

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**

Technische Planungsansätze für digitale Sender im UKW-FM-Umfeld

Andreas Steil (FH Kaiserslautern)
Joachim Lehnert (LMK)




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

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**

Technische Planungsansätze für digitale Sender im UKW-FM-Umfeld

- 1. Die Entwicklung des UKW-FM-Universums vom „Urknall“ bis heute**
- 2. Rechnergestützte Verträglichkeits- und Versorgungs-Analysen mit „Fransy“ für DRM+ im UKW-Migrationsszenario (Exkurs: HD-Radio™)**
- 3. Heraus aus der Sackgasse: Entwicklung des UKW-Universums im Analog-Digital-Übergang**



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

**Fachhochschule
Kaiserslautern**
University of
Applied Sciences

Technische Planungsansätze für digitale UKW-Sender

LMK
Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Kaiserslautern

► **UKW-FM-Geschichte: Wer, wie, was? Wieso, weshalb, warum?**

1950 Kopenhagener Wellenplan:
 Deutschland erhält ein „technisches Minimum“ an MW-Frequenzen:
 In allen 4 Besetzungszonen

- 8 gemeinsam nutzbare MW-Frequenzen mit Leistung < 70 kW
- 1 Internationale Gemeinschaftswelle mit Leistung < 2 kW

1955 Zusätzliche Frequenzen für die insg. 6 Rundfunkanstalten:

- Amerikanische Besetzungszone: 11
- Britische Besetzungszone: 5
- Französische Besetzungszone: 2

Die Rundfunkversorgung konnte nicht sichergestellt werden!

1949 Unterausschuß C3 der Post

- Entscheidung für Aufbau eines Rundfunksystems
 - 3-m Band (UKW)
 - Horizontaler Polarisation
 - Frequenzmodulation
 - Geringe Senderabstände (mit Ballempfang)
- Festlegung der technischen Parameter der (günstigen) Empfänger

} Alternative zu
"Kopenhagen"

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

**Fachhochschule
Kaiserslautern**
University of
Applied Sciences

Technische Planungsansätze für digitale Sender ...

LMK
Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Kaiserslautern

► **UKW-FM-Geschichte: Die (Mono)-Parameter des Empfängers**

Niederfrequenz-Bandbreite	30...15 000 Hz
Maximaler Klirrfaktor bei halber Aussteuerung*)	
zwischen 50 und 100 Hz	2 %
zwischen 100 und 7500 Hz	1 %
zwischen 7500 und 15 000 Hz	2 %
(entsprechend den CCIF-Empfehlungen für Leitungen)	
Zulässiges Störverhältnis an der Grenze des Versorgungsgebietes	100 : 1 (40 dB)
anzustreben innerhalb des Versorgungsgebietes	1000 : 1 (60 dB)
Dynamikumfang	300 : 1 (30 dB)
UKW-Bandbereich	87,5...100 MHz
Maximaler Frequenzhub (entsprechend US-Wert)	75 kHz
Kanalbreite	400 kHz (später 300 kHz)
Preemphasis	75 µs (später 50 µs)


*) spätere Pflichtenheftwerte

zwischen 40 und 100 Hz	≤1,5 %
zwischen 100 und 15 000 Hz	≤1 %
bei Vollaussteuerung, 75 kHz Hub	

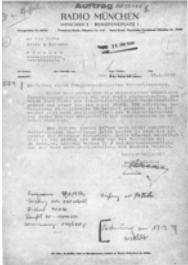
Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 4 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK


► **UKW-FM-Geschichte: Ein paar Bilder ...**




Werner Nestel
(NWDR)




Auftrag des BR an R&S zum Bau und Betrieb eines UKW-FM-Versuchssenders an R&S




Ballempfänger ESB (R&S)



Lothar Rohde

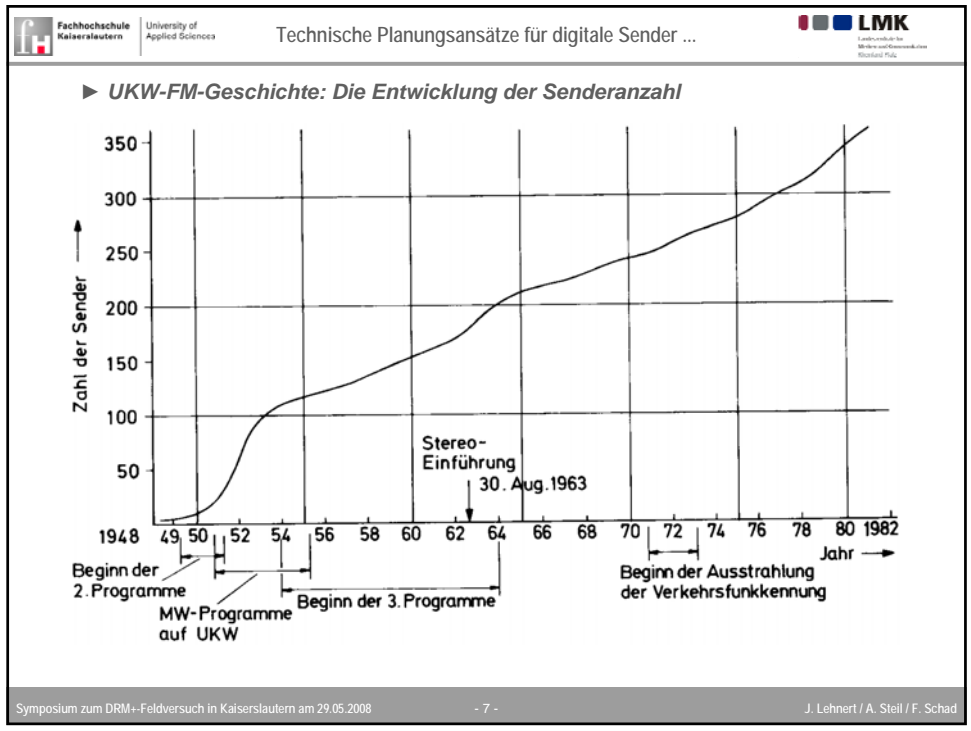


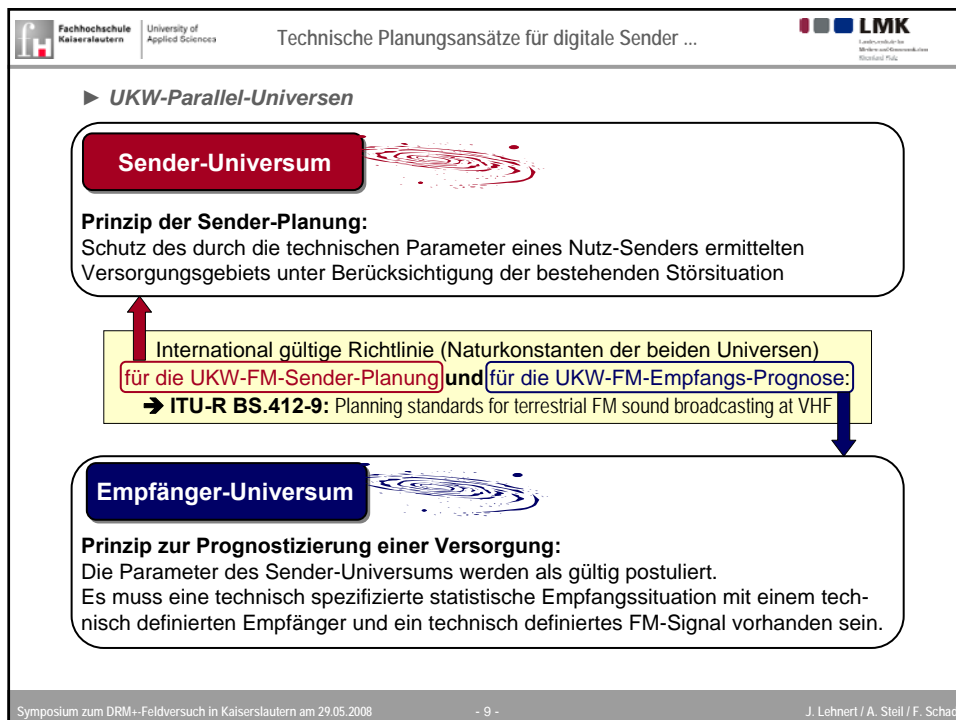
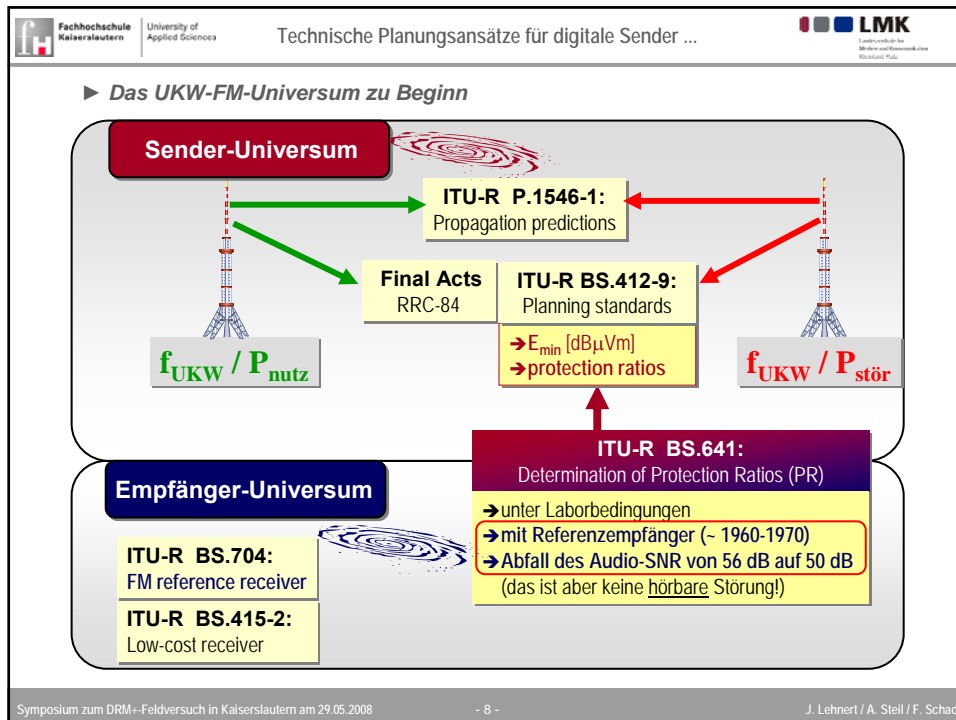
Erster UKW-FM-Versuchsender des BR (0,25W), R&S



AM-FM-Super ESF (R&S)

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008
- 5 -
J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd





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**

Technische Planungsansätze für digitale Sender im UKW-FM-Umfeld

- 1. Die Entwicklung des UKW-FM-Universums vom „Urknall“ bis heute**
- 2. Rechnergestützte Verträglichkeits- und Versorgungs-Analysen mit „Fransy“ für DRM+ im UKW-Migrationsszenario (Exkurs: HD-Radio™)**
- 3. Heraus aus der Sackgasse: Entwicklung der UKW-Universen im Analog-Digital-Übergang**

FRANSY

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

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **Verträglichkeits- und Versorgungs-Analysen**

FRANSY
FREQUENZANALYSESYSTEM

Rechnergestützte Prognosen mit dem Planungssystem „Fransy“ (modifiziert) für die Versorgungs-Sender in Kaiserslautern

- zur Bestimmung der Stör- und Versorgungspotenziale für den FM- und DRM+-Betrieb
- zur Umstellung eines FM-Senders auf DRM+ unter Zugrundelegung der ITU-R BS.412-9

Sender-Universum

Störanalyse: Welche bestehenden UKW-FM-Sender könnten von der Umstellung auf DRM+ potenziell betroffen sein

Verträglichkeitsanalyse: Welche Auflagen werden bei der Umstellung auf DRM+ erforderlich sein.

Empfänger-Universum

Versorgungsanalyse: Ermittlung der Versorgung im FM- und DRM+-Betrieb *gem. Versorgungsrichtlinie*

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

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► **FM-Sender für die Analysen**

UKW-FM-Versorgungs-Sender für Kaiserslautern

Station	Frequency (MHz)	Power (kW)
RPR1	103,1	25
BigFM	107,6	25
SWR1	90,8	25
SWR2	93,9	25
SWR3	97,5	25
SWR4	99,6	0,5
Antenne KL	96,9	0,5
DR-DLF	105,1	0,2
DR-Kultur	98,1	0,16
AFN	100,2	7
Donnersberg SWR1	99,1	60
Donnersberg SWR2	92,0	60
Donnersberg SWR3	101,1	60
Donnersberg SWR4	105,6	60

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 12 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► **Schutzabstände für die Analysen mit DRM+**

FM

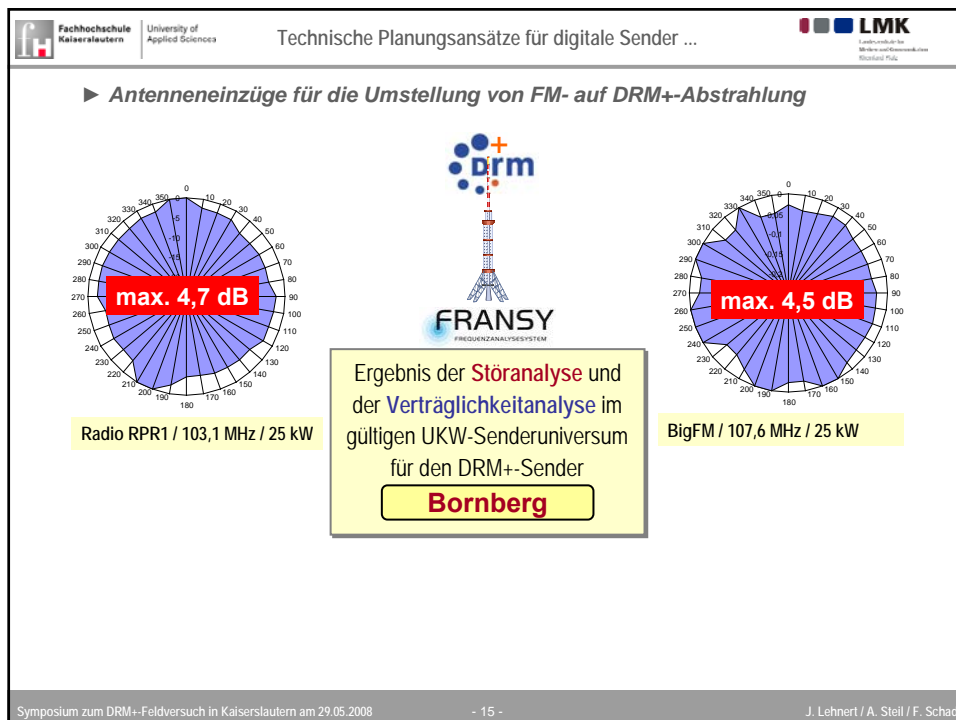
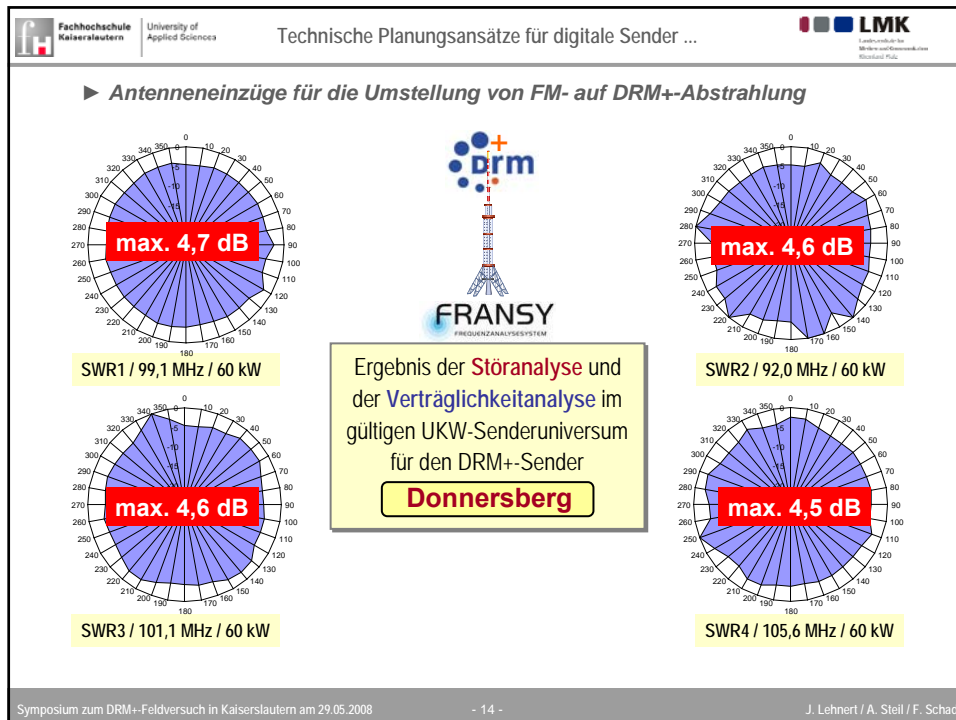
Schutzabstand für FM +-Sender gegen DRM+-Störer
Labor- und Feldtestwerte mit den „Urknall-Konstanten“ ITU-BS-412-9 und ITU-BS-641-2

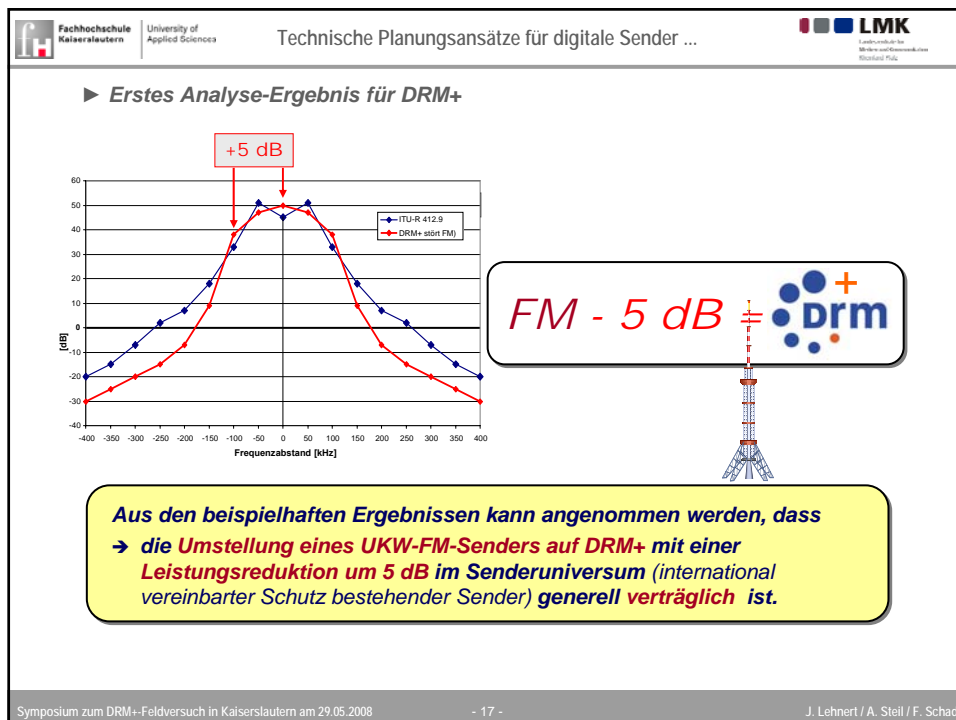
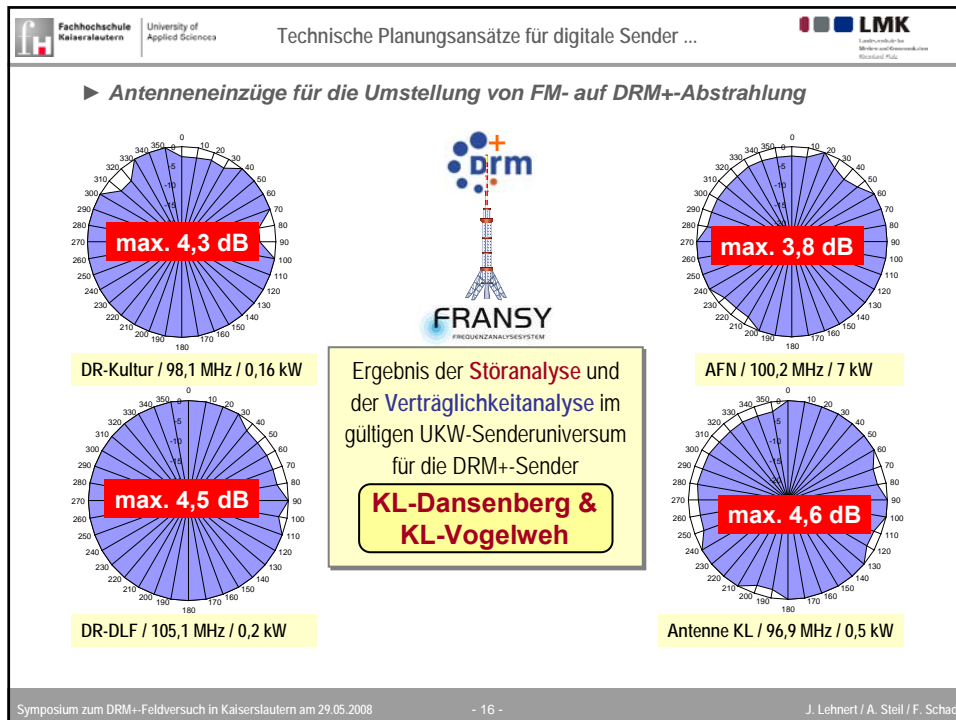
FRANSY FREQUENZANALYSESYSTEM

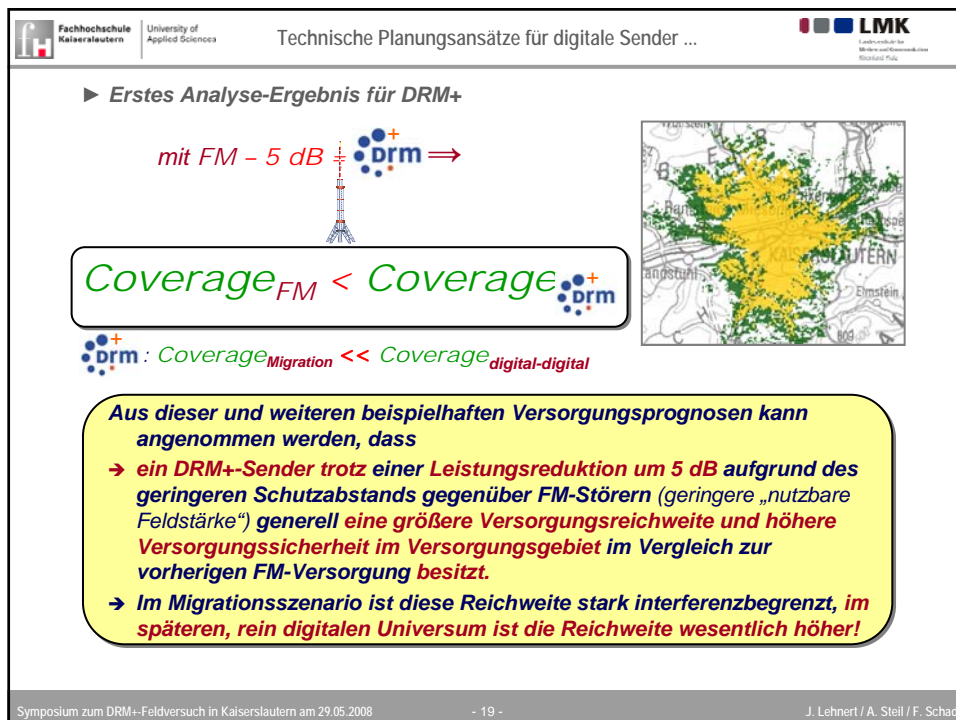
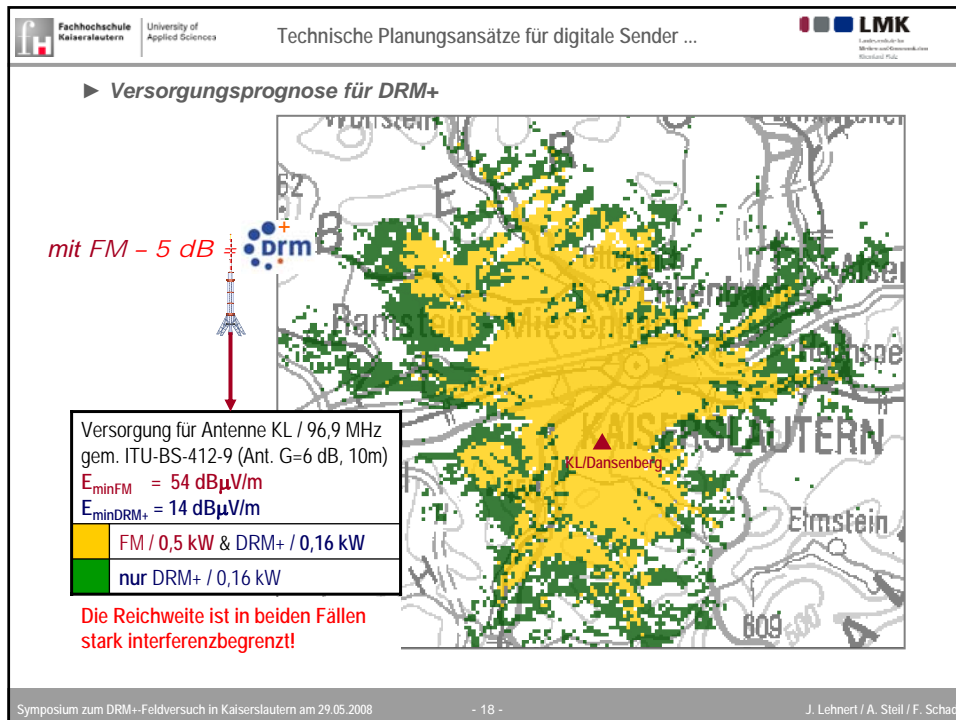
DRM+

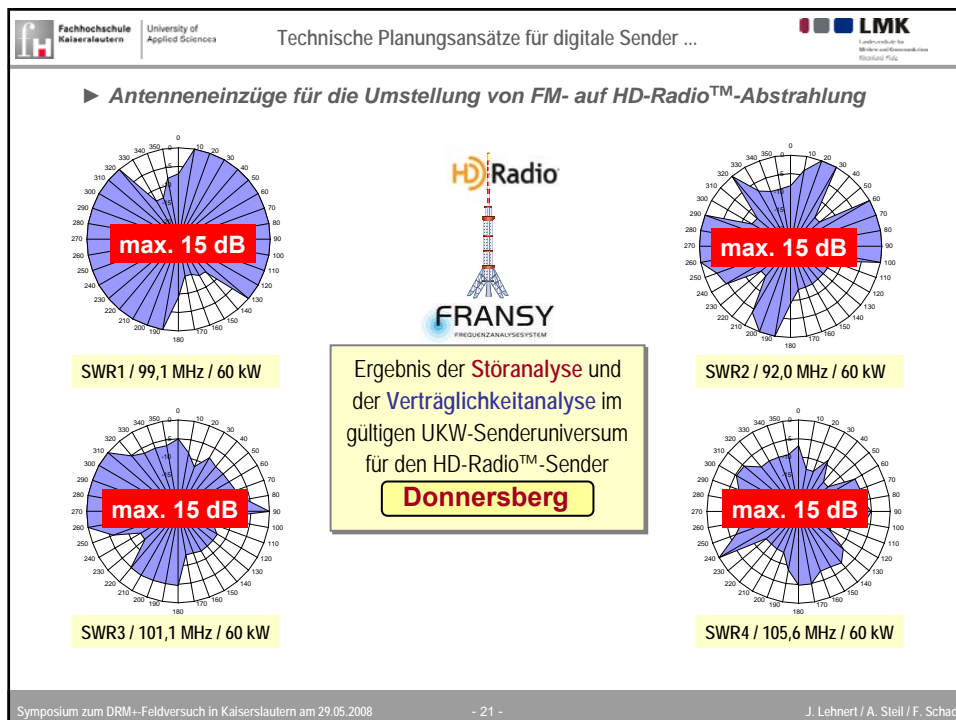
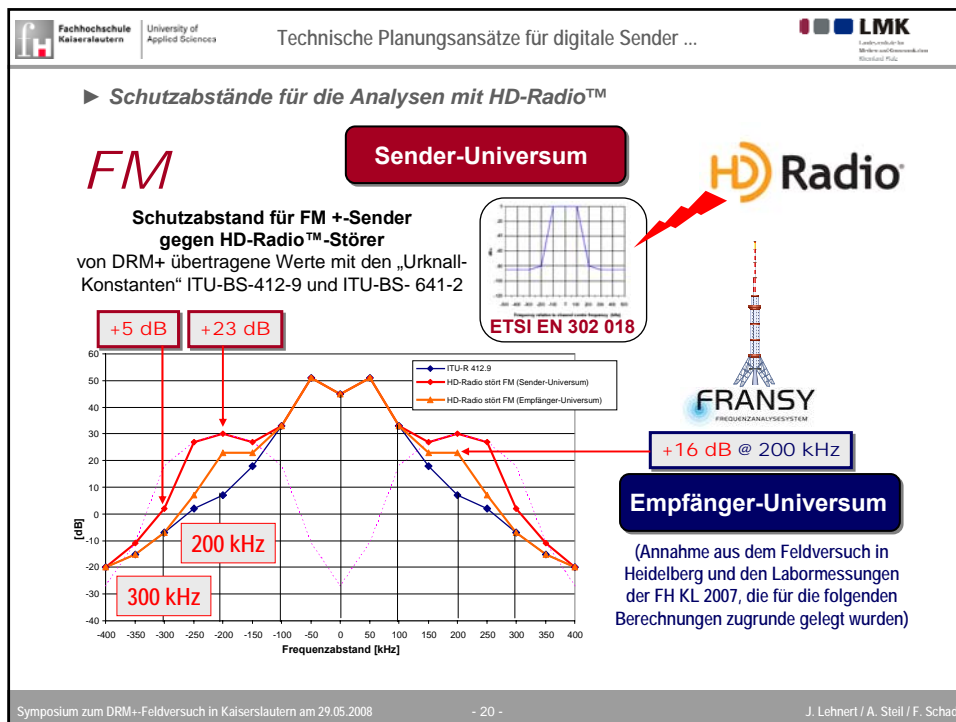
Schutzabstand für DRM+-Sender gegen FM-Störer
in Studie 2006 ermittelt

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 13 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd









Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► Antenneneinzüge für die Umstellung von FM- auf HD-Radio™-Abstrahlung

Radio RPR1 / 103,1 MHz / 25 kW

FRANSY
FREQUENZANALYSESYSTEM

BigFM / 107,6 MHz / 25 kW

Ergebnis der **Störanalyse** und der **Verträglichkeitanalyse** im gültigen UKW-Senderuniversum für den HD-Radio™-Sender

Bornberg

Unzulässig wegen Flugfunk

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

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► Antenneneinzüge für die Umstellung von FM- auf HD-Radio™-Abstrahlung

DR-Kultur / 98,1 MHz / 0,16 kW

FRANSY
FREQUENZANALYSESYSTEM

AFN / 100,2 MHz / 7 kW

Ergebnis der **Störanalyse** und der **Verträglichkeitanalyse** im gültigen UKW-Senderuniversum für die HD-Radio™-Sender

KL-Dansenberg & KL-Vogelweh

DR-DLF / 105,1 MHz / 0,2 kW

Antenne KL / 96,9 MHz / 0,5 kW

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

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► **Erstes Analyse-Ergebnis für HD-Radio™**

FM - {0...15} dB HD Radio

Aus den beispielhaften Ergebnissen kann angenommen werden, dass die Umstellung eines UKW-FM-Senders auf HD-Radio™

- im Bereich von **kleinen** Sende-Leistungen (ca. bis 1 kW?) ohne Leistungsreduktion **vereinzelt möglich** sein kann
- im Bereich von **mittleren bis großen** Sende-Leistung aufgrund der höheren Störleistung im 200 kHz-Nachbarkanal **generell nur mit starken Leistungsreduktionen** (und damit mit einem erheblichen **Verlust der FM-Reichweite**) verträglich ist.

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 24 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► **noch zu klärende Analyse für DRM+**

Heraus aus der Sackgasse mit DRM+-"Hybrid-Mode?"

Mit FRANSY soll noch eine Verträglichkeits- und Versorgungs-Analyse zur Klärung der Frage vorgenommen werden:

Kann der HD-Radio™-Hybrid-Betrieb mit DRM+ simuliert werden, und ist damit ein Simulcast-Betrieb ohne FM-Leistungsreduzierung machbar?

Annahme: Von einem UKW-Sender wird zum FM-Signal ein DRM+-Signal im 200 kHz-Abstand (variabel bis 400 kHz) mit verschiedenen Leistungen (ohne Störung auf den eigenen FM-Empfang) auf einem Seitenband abgestrahlt.

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

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**

Technische Planungsansätze für digitale Sender im UKW-FM-Umfeld

1. Die Entwicklung des UKW-FM-Universums vom „Urknall“ bis heute
2. Rechnergestützte Verträglichkeits- und Versorgungs-Analysen mit „Fransy“ für DRM+ im UKW-Migrationsszenario (Exkurs: HD-Radio™)
3. **Heraus aus der Sackgasse: Entwicklung der UKW-Universen im Analog-Digital-Übergang**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 26 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► **Entwicklung der UKW-Universen im Analog-Digital-Übergang**

Sender-Universum	„Urknall“ ITU-R BS.412-9	„Realität“ → Heute
FM-Signal mit bewertetem Audio SNR (Dynamik)	<ul style="list-style-type: none"> • 50 dB: Jeder hat das Recht auf diesen Schutz! • Nötig für Ballempfang!!! 	<ul style="list-style-type: none"> • 30-40 dB (Optimod); bis 50 dB („Klassik“-Sender)

Empfänger-Universum	„Urknall“ ITU-R BS.412-9	„Realität“ → Heute
Empfangssituation	Stationär, Richtantenne	mobil / portabel im Haus / portabel außer Haus
Empfängereigenschaft	Eng definiert (Stand der Technik von ~1970)	variabel in HF- und NF-Qualität (von sehr gut bis sehr schlecht; üblich nur 40 dB Audio SNR erreichbar)

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

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► *Entwicklung der UKW-Universen im Analog-Digital-Übergang*

Sender-Universum

Empfänger-Universum

Für die "Naturkonstanten" der FM-Universen (ITU-R BS.412-9) gilt heute:

- ⊗ Sie bilden die realen Empfangssituationen und Empfangsqualitätsansprüche nicht mehr ausreichend ab (nur noch kleine Teilmenge).
- ⊗ Sie lassen keine gesicherte Aussage mehr darüber zu, ob ein prognostiziertes Versorgungsgebiet auch dem subjektiven Empfangsgebiet entspricht (ist meist größer, da z.B. weniger Dynamik im Audio-Signal und damit geringer Schutzabstand)
- ⊗ Die Grundlage "50 dB Audio SNR bewertet" entspricht **nicht** einer "hörbaren" Störung und **nicht** mehr der üblichen Signal-Dynamik und Radioqualität.

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

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK

► *Entwicklung der UKW-Universen im Analog-Digital-Übergang*

FM-Sender-Universum

FM-Empfänger-Universum

Digitale Sender- und Empfänger-Universen

Frage:
Gibt es **moderne Ansätze** für eine digitale UKW-Sendernetzplanung für die neu hinzukommenden digitalen Universen,
→ die den **aktuellen Schutzanspruch** des FM-Senderuniversums unberührt lässt (Genf 1984),
→ die die **aktuellen "Naturkonstanten"** der FM-Universen zu Grunde legen?

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

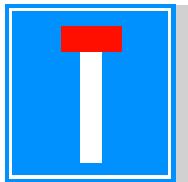
Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► *Entwicklung der UKW-Universen im Analog-Digital-Übergang*

Ehrliche Antwort: Nein.

These: Ein Festhalten an Genf 1984 & ITU BS 412-9 bedeutet de facto, dass bestenfalls CPM-Techniken im UKW-Universum eingeführt werden können (komplexe Empfänger, SFN-Fähigkeit problematisch). **Andere State-of-the-Art Techniken (z.B. OFDM-basiert) könnten nicht eingeführt werden.**

Dies ist also eine **Sackgasse**.



Frage: *Wie kommt man nun heraus aus dieser Sackgasse?*

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 31 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule Kaiserslautern University of Applied Sciences Technische Planungsansätze für digitale Sender ... LMK Landeszentrale für Medien und Kommunikation Rheinland-Pfalz

► *Entwicklung der UKW-Universen im Analog-Digital-Übergang*

Wieder ehrliche Antworten:

- Aus **Gerechtigkeitsgründen:** Schutz der FM-Versorgung bleibt **zunächst** an das „überalterte“ Audio-Kriterium gekoppelt.
- **Faire Lösung für Alle: Anpassung der Planungsrichtlinie über ein Eingabedokument bei der ITU.**
 - **Begründung:** Planungsrichtlinie ist heute von der Realität überholt. Diese Begründung sollte gut ausgearbeitet und belastbar sein.
 - Geändert werden müssten u.a. die **Audiokriterien für FM**.
Damit:
 - Neue **Schutzabstandskurven PR_{Digitaler Störer} → FM-Sender** (Schutz FM)
 - Neue **Schutzabstandskurven PR_{FM-Störer} → Digitaler Sender** (Schutz Digital)

Folge: 1. Es entsteht nun **ganz legal** „Platz“ für die **alle** neuen digitalen Sender ☺
2. Planerische und akzeptierbare FM-Versorgung wird reduziert, was durchaus möglich wäre!
Ziel sollte sein, dass Versorgung = Empfangbarkeit bedeutet!

➤ **Diese Aufgabe muss das DRM-Konsortium jetzt angehen**

➤ **Auch ein Anliegen der BNetzA? (z.B. reale Verträglichkeit, Frequenzökonomie)**

Symposium zum DRM+-Feldversuch in Kaiserslautern am 29.05.2008 - 32 - J. Lehnert / A. Steil / F. Schäd

Fachhochschule
Kaiserslautern

University of
Applied Sciences

Technische Planungsansätze für digitale Sender ...

Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Westland Pfalz

► **Welche Audiokriterien für FM wären denn sinnvoll?**

Jede Empfindlichkeitsmessung für Analogempfänger ist denkbar.

Es bieten sich **zwei klassische Verfahren** an, die insbesondere zur Messung der Trennschärfe/Selektivität der Empfänger geeignet sind:

- **S/N-Empfindlichkeit:** (Derzeitige Methode)
Bewertet nur Rauschen des Empfängers. Mögliche Modifikationen:
 - ✓ *Referenzpegel:* Nicht bei 75 kHz Hub bestimmen (unrealistisch)!
 - ✓ *Normstörung:* Rauschen mit 0dB MPX-Leistung und RDS
 - ✓ *Audiokriterium:* Reduktion von 50 dB auf z.B. 40 dB

- **SINAD-Empfindlichkeit:** (SINAD = Signal, Noise And Distortion)
Bewertet Verzerrung und Rauschen des Empfängers (!)
 - ✓ Benötigt keinen Referenzpegel, sondern nur ein Referenzsignal (z.B. 500 Hz)
 - ✓ *Normstörung:* Rauschen mit 0dB MPX-Leistung und RDS
 - ✓ *Audiokriterium:* Z.B. Erreichen der 40 dB-Marke

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

Fachhochschule
Kaiserslautern

University of
Applied Sciences

Technische Planungsansätze für digitale Sender ...

Landeszentrale für
Medien und Kommunikation
Westland Pfalz

► **Hören Sie selbst ... Was bedeutet bewertetes S/N rein subjektiv ???**

Kriterium		Störer		Audio	
Bew. S/N / dB	SINAD / dB	Kanal	Modulation	Dynamik	
17	20	GK	FM	Ohne Kompr.	
17	26	GK	DRM+	Ohne Kompr.	
23	27	GK	FM	Ohne Kompr.	
23	32	GK	DRM+	Ohne Kompr.	
25	25	1. NK	FM	Ohne Kompr.	
27	25	1. NK	DRM+	Ohne Kompr.	
35	40	GK	FM	Ohne Kompr.	
37	44	GK	DRM+	Ohne Kompr.	
52	55	2. NK	DRM+	Ohne Kompr.	
53	56	2. NK	FM	Ohne Kompr.	
18	17	GK	DRM+	Leichte Kompr.	
28	30	GK	FM	Leichte Kompr.	
46	50	GK	DRM+	Leichte Kompr.	
52	52	GK	FM	Leichte Kompr.	

Original

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