

# Digitale terrestrische Verbreitung des lokalen/regionalen Hörfunks

## Bewertung und Empfehlung von digitalen Hörfunk- systemen für die lokale/regionale Hörfunkversorgung

Direktorenkonferenz der Landesmedienanstalten, Fachausschuss 2, hier: Technische  
Konferenz der Landesmedienanstalten (TKLM)

Verantwortlich: Walter Berner (LfK), Dr. Tilman Lang (MA HSH), Dr. Dirk Jäger (NLM),  
Joachim Lehnert (LMK), Reiner Müller (BLM)

### Inhalt

#### Zusammenfassung

#### Bericht im Einzelnen

1. **Vorbemerkung**
  2. **Zielstellung**
  3. **Untersuchungsgegenstand**
    - 3.1 **Untersuchte Hörfunksysteme**
    - 3.2 **Auswahl und Bewertung geeigneter Hörfunksysteme**
    - 3.3 **Bewertungskriterien**
  4. **Beschreibung aller Hörfunksysteme**
    - 4.1 **DAB+**
    - 4.2 **DRM+**
    - 4.3 **LTE-Advanced (eMBMS)**
    - 4.4 **HD Radio**
    - 4.5 **DVB-T2**
  5. **Bewertung**
    - 5.1 **DAB+ und DRM+**
    - 5.2 **LTE-A**
    - 5.3 **Fazit**
  6. **Handlungsempfehlungen für die Nutzung von DAB+ für lokale  
Veranstalter und Community-Radio-Angebote in Deutschland**
- Anhang: Abwägung des Aufwands für die Programmverbreitung bei großen  
und kleinen Versorgungsgebieten mittels DAB+ und DRM+**

#### Mitglieder:

Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg (LFK) • Bayerische Landeszentrale für neue Medien (BLM) • Medienanstalt  
Berlin-Brandenburg (mabb) • Bremische Landesmedienanstalt (brema) • Medienanstalt Hamburg / Schleswig-Holstein (MA HSH) •  
Hessische Landesanstalt für privaten Rundfunk und neue Medien (LPR Hessen) • Medienanstalt Mecklenburg-Vorpommern (MMV) •  
Niedersächsische Landesmedienanstalt (NLM) • Landesanstalt für Nordrhein-Westfalen (LfM) • Landeszentrale für Medien und  
Kommunikation Rheinland-Pfalz (LMK) • Landesmedienanstalt Saarland (LMS) • Sächsische Landesanstalt für privaten Rundfunk und neue  
Medien (SLM) • Medienanstalt Sachsen-Anhalt (MSA) • Thüringer Landesmedienanstalt (TLM)



## Zusammenfassung

Bei der Digitalisierung der Hörfunkverbreitung spielt die Terrestrik eine entscheidende Rolle. Im Blick auf die digitale terrestrische Verbreitung bundesweiter und landesweiter Hörfunkangebote ist die technische Systemfrage zugunsten von DAB+ geklärt. Dies galt bislang noch nicht für die digitale terrestrische Verbreitung des lokalen/regionalen Hörfunks und der Bürger- und Ausbildungsradios. Als Alternativen zu DAB+ werden immer wieder DRM+ und auch LTE-A (im Broadcastmodus eMBMS) angeführt. Diese drei Systeme wurden in der vorliegenden Untersuchung auf ihre Eignung und im Hinblick auf die Voraussetzungen für den Markteintritt für diesen Anwendungsfall betrachtet.

Eine der Herausforderungen der Untersuchung bestand darin, dass „lokaler Hörfunk“ in Deutschland sehr unterschiedliche räumliche und organisatorische Ausprägungen hat. In manchen Ländern haben Lokalfunkgebiete bis zu 150 km Durchmesser, in anderen nur 10 km. Zudem finden sich neben kommerziellem und nichtkommerziellem Hörfunk Bürger- und Ausbildungsfunk sowie Campusradios.<sup>1</sup>

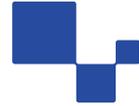
DAB+ und DRM+ sind technisch ähnliche Systeme für die digitale Hörfunkübertragung und sind für den Empfang mit Multinormgeräten geeignet. Wesentlicher Unterschied zwischen beiden Systemen ist die Signalbandbreite und damit die Kapazität des Multiplexes: DAB+ ist besonders geeignet für die Versorgung von Gebieten, in denen eine große Zahl an Hörfunkprogrammen verbreitet werden soll und großräumige Versorgungsgebiete vorgesehen sind. DRM+ ist besonders geeignet zur Versorgung von kleinen Gebieten, in denen nur wenige Programme verlangt werden; dies gilt in Deutschland vor allem für Lokalradios und Bürger- und Ausbildungsradios.

Die Hardware für die Senderinfrastruktur und Endgeräte ist für DAB+ am Markt verfügbar. Zum Markteintritt von DRM+ gibt es zwar Komponenten für die Senderinfrastruktur, es fehlen aber Radiogeräte auf dem Verbrauchermarkt, die zusätzlich zu DAB+ auch DRM+ empfangen, sowie eine Einführungsstrategie unter Einbindung aller an der Digitalisierung des Hörfunks Beteiligten. Die potenziellen Nutzer für DRM+, ein Teil der Lokalradios und die Bürger- und Ausbildungsradios, haben jedoch nur eine relativ geringe Marktrelevanz, sodass sie nicht in der Lage sein werden, DRM+ allein in Deutschland auf dem Endgerätemarkt zu etablieren.

Frequenzen für DAB+ sind im Band III verfügbar und sind ggf. noch an die gewünschte Ausprägung der lokalen Bedarfe anzupassen. Dabei ist abzusehen, dass der Planungsspielraum für kleinzellige Lokalgebiete begrenzt ist. Für DRM+ müssen Frequenzen im Band III neu geplant werden, was im Rahmen des bisherigen Frequenzplans möglich ist.

---

<sup>1</sup> Bürgerfunk, Ausbildungsfunk sowie Campusradios werden im Weiteren auch unter dem Begriff Community Radios zusammengefasst.



Auch DAB+ kann in Gebieten mit wenigen lokalen Angeboten wirtschaftlich eingesetzt werden, wenn folgenden Maßnahmen umgesetzt werden, die auch kombinierbar sind:

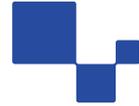
- Zusammenfassung mehrerer lokaler UKW-Verbreitungsgebiete zu einem größeren, gemeinsamen DAB+-Verbreitungsgebiet.
- Betrieb eigenständiger lokaler Multiplexe, in denen zusätzlich zum lokalen Angebot nicht-lokal ausgerichtete Programme auf freien Kapazitäten verbreitet werden.
- Nutzung von freien Kapazitäten für einen höheren Fehlerschutz zur Verringerung der Infrastrukturkosten.

Mit diesen Maßnahmen kann lokalen Veranstaltern und den Bürger- und Ausbildungsradios die Programmverbreitung über DAB+ ermöglicht werden.

DAB+ ist derzeit das einzige geeignete Übertragungssystem für die digitale terrestrische Hörfunkverbreitung, auch für lokale Anbieter und Bürger- und Ausbildungsradios, weil Geräte und Frequenzen verfügbar sind, das Marktpotential für die Einführung vorhanden ist und DAB+ somit allen Radioveranstaltern eine Chance zur Teilhabe an der Digitalisierung der Terrestrik bietet.

DRM+ wird erst mittelfristig eine Ergänzung von DAB+ für die Verbreitung von wenigen Angeboten in einem Multiplex sein können. Als Voraussetzung muss DRM+ auf dem Radiogerätesektor marktverfügbar sein. Dies kann durch zurzeit stattfindende internationale Marktentwicklungen und die Bereitstellung von Multinormempfängern befördert werden – die Relevanz für den deutschen Markt bleibt abzuwarten.

LTE-A ist kein System zur digitalen Übertragung von Hörfunk im Zuständigkeitsbereich der Länder, weil hierfür keinerlei medienrechtlicher Rahmen besteht. Auch kann ein solcher nicht nachträglich auf die im Mai/Juni 2015 mit einer Laufzeit bis zum Jahr 2033 versteigerten Frequenzen des Mobilfunks angewendet werden. Geschäftsmodelle für eine Hörfunkübertragung über LTE-A sind nicht bekannt und Endgeräte für LTE-A in Form und Funktion heutiger Radios sind am Markt nicht verfügbar.



## Bericht im Einzelnen

### 1 Vorbemerkung

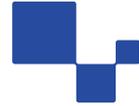
Derzeit wird auf verschiedenen Ebenen über die Digitalisierung des terrestrischen Hörfunks in Deutschland diskutiert. Seitens der Medienanstalten und der ARD wird unter Einbeziehung der privaten Veranstalter und ihrer Verbände an Konzeptionen für einen Übergang auf eine (ausschließlich) digitale Hörfunkverbreitung gearbeitet. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat jüngst und unter Einbeziehung der Länder, des öffentlich-rechtlichen und privaten Rundfunks, der Landesmedienanstalten, der Bundesnetzagentur sowie von Radio- und Automobilherstellern ein „Digitalradio Board“ eingerichtet, mit dem Ziel, einen konkreten Zeitplan für die Umstellung auf den digitalen Hörfunk zu erarbeiten und dessen Umsetzung konstruktiv zu begleiten.

Auf dem Weg zu einer Digitalisierung der terrestrischen Hörfunkverbreitung sind noch eine ganze Reihe von Fragen zu klären. Einerseits stehen – jedenfalls theoretisch – verschiedene Übertragungsstandards zur digital-terrestrischen Hörfunkverbreitung zur Verfügung, andererseits stellen die sehr unterschiedlichen strukturellen Ausprägungen des regionalen und lokalen terrestrischen Hörfunks in den Ländern eine erhebliche Herausforderung für die Digitalisierung des Hörfunks dar.

Der lokale/regionale Hörfunk ist mit 164 Lokalstationen der zahlenmäßig stärkste Angebotstyp in der kommerziellen privaten Hörfunklandschaft in Deutschland. Ergänzt wird dieses Angebot von bundesweit mehr als 100 nichtkommerziellen Lokalradios, Offenen Kanälen, Campusradios und Ausbildungskanälen. Auch wenn die Umsatz- und Erlössituation des lokalen Hörfunks nicht mit der des landesweiten Hörfunks vergleichbar ist, so scheint die wirtschaftliche Lage des lokalen kommerziellen Hörfunks mit einem Kostendeckungsgrad um 110 Prozent insgesamt durchaus stabil.

Die technische Systemfrage für die digital-terrestrische Verbreitung bundesweiter und landesweiter Hörfunkangebote zugunsten von DAB+ ist geklärt. Programmveranstalter erwarteten vom Radio der Zukunft Möglichkeiten der Programmregionalisierung bis hin zur Personalisierung von Radioangeboten und der hybriden Rückkanalnutzung.

Für die digital-terrestrische Verbreitung des regionalen und lokalen Hörfunks war die technische Systemfrage hingegen nicht abschließend beantwortet. Angesichts der Bedeutung des lokalen/regionalen Hörfunks für die Hörfunklandschaft insgesamt, war eine Klärung der Systemfrage unerlässlich, da nur dann eine umfassende Digitalisierung der terrestrischen Hörfunkverbreitung möglich wird.



## 2 Zielstellung

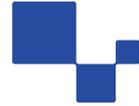
Die folgende Untersuchung macht es sich zur Aufgabe, alle derzeit standardisierten technischen Systeme, die für eine digitale terrestrische Verbreitung von Hörfunkangeboten genutzt werden können, auf ihre Tauglichkeit und Nutzbarkeit für den regionalen und lokalen Hörfunk in Deutschland hin zu analysieren. Dabei soll die Verbreitung von Community Radios (NKLS, Offene Kanäle, Campusradios etc.) ebenso berücksichtigt werden wie die regionaler und lokaler kommerzieller Hörfunkangebote. Entsprechend werden bei der Untersuchung unterschiedliche Versorgungsszenarien berücksichtigt.<sup>2</sup>

Die Untersuchung folgt einerseits der Vorgabe, dass die unterschiedlichen strukturellen Ausprägungen des Hörfunks insgesamt und des regionalen und lokalen Hörfunks im Besonderen nicht zwingend mit einem einzigen standardisierten technischen System - DAB oder einem anderen geeigneten System - bedient werden müssen. Andererseits wird es auch aus Gründen der Marktentwicklung als sinnvoll betrachtet, Lösungen im Rahmen eines standardisierten technischen Systems zu finden, welches allen Hörfunkveranstaltern die Teilhabe an der Digitalisierung der Terrestrik ermöglicht.

Allerdings wird am Ende abzuwägen sein, ob aus frequenztechnischen, ökonomischen und gerätetechnischen Gründen sowie aus Gründen der Nutzerakzeptanz ein technisches System zur digitalen-terrestrischen Hörfunkverbreitung dem Einsatz unterschiedlicher technischer Systeme vorzuziehen ist, auch wenn damit strukturelle Veränderungen der lokalen Hörfunklandschaft verbunden sind.

---

<sup>2</sup> Die über die regionale/lokale digitale Verbreitung hinausgehende Möglichkeiten, wie die einer Regionalisierung landesweiter Programme über DAB+, einer Personalisierung und einer hybriden Rückkanalnutzung werden in dieser Ausarbeitung nicht betrachtet und müssen ggf. gesondert untersucht werden.



### 3 Untersuchungsgegenstand

#### 3.1 Untersuchte Hörfunksysteme

Im Rahmen der Ausarbeitung werden die folgend aufgeführten standardisierten Systeme untersucht. Sie werden in Kapitel 4 näher beschrieben:

- DAB+
- DRM+
- LTE-Advanced (eMBMS)
- DVB-T2
- HD Radio

#### 3.2 Auswahl und Bewertung geeigneter Hörfunksysteme

In die vergleichende Bewertung über die Eignung als digitales terrestrisches Hörfunksystem für die Verbreitung von regionalem/lokalem Hörfunk (s. Kapitel 5) werden nur

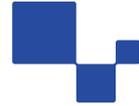
- DAB+
- DRM+
- LTE-A

einbezogen.

Diese drei Systeme werden anhand einer Reihe von Kriterien betrachtet, die es ermöglichen, ein differenziertes Bild über die Voraussetzungen zu entwickeln und um die Systeme auf ihre Tauglichkeit vergleichen zu können. Schließlich wird eine Bewertung vorgenommen, welches dieser Systeme oder welche Systemkombination eine Digitalisierung der terrestrischen Verbreitung des regionalen und lokalen Hörfunks gewährleisten kann.

DVB-T2, HD Radio und auch die Verbreitung von Hörfunkangeboten über Internet in Verbindung mit einem Mobilfunknetz oder WLAN kommen aus folgenden Gründen für eine explizite regionale/lokale Verbreitung von Hörfunkangeboten nicht in Betracht und werden deshalb auch nicht in die Bewertung einbezogen:

**DVB-T2:** Erste Abschätzungen lassen erkennen, dass DVB-T2 die technischen Anforderungen an ein modernes Übertragungssystem für Hörfunk durchaus erfüllt. Allerdings ist die derzeit in Deutschland im Aufbau befindliche Netzstruktur für DVB-T2 auf eine großflächige TV-Programmverbreitung ausgerichtet. Eine zuverlässige Versorgung von ausschließlich kleinen Gebieten mit wenigen lokalen Hörfunkprogrammen ist nach heutigem Erkenntnisstand mit DVB-T2 kosteneffizient nicht zu realisieren.



**HD Radio:** HD Radio scheidet aus, da es technisch nur für das UKW-Band, aber nicht für das VHF-Band III spezifiziert ist; im UKW-Band ist es bis zur FM-Abschaltung nicht einsetzbar, da es den FM-Hörfunk und benachbarte Funkdienste stört.

**Internet/Mobilfunk/WLAN:** Bei einer Internetverbreitung sind alle im Internet verfügbaren Hörfunkprogramme im gesamten Netz eines Mobilfunknetzbetreibers bzw. über WLAN-Hotspots zugänglich, die exklusive Lokalität ist nicht gewährleistet.

### **3.3 Bewertungskriterien**

Die Analyse der genannten Hörfunksysteme folgt folgenden Aspekten/Kriterien:

#### **Netzinfrastuktur/Empfangbarkeit**

Unter diesem Punkt werden die Frequenzverfügbarkeit sowie der Frequenzeffizienz des jeweiligen Systems betrachtet. Damit zusammenhängend werden Multiplexgrößen, aber auch die möglichen Sendernetzkonfigurationen thematisiert.

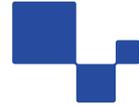
Da die mögliche Versorgung im Sinne der technischen Reichweite und damit die Empfangbarkeit von Angeboten abhängig ist von Frequenzverfügbarkeiten und Sendernetzkonfigurationen, werden diese Aspekte unter dem Punkt Netzinfrastuktur/Empfangbarkeit ebenfalls analysiert. Dies ist insofern von Bedeutung, da in einigen Ländern lokale Hörfunkangebote in sämtlichen Regionen vorhanden sind (z.B. Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen). Auch die Möglichkeiten des Service Following werden hier untersucht.

#### **Audio- und Zusatzdienste/Content**

Ein weiterer Punkt im technischen Vergleich betrifft die Frage, welche und wie viele Dienste innerhalb eines Multiplexes übertragen werden können. Die Untersuchung der für eine Verbreitung des regionalen/lokalen Hörfunks sinnvoll einsetzbaren Übertragungskapazitäten und Multiplexgrößen wird hier ergänzt durch die Betrachtung der Eignung für Verkehrstelematik (TPEG) und Emergency Warning Features.

#### **Endgeräte**

Da nicht für jedes standardisierte System zwingend Endgeräte im Handel verfügbar sind, ist auch dies Vergleichskriterium. Für eine zeitnahe Einsetzbarkeit eines Systems sind Verfügbarkeit und Kostenniveau von Endgeräten entscheidend. Dabei gilt auch zu berücksichtigen, ob Multinormgeräte, die vom Fachhandel vertrieben werden, die Aussendungen des betreffenden Systems empfangen können.



### **Infrastrukturkosten**

Ein System ist nur dann sinnvoll einzusetzen, wenn die Infrastrukturkosten sich in einem Rahmen bewegen, der betriebswirtschaftlich vertretbar ist. Daher spielen die Kosten pro Programm und, damit verbunden, die Kosten für die Standorte (z.B. Low-Tower, High-Tower) eine wichtige Rolle.

### **Voraussetzungen zur Implementierung**

Tauglichkeit und Nutzbarkeit eines Systems hängen nicht zuletzt an der Frage, in welchem Zeitrahmen ein System zur regionalen/lokalen Hörfunkverbreitung zur Verfügung stehen kann. Die marktliche Verfügbarkeit eines Systems ist eine von mehreren Randbedingungen, die für eine zeitnahe Implementierung erfüllt sein müssen. Jenseits der technischen Standardisierung spielen hier Aspekte der international/europäisch abgestimmten Systemeinführung eine Rolle.

### **Eignung zur Versorgung unterschiedlicher Gebietsgrößen**

Angesichts der sehr unterschiedlichen Ausprägungen der regionalen/lokalen Hörfunklandschaft in Deutschland muss am Ende die Eignung des jeweiligen Systems zur Versorgung unterschiedlicher Gebietsgrößen überprüft werden. Damit wird der Frage Rechnung getragen, in welchem Maße ein System geeignet ist, unterschiedliche, auch medienpolitische Vorstellungen und Vorgaben zu bedienen.



## 4 Beschreibung aller Hörfunksysteme

### 4.1 DAB+

#### 4.1.1 DAB+ als System für Lokalradio in Deutschland

DAB+ wird als Systemtechnologie für digitales terrestrisches Radio nicht nur im europäischen Ausland, sondern auch in Deutschland bereits vielfach eingesetzt. Ein bundesweites DAB+-Netz für die Programme von Deutschland Radio und für private Programme ist zwischenzeitlich an 71 Standorten in Deutschland in Betrieb und versorgt mit digitalen terrestrischen Signalen ca. 70% der Bevölkerung. Der weitere Ausbau schreitet voran. Darüber hinaus sind DAB+-Netze in den Bundesländern in Betrieb und verbreiten zum Empfang über mobile, portable und stationäre Endgeräte Programme des öffentlich-rechtlichen Rundfunks und privater Veranstalter. Das Angebot umfasst sowohl die Simulcastausstrahlung bestehender UKW-Programme als auch die Verbreitung neuer „DAB only“-Programme. In manchen Bundesländern sind zwei landesweite Multiplexe (je 1 für öffentlich-rechtlich und privat) in Betrieb. Der Flächenausbau ist regional unterschiedlich und in süddeutschen Ländern stärker ausgeprägt. Es wird derzeit von GfK und anderen Marktforschungsinstituten, sowie der Unterhaltungselektronikindustrie angenommen, dass ca. 6,5 Mio. DAB-Endgeräte im deutschen Markt sind.<sup>3</sup>

Es stellt sich somit die Frage, ob die DAB+-Technologie auch für Lokalradiogebiete geeignet ist. Dabei ist jedoch nicht nur die Frage nach der technischen Eignung wesentlich, sondern ob über DAB+ auch eine ausreichende Endgeräterreichweite erzielt werden kann, Frequenzressourcen verfügbar sind, Strukturveränderungen vorgenommen werden müssen und welche Kosten, auch im Vergleich zu anderen Technologien, für Lokalradios anfallen würden.

DAB+ bietet eine robuste Übertragung von Hörfunksignalen in sogenannte Single-Frequency-Netzen (SFN). DAB+ ist auf Grund seiner Systementwicklung sehr gut für flächendeckende Versorgungen geeignet und kann u.a. durch die Nutzung gleicher Kanäle auf allen Sendeanlagen eines Netzes eine bedarfsgerechte Outdoor- und Indoor-Versorgung sicherstellen. Die Versorgungsqualität in einem Sendegebiet wird maßgeblich jedoch durch eine ausreichende Anzahl von Sendeanlagen gewährleistet. Ein DAB+-Multiplex umfasst einen Datenrahmen von 864 CU in der Bandbreite von ca. 1,5 MHz und ist in der Lage, bei Nutzung der Fehlerschutzklasse 3-A (PL 3-A) und einer typischen Datenrate von 54 CU/72 kbit/s, ca. 12-14 Hörfunkprogramme und zusätzliche Datendienste in einem Multiplex / auf einer Frequenz zu übertragen. Die einem Programm zugewiesene bzw. dafür verwendete Datenrate ist variabel und richtet sich nach dem Inhalt des Programms sowie der gewünschten Versorgungsqualität.

---

<sup>3</sup> Vgl. Digitalisierungsbericht 2015, Hrsg. die medienanstalten – ALM GbR, Leipzig 2015, S.55f.



#### 4.1.2 Netzinfrasturktur / Empfangbarkeit

Im Rahmen der Abstimmungen um die Nutzung des VHF-Bandes III wurde für Deutschland im Jahr 2006 ein Frequenzplan verabschiedet, der für die DAB+-Technologie 6 Bedeckungen beinhaltet. Einige Bedeckungen sind dabei Ländergrenzen übergreifend ausgelegt, andere Bedeckungen an den Ländergrenzen orientiert und andere Bedeckungen an lokalen/regionalen Sendegebietern orientiert. Die Frequenzzuweisungen wurden für Gebiete gemäß den Wünschen der Länder auf der Basis der Ergebnisse der RRC-06 erteilt. Eine der 6 Bedeckungen ist eine bundesweite, im Kanal 5C. Diese ist in Betrieb. Im gesamten Band III (Kanäle 5A – 12D) sind grundsätzlich noch Nachkoordinierungen möglich, die Kanäle an den Bandgrenzen sind in der Nutzung eingeschränkt.

Eine optimale Versorgung eines Gebietes findet erst dann statt, wenn über mehrere Senderstandorte ein SFN betrieben wird und so entsprechende Versorgungsgewinne erzielt werden. Darüber hinaus ist es möglich, mit einer entsprechenden Erhöhung des Fehlerschutzes (PL 3-A bis hin zu PL 1-A) die notwendige Sendeleistung an den einzelnen Standorten zu reduzieren und damit entsprechende Kostenersparnis durchzuführen. Im Übrigen ist zwischenzeitlich eine sehr einfache und preiswerte Repeater-Lösung für DAB-Technologien auf dem Markt, die vor allem die Inhouse-Versorgung verbessert (s. Mediamärkte). Frequenztechnische Engpässe entstehen für diesen Einsatzzweck in der Regel nicht. Der Empfang der über DAB+ ausgestrahlten Radioprogramme ist mobil, portabel und stationär möglich. Darüber hinaus kann über eine Verknüpfung mit den UKW-Sendebereichen ein Handover zwischen DAB+ und UKW zur weiteren Verbesserung der Versorgung für Simulcast-Programme herangezogen werden.

Die DAB+-Nettodatenrate im Multiplex ist variabel je nach Fehlerschutz von min. 576 kbit/s (PL 1-A) bis max. 1.824 kbit/s (PL 4-B) einstellbar. Die mittlere Datenrate beträgt 1.152 kbit/s (mit PL 3-A), was einer mittleren spektrale Effizienz von 0,77 (bit/s)/Hz entspricht.

In der Schweiz und in UK sind, durch die dortigen Regulierungsbehörden BAKOM bzw. OFCOM initiiert, sogenannte „Small Scale DAB“-Konzepte für die lokale Versorgung entwickelt worden. Dabei kommt Open Source Software für die Coder, die Multiplexgenerierung und den Basisbandmodulator zum Einsatz, die im lokalen Bereich mit einem einzigen Sender eine günstige Einstiegsmöglichkeit für lokale Radioanbieter eröffnen soll. Der betriebssichere Einsatz dieser Software (ODR-mmbTools) erfordert sehr gute Softwarekenntnisse auf Linuxbasis. Zusätzliche Kosten für die Lizenzierung von MPEG4, sofern DAB+ ausgestrahlt werden soll, sind aufzubringen. Daher ist der Einsatz professioneller DAB-Contentserver nicht wesentlich aufwändiger im Kosten-/Nutzenvergleich. Die DAB+-Sendeanlagen sollen mit einer Leistung von bis zu 100 W betrieben werden und nur einen kleinen, eng umgrenzten Raum versorgen (Stadtgebiet), da die Software noch nicht betriebssicher SFN unterstützt. Auf alle Fälle entstehen im Bereich der Hochfrequenz-Sendertechnik identische Kosten wie in professionellen Netzen und die Kosteneinsparungen im Coder- und Multiplexer-Bereich werden eher unbedeutend für die Gesamtkosten eines Netzes sein.



#### **4.1.3 Audio- und Zusatzdienste**

Im Rahmen eines DAB-Multiplexes können programmbegleitende (PAD) und selbstständige Datendienste (NPAD) ebenso übertragen werden wie die Audiosignale der Hörfunkanbieter. Nachdem eine flächendeckende Empfangbarkeit der Signale gegeben ist und auch der Inhouse-Empfang ermöglicht wird, ist die Nutzung der nicht genutzten Datenraten für Datendienste jedweder Art interessant.

Vor allem für die Verkehrstelematik (TPEG) bieten sich für bundeweite, regionale oder lokale Dienste flächendeckende DAB-Netze als Trägernetze an, da sie für den mobilen Empfang optimiert sind. Entsprechende Endgeräte sind bereits heute erhältlich. Auch für den Katastrophen- und Bevölkerungsschutz werden zwischenzeitlich Anwendungen erprobt und sind teilweise schon angewendet worden. Darüber hinaus nutzen heute bereits Verkehrsbetriebe im ÖPNV die Übertragung über DAB+ (Nürnberg, Augsburg, Frankfurt/Main), da preiswerte One to Many-Signalisierungen für zeitkritische Informationen sofort an Jedermann ermöglicht werden. Diese NPAD-Dienste können zudem zusätzliche Erlöse generieren. Damit diese den lokalen/regionalen Hörfunkanbietern zu Gute kommen, sollte die medienrechtliche Genehmigung entsprechend ausgestaltet werden.

Rundfunkinfrastrukturen haben sich vor allem in Katastrophenfällen sehr bewährt, DAB könnte eine digitale Weiterentwicklung, bis hin zur Verschlüsselung für einzelne Nutzergruppen, anbieten. Erste Versuche laufen hierzu in Bayern. Rundfunkinfrastrukturen sind in solchen Fällen für die Datendiensteverbreitung und auch Informationsverbreitung an die Bevölkerung den Infrastrukturen für Telekommunikationsdienste weit überlegen und sind erheblich ausfallsicherer zu betreiben.

#### **4.1.4 Endgeräte**

Die Preisspanne von DAB+-Empfangsgeräten bewegt sich zwischen 20 € und mehreren 100 €. Für alle Nutzungszwecke sind DAB-Empfangsgeräte verfügbar und können zwischenzeitlich über den Handel oder auch im Internet erworben werden. Die Automobilindustrie bietet für fast alle Fahrzeugtypen eine DAB-Ausstattungsöglichkeit an. Erste Automobilhersteller haben sich bereits für den standardmäßigen Einbau mit DAB-Geräten entschieden. Über die bundesweiten Programmangebote (Deutschlandradio und private Programme) als auch die landesweiten Netze der ARD und der privaten Hörfunkanbieter ist in den nächsten Jahren durch entsprechende Marketingaktionen ein Massenmarkt von DAB+-Endgeräten zu erreichen. Diese Geräte sind dann sofort für den Empfang von lokalen Hörfunkprogrammen geeignet, wenn diese auch über DAB ausgestrahlt werden. Die lokalen Radioangebote oder auch nicht-kommerzielle Hörfunkangebote in Deutschland werden nicht in der Lage sein, eine eigene, losgelöst von der bundesweiten Entwicklung ausgestaltete Endgerätepenetration im Markt zu etablieren. Das „Huckepackverfahren“ der lokalen Radioprogrammangebote ist im Endgerätebereich essentiell und kann durch eine DAB+-Verbreitung erzielt werden.



#### 4.1.5 Voraussetzung zur Implementierung

Die Voraussetzungen zum Einsatz der DAB-Technologie auch im lokalen Bereich sind technologisch und marktbezogen gegeben. In Abhängigkeit der lokalen Strukturvorgaben der Länder oder der Landesmedienanstalten muss noch eine Nachplanung von Frequenzen für lokale Netze erfolgen. Obwohl im Jahr 2006 auf der Basis der RRC-06 ein erster VHF-Plan von den Hörfunk-Bedarfsträgern in Zusammenarbeit mit der BNetzA und mit Zustimmung der Länder erarbeitet wurde, zeichnet sich ab, dass in einzelnen Gebieten Deutschlands, gerade für die lokalen Hörfunkgebiete, noch Nacharbeiten notwendig sind. Grundsätzlich sind im VHF-Band noch Frequenzreserven vorhanden, es wird jedoch kaum möglich sein, sehr kleinzellige Strukturen in DAB abzubilden und für jedes Gebiet noch Frequenzen zu finden. Strukturveränderungen (z.B. Zusammenarbeit mehrerer lokaler UKW-Gebiete in einem DAB-Gebiet) sind bei der Digitalisierung der terrestrischen lokalen Hörfunkversorgung aus frequenztechnischen Gründen wohl unumgänglich.

#### 4.1.6 Infrastrukturkosten

DAB-Sendeanlagen sind zwischenzeitlich auf Grund ihrer hohen Produktionsstückzahlen in sehr preiswerte Größenordnungen vorgedrungen. Vergleichbare Sendeanlagen für andere Rundfunksysteme (UKW, DRM+ etc.) sind bei gleicher Strahlungsleistung in etwa gleich teuer. Insofern kann generell festgestellt werden, dass die Senderinfrastruktur für DAB+ in der Anschaffung pro Standort genauso teuer ist wie Sendeanlagen für vergleichbare digitale Rundfunkinfrastrukturen. Die Investitionskosten für eine Sendeanlage sind kein nennenswertes Unterscheidungskriterium gegenüber anderen Technologien (vgl. dazu Anlage „*Abwägung des Aufwands für die Programmverbreitung bei großen und kleinen Versorgungsgebieten mittels DAB+ und DRM+*“). Bei DAB+ bietet sich allerdings die Möglichkeit, die Investitions- und Betriebskosten durch mehrere Nutzer zu teilen, wenn mehr als 1 Programm über die Sendeanlage ausgestrahlt wird. Dadurch werden mit jedem weiteren ausgestrahlten Programm erhebliche Skaleneffekte erzielt.

Letztlich können Infrastrukturkosten auch dadurch eingespart werden, wenn durch die Erhöhung des Fehlerschutzes (Protection Level: z.B. von PL 3-A auf PL 1-A) die Sendesignale robuster gemacht werden können und dadurch das intendierte Versorgungsgebiet mit Sendern geringerer Leistung versorgt werden kann. Der damit einhergehenden Verschlechterung der Frequenzeffektivität steht eine Reduzierung der Sendeleistung gegenüber. Dies wiederum führt zu einer Reduzierung der Sendernetzkosten und einer Herabsetzung der Eintrittsschwellen für die auszustrahlenden Hörfunkprogramme. Auch wenn die Reduzierung der Sendekosten nicht linear zur Leistungsreduzierung ist, so können doch merkliche Kosteneinsparungen von 15-20% erzielt werden. Diese Option bietet sich vor allem in Netzen an, deren Gesamtkapazität (864 CU) erheblich größer ist, als die nachgefragte Übertragungskapazität für die zu verteilenden Programme und Dienste. Dieses ist meistens in den lokalen Netzen der Fall. Investitionskosten können somit über die erwähnte Softwarelösung im Coder- und Multiplexbereich verringert werden (s. Punkt 4.1.2), Betriebskosten durch Erhöhung des Fehlerschutzes und Reduzierung der Sendeleistung. DAB-Netze können so an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden.



Eine Kostenreduzierung für die auszustrahlenden DAB-Programme kann auch durch höhere Auslastung der Multiplexe erzielt werden. Beispielsweise könnten Programmen mit einer Zulassung für eine Verbreitung ohne lokalen Bezug (z.B. landes- oder bundesweite Verbreitung) freie Programmplätze in einem lokalen DAB-Multiplexen zugewiesen werden. Für diese Programme kann damit eine zusätzliche Schwerpunktversorgung gewährleistet werden. Diese bessere Auslastung in lokalen Multiplexen führt auch unmittelbar zur Kostenentlastung für die lokalen DAB-Programme. Mit entsprechenden medienrechtlichen Vorgaben (z.B. deren zeitgleiche unveränderte Weiterverbreitung) könnte somit sichergestellt werden, dass dadurch keine zusätzliche Wettbewerbssituation für die lokalen Märkte entsteht.

Eine weitere Möglichkeit zur Kostenreduzierung für die auszustrahlenden DAB-Programme besteht darin, eine Vergrößerung der heutigen UKW-Versorgungsstrukturen zu größeren DAB-Gebieten vorzunehmen. So kann beispielsweise medienrechtlich ins Auge gefasst werden, zwei oder mehrere lokale UKW-Netze zu einem DAB-Netz zusammenzufassen. Dadurch werden alle lokalen Programme in einem größeren Sendegebiet verbreitet und können damit auch eine bessere Hörerbindung, vor allem bei den Pendlern erzielen. Wenn die Programminhalte weiterhin auf das lokale, originäre Sendegebiet hin ausgerichtet bleiben, sind damit keine wirtschaftlichen Veränderungen zu erwarten. Diese medienrechtliche Vorgehensweise ermöglicht, die Lokalprogramme in größeren Gebieten zu verbreiten, ohne dass die lokale Ausrichtung aufgehoben würde. Die höhere Multiplexauslastung wirkt sich wiederum positiv auf die Preise für jedes lokale DAB-Radio aus. Größere DAB+-Gebiete profitieren zudem überproportional stärker vom SFN-Gewinn als kleine Gebiete und die Zahl der Sender in zusammengefassten Gebieten wird i.d.R. niedriger sein, als die Summe der erforderlichen Sender für mehrere kleine Einzelnetze.

Die terrestrische Verbreitung von lokalen Hörfunkprogrammen in größeren Gebieten folgt auch einem von den Veranstaltern eröffneten Radiotrend. So sind zwischenzeitlich alle lokalen Hörfunkprogramme als Livestream im Internet verfügbar und über LAN-/WLAN-Anschlüsse oder über Mobilfunkanschlüsse weit über die Grenzen des heutigen UKW-Gebietes hinaus empfangbar.

#### **4.1.7 Zusammenfassung**

- DAB+ setzt sich in Europa als künftige terrestrische Rundfunktechnologie für Hörfunkprogramme durch. DAB+ sichert damit, ähnlich wie UKW, eine grenzüberschreitende, einheitliche Hörfunkversorgung in Europa. Ein Aspekt der vor allem für die Unterhaltungselektronikindustrie (UEI) und die Automobilindustrie wesentlich ist.
- Die öffentlich-rechtlichen Anstalten setzen für die Digitalisierung der terrestrischen Hörfunkversorgung auf DAB+. Auch für die landesweiten privaten Hörfunkangebote ist die DAB+-Technologie ohne Konkurrenz und wird sich im Markt über kurz oder lang etablieren.
- Die Penetration von DAB+-Endgeräten wird über den europäischen Markt und die „starken“ Hörfunkpartner im bundesweiten, landesweiten, öffentlich-rechtlichen und privaten Bereich vorangetrieben. Einige dieser Endgeräte sind nach Aussage der UEI zum



zusätzlichen Empfang von Hörfunkprogrammen über IP im WLAN-Bereich vorbereitet, aber i.d.R. nicht für andere digitale, terrestrische Technologien geeignet.

- DAB+-Endgeräte sind zu akzeptablen Preisen und in vielfacher Variabilität im Markt verfügbar.
- Zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten für Datendienste bestehen in den DAB-Netzen, und es können dadurch mittels DAB Spin over–Effekte für z.B. den ÖPNV, die Verkehrstelematik und auch den Katastrophenschutz erzielt werden. Dies gilt auch und speziell im lokalen Bereich.
- Soweit lokale Hörfunkanbieter auf DAB+ setzen, ist eine ausreichende Endgerätereichweite im Markt durch andere Marktpartner bereits aufgebaut. Eine Marktleistung, die von lokalen Hörfunkprogrammanbietern alleine nicht erzielt werden kann.
- Wird DAB+ im lokalen Bereich genutzt wird, sind Veränderungen gegenüber den heutigen lokalen UKW-Strukturen in vielen Fällen sinnvoll und notwendig.
- Die Verfügbarmachung von lokalen Hörfunkprogrammen in größeren Gebieten folgt dem Trend der „grenzenlosen“ Verbreitung der Programme, die bereits über das Internet eingeleitet wurde (u.a. durch radioplayer.de).
- Frequenzressourcen sind für Lokalradio-Gebiete entsprechend den bisherigen Anmeldungen der Länder verfügbar bzw. können im Bedarfsfall noch begrenzt nachgeplant werden. Entsprechende Aktivitäten der Hörfunkbedarfsträger sollten zügig angestoßen werden.
- Die DAB-Technologie ist im Investitionsbereich anderen Technologien nicht unterlegen bzw. teurer als diese. Bei entsprechender Auslastung der Multiplexe ist sie anderen Systemen betriebswirtschaftlich überlegen.
- Lokale Hörfunkprogramme können in die Multiplexe von regionalen Netzstrukturen mit aufgenommen werden, wenn dort noch Kapazitäten verfügbar sind (z.B. in Regionalnetzen der ARD oder landesweiter privater Anbieter).
- DAB+ ist auf Grund seiner variablen Ausgestaltungsmöglichkeit grundsätzlich auch für die Ausstrahlung lokaler Hörfunkprogramme in eigenen Multiplexen und Sendernetzstrukturen geeignet.
- Um die Kosten der DAB-Verbreitung auch bei (zunächst) nicht vollständig gefülltem Multiplex gering zu halten, bieten sich folgende Maßnahmen an:
  - 1) Mehrere analoge Lokalradiogebiete zu einem DAB+-Gebiet zusammenzufassen. Der Zusammenschluss von 3 – 4 Gebieten ist besonders günstig. Das lastet den Multiplex besser aus und reduziert die Kosten pro Programm.
  - 2) Den Multiplex mit weiteren, nicht lokal ausgerichteten Programmen auffüllen. Das lastet den Multiplex besser aus und reduziert die Kosten pro Programm.
  - 3) Erhöhung des Fehlerschutzes. Dann kann die Sendeleistung bei gleichbleibender Reichweite verringert werden, was die Investitions- und Betriebskosten des Netzes senkt.



## 4.2 DRM+

### 4.2.1 Das DRM-System

Digital Radio Mondiale „DRM“ ist ein digitales Rundfunk-Übertragungssystem, das in der Konfiguration „DRM+“ in allen VHF-Bändern bis 300 MHz (im UKW-Bereich 87,5 - 108 MHz und im VHF-Band III 174 - 230 MHz) eingesetzt werden kann. DRM+ ist ein sehr junges System, das erst 2011/2012 bei ETSI<sup>4</sup> und der ITU<sup>5</sup> standardisiert wurde.

Die Systemeinführung von DRM+ auf dem Weltmarkt wird in einer Vielzahl von Staaten in Europa, Asien und Afrika unterstützt. Die Markteinführung von DRM+ in Indien ist nach der AM-Umstellung auf DRM30 auch zur Ablösung des FM-Hörfunks ab 2018 vorgesehen.

Über DRM+ können vier verschiedene Angebote, typischerweise bis zu drei Hörfunkprogramme in hoher technischer Qualität (auch in Surround) und zusätzliche Datendienste (z.B. TPEG, Journaline oder EWF), in einem Multiplex übertragen werden. Durch die Fähigkeit, unterschiedliche Signalkonfigurationen einzustellen, ist DRM+ sehr flexibel hinsichtlich der Bereitstellung von Übertragungskapazitäten bzw. einer höheren Versorgungsqualität und Reichweite.

DRM+ hat eine Bandbreite von 96 kHz und nutzt OFDM als Sendesignal, daher können auch Gleichkanalnetze (Single Frequency Network - SFN) betrieben werden.

### 4.2.2 Netzinfrastruktur/Empfangbarkeit

DRM+-Sender können auf Basis der ITU-Recommendations und der Final Acts der RRC-06 im VHF-Band III (174 - 230 MHz) verträglich eingeplant und betrieben werden. Das Frequenzraster sieht 15 DRM+-Kanäle (à 100 kHz) in einem DAB-Block (1,75 MHz) vor.

DRM+ kann zum Zeitpunkt der UKW-FM-Abschaltung/-Abschmelzung auch im UKW-Bereich eingesetzt werden.

DRM+ ist frequenzeffizient und kann in SFN für die Flächenversorgung oder zur Lückenschließung betrieben werden.

Für die Versorgung mit DRM+ sind sehr geringe Empfangsfeldstärken und damit energieeffizient geringe Sendeleistungen (typischerweise 10 W für eine lokale Versorgung) erforderlich. Daher können DRM+-Sender-Standorte in unterschiedlichen Sendernetzkonfigurationen sehr flexibel sowohl in großer Höhe wegen der daraus resultierenden geringen Störwirkung auf andere Sendernetze, als auch in geringer Höhe (z.B. in städtischer Bebauung) wegen der daraus resultierenden geringen elektromagnetischen

---

<sup>4</sup> ETSI TS 101 980 V4.1.1 (2014-01) "Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification"

<sup>5</sup> Recommendation ITU-R BS.1114-9 (06/2015) Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz, Recommendation ITU-R BS.1660-6 (08/2012) Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band



Beeinflussung des direkten Umfelds aufgebaut und an die Versorgungsziele spektrumseffizient angepasst werden.

DRM+ erlaubt eine an die Versorgungsziele anpassbare Bereitstellung von größeren Nettodatenraten bzw. höherer Robustheit und Reichweite im Multiplex. Die Spektrale Effizienz ist hoch und beträgt für die beiden typischen Signalkonfigurationen 4-QAM R=1/3: 0,52 (bit/s)/Hz und 16-QAM R=1/2: 1,55 (bit/s)/Hz bezogen auf die übertragenen Nutzdaten (MSC-Kapazität).

DRM+ stellt eine Flächendeckung in einem Versorgungsgebiet für den stationären, portablen und mobilen Empfang bei den üblichen, mit dem Kfz gefahrenen Geschwindigkeiten sicher.

Die UKW-Verbreitungsgebiete der lokalen Veranstalter in Deutschland sind mit einzelnen DRM+-Kanälen im VHF-Band III unter Beibehaltung der vielfältigen Verbreitungsstrukturen, mit Arrondierung der Lizenzgebiete, darstellbar. Eine Simulcastphase unter Beibehaltung der Lokalität ist machbar, da die FM-Versorgungsstrukturen im UKW-Band bestehen bleiben können und DRM+-Sender zusätzlich im VHF-Band III für eine erweiterte und verbesserte Versorgung aufgebaut werden können.

Im ETSI-Standard von DRM ist das sogenannte „Alternative Frequency Signalling“ (AFS) spezifiziert, womit das „Service Following“ vollständig umgesetzt wird. AFS ermöglicht eine automatische Umschaltung des Empfängers auf die am besten zu empfangende Frequenz im DRM-Netz und auf Frequenzen von AM-, FM- und DAB-Netzen bzw. wieder zurück auf den DRM-Empfang.

#### **4.2.3 Audio- und Zusatzdienste/Content**

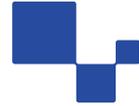
Im DRM+-Multiplex mit einer Nettodatenrate von 38 - 186 kbit/s (einstellbar in acht Signalkonfigurationen) können insgesamt vier unterschiedliche Angebotskanäle, typischerweise bis zu drei Hörfunkprogramme in hoher technischer Qualität und Datendienste, übertragen werden.

Hörfunkprogramme können entweder als MPEG4-AAC (mit einer typischen Datenrate von 48 kbit/s) oder als xHE-AAC (mit dem bereits ab einer Übertragungsrate von 6 kbit/s sowohl eine gute Sprach- als auch Musikqualität gewährleistet wird) codiert übertragen werden (auch in Surround).

Das Dienstangebot von DRM (zusätzlich zum oder unabhängig vom Hörfunkprogramm) ist bei ETSI standardisiert und identisch mit den Angeboten, die über DAB verbreitet werden. Hierzu gehörten insbesondere TextMessages/Dynamic Labels, EPG, Slideshows, Journaline, TMC, TPEG, Emergency Warning Feature (EWF) u.a. Gerade im lokalen Versorgungsbereich ist die Verbreitung von Alarmmeldungen im EWF essenziell.

Für DRM wird zurzeit die Videoerweiterung „Diveemo“ standardisiert. Damit können Informationsangebote in Bewegtbildern, z.B. unterstützend zu Alarmmeldungen, angezeigt werden.

DRM+ ist ressourceneffizient vor allem für die Versorgung von Gebieten mit einer geringen Anzahl an Hörfunkprogrammen.



#### 4.2.4 Endgeräte

Zurzeit gibt es keine Radiogeräte zum Empfang von DRM+ im Handel. Allerdings treiben besonders die internationalen Märkte in Asien die Geräteentwicklung für DRM+/-DAB+-Multinormradios voran. Aktuelle und angekündigte Generationen von DAB-Empfängerchipsätzen für Consumer-Geräte und zur Automotive-Implementierung etablierter Hersteller werden deshalb bereits für eine DRM-Unterstützung ausgelegt<sup>6</sup> (s. auch EBU Rec. 138<sup>7</sup>).

Eine technisch einfache und damit kostengünstige Implementierung von DRM+ in DAB-Radiogeräten ist durch die hohe Systemähnlichkeiten von DAB und DRM+ und deren identischen Audio- und Daten-Spezifizierung sowie des gleichen Empfängerdesigns des Radios (Antenne, Frontend) gegeben. Vereinfacht wird dies auch durch die aufeinander abgestimmten „Receiver Profiles“ von WorldDMB und des DRM-Konsortiums.

Dennoch ist dies ein Entwicklungsaufwand der Unterhaltungsgeräte- und Automobilindustrie, der erst betrieben wird, wenn ein ausreichender Absatzmarkt für DRM+ erkennbar ist.

#### 4.2.5 Infrastrukturkosten

Komponenten für die DRM+-Sendeinfrastruktur sind verfügbar. Hierzu gehören auf Studioseite der Multiplexer und Modulator<sup>8</sup> und auf Sendeseite der lineare Leistungsverstärker für das VHF-Band III inklusive vollwertiger Redundanz- und SFN-Funktion. Die Investitionskosten sind wegen der geringen Sendeleistung (lokal typ. 10 W) überschaubar.

Die Betriebskosten sind davon abhängig, welches Sendernetzkonzept verwendet wird.

Aspekte, mit denen die Kosten reduziert werden können, sind u.a.:

- Bestehende DAB-Antennenanlagen können mit genutzt werden, da das DRM+-Signal über von der Industrie lieferbare Einschleusweichen in die Antennenzuführung der DAB-Sender eingespeist werden kann.

---

<sup>6</sup> SIANO SMS2160: stand-alone T-DMB/DAB/DAB+/DRM+/FM Radio Receiver Chip for Automotive & Mobile Applications | NXP SAF3602EL: Digital radio and processing system-on-chip | Frontier Silicon Chorus 4 (announced)

<sup>7</sup> EBU Recommendation 138 "DIGITAL RADIO DISTRIBUTION IN EUROPE": "Multi-standard chips for digital radio decoding are available from many major manufacturers which enable radios to be built that decode FM, DAB and DRM".

<sup>8</sup> Z.B. der Fraunhofer DRM ContentServer R5 als professionelle Komponente oder der Realtime Modulator SPARK als Softwarepaket



- Sender mit kleiner Leistung für eine lokale Versorgung können unabhängig von großen Netzbetreibern und Rundfunk-Senderstandorten flexibel und kostengünstig aufgebaut werden.
- Die Zuführung vom Studio zu den Sendern kann über schmalbandige IP-Leitungen mit dem MDI-Protokoll<sup>9</sup> preisgünstig realisiert werden.
- Eine Reduzierung der Infrastrukturkosten kann über einen eigenen Senderbetrieb, den das TKG zulässt, erzielt werden.  
Die Investitions- und laufenden Kosten für den DRM+-Sendebetrieb müssen üblicherweise von einem Programmveranstalter übernommen werden bzw. können bei der Übertragung von bis zu 3 Hörfunkprogrammen unter den beteiligten Veranstaltern aufgeteilt werden.

#### **4.2.6 Eignung zur Versorgung unterschiedlicher Gebietsgrößen**

DRM+ eignet sich sehr gut zur digitalen terrestrischen Versorgung von Hörfunkgebieten in allen genannten Ausprägungen, auch in einer Simulcastphase.

Die medienpolitischen Vorgaben für die Versorgung von Lizenzgebieten bzw. für die Abbildung bestehender regionaler/lokaler Versorgungsstrukturen für alle genannten Szenarien sind damit erfüllbar.

#### **4.2.7 Voraussetzungen zur Implementierung**

DRM+ erfüllt die technologischen, regulatorischen und sendetechnischen Voraussetzungen zum Einsatz im VHF-Band III (174-230 MHz) als Ergänzung zu DAB+.

Mit DRM+ ist es frequenztechnisch machbar, bestehende und neue regionale/lokale Verbreitungsgebiete unter Beibehaltung ihrer Lokalität zu versorgen, ohne den Ausbau von DAB+ zu behindern.

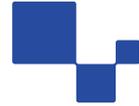
Hörfunkgebiete mit einer geringen Programmanzahl in allen genannten Ausprägungen, auch in einer Simulcastphase, können mit DRM+ besonders ökonomisch versorgt werden.

DRM+ und DAB+ weisen eine hohe Systemähnlichkeit aus und sind aus Nutzersicht identisch, da insbesondere die Audio- und Datendienste (insbes. TPEG und EWF) vollständig kompatibel sind, sodass Angebote beider Systeme mit einem Multinormgerät gleichermaßen (auch über Service Following) empfangen werden können.

Allerdings sind Multinormgeräte für DRM+/DAB+ auf dem Verbrauchermarkt nicht verfügbar. Diese müssen einerseits vor dem Markteintritt von DRM+ und andererseits zu Beginn der DAB-Ausbauphase erhältlich sein. Nur dann ist die Voraussetzung gegeben, in der DAB-

---

<sup>9</sup> ETSI TS 102 820 V1.2.1 (2005-10) Technical Specification "Digital Radio Mondiale (DRM); Multiplex Distribution Interface (MDI)"



Migrationsphase auch die ergänzende Markteinführung von DRM+ im VHF-Band III zu gewährleisten. Ansonsten erleiden Veranstalter, die DRM+ nutzen wollen, einen nicht mehr einholbaren Nachteil in der Teilnehmerreichweite.

Die lokalen/regionalen Hörfunkanbieter in Deutschland allein werden keinen ausreichenden Marktdruck erzeugen, DRM+ als zusätzliche terrestrische Hörfunktechnologie in den Markt zu bringen.

Dennoch kann eine Etablierung von DRM+ auch in Deutschland durch zurzeit stattfindende internationale Entwicklungen und die Forderung zur Bereitstellung von Multinormempfängern sowie über ein deutliches Signal der Regulierer und Rundfunkveranstalter über die zukünftige Einführung von DRM+ als Ergänzung des DAB-Angebots an die Geräteindustrie befördert werden. Hierzu gehören

- die stark vorangetriebene Geräteentwicklung für DRM+/-/DAB-Multinormradios im anstehenden Ausbau der internationalen Märkte, insbesondere in Asien,
- eine Harmonisierung von nationalen Einführungsstrategien im europäischen Markt und zur Empfängerimplementierungen auf europäischer bzw. EU-Ebene mit DRM+ als Ergänzung des DAB-Angebots (EU-Nationen, die DRM+ als Ergänzung zu DAB z.Z. untersuchen sind u.a. Schweden, Belgien, Frankreich, Ungarn und die Slowakei),
- die Aufnahme von DRM (DRM30/DRM+) in den von der Smart Radio Initiative propagierten „Euro-Chip“,
- die Vereinbarung einer Einführungsstrategie von DRM+ als Ergänzung von DAB unter Einbindung aller an der Digitalisierung des Hörfunks Beteiligten.

#### **4.2.8 Zusammenfassung/Empfehlungen**

DRM+ ist ein schmalbandiges Übertragungssystem mit einem kleinen Multiplex von typischerweise bis zu 3 Hörfunkangeboten mit Zusatzdiensten.

DRM+ ist spektrumseffizient, energieeffizient, ressourceneffizient, und ökonomisch besonders geeignet zur digitalen terrestrischen Versorgung in Hörfunkgebieten mit einer geringen Programmanzahl in allen Ausprägungen.

DRM+ ist im VHF-Band III flexibel mit unterschiedlichen Sendernetzkonfigurationen (auch SFN) einsetzbar, ohne die Entwicklung von DAB+ zu behindern. Nach Abschaltung von UKW-FM kann DRM+ auch im UKW-Bereich genutzt werden.

Die UKW-Verbreitungsgebiete der lokalen Veranstalter in Deutschland sind mit einzelnen DRM+-Kanälen im VHF-Band III unter Beibehaltung der vielfältigen Strukturen darstellbar. Eine Simulcastphase ist damit realisierbar.

DRM+ eröffnet, zusätzlich zur DAB+-Nutzung in den großflächigen Netzen, eine Chance zur Unterstützung der Digitalisierung des terrestrischen Hörfunks insbesondere für bestehende oder neue lokale/regionale oder regionalisierte Angebote sowie für Bürger- und Ausbildungsmedien.

Die technologischen, regulatorischen und sendetechnischen Voraussetzungen zum Einsatz von DRM+ im VHF-Band III (174-230 MHz) als Ergänzung zu DAB+ sind erfüllt.



Allerdings fehlen Radiogeräte auf dem Verbrauchermarkt, die zusätzlich zu DAB+ auch DRM+ empfangen und eine Einführungsstrategie von DRM+ als Ergänzung von DAB unter Einbindung aller an der Digitalisierung des Hörfunks Beteiligten.

Eine Markteinführung von DRM+ in Deutschland kann erst nach Klärung dieser beiden Fragen in Aussicht genommen werden, was voraussichtlich 2-3 Jahren in Anspruch nehmen wird. Andererseits darf der Prozess nicht lange herausgezögert werden, da Multinormradios für DRM+/DAB+ zu Beginn der DAB-Ausbauphase (voraussichtlich in 5 Jahren) verfügbar sein müssen.

Eine etwaige Markteinführung von DRM+ könnte durch folgende Maßnahmen unterstützt werden:

- Information an die Endgeräteindustrie, dass erwogen wird, DRM+ als Ergänzung von DAB in Deutschland im regionalen/lokalen Bereich vorzusehen.
- Klärung der Bereitschaft der Unterhaltungsgeräteindustrie zur Produktion von Multinormempfängern für DAB+ einschließlich DRM+.
- Appell an die Smart Radio Initiative, DRM (DRM30/DRM+) in den von ihr propagierten „Euro-Chip“ aufzunehmen.
- Entwicklung einer Einführungsstrategie von DRM+ als Ergänzung von DAB unter Einbindung aller an der Digitalisierung des Hörfunks Beteiligten, insbes. im Digitalradio Board des BMVI.

Daneben ist es hilfreich für Europa zu klären (z.B. in der ERO/ECO), ob DRM+ langfristig ein Ersatz von FM im UKW-Bereich nach dessen Abschaltung und damit die Chance zum Erhalt dieses Rundfunkspektrums ist, z.B. für nichtkommerzielle Veranstalter, die jetzt noch nicht digital terrestrisch verbreitet werden wollen. Doch auch hierfür ist der zeitnahe Marktimpuls für die Gerätehersteller notwendig, DRM+ als Ergänzung in die DAB-Radios aufzunehmen.

### **4.3 LTE-Advanced (eMBMS)**

#### **4.3.1 Der Broadcast-Modus (eMBMS) im LTE-A-System**

LTE-A (Long Term Evolution Advanced) ist ein modernes Mobilfunksystem, das in Deutschland im Zuge der Umsetzung der Digitalen Dividende 2 bundesweit errichtet wird. Es ist eine organische Weiterentwicklung des im Zuge der Umsetzung der Digitalen Dividende 1 in Deutschland eingeführten Mobilfunkstandards LTE. Wesentliche Verbesserungen von LTE-A sind höhere Datenraten und kürzere Verzögerungen beim Verbindungsaufbau. LTE-A ist ein zellulares Mobilfunksystem, dessen typische Zellgrößen zwischen einem Durchmesser von ca. 100 Metern in städtischen Bereichen bis zu mehreren Kilometern im Ländlichen Raum schwanken. Über LTE und LTE-A ist auch der Empfang von Hörfunkprogrammen möglich. Da es hierbei zwischen LTE und LTE-A kaum Unterschiede gibt, wird im Folgenden nur von LTE gesprochen.

LTE-A ist seit 2013 in Südkorea und Schweden in Betrieb. Seit November 2014 ist LTE-A auch in Deutschland verfügbar.

Für den Rundfunkempfang bei LTE gibt es zwei Möglichkeiten:



## **1. Der Empfang von Rundfunkprogrammen über eine klassische Internetverbindung**

Hierzu baut der Nutzer auf seinem Smartphone über eine App oder die Eingabe einer URL eine Verbindung über das klassische Internet zum Server des Radioveranstalters auf. Für jeden Nutzer des Radioprogramms wird eine eigene Verbindung (Point to Point) aufgebaut. Dem Nutzer entstehen die üblichen Kosten für die Nutzung des Internets gemäß dem Vertrag, den er mit seinem Mobilfunkanbieter geschlossen hat. Der Hörfunkanbieter muss an seinen Internetserviceprovider ein Entgelt entrichten, das sich üblicherweise an der Menge der übertragenen Daten orientiert. Je mehr Hörfunknutzer via Internet das Angebot nutzen und je länger deren Hördauer ist, umso höher sind die Kosten für den Hörfunkanbieter (dies ist unabhängig von LTE und gilt allgemein für Internet Streaming). Diese Art der Radionutzung über Smartphone und Tablets ist seit einigen Jahren etabliert. Mit diesem Verfahren ist es möglich, im gesamten Netz des Mobilfunkers Radioprogramme aus der ganzen Welt zu hören. Dieses Verfahren wird hier nicht weiter behandelt.

## **2. Radionutzung über den Broadcast-Modus von LTE (eMBMS)**

Der Standard von LTE sieht auch einen Broadcast-Modus vor, „evolved Multimedia Broadcast/Multicast Service“ (eMBMS). Er erweitert die im Mobilfunk sonst übliche Punkt-zu-Punkt- um die Punkt-zu-Mehrpunkt-Funktion (Point to Multipoint). Für die Hörfunkübertragung liefert der Radioanbieter seinen Radiostream an den Mobilfunkanbieter. Dieser verbreitet den Stream in seinem internen Breitbandnetz, das die Basisstationen untereinander und mit dem Einspeisepunkt verbindet. Sobald der Radiostream in einer Funkzelle abgerufen wird, und diese Funkzelle zur Verbreitung des Radioprogramms freigeschaltet ist, entscheidet der Mobilfunkanbieter, ob es ökonomisch sinnvoller ist, den Stream über eine direkte, individuelle Verbindung zum Gerät des Nutzers auszuliefern oder die Daten mittels eMBMS als Broadcast in dieser Funkzelle zu verbreiten. Eine Verbreitung im Broadcast-Modus ist für den Betreiber vorteilhaft, wenn sehr viele Hörer dieses Programm gleichzeitig hören wollen und/oder wenn diese sich am Rand der Zelle aufhalten. Eine individuelle Verbindung kann für den Betreiber vorteilhaft sein, wenn sich alle Hörer einer Zelle nahe der Basisstation befinden und mit einem höherstufigen und somit Bandbreite sparenden Übertragungsverfahren versorgt werden können. Der Broadcastmodus hat zur Folge, dass bei einer Mehrfachnutzung des gleichen Streams innerhalb einer Funkzelle dieser nur einmal verbreitet werden muss und sich das Datenvolumen nicht durch die Anzahl der Hörer vervielfacht. Bei der Entscheidung zwischen individueller Übertragung oder Broadcastmodus handelt es sich in erster Linie um eine Auslastungsoptimierung des Netzbetreibers. Für den Nutzer ist der Wechsel von Unicast zu Broadcast nicht erkennbar.

Will der Radioveranstalter tatsächlich alle Mobilfunknutzer in seinem Verbreitungsgebiet erreichen, so muss er mit allen dort tätigen Mobilfunkern entsprechende Vereinbarungen schließen. Das Programm würde dann bei entsprechenden Abrufen von jedem Mobilfunkanbieter in einem eigenen Netz (in Deutschland somit über 3 Netze) verbreitet. Alternativ könnten gemäß einem von der EBU empfohlenen Verfahren die Mobilfunkanbieter und der Radioveranstalter sich darauf einigen, das Radioprogramm über eMBMS nur über ein einziges Netz (statt drei) zu übertragen und das so zu signalisieren, dass auch von allen



Teilnehmern aus anderen Netzen darauf zugegriffen werden kann. Dies würde insgesamt gesehen die Frequenzeffizienz erhöhen und die Kosten senken.

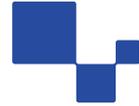
Hörfunkübertragung mittels eMBMS ist zwar seit einigen Jahren im Standard enthalten, über tatsächliche Nutzungen ist aber nichts bekannt. Geschäftsmodelle hierfür und die daraus resultierende Aufteilung der Kosten zwischen Radioanbieter und Hörer sind somit auch unbekannt. Aus demselben Grund sind Aussagen über die eventuellen Kosten für den Radiohörer derzeit nicht möglich.

#### **4.3.2 Netzinfrastruktur/Empfangbarkeit**

Der Broadcast-Modus eMBMS ist ein Teil der vielfältigen Möglichkeiten des LTE-Standards. Nicht jeder Mobilfunkanbieter bietet alle Möglichkeiten an. Übertragungen im Broadcast-Modus erfolgen wie alle anderen Übertragungen mit den dem Mobilfunkanbieter zugewiesenen Frequenzen. Mit der im Mai/Juni 2015 durchgeführten Versteigerung erhält der Mobilfunk zusätzliche Spektrum im 700 MHz-Band (694 – 790 MHz). Jeder der drei großen in Deutschland tätigen Mobilfunkanbieter ersteigerte 2 x 5 MHz. Somit sind heute und in Zukunft ausreichend Frequenzen für eMBMS verfügbar.

Die Übertragungsparameter für das eMBMS-Signal müssen so ausgewählt werden, dass auch Hörer am Zellrand das Signal einwandfrei empfangen können. Dafür wird ein sehr robustes Verfahren ausgewählt, dessen Frequenzeffizienz etwa bei 1 (bit/s)/Hz liegt. Dies ist in der gleichen Größenordnung wie die Frequenzeffizienz von DAB+ bzw. DRM+ bei voll ausgelastetem Multiplex. Wenn der Radioveranstalter in seinem Verbreitungsgebiet allerdings über alle Mobilfunkanbieter erreichbar sein möchte, so muss er in Deutschland mit drei Unternehmen Verträge schließen. Jeder Mobilfunkanbieter überträgt das Radioprogramm dann in seinem Netz. Bei drei Mobilfunkanbietern sinkt somit die Gesamteffizienz auf etwa 1/3 (bit/s)/Hz. Alternativ könnte die bereits zuvor geschilderte übergreifende Signalisierung zum Einsatz kommen. Dann bliebe die Frequenzeffizienz von etwa 1 (bit/s)/Hz erhalten.

Bei einer angenommenen Datenrate des Audiosignals von 48 kbit/s und der spektralen Effizienz der Übertragung von etwa 1 (bit/s)/Hz könnten in einem LTE-Kanal der Breite 5 MHz etwa 100 Audioprogramme übertragen werden. Das ist weit mehr, als die Landesmediengesetze als Pflichtprogramme zur Verbreitung über die Terrestrik derzeit vorschreiben. Allerdings ist fraglich, ob Mobilfunkanbieter und Radioveranstalter sich auf eine für beide Seiten wirtschaftlich attraktive Verbreitung von Hörfunkprogrammen verständigen können. Zudem ist völlig offen, nach welchen Kriterien der Mobilfunkanbieter einem Radioveranstalter Zugang zu seinem Netz gewähren muss. Die Mobilfunkfrequenzen im Frequenzvergabeverfahren vom Mai/Juni 2015 haben eine Laufzeit bis zum 31. Dezember 2033. Das Vergabeverfahren sieht keinerlei Auflagen zugunsten einer möglichen Rundfunkübertragung vor. Ob die Regelungen des Rundfunkstaatsvertrags greifen, sollte aus juristischer Sicht geprüft werden. Ggf. wären Anpassungen i. R. der Plattformregulierung vorzunehmen, damit verhindert werden kann, dass der Zugang zum Mobilfunknetz für Hörfunkveranstalter vom Goodwill bzw. den ökonomischen Interessen der Mobilfunkanbieter bestimmt wird.



Da gegenwärtig erst die kommerzielle Nutzung von eMBMS anfängt, sind erst wenige Basisstationen der Mobilfunknetze mit eMBMS aktiviert. Dies kann allerdings i.d.R. per Softwareupdate nachgeholt werden. Geräte, die für die eMBMS-Funktion nicht nachgerüstet werden können, müssen den Stream weiterhin im Unicast empfangen.

Auf Seite der Endgeräte lässt sich feststellen, dass bislang nur wenige im Markt befindliche Geräte die Fähigkeit für den Empfang von eMBMS implementiert haben.

Die LTE-Netze versorgen heute in Deutschland große Teile der Bevölkerung, aber bei weitem noch nicht die gesamte Fläche Deutschlands. Dies zeigt ein Blick in den Breitbandatlas des Bundes. Die Mobilfunknetze rüsten im Zuge ihres Netzausbaus weitere bereits existierende GSM-Basisstationen mit LTE-Sendern aus. Deshalb kann man in den nächsten Monaten und Jahren von einer weiteren Verbesserung der Flächenversorgung ausgehen. Ob aber jemals ein Grad der Flächendeckung erreicht wird, der den Anforderungen des Hörfunks gerecht wird, darf bezweifelt werden, da der Flächenausbau im ländlichen Raum die Errichtung vieler neuer Basisstationen erfordert.

LTE ist primär für den mobilen und portablen Empfang ausgelegt. Da LTE von einigen Mobilfunknetzen allerdings auch als Festnetzersatz angeboten wird, gibt es für LTE auch Zimmerantennen und Antennen für die Montage an Außenwänden.

#### **4.3.3 Audio und Zusatzdienste**

Die Übertragung der Dienste erfolgt bei LTE nach dem Internetprotokoll. Somit ist es problemlos möglich, zusätzlich zum reinen Audioprogramm weitere ergänzende Informationen zu übertragen.

#### **4.3.4 Endgeräte**

Da eMBMS ein Teil des LTE-Standards ist, können prinzipiell alle Mobilfunkempfangsgeräte (Smartphones, Tablets), die LTE-fähig, sind auch Hörfunkprogramme empfangen können. Gemäß der LTE-Spezifikation besteht für Empfangsgeräte, die in vollem Umfang das Netz nutzen, eine Pflicht zur Nutzung von SIM-Cards. Anders ausgedrückt, jedes Empfangsgerät für Hörfunk über LTE muss über eine SIM-Card verfügen. (Tiefer gehende Erläuterung: Damit der Netzbetreiber entscheiden kann, ob er dem Hörer den Radiostream über eMBMS oder eine individuelle Verbindung sendet, muss er ihn kennen. Diese Kenntnis erlangt der Betreiber über die SIM-Card).

#### **4.3.5 Infrastrukturkosten**



Die Infrastrukturkosten sind ein ganz wesentlicher Faktor für die Entscheidung, welche Übertragungstechnik Radio in Zukunft nutzen sollte. Einen Vergleich der Übertragungskosten von DAB+ und LTE beauftragten BLM und BR bei der TUM School of Management. Die Studie wurde im März 2014 veröffentlicht. Die Studie nimmt als Grundlage die Hörfunknutzung und die topografischen Gegebenheiten Bayerns. In ihrer Grundaussage lassen sich die Ergebnisse jedoch auf ganz Deutschland übertragen. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass die Übertragung eines einzigen Hörfunkprogramms über eMBMS etwa 35-mal so teuer ist wie über DAB+. Für die Hörfunkübertragung wird eine Datenrate von 96 kbit/s angenommen. Das mag für heute realistisch sein, für eine in der Zukunft liegende Hörfunkübertragung über LTE ist das sicherlich zu hoch gegriffen. Bereits heute sind neue Codecs verfügbar, die mit einer deutlich geringeren Datenrate eine gute Audioqualität ermöglichen. Nimmt man eine Verringerung der Datenrate auf zukünftig 48 kbit/s an, so reduziert sich der Unterschied zwischen LTE und DAB+ auf den Faktor von etwa 17.

Mit der Versteigerung des 700 MHz-Bandes erhält der Mobilfunk weitere Frequenzen. Aufgrund seiner günstigen Ausbreitungseigenschaften wäre dieses Band auch für die Hörfunkübertragung gut geeignet. Die Hörfunkprogramme könnten alle im 700 MHz-Band untergebracht werden. Die Studie der TUM nimmt mit Bezug auf eine Veröffentlichung von Qualcomm an, dass im städtischen Bereich das 2 GHz-Band genutzt wird. Für dieses wird ein Zellradius von nur 288 m angenommen, was zu einer hohen Zahl von Basisstationen und somit hohen Verbreitungskosten führt. Bei Verwendung des 700 MHz-Bandes kann auch im städtischen Bereich der Zellradius von 1 km angenommen werden, denn die TUM-Studie für „dicht besiedelte“ Gebiete annimmt.

Weiter geht die TUM-Studie von einem Preis von 4,52 € pro übertragenem GByte aus. Inzwischen sind die Angebote der Mobilfunkhersteller wesentlich günstiger. Im Mai 2015 bietet z.B. Vodafone unter dem Stichwort „LTE Internet und Telefon für Zuhause“ 1 GByte für 2,75 € an. Wenn das Volumen von 10 GByte bei einer Geschwindigkeit von bis zu 7.2 Mbit/s im Download aufgebraucht, so kann weiter mit 384 kbit/s gesurft werden. Das reicht völlig für Hörfunkübertragung.

Bei Hörfunkübertragung über eMBMS mit einer Datenrate von 48 kbit/s und Zellradien von 1 km im städtischen und im dicht besiedelten Gebiet ist dann die Übertragung pro Programm eMBMS nicht mehr um den Faktor 35 teurer als über einen voll ausgelasteten Multiplex von DAB+, sondern es ergibt sich ein Faktor von knapp 10. Wird weiter von einer gemeinsamen Hörfunk-Signalisierung (EBU-Vorschlag) ausgegangen und ein geringerer Preis pro übertragenem GByte angesetzt, so könnten die Kosten pro Hörfunkprogramm weiter gesenkt werden und in den Bereich der Kosten für eine DAB+-Verbreitung kommen. Sofern sich alle drei Mobilfunkhersteller und Hörfunkveranstalter einigen können, sind die Kosten somit kein Argument gegen die Hörfunkübertragung über LTE. Aber selbst bei einer solchen Einigung wäre eine flächendeckende Empfangbarkeit noch nicht gewährleistet.

#### **4.3.6 Voraussetzung zur Implementierung**

LTE, LTE-A und eMBMS sind weltweit standardisierte Übertragungsverfahren. Allerdings gibt es bisher kaum praktische Erfahrungen mit eMBMS, sie steigt aber mit jedem Monat. Mittlerweile gibt es Systeme in Nord Amerika, Australien, Indien, Korea, China, Deutschland, Portugal, Italien, Frankreich, Polen, Großbritannien und vielen mehr. Über praktische



Erfahrungen zur Verbreitung von Hörfunk mittels eMBMS insbesondere in Gebieten von der Größe eines Lokalsendegebiets ist nichts bekannt. Insbesondere ist unklar, wie ein nahtloses Handover bei vielen gleichzeitigen mobilen Nutzern (z.B. im Auto im Berufsverkehr) erfolgt.

Bevor in Deutschland die Hörfunkübertragung über LTE und eMBMS als Substitut der heute bekannten Rundfunkübertragungstechniken eingeführt werden könnte, müsste auf jeden Fall folgendes geklärt werden:

1. Geschäftsmodelle zur Aufteilung von Kosten und Erlösen zwischen Mobilfunk und Radioveranstalter.
2. Neben Smartphones und Tablets muss es auch traditionelle Hörfunkempfänger (Radiowecker, Küchenradio, Wohnzimmeranlage ...) geben, die LTE und eMBMS ohne Mobilfunkvertrag empfangen können. Bisher sind keinerlei Ansätze zu Entwicklung entsprechender Geräte bekannt. Geräte sollten auch grenzüberschreitend nutzbar sein (z.B. bei grenznahen Regionen oder bei Fahrten ins Ausland)
3. Es gibt keinerlei Regelungen für die Übertragung von Hörfunk über LTE, hierfür muss noch ein medienrechtlicher Rahmen geschaffen werden. Ungünstig ist, dass die Frequenzen für Mobilfunk im Mai/Juni 2015 mit einer Laufzeit bis Ende 2033 versteigert wurden, und die Vergabebedingungen keinen Ansatz für einen solchen Rahmen bieten.
4. Technische Fragen, vor allem im Zusammenhang mit der Organisation von großen, aus vielen Funkzellen bestehenden Versorgungsgebieten.

#### **4.3.7 Lösungen für die Abbildung bestehender lokaler Versorgungsstrukturen**

LTE kann vorgegebenen Gebietsstrukturen auf wenige Kilometer genau abbilden. Die Verbreitungskosten pro Programm steigen in erster Näherung linear mit der Fläche des Verbreitungsgebiets.

#### **4.3.8 Zusammenfassung**

LTE-A und der zugehörige Broadcast-Modus eMBMS sind international standardisiert. Netze nach dem LTE-A-Standard sind in mehreren Ländern, so auch in Deutschland, bereits in Betrieb, allerdings ohne eMBMS.

LTE und eMBMS erlaubt die Hörfunkübertragung an viele gleichzeitige Nutzer. Spätestens mit der Versteigerung des 700 MHz-Bandes im Mai/Juni 2015 sind ausreichend Frequenzen auch zur Verbreitung einer größeren Zahl von Radioprogrammen verfügbar. Versorgungsgebiete jeglicher Größe können auf wenige Kilometer genau abgebildet werden. Die Verbreitungskosten pro Programm können bei einer Zusammenarbeit aller drei Mobilfunkunternehmen Deutschlands und der Hörfunkveranstalter erheblich reduziert werden und könnten im besten Fall in etwa gleicher Höhe liegen, wie bei einer Verbreitung über einen voll ausgelasteten DAB-Multiplex.



Wie die Kosten der Radioverbreitung über LTE zwischen Mobilfunkbetreiber, Radioveranstalter und Hörer aufgeteilt werden könnten, ist völlig offen, da gegenwärtig keinerlei Geschäftsmodelle dafür bekannt sind.

Jedes LTE-fähige Empfangsgerät (Smartphone, Tablett) kann auch Hörfunk über LTE empfangen. Es sind allerdings keine Planungen bekannt, dass die heute üblichen Radiogeräte wie Radiowecker, Küchenradio und HiFi-Stereoanlage etc. für den LTE-Empfang ausgerüstet werden sollten. Das Hauptproblem dabei ist jedoch, dass jedes LTE-Empfangsgerät eine SIM-Card haben muss.

LTE nutzt dem Mobilfunk zugewiesene Frequenzen. Diese unterliegen derzeit in keiner Weise der Rundfunkregulierung. Wenn die Hörfunkübertragung über LTE ein Teil des gesetzlichen Versorgungsauftrags werden soll, müsste ein medienrechtlicher Rahmen dafür geschaffen werden. Dies wird schwierig werden, da die Mobilfunklizenzen im Mai/Juni 2015 mit einer Laufzeit bis 2033 ohne diesbezügliche Auflagen versteigert wurden.

#### **4.4 HD-Radio**

##### **4.4.1 Das HD Radio-System**

HD Radio ist der Markenname der US-amerikanischen Firma ibiquity für ein proprietäres OFDM-Übertragungssystem mit der Bezeichnung In-band-on-channel (IBOC). HD Radio kann im Langwellen-/Mittelwellen-Bereich (AM IBOC) und im UKW-Bereich (FM IBOC) zusätzlich zu einem inhärent verbundenen analogen Signal (AM bzw. FM) im „hybrid mode“ oder als eigenständiges digitales Signal im „digital only mode“ eingesetzt werden und ist bei der ITU standardisiert.<sup>10</sup>

Im Folgenden wird nur die HD Radio-Variante für das UKW-Band (FM IBOC) betrachtet.

##### **4.4.2 Netzinfrastruktur/Empfangbarkeit**

Eine Nutzung des VHF-Bands III (174-230 MHz) ist aus regulatorischen Gründen ausgeschlossen, da HD Radio bei der ITU nicht für den Einsatz in diesem Bereich spezifiziert ist und HD Radio im ECC Report 177 für den Einsatz in Europa ausschließlich für das UKW-Band im 100 kHz-Raster ausgewiesen ist. Technologisch ist die HD Radio System Spezifikation des National Radio System Committee der USA (HD Radio NRSC-5B) nur auf das US-amerikanische FM-Band (87,8 MHz bis 108,0 MHz) ausgerichtet.

HD Radio kann daher im VHF-Bereich nur im UKW-Band (87,5-108 MHz) eingesetzt werden. Allerdings können HD Radio-Sender in diesem Bereich wegen des weiterhin sehr dicht belegten Spektrums, der generellen Störproblematik aller OFDM-Systeme auf FM-Radios und

---

<sup>10</sup> Recommendation ITU-R BS.1114-9 (06/2015) Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz



wegen der ungeklärten Verträglichkeit mit dem Flugnavigationsservice oberhalb des UKW-Bandes auf absehbare Zeit in Deutschland nicht betrieben werden.

Das HD Radio-Signal besitzt eine Bandbreite von 398 kHz, in denen verschiedene Übertragungsmodi mit Untervarianten definiert sind:

Im „all digital mode“ wird die vollständige Bandbreite mit dem OFDM-Signal belegt.

Im „hybrid mode“ wird um die Mittenfrequenz ein Bereich von 260 kHz (hybrid mode) bzw. 200 kHz (extended hybrid mode) frei gelassen, da dort das FM-Signal übertragen wird, neben dem die OFDM-Träger unter- und oberhalb mit einer Bandbreite von jeweils 69 kHz (hybrid mode) bzw. 99 kHz (extended hybrid mode) ausgestrahlt werden. Damit stehen 138 kHz (hybrid mode) bzw. 198 kHz (extended hybrid mode) für eine digitale Übertragung zur Verfügung.

Die Nettodatenrate beträgt im „hybrid mode“ 96 kbit/s (hybrid mode) bis 146 kbit/s (extended hybrid mode) und im „all digital mode“ bis zu 256 kbit/s. In den OFDM-Seitenbändern oberhalb und unterhalb des FM-Signals werden die gleichen Inhalte übertragen. Daher ist die Spektrale Effizienz mit 0,17-0,32 (bit/s)/Hz nicht sehr hoch.

Der Betrieb von Gleichwellensendern ist im „hybrid mode“ nicht möglich, da dieser auf diskreten FM-Frequenzen ausgestrahlt wird. Inwieweit dies im „all digital mode“ möglich ist, ist nicht geklärt, da es keine ausreichenden Aussagen zu den OFDM-Parametern gibt.

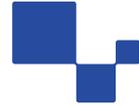
Zur Ausstrahlung von HD Radio sind Multiplexer und Modulatoren zur sendefertigen Signalaufbereitung der Inhalte über bestehende FM-Sender für das VHF-Band II auf dem US-amerikanischen Markt verfügbar. Die Geräte sind auch in Europa verwendbar.

Im „hybrid mode“ besteht eine direkte Verknüpfung zwischen dem FM-Signal und den OFDM-Trägern im oberen und unteren Seitenband. Damit gegenseitige Störungen zwischen dem OFDM- und FM-Signal vermieden werden, muss das OFDM-Signal um 23 dB (um den Faktor 200) gegenüber dem FM-Träger abgesenkt werden. Damit ist auch die erzielbare Versorgungreichweite inhärent mit der Reichweite des FM-Signals verbunden. Eine Variation über Änderungen/Ergänzungen von Sendestandorten oder Anpassung von Sendeleistungen ist nicht machbar.

Ein HD Radio-Sender kann nur diejenige Flächendeckung erreichen, wie dies auch der FM-Sender zulässt. Eine Verbesserung bzw. Arrondierung der Versorgung im Lizenzgebiet, die mit den bisherigen UKW-FM-Sendern nicht ausgefüllt werden, ist nicht möglich.

Inwieweit über die Fehlerschutzmaßnahmen und die OFDM-Parameter ein gesicherter mobiler und portabler Empfang durchgängig, auch bei hohen Geschwindigkeiten, machbar ist, kann nicht beurteilt werden, da die Systemparameter und Ergebnisse von Untersuchungen in den USA nicht vollständig offen gelegt sind.

HD Radio beinhaltet ein Service-Following für das eigene Programmangebot, sodass ein HD Radio-Empfangsgerät bei einer schlechten FM-Versorgung weiterhin die digitale Versorgung behält bzw. bei einer schlechten digitalen Versorgung automatisch auf das eigene FM-Programm umschaltet. Hintergrund ist, dass der HD Radio-Standard vorschreibt, dass das FM-Programm zwingend als erstes OFDM-Programm zu übertragen ist.



#### **4.4.3 Audio- und Zusatzdienste/Content**

Mit HD Radio können im „hybrid mode“ 2-3 Hörfunkprogramme übertragen werden. Das erste Hörfunkprogramm muss im „hybrid mode“ identisch mit dem FM-Programm sein, sodass zusätzlich ein bis zwei Hörfunkprogramme digital angeboten werden können.

HD Radio benutzt zur Quellkodierung keinen offenen MPEG-Standard sondern vermutlich das Codierverfahren PAC (Perceptual Audio Coding von Bell Labs/Lucent).

Die Ressourceneffizienz von HD Radio ist im „hybrid mode“ sehr klein. Dies liegt daran, dass das FM-Programm gleichzeitig auch digital übertragen und in beiden OFDM-Seitenbändern der gleiche Inhalt verbreitet wird.

Für die lokale Versorgung mit wenigen Programmangeboten wäre HD Radio allerdings ein prinzipiell geeignetes System.

#### **4.4.4 Endgeräte**

Auf dem US-amerikanischen Markt sind Multinorm-Radios, die HD Radio und FM im UKW-Band II empfangen, für den stationären, portablen und mobilen Empfang (z.B. auch als Erstausrüstung europäischer Automobilhersteller) erhältlich. Diese können prinzipiell auch auf dem europäischen Markt angeboten werden. Diese Radios enthalten allerdings keine Empfangsmöglichkeit für das VHF-Band III und damit auch keine Empfangsmöglichkeit für DAB+.

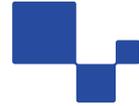
#### **4.4.5 Infrastrukturkosten**

Für HD Radio sind Exciter und Combiner auf dem Markt erhältlich, mit denen das FM-Signal und das OFDM-Signal über eine Antenne verbreitet werden können. Die Infrastrukturkosten sind daher lediglich für diese technischen Komponenten aufzubringen, da der FM-Sender weiter betrieben werden kann.

Ibiquity verlangt für die HD Radio-Ausstrahlung offenbar Lizenzgebühren für Empfangsgeräte, Exciter auf der Sendeseite und von den Veranstaltern.<sup>11</sup> Die aktuellen Preise für nordamerikanische Veranstalter betragen für das Hauptprogramm einmalig \$ 5000 bis \$ 25000. Dazu kommen 3% der Einnahmen aus den zusätzlichen Programmen, im Minimum \$ 1000/pro Jahr und Programm. Das gleiche gilt für Datendienste.

---

<sup>11</sup> Zwischenbericht über den HD Radio-Versuch in der Schweiz, zu Händen des BAKOM per Dezember 2006 von M.Ruoss, Ruoss AG



#### **4.4.6 Voraussetzungen zur Implementierung**

HD Radio erfüllt keine Voraussetzungen für eine zeitnahe Implementierung:

HD Radio kann nicht im VHF-Band III, sondern nur im UKW-Band II betrieben werden, sodass ein Einsatz für die digitale Verbreitung von lokalen Hörfunkangeboten überhaupt erst nach der Abschaltung des analogen FM-Hörfunks möglich ist.

HD Radio ist kein europäisch standardisiertes System (z.B. auch keine ETSI-Standard), sodass eine Standardisierung in Europa vor einer Markteinführung zunächst vollzogen werden muss.

HD Radio-Endgeräte beinhalten lediglich einen FM- und HD Radio-Empfang im UKW-Band II. Der Empfang des VHF-Bands III und des DAB-Systems ist nicht möglich.

Eine Einführungsstrategie für die lokalen Hörfunkveranstalter, zeitgleich mit der digitalen Umstellung des Hörfunks über DAB in Deutschland, wird nicht gesehen, da die technischen Voraussetzungen und die Frequenzverfügbarkeit für HD Radio, wenn überhaupt, erst langfristig in Aussicht genommen werden kann.

#### **4.4.7 Eignung zur Versorgung unterschiedlicher Gebietsgrößen**

HD Radio ist zur Versorgung unterschiedlicher Gebietsgrößen nur unzureichend geeignet, da im hybriden Mode eine untrennbare Verknüpfung mit dem FM-Signal hergestellt werden muss und daher die nötige Flexibilität zur Abbildung von zusätzlichen Versorgungszielen fehlt.

#### **4.4.8 Zusammenfassung**

HD Radio ist für die terrestrische digitale Versorgung des regionalen /lokalen Hörfunks in Deutschland nicht geeignet:

- HD Radio ist ein proprietäres US-amerikanisches digitales Übertragungssystem auf OFDM-Basis, das im VHF-Bereich nur im UKW-Band II betrieben werden, sodass ein Einsatz für die digitale Verbreitung von lokalen Hörfunkangeboten überhaupt erst nach der Abschaltung des analogen FM-Hörfunks möglich ist.
- HD Radio ist auf europäischer Ebene nicht standardisiert.
- Die HD Radio-Empfangsgeräte besitzen keine Empfangsmöglichkeit für das VHF-Band III und für das DAB-System.
- Eine Markteinführung in Deutschland und auch in Europa unter diesen Bedingungen ist daher ausgeschlossen.



## 4.5 DVB-T2

### 4.5.1 Systembeschreibung

DVB-T2 ist sicherlich eines der modernsten, in diesem Dokument betrachteten Übertragungsverfahren. Es wurde vom DVB-Projekt auf der Grundlage kommerzieller, hauptsächlich für die Übertragung von digitalem terrestrischem Fernsehen erstellter Anforderungen entwickelt.<sup>12</sup> Neben der Übertragung von Fernsehen mit SD-, HD- und UHD-Auflösung unterstützt DVB-T2 zudem die Übertragung von mobilem Fernsehen sowie von Datenrundfunk und Radio bzw. Kombinationen aller Dienste.<sup>13</sup> Das technische Verfahren wurde vom DVB-Projekt in Form eines Blue Book veröffentlicht und im September 2009 als EN 302 755 durch ETSI standardisiert. Seitdem wurden zwei weitere Aktualisierungen des DVB-T2-Standards verabschiedet<sup>14</sup> inclusive einem Profil für mobile Dienste. Zwei der größten Motivationen für die Entwicklung der Technik waren die Forderungen nach großer spektraler Effizienz einem hohen Grad an Flexibilität.

Die Systemanforderungen wie hohe Effizienz und Flexibilität werden durch die Verwendung moderner Verarbeitungsalgorithmen sichergestellt. Wie bei nahezu allen modernen Übertragungssystemen für terrestrische Funkkanäle kommt auch bei DVB-T2 ein OFDM-basiertes Modulationsverfahren zum Einsatz, das – in Verbindung mit einer hybriden BCH-LDPC-Kanalkodierung – das Kernstück des Systems darstellt. Die Parameter der eingesetzten Algorithmen sind zu einem Großteil variabel anwendbar.

Die hohe spektrale Effizienz, die das System in terrestrischen Funkkanälen unterschiedlicher Ausbreitungsprofile erreicht, wird hauptsächlich durch die eingesetzte LDPC-Kanalfehlertschutzkodierung sichergestellt. Sie liegt in der Größenordnung von 6 dB besser als die in älteren Verfahren eingesetzte Reed-Solomon-Kodierung und erzeugt einen Gewinn an Effizienz von etwa 2 bit/s pro Hz-Bandbreite.

Die Flexibilität wird durch die Verwendung von OFDM insbesondere in Kombination mit dem PLP-(„Physical Layer Pipe“-)Verfahren erreicht, das es erlaubt, verschiedene Dienste wie stationär empfangbares Fernsehen und mobil empfangbares Radio individuell gegen Übertragungsfehler zu schützen. Diese Eigenschaft wird durch die Möglichkeit geschaffen, unabhängig voneinander Parameter bei Modulation und Kanalkodierung anzuwenden.

---

<sup>12</sup> Digital Video Broadcasting, „Commercial requirement for DVB-T2“, DVB, Blue Book A114, Apr. 2007.

<sup>13</sup> Digital Video Broadcasting, „2nd Generation terrestrial – The World’s Most Advanced Digital Terrestrial TV System“, DVB Fact Sheet DVB-T2, May 2015

<sup>14</sup> Digital Video Broadcasting, „Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2),“ ETSI Std. EN 302 755 V1.3.1, Apr. 2012.



#### **4.5.2 Netzinfrastruktur und Empfangbarkeit**

Derzeit wird in Deutschland ein Sendernetz geplant, über das eine nahezu flächendeckende TV-Versorgung in Deutschland erreicht werden soll. Die Systemauslegung erfolgt auf den Anforderungen einer stationären Empfangbarkeit. Eine portable und mobile Versorgung mit Hörfunk wäre möglicherweise über dasselbe Sendernetz unter Nutzung derselben Frequenzen/Kanäle möglich, wenn die hierfür notwendigen Datenraten-Kapazitäten freigeräumt werden würden. Eine Umsetzung könnte durch die Anwendung separater PLPs für Fernsehen und die verschiedenen Hörfunkkategorien (national, landesweit, lokal) unter Verwendung individueller Parameter für Modulation und Kanalkodierung erfolgen; eine Abdeckung unterschiedlicher Versorgungsbereiche wäre auf diese Weise zumindest theoretisch möglich.

Die gemeinsame Nutzung einer Übertragungsplattform für Fernsehen und Radio ist in Deutschland zurzeit nicht in der Diskussion. Die kommerzielle Einführung von getrennten Plattformen für Fernsehen und Radio ist bereits sehr weit fortgeschritten, sodass ihre Zusammenführung aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll erscheint. Eine darüber hinausgehende Verwendung von DVB-T2 zum ausschließlichen Zweck einer lokalen Versorgung mit Hörfunk, erscheint unter dem Aspekt, neben DAB+ ein zweites Übertragungsverfahren für die Hörfunkversorgung einzuführen, eher ineffizient.

#### **4.5.3 Endgeräte**

DVB-T2-Endgeräte sind bereits heute im Markt verfügbar; ihre Anzahl und Vielfalt wird in den kommenden Jahren steigen. Obwohl zumindest ein Hersteller Pläne angekündigt hat, DVB-T2-Schaltkreise in Smartphones integrieren zu wollen, ist es fraglich, ob in Deutschland ein Markt für integrierte Endgeräte zum Empfang von Radiosignalen unter Verwendung von DAB+ und DVB-T2 geschaffen werden kann.

#### **4.5.4 Zusammenfassung DVB-T2**

Es sind keine umfassenden wissenschaftlich-technischen Untersuchungen für den Einsatz von DVB-T2 als Übertragungssystem zur Verbreitung von Hörfunk bekannt. Erste Abschätzungen lassen erkennen, dass DVB-T2 die technischen Anforderungen an ein modernes Übertragungssystem für Hörfunk erfüllt. Die Stärken liegen dabei auf der gleichzeitigen Versorgung von großflächigen und regionalen/lokalen Gebieten unter Verwendung von PLPs. Wird hingegen ausschließlich die zuverlässige Versorgung von kleinen Gebieten mit lokalem



Hörfunk angestrebt, erscheint es fraglich, dass diese Lösung mit DVB-T2 kosteneffizient durchzuführen ist.



## 5. Bewertung

Im Anschluss an die Systembeschreibungen und vor dem Hintergrund der darin berücksichtigten Kriterien lässt sich nun eine vergleichende Bewertung der Systeme vornehmen. Zunächst werden die beiden Broadcast-Systeme DAB+ und DRM+ verglichen. Danach wird LTE-A mit der Broadcastimplementierung eMBMS gesondert bewertet, da das Mobilfunksystem mit DAB+ und DRM+ nicht direkt vergleichbar ist.

### 5.1 DAB+ und DRM+

DAB+ und DRM+ sind technisch sehr ähnliche Systeme. Beide nutzen OFDM für die Übertragung, beide sind SFN-fähig und beide können im Band III eingesetzt werden. DRM+ und DAB+ weisen eine hohe Systemähnlichkeit aus und sind aus Nutzersicht identisch, da insbesondere die Audio- und Datendienste (insbes. TPEG und EWF) vollständig kompatibel sind, sodass Angebote beider Systeme mit einem Multinormgerät gleichermaßen (auch über Service Following) empfangen werden können.

Im „Nationalen VHF-Frequenznutzungsplan“ sind zwei regionale DAB-Bedeckungen enthalten. Diese können auf kleinzellige lokale DAB-Verbreitungsgebiete umgeplant werden. Aufgrund der begrenzten Frequenzressourcen im VHF-Band ist der Spielraum, die jetzigen Verbreitungsgebiete der bestehenden lokalen UKW-Veranstalter mit einzelnen lokalen DAB-Blöcken im VHF-Band III darzustellen, allerdings begrenzt. Auch kann die künftige Nutzbarkeit der bisherigen regionalen/landesweiten Allotments durch Überführung von großflächigen DAB-Allotments in kleinzellige DAB-Gebiete eingeschränkt werden.

Mit einzelnen DRM+-Kanälen lassen sich die UKW-Verbreitungsgebiete der lokalen Veranstalter in Deutschland darstellen. Hierfür gibt es Frequenzressourcen, die nutzbar sind, ohne die Entwicklung von DAB+ zu behindern.

Die Hardware für die Sendeinfrastruktur zum Aufbau von DAB+- Netzen ist am Markt erhältlich. Komponenten für die DRM+-Sendeinfrastruktur sind verfügbar. Im Vergleich zu DAB+ sind die Kosten für die Bereitstellung der DRM+-Senderinfrastruktur pro Standort leicht günstiger. Im Bereich der Investitions- und Betriebskosten der Senderinfrastruktur gibt es jedoch wichtige Unterschiede zwischen beiden Systemen.

Diese Unterschiede rühren daher, dass DRM+ eine geringere Bandbreite als DAB+ hat und daher in einem DAB+-Multiplex 12 – 14 Programme und in einem DRM+-Multiplex 2 – 3 Programme untergebracht werden können. DRM+ hat wegen der Schmalbandigkeit gegenüber DAB+ einen Nachteil in der Versorgungssicherheit im portablen und mobilen Empfang, was aber durch effizientere Kanal- und Quellcodierung aufgefangen wird. Insgesamt braucht DRM+ deswegen bei gleichem Versorgungsgebiet eine um etwa den Faktor 12 geringere Strahlungsleistung als DAB+. Für DRM+ genügen daher Sender mit kleinerer Leistung als für DAB+ zur Erzielung einer vergleichbaren Versorgung, die daher auch unabhängig von großen Netzbetreibern und Rundfunk-Senderstandorten flexibel aufgebaut werden kann.



DAB+ und DRM+ erlauben durch einstellbare Signalkonfigurationen eine an die Versorgungsziele anpassbare Bereitstellung von größeren Nettodatenraten bzw. höherer Robustheit und Reichweite im Multiplex.

Mit diesen Stellschrauben lassen sich die Parameter Programmzahl, Strahlungsleistung und Größe des Versorgungsgebiets gegeneinander abwägen und nach Wunsch anpassen. All dies führt im Ergebnis dazu, dass DRM+ im Vergleich DAB+ mehr Programme pro Bandbreite ermöglicht und dazu noch eine geringere Strahlungsleistung benötigt. DRM+ ist im Vergleich zu DAB+ das modernere und effizientere System.

Die Infrastrukturkosten pro Programm sind bei einer vollständigen Belegung eines DAB+-Multiplex allerdings wesentlich günstiger als für DRM+.

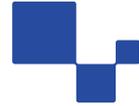
Daher eignet sich DRM+ im Vergleich zu DAB+ nicht für eine digitale Verbreitung einer großen Anzahl landesweiter oder gar bundesweiter Hörfunkangebote mit identischem Versorgungsgebiet. In diesem Fall müsste eine große Zahl von DRM+ Sendeanlagen pro Standort errichtet werden, was aus wirtschaftlichen Überlegungen nicht sinnvoll ist, weil die Investitions- und Betriebskosten eines digitalen Rundfunksenders nicht linear mit der Bandbreite bzw. der Zahl der übertragenen Programme steigen. Ein Beispiel: 5 DRM+ Sender können 15 Programme übertragen. Genau das kann auch ein DAB+ Sender mit etwa 10-mal so hoher Strahlungsleistung. Da aber Beschaffung und Betrieb eines einzigen Senders höhere Leistung immer noch billiger ist als Beschaffung und Betrieb von 5 Sendern geringerer Leistung (bei gleichem Versorgungsgebiet und gleicher Versorgungsqualität), ist für große Verbreitungsgebiete mit vielen Programmen DAB+ günstiger. Details zum Verhältnis von Gebietsgrößen und Aufwendungen finden sich im Anhang.

Dies verdeutlicht noch einmal, dass für großflächig agierende Hörfunkveranstalter DAB+ das bevorzugte System für die digitale terrestrische Übertragung ist. Diese haben auch das wirtschaftliche Potenzial und Marktrelevanz, um das für sie passende Hörfunksystem einzuführen. Für regionale und lokale Veranstalter sowie Community Radios, in deren Verbreitungsgebiet nur ein oder zwei Programme vorgesehen sind, ist DRM+ unter dem Gesichtspunkt der Verbreitungskosten die günstigere Lösung.

Aber auch DAB+ kann in Gebieten mit wenigen lokalen Angeboten durchaus wirtschaftlich eingesetzt werden, wenn folgenden Maßnahmen umgesetzt werden, die auch kombinierbar sind:

1. Zusammenfassung mehrerer lokaler UKW-Verbreitungsgebiete zu einem größeren, gemeinsamen DAB-Verbreitungsgebiet.
2. Betrieb eigenständige lokaler Multiplexe, in denen zusätzlich zum lokalen Angebot nicht-lokal ausgerichtete Programme auf freien Kapazitäten verbreitet werden. Dadurch verteilen sich die Kosten des Multiplex auf mehrere Nutzer.
3. Nutzung von freien Kapazitäten für einen höheren Fehlerschutz zur Verringerung der Infrastrukturkosten.

Die Kombination der Maßnahmen 2) und 3) ist besonders für kleine, räumlich isolierte Gebiete interessant, die nicht mit anderen Gebieten zusammengefasst werden können. Durch die Erhöhung des Fehlerschutzes kann die Sendeleistung etwa halbiert werden, was die absolute Höhe der Infrastrukturkosten senkt. Die Verbreitung weiterer, nicht lokal



ausgerichteter Programme (z.B. bundesweite) in diesem lokalen Multiplex reduziert die Kosten pro Programm. Mit bereits 3 Programmen in einem DAB+-Multiplex sind die Verbreitungskosten pro Programm für DAB+ und DRM+ etwa gleich, bei 4 Programmen ist DAB+ günstiger.

Obige Maßnahmen können in lokalen Verbreitungsgebieten und für Community Radios greifen, sodass damit für alle Veranstalter eine Möglichkeit zur Teilhabe an der Digitalisierung der terrestrischen Hörfunkübertragung über DAB+ gegeben ist. Diese wird allerdings mit einer Änderung der Strukturen in der Hörfunklandschaft einhergehen.

Endgeräte für DAB+ sind am Markt für alle Verwendungszwecke verfügbar. Die Automobilindustrie bietet für fast alle Fahrzeugtypen eine DAB-Ausstattungsöglichkeit an. Erste Automobilhersteller haben sich bereits für den standardmäßigen Einbau mit DAB-Geräten entschieden.

Zum Markteintritt von DRM+ fehlen Radiogeräte auf dem Verbrauchermarkt, die neben DAB+ auch DRM+ empfangen können. Eine technisch einfache und damit kostengünstige Implementierung von DRM+ in DAB+ -Radiogeräte erfordert einen Entwicklungsaufwand auf Seiten der Unterhaltungsgeräte- und Automobilindustrie, der erst betrieben wird, wenn ein ausreichender Absatzmarkt für DRM+ erkennbar ist.

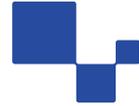
Dieser Absatzmarkt wird allein durch die regionalen und lokalen Veranstalter sowie Community Radios in Deutschland nicht generiert werden. Denn diese Veranstalter haben weder das wirtschaftliche Potenzial noch die Marktrelevanz, um dieses für sie günstige System einzuführen. Inwieweit sich an diesen Verhältnissen und Zusammenhängen im Laufe der Zeit etwas ändern wird, bleibt abzuwarten.

## **5.2 LTE-A**

LTE-A wird nicht als geeignetes System zur digitalen Übertragung von Hörfunk im Zuständigkeitsbereich der Länder gesehen, weil hierfür keinerlei medienrechtlicher Rahmen besteht. Auch kann ein solcher nicht nachträglich auf die im Mai/Juni 2015 mit einer Laufzeit bis zum Jahr 2033 versteigerten Frequenzen des Mobilfunks angewendet werden. Geschäftsmodelle für eine Hörfunkübertragung über LTE-A sind nicht bekannt.

## **5.3 Fazit**

Die Frage, welches standardisierte technische System zur digitalen Verbreitung von Hörfunkangeboten in Deutschland sich für die Verbreitung insbesondere auch des regionalen und lokalen Hörfunks eignet, lässt auf der vorliegenden Untersuchung wie folgt beantworten:



LTE-Advanced eignet sich aus einer ganzen Reihe von Gründen nicht für eine Verbreitung insbesondere regionaler und lokaler Hörfunkangebote.

DRM+ eignet sich zwar für die Verbreitung von regionalen und lokalen Hörfunkangeboten, jedoch nur dann, wenn in einem kleinen Gebiet nur bis zu zwei Programme verbreitet werden sollen. Da jedoch eine Marktentwicklung für DRM+ derzeit nicht abzusehen ist und die regionalen und lokalen Veranstalter in Deutschland einen solchen Markt alleine nicht entwickeln können, bleibt DRM+ jedenfalls aus heutiger Sicht keine Option für einen Wirkbetrieb. Dies kann durch zurzeit stattfindende internationale Marktentwicklungen und die Bereitstellung von Multinormempfängern befördert werden – die Relevanz für den deutschen Markt bleibt allerdings abzuwarten.

DAB+ eignet sich ganz besonders für die Hörfunkverbreitung in Gebieten, in denen viele Programme verbreitet werden sollen, sowie für eine großräumige Verbreitung. In Gebieten, in denen in der analogen Welt nur sehr wenige Programme verbreitet werden, und diese nur mit regionaler und lokaler Ausrichtung, bietet DAB+ bei Anwendung der oben skizzierten Maßnahmen auch kleinen Veranstaltern eine Möglichkeit zur Teilhabe an der Digitalisierung der terrestrischen Hörfunkübertragung. Dies allerdings geht notwendig einher mit strukturellen Anpassungen. Bei der Nutzung von DAB+ auch für die Verbreitung regionaler und lokaler Hörfunkangebote können Lokalveranstalter und Community Radios von der Marktrelevanz großer Veranstalter profitieren.



## **6. Handlungsempfehlungen für die Nutzung von DAB+ für lokale Veranstalter und Community-Radio-Angebote in Deutschland**

Aus dem Ergebnis der vorausgehenden Untersuchung, dass auch für die Verbreitung von regionalen, lokalen Hörfunkangeboten sowie Community Radios (derzeit) nur die DAB+-Technologie in Frage kommt, lassen sich eine Reihe von Handlungsempfehlungen ableiten. Diese Handlungsempfehlungen beziehen sich ausschließlich auf lokale Netze und ergänzen Handlungsempfehlungen, die generell den Umstieg auf Digitalradio in Deutschland und Europa befördern sollen.

Die Handlungsempfehlungen betreffen private bzw. sonstige nicht von ARD-Anstalten verantwortete Angebote. Sendegebietsbezogen ist jeweils zu prüfen, ob eine Zusammenarbeit mit der ARD in deren regionalisierten Netzen möglich und sinnvoll ist.

Grundsätzlich gilt für eine wirtschaftliche DAB+-Netzplanung, dass die Flächenversorgung am günstigsten mit exponierten Standorten mit hoher Leistung erreicht wird. Verbreitungskosten pro DAB+-Programm sind dann am geringsten, wenn der Multiplex bei einem Fehlerschutz 3-A (PL 3-A) mit 12 – 14 Programmen vollständig gefüllt ist.

Somit muss ein wichtiges Ziel einer DAB+-Konzeption die möglichst weitgehende Füllung des Multiplex sein. Daraus ergeben sich nachstehende Handlungsempfehlungen.

### **1. Zusammenfassung mehrere lokaler UKW-Gebiete**

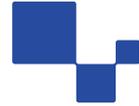
Um den Multiplex zu füllen, können mehrere der heutigen UKW-Verbreitungsgebiete zu größeren DAB+ -Gebieten zusammengefasst werden. Besonders günstig ist in vielen Fällen die Zusammenfassung von 3 – 4 bisherigen UKW-Gebieten. Die Kostenvorteile sind für alle beteiligten UKW-Veranstalter in etwa gleichem Maße gegeben, wenn die zusammengefassten UKW-Gebiete ungefähr gleich groß sind. Kommunikationsräume, Pendlerströme und Wirtschaftsfaktoren sind zu berücksichtigen.

### **2. Höhere Auslastung der eigenständigen lokalen Multiplexe**

Es ist zu überlegen, wie eigenständige lokale Multiplexe besser ausgelastet werden können. Dies kann z.B. durch Zuweisung freier Programmplätze in einem lokalen DAB+-Multiplex an Programme mit einer Zulassung z.B. für eine landes- oder bundesweite Versorgung erfolgen. Entsprechende medienrechtliche Absicherungen vor zusätzlichem Wettbewerbsdruck für die lokalen Märkte müssen- falls erforderlich - geschaffen werden. Im Rahmen der Ausschreibung ist zu prüfen, wie die freien Programmplätze zu Paketen kombiniert werden können, um auch in wirtschaftsschwächeren Gebieten den Multiplex zu füllen.

### **3. Höherer Fehlerschutz bei geringerer Sendeleistung**

Falls ein Multiplex nicht mit 12 – 14 Programmen gefüllt werden kann, können durch die Erhöhung des Fehlerschutzes (PL 1-A) die Sendesignale robuster gemacht werden und hierdurch das intendierte Versorgungsgebiet mit Sendern geringerer Leistung versorgt



werden. Zugleich kann bei einer Verwendung des Fehlerschutzes 1-A die Anzahl der Programme, die zur Füllung eines Multiplexes erforderlich sind, auf 6 – 7 reduziert werden.

Insbesondere für Community-Radios gilt, dass eine Kombination der Empfehlungen 2. und 3. kostensenkend wirkt.

Sofern die Zusammenfassung mehrerer UKW-Gebiete zu einem größeren DAB+-Gebiet (Empfehlung 1) nicht gewünscht ist, kann geprüft werden, ob kleinzellige Gebietsstrukturen vorteilhaft sind.

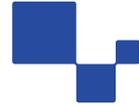
#### **4. Kleinzellige Gebietsstrukturen**

Falls eine kleinzellige Unterteilung eines großen Gebiets (z.B. eines Bundeslands) oder kleine eigenständige Versorgungsgebiete gewünscht werden, sollte hierfür zunächst ein Frequenzplan erstellt werden. Da dieser national und international abgestimmt werden muss, ist hier die BNetzA einzubeziehen. Die Auswirkungen einer kleinzelligen Planung auf die Verfügbarkeit weiterer Frequenzen in diesem Land und möglicherweise in Nachbarländern ist zu prüfen.

Bisherige Erfahrungen mit kleinzelligen Planungen lassen erwarten, dass dabei in vielen Fällen mit Standorten mit nur moderater Höhe und mittlerer oder kleiner Leistung geplant werden muss. Dies schränkt die Reichweite des Multiplexes ein. Zudem ist zu berücksichtigen, dass in der Regel nicht genügend lokale Veranstalter vorhanden sind, um einen lokalen Multiplex mit 12 - 14 Programmen zu füllen. Letzteres kann medienpolitische oder wirtschaftliche Gründe haben.

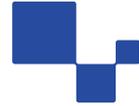
In einem weiteren Schritt ist zu prüfen, ob und wie ein solcher Multiplex mit einer begrenzten Zahl von Interessenten und begrenzter technischer Reichweite wirtschaftlich betrieben werden kann. Hierbei wird die Qualität der Versorgung in Gebäuden eine wichtige Rolle spielen. Auch die Wettbewerbssituation mit den Netzen des öffentlich-rechtlichen Rundfunks und des privaten landesweiten und bundesweiten Rundfunks ist zu berücksichtigen.

Wenn ein Land die kleinzellige Planung umsetzen will, muss die zuständige Landesbehörde eine entsprechende Bedarfsanmeldung an die BNetzA abgeben. Dies sollte zeitnah erfolgen, damit die BNetzA die Frequenzen zur Umsetzung der Anmeldungen in internationalen Frequenzverhandlungen durchsetzen kann.



## Quellenverzeichnis

- Digitalisierungsbericht 2015, Hrsg. die medienanstalten – ALM GbR, Leipzig 2015.
- ETSI TS 101 980 V4.1.1 (2014-01) “Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification”
- Recommendation ITU-R BS.1114-9 (06/2015) Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30-3 000 MHz
- Recommendation ITU-R BS.1660-6 (08/2012) Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band
- SIANO SMS2160: stand-alone T-DMB/DAB/DAB+/DRM+/FM Radio Receiver Chip for Automotive & Mobile Applications | NXP SAF3602EL: Digital radio and processing system-on-chip | Frontier Silicon Chorus 4 (announced)
- EBU Recommendation 138 "DIGITAL RADIO DISTRIBUTION IN EUROPE": *“Multi-standard chips for digital radio decoding are available from many major manufacturers which enable radios to be built that decode FM, DAB and DRM”.*
- ETSI TS 102 820 V1.2.1 (2005-10) Technical Specification “Digital Radio Mondiale (DRM); Multiplex Distribution Interface (MDI)”
- Zwischenbericht über den HD Radio-Versuch in der Schweiz, zu Handen des BAKOM per Dezember 2006 von M.Ruoss, Ruoss AG
- Digital Video Broadcasting, “Commercial requirement for DVB-T2”, DVB, Blue Book A114, Apr. 2007.
- Digital Video Broadcasting, “2nd Generation terrestrial – The World’s Most Advanced Digital Terrestrial TV System”, DVB Fact Sheet DVB-T2, May 2015
- Digital Video Broadcasting, “Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2),” ETSI Std. EN 302 755 V1.3.1, Apr. 2012.



## Anlage

### Abwägung des Aufwands für die Programmverbreitung bei großen und kleinen Versorgungsgebieten mittels DAB+ und DRM+

#### Zusammenfassung

Ein Vergleich der Kosten einer Hörfunkverbreitung über DRM+ mit der über DAB+ ist schwierig. Genaue Angaben über die Kosten von Sendeanlagen und Netzen sind selbst für DAB+ nur schwer zu erhalten, für DRM+ sind solche Angaben derzeit überhaupt nicht verfügbar, da Sendeanlagen für DRM+ auf dem kommerziellen Markt nicht zu beziehen sind. Kostenvergleiche könne deshalb nur in Form von relativen Kosten gemacht werden.

Vor dem Hintergrund eines relativen Vergleichs ergeben sich folgende Einschätzungen:

Die Verbreitung von digitalem lokalem Hörfunk über DRM+ ist im Vergleich zu DAB+ günstiger, wenn

- in einem Gebiet nur maximal 2 Hörfunkprogramme (= 1 DRM+ Multiplex) verbreitet werden sollen,
- in einem Gebiet nur maximal 4 Hörfunkprogramme (= 2 Multiplexe mit je 2 Programmen) verbreitet werden sollen und die Kosten einer DRM+-Sendeanlage höchsten 50 % im Vergleich zu einer DAB+-Sendeanlage betragen.

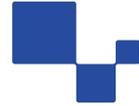
Will man einen DAB+ -Multiplex mit lokalem Hörfunk füllen, gibt es die Möglichkeit, mehrere Lokalsendegebiete zu einem größeren DAB+-Gebiet zusammenzufassen.

Dieses Konzept bietet gegenüber einer Verbreitung der Lokalprogramme ausschließlich in ihrem originären Lokalgebiet über DRM+ dann Vorteile, wenn

- der DAB+-Multiplex durch das Zusammenfassen weitgehend gefüllt werden kann
- nur eine geringe Zahl von Gebieten zusammengefasst wird (ca. 3 – 4) und die Gebiete etwa gleich groß sind
- eine DRM+-Sendeanlage nur wenig billiger ist als eine für DAB+.

Netzplaner stehen vor der Frage, ob es günstiger ist, für einen Veranstalter, der nur in einem kleinen Gebiet (z.B. einer Stadt) senden soll, einen eigenen DAB+-Multiplex einzuplanen oder diesen Veranstalter in einen größeren Multiplex für ein größeres Gebiet aufzunehmen. In diesem Fall gilt:

Wenn das große Netz ca. 6 – 9-mal mehr Sender (oder noch mehr) aufweist, als für das Netz des kleinen Gebiets nötig wären, so kann es aus Kostengründen vorteilhaft sein, für das kleine Gebiet einen eigenen DAB+ -Multiplex zuzuweisen, auch wenn dieser bei weitem nicht gefüllt wird.



## 1. Aufwandsvergleich

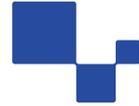
### Vergleich von DRM+- mit DAB+-Netzen

Die Abwägung des Aufwands für den Sendernetzbetrieb bei DAB+ und DRM+ kann unter zwei Gesichtspunkten erfolgen. Zum einen kann für eine einzelne Sendeanlage abgewogen werden, unter welchen Randbedingungen die Programmverbreitung über DAB+ oder DRM+ günstiger ist. Zum anderen kann für Sendernetze dargestellt werden, welchen Vor- und Nachteile die Verbreitung über DAB+ bzw. DRM+ bringt.

Zunächst wird der Vergleich für eine einzelne Sendeanlage durchgeführt. Die Sendeanlage umfasst den eigentlichen Sender, Antenne, Verkabelung, Standortkosten, Betriebskosten etc. Die Kosten beinhalten alles, was der Programmveranstalter als regelmäßiges Entgelt an den Sendernetzbetreiber zu entrichten hat. Da weder die Kosten einer Sendeanlage für DAB+ noch für DRM+ in Form absoluter Werte bekannt sind, werden sie zueinander ins Verhältnis gesetzt. Die Kosten der DAB+-Sendeanlage haben den Wert 1, die für DRM+ sind entsprechend geringer, z.B. 0,7 oder 0,5.

Bei DAB+ verringern sich die Kosten pro Programm mit jedem neu hinzukommenden Programm, bis der Multiplex komplett gefüllt ist. Die maximale Zahl der DAB+-Programme wird hier mit 12 angenommen. Bei DRM+ gehen wir von zwei Programmen pro Sender aus.

Bild 1 zeigt das Verhältnis der Kosten pro Programm von DRM+ zu DAB+ in Abhängigkeit von der Zahl der verbreiteten Programme. Als Parameter der Kurvenschar ist das Verhältnis  $\epsilon$  der Kosten der Sendeanlage DRM+ zu DAB+ aufgetragen.



## Kostenverhältnis DRM+/DAB+

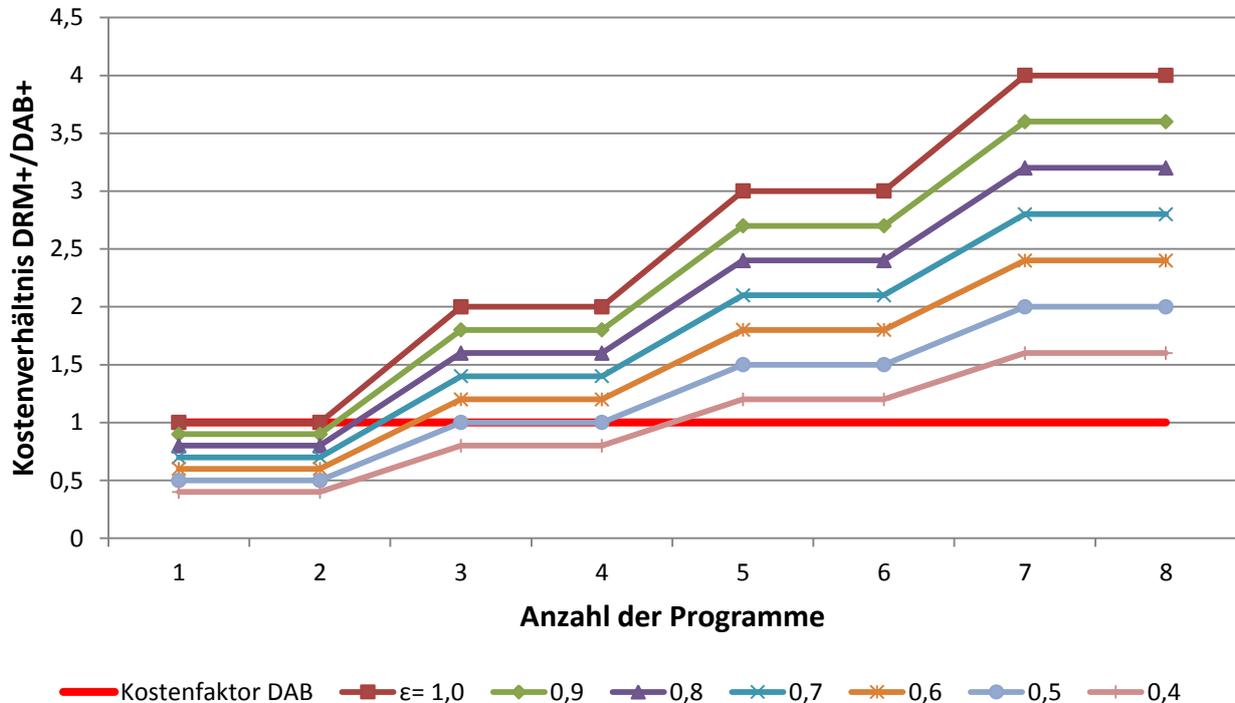


Bild 1 Kostenvergleich Sendeanlage DRM+ und DAB+

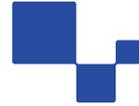
Zum besseren Verständnis ein Beispiel:

Wenn eine DRM+-Sendeanlage nur halb so viel kostet wie eine DAB+ Sendeanlage ( $\epsilon = 0,5$ ), so sind die Kosten pro Programm bei DAB+ doppelt so hoch wie bei DRM, solange ein oder zwei Programme übertragen werden. Werden zwei Programme übertragen so ist die Kapazität eines DRM-Senders voll ausgenutzt. Bei einem DAB+ Sender bleiben in diesem Beispiel dann 10 Programmplätze unbelegt.

Sobald drei Programme zur Übertragung anstehen und die Kosten für die DRM+ Sendeanlage wiederum bei  $\epsilon = 0,5$  liegen, dann sind die Kosten pro Programm bei DAB+ und bei DRM dieselben. Werden fünf oder mehr Programme verbreitet, übersteigen die Kosten für DRM+ die für DAB+ (für  $\epsilon = 0,5$ ).

Kostet der DRM+ Sender mehr als die Hälfte, z.B. 70% eines DAB+-Senders, so ist die Übertragung mittels DAB+ bereits bei drei Programmen günstiger als die Übertragung mittels DRM+.

Das heißt im Ergebnis, dass dort, wo tatsächlich nur ein oder zwei Programme übertragen werden sollen, die Verbreitungskosten über DRM+ geringer sind als bei einer Verbreitung über DAB+. Der Grund liegt nicht zuletzt darin, dass ein DRM-Sender immer etwas billiger ist



als ein DAB-Sender, da die Strahlungsleitung bei DRM deutlich niedriger ist. Dieser Vorteil verschwindet allerdings sehr schnell, wenn mehr als zwei Programme übertragen werden.

Hier zeigt sich auch ein Weg, wie für kleine Versorgungsgebiete, in denen nur ein oder zwei Programme für die örtliche Versorgung bestimmt sind, eine Teilhabe an der Digitalisierung mittels DAB+ ermöglicht werden kann. Wenn der lokale Multiplex mit Programmen aufgefüllt wird, die unverändert weiterverbreitet werden (z.B. bundesweite Programme, die im bundesweiten Multiplex keinen Platz finden), so verteilen sich die Kosten des Multiplex auf mehr Nutzer, ohne dass dies nennenswerten Einfluss auf den lokalen Werbemarkt hat. In Zahlen ausgedrückt heißt das: Wenn der lokale Multiplex zusätzlich zu den 2 angenommenen Lokalprogrammen um ein einziges Programm erweitert wird, so sind die Kosten pro Programm bei DRM+ und DAB+ gleich, wenn die DRM+-Sendeanlage halb so viel kostet, wie eine DAB+-Sendeanlage ( $\epsilon = 0,5$ ), siehe Bild 1.

Dem Vergleich auf Netzebene liegt die Überlegung einiger Länder zugrunde, für die DAB-Verbreitung von lokalem Hörfunk mehrere der heutigen UKW-Lokalsendegebiete zu einem großen DAB-Regionalgebiet zusammenfassen. Man hofft, so den regionalen DAB-Multiplex besser füllen zu können. Das Problem der Füllung eines Multiplexes besteht bei DRM+ deshalb nicht, weil es ein System mit schmaler Bandbreite ist. Hier kann der für das Gebiet lizenzierte Lokalveranstalter zusätzlich zu bisherigen Musikfarbe z.B. eine zweite verbreiten und somit den DRM+-Multiplex problemlos füllen.

Interessant ist nun, herauszufinden, welches der beiden digitalen Lokalfunkkonzepte unter welchen Randbedingungen das effektivere ist. Wichtige Kenngrößen für die Abschätzung sind

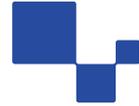
- die Zahl  $a$  der DAB+-Sender  $TxDAB$  im großen DAB-Regionalgebiet
- die Zahl  $r$  der DRM+-Sender  $TxDRM$  im originären Lokalsendegebiet
- der Füllfaktor des DAB-Multiplex  $f$ ,
- das Verhältnis  $\epsilon$  der an den Netzbetreiber zu entrichtenden Preise für einen DRM+ Sender zu einem DAB+-Sender.

Bei der Rechnung ist unbedingt zu beachten, dass bei DRM+ der Veranstalter nur die Sender bezahlt, die in seinem originären Verbreitungsgebiet liegen, bei DAB+ muss er alle Sender des gesamten DAB-Verbreitungsgebiets mitfinanzieren.

Bei 12 Programmen pro DAB-Multiplex ergeben sich die Senderkosten des DAB-Netzes pro Programm zu.

$$K = (a * TxDAB):(12 * f).$$

Die Kosten pro Programm eines DRM+ Multiplex ergeben sich zu



$$K = (r * TxDRM):2.$$

Die Anzahl der Sender im DAB+ Netz und im DRM+ Netz sind aus der Netzplanung bekannt. Außerdem gilt für die Kosten der Sendeanlage:

$$TxDRM = \epsilon * TxDAB$$

Somit ergibt sich

$$a/r = 6 * f * \epsilon$$

Diese Zusammenhänge stellt Bild 2 grafisch dar. Das Verhältnis  $a/r$  ist auf der Ordinate, der Füllfaktor des DAB-Multiplex auf der Abszisse aufgetragen. Der Faktor  $\epsilon$  ist der Parameter der Kurvenschar. Die Kosten für die Signalzuführung und den Multiplexer werden in dieser Näherung gegenüber den Senderkosten vernachlässigt.

Es zeigt sich, dass z.B. bei einem voll gefüllten DAB-Multiplex ( $f=1$ ) und einem Senderkostenfaktor von  $\epsilon = 0,5$  ein DAB-Netz günstiger ist, wenn dieses bis 3x mehr Sender hat als ein einzelnes DRM+-Netz. Andererseits ist ein DRM+ Netz günstiger wenn beide Vergleichsnetze identische Senderzahl haben und nur zwei Programme ( $f= 1/6$ ) verbreitet werden. Letzteres ist eine andere Beschreibung des bereits zuvor ermittelten Ergebnisses, dass für die Übertragung eines einzelnen Programms in einem Gebiet DRM+ wirtschaftlich günstiger ist als DAB+. Bei einer Bewertung darf allerdings nicht außer Acht gelassen werden, dass durch die Zusammenfassung von Lokalsendegebieten das technische Verbreitungsgebiet deutlich größer wird, was z. B. für die Begleitung von Pendlern nützlich ist. Außerdem führt vor allem in topografisch schwierigen Gebieten ein Netz mit vielen Sendern zu einer insgesamt besseren Versorgung. Diese Vorteile lassen sich allerdings nicht numerisch darstellen.



## Effektivität der Netze

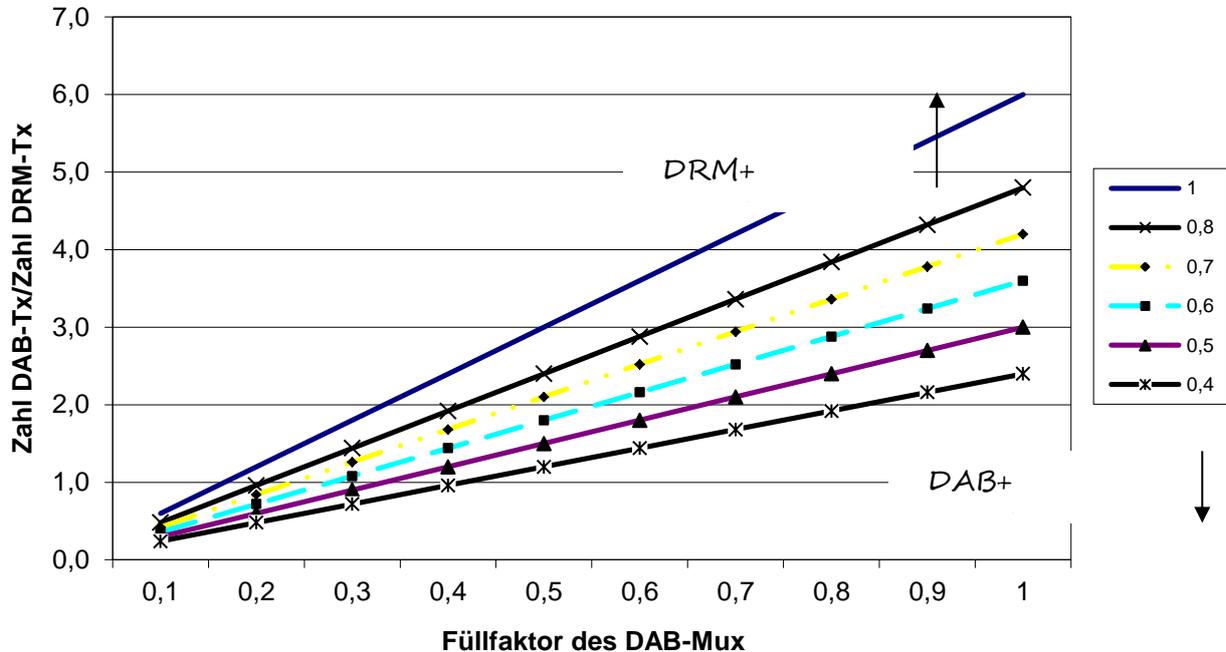


Bild 2: Effektivität von DAB+- und DRM+-Netzen

Ein Beispiel aus Baden-Württemberg soll den Zusammenhang verdeutlichen.

Die digitale Hörfunkplanung in Baden-Württemberg geht davon aus, dass es neben landesweiten DAB-Bedeckungen auch eine regionalisierte DAB-Bedeckung geben soll. Diese regionalisierte DAB-Bedeckung wird nach dem gegenwärtigen Konzept aus vier Teilgebieten bestehen. Jedes dieser DAB-Gebiete deckt drei oder vier der heutigen UKW-Lokalsendegebiete ab.

Die politische Region Stuttgart soll später ein DAB-Regionalgebiet sein. Heute sind dort drei UKW-Veranstalter tätig. Um jedes dieser drei UKW-Gebiete mit einem Versorgungsgrad von 80% der Bevölkerung zu versorgen, sind in jedem der drei UKW-Lokalgebiete zwei DRM+-Sender zu je 1 kW erforderlich. Jeder der drei Veranstalter müsste also zwei DRM+-Sender bezahlen. Andererseits werden fünf DAB-Sender zu je 10 kW benötigt, um die ganze Region Stuttgart so zu versorgen, dass in allen drei Lokalsendegebieten ein Versorgungsgrad von 80% der Bevölkerung erreicht wird. Jetzt muss jeder der drei Veranstalter alle fünf DAB+-Sender mitfinanzieren. Somit wird der Faktor  $a/r$  zu  $5/2 = 2,5$ . Unter der Annahme, dass die Multiplexe voll belegt sind, ergibt sich, dass eine DRM+-Sendeanlage etwa 42% einer DAB+-Sendeanlage kosten dürfte, wenn die Senderkosten pro Programm bei DAB+ und DRM+ identisch sein sollen. Eine solch große Preisdifferenz zwischen DAB- und DRM-Sendeanlage ist nicht zu erkennen. Ein zusätzlicher Vorteil für das Regionalnetz in DAB+ ist, dass dieses



Versorgungsgebiet mehr als doppelt so groß ist wie das bisherige UKW-Versorgungsgebiet. Es muss nicht zwingend erwartet werden, dass der Veranstalter das größer gewordene Gebiet redaktionell bearbeitet. Es ergibt sich aber auf jeden Fall eine Verbesserung der Versorgung der Pendlerströme und eine insgesamt bessere Versorgung der Region.

Sehr interessant wird es, wenn wir - ausgehend von der Stuttgarter Konfiguration mit etwa drei gleichgroßen Lokalsendegebieten, die zu einem DAB Gebiet zusammengefasst werden - verschieden große UKW-Gebiete annehmen. Stellen wir uns vor, wir hätten drei UKW-Lokalgebiete, von denen das erste durch einen einzigen DRM+-Sender versorgt werden könnte, das zweite von zwei DRM+-Sendern und das dritte von drei DRM+-Sendern. Diese drei ungleich großen Lokalgebiete werden nun zu einem größeren DAB-Gebiet zusammengefasst. Dieses könnte wieder durch fünf Leistungsstarke DAB+-Sender versorgt werden. Die Kenngrößen  $a/r$  und  $\epsilon$  sehen dann für die drei Veranstalter wie folgt aus.

	$a/r$	$\epsilon$
<b>Veranstalter 1</b> (1 Tx)	5,0	0,83
<b>Veranstalter 2</b> (2 Tx)	2,5	0,42
<b>Veranstalter 3</b> (3 Tx)	1,6	0,28

Für den Veranstalter 1 ist DRM+ dann günstiger, wenn ein DAB-Sender höchstens 83% im Vergleich zu einem DRM+-Sender kostet. Dies könnte durchaus der Fall sein, wenn man die Leistungsklassen (DAB+: 10kW; DRM+: ca. 1 kW) betrachtet. Für die Veranstalter 2 und 3 ist sicherlich DAB+ die günstigere Lösung. Auch hier bestätigt sich, dass bereits zuvor ermittelte Ergebnis:

Sollen ein oder zwei Programm in einem eng begrenzten Gebiet übertragen werden, wobei das Gebiet von einem einzigen DRM+-Sender versorgt werden kann, so bietet DRM+ im Vergleich zu DAB+ die wirtschaftlich günstigere Lösung. In den anderen Fällen ist die Zusammenfassung mehrerer Lokalsendegebiete zu einem größeren DAB-Gebiet wirtschaftlicher.

Aus Bild 2 wird auch deutlich, wo die Grenzen des Zusammenlegens mehrerer UKW-Gebiete liegen. Selbst bei einem vollgefüllten DAB-Multiplex ist eine Versorgung über DRM+ für die einzelnen Veranstalter dann günstiger, wenn die Gesamtzahl der DAB+-Sender mehr als sechsmal größer ist als die Zahl der DRM+-Sender im originären Lokalsendegebiet und die Senderkosten als gleich hoch angenommen werden.

Geht man davon aus, dass DRM-Sender etwas günstiger sind als DAB-Sender ( $\epsilon = 0,7$ ) und nimmt man weiter an, dass ein Multiplex nicht immer vollgefüllt ist ( $f = 0,8$ ) so ergibt sich ein



Faktor  $a/r$  von 3,4, d.h. dass man maximal 3 – 4 etwa gleichgroße UKW-Lokalgebiete zu einem DAB-Gebiet zusammenfassen sollte.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

1. Generell sind DRM+ Netze günstiger, wenn nur wenige Programme in dem Gebiet verbreitet werden können oder aus medienpolitischen Überlegungen verbreitet werden dürfen, und wenn DRM Sendeanlagen deutlich weniger kosten als DAB+ Sendeanlagen.
2. DAB+-Netze sind vorteilhaft, wenn der DAB-Multiplex weitgehend gefüllt werden kann und wenn DAB-Sendeanlagen nur wenig teurer sind als Anlagen für DRM+.
3. Die Zusammenlegung mehrerer UKW-Lokalsendegebiete zu einem größeren DAB+-Sendegebiet ist dann vorteilhaft, wenn die UKW-Gebiete etwa gleich groß sind und nicht mehr als 3 – 4 Gebiete zusammengefasst werden. Zudem bringt die Zusammenfassung mehrerer Lokalsendegebiete zu einem DAB-Regionalgebiet eine größere Reichweite und eine bessere Begleitung von Pendlern.

## **2. Vergleich großer und kleiner DAB+-Netze**

Für den Fall also, dass der zukünftige digitale terrestrische Hörfunk ausschließlich über DAB+ verbreitet wird, ist die Frage zu klären, ob kleine Versorgungsgebiete besser mit einem eigenen Multiplex versorgt werden oder ob kleine Gebiete besser mit mehreren anderen größeren Lokalsendegebieten zu einem großen DAB-Sendegebiet zusammengefasst wird. Als kleines Versorgungsgebiet sei hier ein Gebiet angenommen, welches mit einem einzigen DAB+ Sender mit einer Strahlungsleistung von ca. 1 kW zufriedenstellend versorgt werden kann. Das große DAB-Gebiet werde mit mehreren Hochleistungssendern mit einer Strahlungsleistung von 10 kW versorgt. Ähnliche Überlegungen wie zuvor führen zu dem Ergebnis, dass das kleine Versorgungsgebiet besser mit einem eigenen Multiplex versorgt wird, wenn zur Versorgung des großen DAB-Gebiets mehr als ca. 6 - 9 Hochleistungssender erforderlich sind. Die Unsicherheit in der Kostenabschätzung rührt unter anderem daher, dass die Preisrelation zwischen einem 1 kW und einem 10 kW-Sender nicht genau bekannt ist (Schätzung: 0,7) und der Füllfaktor des großen DAB-Multiplex ebenfalls unsicher ist.

Wird das kleine Gebiet nicht mit nur einem, sondern mit mehreren Sendern versorgt, so gilt auch hier, dass ein eigener Multiplex für das kleine Netz dann günstiger ist, wenn die Zahl der für das große Netz benötigten Sender etwa 6 – 9-mal größer ist als die Zahl der für das kleine Netz erforderlichen Sender.