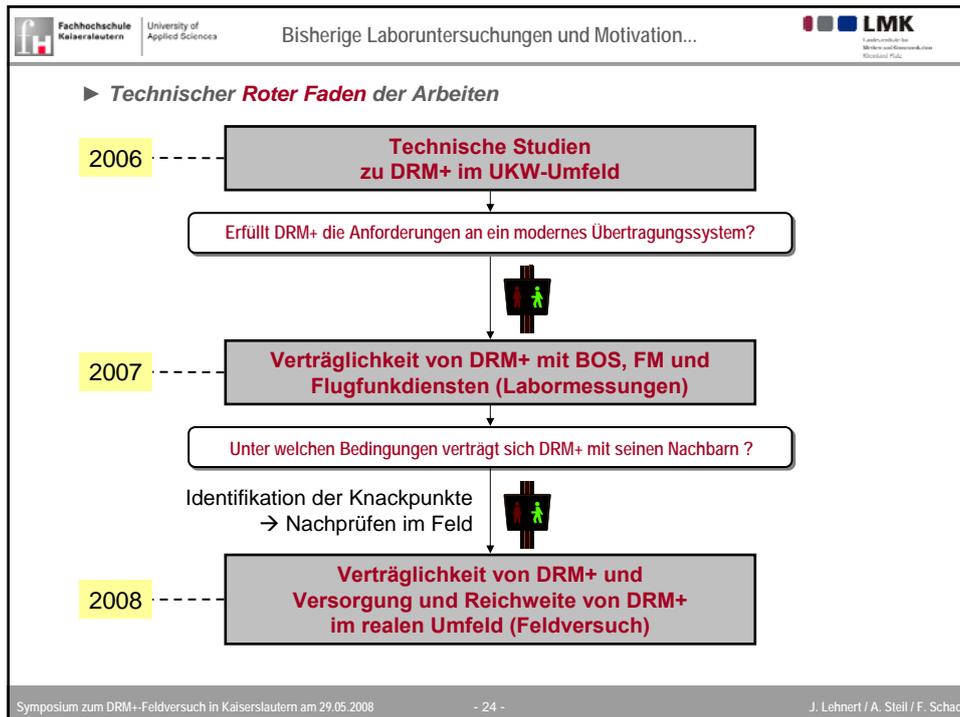
Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **Verträglichkeitsmessungen in 2007: Zusammenfassung (2)**

- Der RDS-Empfang ist unkritischer / robuster als der Audioempfang
- DRM+ hat ein um 5 dB geringeres Störpotential in Belangen der Intermodulation mit unmodulierten FM-Trägern gegenüber ILS Localizer & VOR (Ergebnis einer Dreisender-Messung) als FM und HD-Radio™
- Alle Messungen wurden zu Versuchszwecken / als Vorbereitung von Versuchssendungen angestellt. Die Ergebnisse sind daher nicht zur Planung im Dauerbetrieb anwendbar, sondern nur als Vorstudien zu betrachten! Insbesondere zum Schutz des Flugfunks sollten Sicherheitsreserven eingeplant werden da die Empfängerbandbreiten nicht normiert sind und hier nur ein einziger VOR/ILS-Empfänger vermessen wurde!

So weit, so gut ... Die Ampel steht also auf  für 

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 23 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd



Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Bisherige Laboruntersuchungen und Motivation... LMK

► **Identifikation von Knackpunkten**

- Die "alten" **Messvorschriften** zur Bestimmung der Verträglichkeit
  - gelten für FM-Störer, nicht für "digitale" Störer
  - berücksichtigen nicht die unterschiedlichen
    - Empfängereigenschaften (Empfindlichkeit,...)
    - Empfangssituationen (Stationär, mobil, ...)
    - Inhalte des realen FM-MPX-Signals
- Die "alten" **Schutzabstandskurven** für FM beruhen auf einem Kriterium, das
  - eine große Anzahl von Empfängern nie erreicht
  - auch von solchen Empfängern, die es erreichen können, in der konkreten Empfangssituation oft nie erreicht wird
  - die (objektive) Audioqualität nur eingeschränkt widerspiegelt
- Die "alten" Messvorschriften zur **FM-Versorgungsmessung** basieren **nur** auf HF Parametern, z.B. Pegel, Störhub,..., in einer heute völlig untypischen Empfangssituation (Stationär, 10 m Höhe, "Zumutbare" Antenne), so dass keine direkte (objektive) Bewertung der Audioqualität möglich wird.
 

**ABER:** Mit diesen Messvorschriften kann die Konsistenz der Senderplanung messtechnisch verifiziert werden ("Planerisch" versorgt oder nicht)



Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 25 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd