

Kompatibilitätskonzepte für den ARD-Hörfunk via Satellit

Christian Schubert
dvb-radio@o2online.de

12.7.2021

Die Ankündigung der ARD, die Ausstrahlung ihrer Hörfunkprogramme zum Jahresende 2021 auf den Codec-Standard AAC umzustellen, hatte bereits im Vorfeld für die Befürchtung gesorgt, dass es zu massiven Problemen mit der Kompatibilität der Empfangsgeräte und zu deutlichen Einbußen bei der Audioqualität kommen wird. Von einigen Empfangsgeräten – darunter mehreren HDTV-Receivern der Spitzenklasse aus deutscher Fertigung – war zu diesem Zeitpunkt bereits offiziell bekannt, dass die AAC-Audiocodec-Familie nicht unterstützt wird.

Das gleiche gilt für professionelle Umsetzertechnik, die in Kabelnetzen aus DVB-Hörfunk UKW-Hörfunk erzeugt. Zumindest einige der dafür weit verbreiteten Geräte werden unter keinen Umständen ein Update auf AAC erhalten können (z.B., weil das Herstellerunternehmen inzwischen nicht mehr existiert), bei weiteren Geräten ist ein Update auch nur gering wahrscheinlich. Bislang (Stand 18.6.2021) hat nur ein Hersteller ein Update für seine aktuell angebotenen Produkte in Aussicht gestellt. Dieses Update soll aufgrund der höheren Hardware-Anforderungen beim Decodieren von AAC-Audio mit einer reduzierten Zahl an parallel möglichen Umsetzungen einhergehen. [1]

Die Umschaltung der ARD-Hörfunkprogramme im AAC-Standard auf die Astra-Transponder 39 und 61 am 30.6.2021 erlaubt seit der Behebung anfänglich aufgetretener grober Daten-Fehler seitens der ARD inzwischen einige Grundaussagen. Im Rundfunkforum findet dazu eine rege Diskussion statt. [2]

- Es existieren HDTV-Empfangsgeräte, die generell kein AAC-Audio unterstützen. Geräte, die Stand 10.7.2021 den ARD-Hörfunk via Satellit oder Kabel in AAC nicht wiedergeben können, dürften ohne Update durch den Gerätehersteller definitiv AAC-untauglich sein.
- Formal AAC-unterstützende Geräte zeigen ein großes Spektrum an möglichem Verhalten. Es gibt Geräte, die nach Aussage der Besitzer fehlerfrei funktionieren, es gibt Geräte, die in der Bedienung träge werden, aber prinzipiell nach Aussage der Besitzer fehlerfrei Audio ausgeben. Es wurde von einem Receiver berichtet, der zwar fehlerfrei abspielt, dabei aber eine bedenkliche Wärmeentwicklung zeigt, die nach ca. 10 Minuten aus Sicherheitsgründen zum Abbruch des Tests geführt hat, da das Gehäuse des Gerätes im Bereich der Lüftungsschlitze nicht mehr länger anfassbar war. [3] Die zu solchen Temperaturen an der Gehäuseoberfläche gehörende Temperatur im Prozessorkern dürfte potentiell gefährlich für das Gerät sein.
- Einige formal AAC-unterstützende Geräte („Unterstützung“ = „es gibt erkennbare Audiowiedergabe bei in AAC ausgestrahlten Programmen“) sind beim Empfang des ARD-Hörfunks in AAC leicht bis massiv gestört (Aussetzer, Knackgeräusche, übersteuertes Audio). Hier ist Vorsicht mit generellen Aussagen geboten – es ist durchaus möglich, dass manche dieser Geräte nach Optimierung durch die ARD problemlos funktionieren werden.
- AAC-Mehrkanalton wird teils von DVB-Receivern in Mono (!) decodiert.

- Offenbar sind zahlreiche **Fernsehgeräte** – teils bis in das Jahr 2009 oder älter – in der Lage, die Programme in AAC fehlerfrei wiederzugeben. Hier ist möglicherweise die in diesen Geräten implementierte DVB-T-Funktionalität die Ursache. Norwegen hatte 2007 ein DVB-T-Netz gestartet und sich dabei für AAC als Audiostandard entschieden. [4] Die im gesamten europäischen Raum verkauften TV-Geräte der großen international aktiven Hersteller mussten dies unterstützen und haben AAC implementiert und getestet bekommen. Dafür fehlt die AAC-Unterstützung bei teils deutlich jüngeren HDTV-**Receivern**, vorrangig bei speziell für den deutschen Markt entwickelten Geräten. Diese Geräte mussten AAC nie unterstützen. Da Hörfunk bevorzugt nicht mit TV-Geräten, sondern mit separaten Receivern genutzt werden dürfte, entsteht hier ein großes Problem.

Das anfänglich massive Auftreten von Fehlern bei der Wiedergabe und das große Spektrum an möglichen Effekten legt nahe, dass die AAC-Funktionalität, wenn überhaupt implementiert, nie einem umfangreichen Praxistest unterzogen wurde. Das kann nicht verwundern, schließlich war und ist AAC-Audio im deutschsprachigen Raum via Satellit und Kabel absolut ungewöhnlich. Ein „Massentest“ beim Endkunden konnte somit nicht stattfinden. Derzeit ist außer den neu aufgeschalteten Hörfunkprogrammen der ARD kein einziges deutsches TV- oder Hörfunkprogramm via Satellit in AAC aktiv. Das gilt auch für die Schweiz und das dortige Programmangebot in den Kabelnetzen, das zusätzlich zu den öffentlich-rechtlichen Hörfunkprogrammen eine Vielzahl privater lokaler Hörfunkprogramme bereithält – alle in MPEG 1 Layer II, siehe z.B. UPC. [5]

Auch zeigt sich bereits jetzt in der Testphase, dass innerhalb der ARD kein einheitliches Verhalten und offenbar kein einheitlich großes Vertrauen in AAC via DVB-S2/C besteht. So hat der NDR sein Kulturprogramm NDR Kultur statt in AAC im AC3-Standard aufgeschaltet und der BR bietet getrennte Stereo- und Mehrkanalübertragungen seines Programms BR Klassik an, beide in AAC – am generellen AAC-Kompatibilitätsproblem ändert das freilich nichts.

Es wird erkennbar, dass ein Regelbetrieb in AAC zu einer großen Zahl entwerteter HDTV-Empfangsgeräte und zu Problemen mit formal AAC-tauglichen Geräten führen wird.

Allein die (nur bislang?) nicht AAC-tauglichen DVB-Kabelradios, in den vergangenen 3 Jahren und bis heute verkauft, sollten Anlass genug sein, nach einer kompatiblen und hochwertigen Alternative zu suchen. In kleinen Kabelnetzen wird in vielen Fällen ein transparentes Durchleiten der AAC-Programme erfolgen. Ein Transcoding auf MPEG 1 Layer II mit professioneller Technik ist für kleinere Netzbetreiber nicht finanzierbar, eine selbst konfigurierte Transcoding-Lösung mit freier Software – obwohl prinzipiell möglich – dürfte oft an entsprechenden Fachkenntnissen scheitern und benötigt zur Einbindung in nicht-IP-Kopfstellen wiederum teure Spezialhardware. Zur Vorschaltung eines Transcodersystems vor eine nicht-IP-Kopfstelle sind sowohl DVB-S2-Empfangstechnik für den Transcoder-Rechner als auch eine teure DVB-S-Signalerzeugung des Transportstromes der transcodierten Programmversionen zur Einspeisung in die Kopfstelle nötig.

Mehrkanal-Audio in AAC ist zwar formal spezifiziert, die Empfangsgeräte sollen in AC3 transcodieren und den AC3-Bistream an den Mehrkanal-Decoder weiterleiten. Wenn ein Empfangsgerät bereits AAC nicht einmal grundlegend unterstützt, entfällt dieser Weg natürlich. Es sind inzwischen aber auch AAC-taugliche DVB-Empfänger (Satellit und Kabel) bekannt, die AAC 5.1 in Mono decodieren. Probleme mit Mehrkanal-Kompatibilität werden also zwingend auftreten.

Es folgen mehrere Vorschläge / Ansätze zur Lösung der Probleme. Die ARD wird hiermit freundlich gebeten, diese Vorschläge zu prüfen, ggf. als Basis eines eigenen hochwertigen und kompatiblen Konzeptes zu nutzen und das maximal Mögliche im Sinne der Hörerinnen und Hörer zu realisieren.

Variante 1: volle Codec-Kompatibilität und Audioqualität, volle Kompatibilität zu allen Empfangsgeräten

Ideal wäre aus Endkundensicht der Fortbestand des bisherigen Angebotes über einen in DVB-S modulierten Transponder. Damit wäre die bisherige Qualität und Codec-Kompatibilität erhalten und sämtliche bislang genutzten Empfangsgeräte – auch Satellitenreceiver mit DVB-S-Tuner – könnten weiterhin verwendet werden. Das beträfe auch Kopfstellentechnik: zahlreiche UKW-Umsetzer sind nur mit DVB-S-Frontends ausgestattet.

Diese höchste Stufe der Kompatibilität könnte erreicht werden, wenn der bisherige Hörfunktransponder (Transponder 93) auch über das Jahresende 2021 hinaus in Betrieb bliebe.

Aber auch ohne den über das Jahresende 2021 hinaus nicht mehr zur Verfügung stehenden Transponder 93 wäre ein solcher kompatibler Betrieb möglich. Hier ergibt sich eine gleichwertige Chance durch den Weiterbetrieb der „SD-Transponder“ 71, 85 und 51. Die beiden „breiten“ Transponder 71 und 85 entsprechen in ihren Parametern dem Hörfunktransponder 93. Es wäre zumindest theoretisch möglich, durch Reduktion der Videobitraten sowie Abschaltung des Mehrkanaltons der SD-Fernsehprogramme und Verlagern der TV-Programme von Transponder 71 auf Transponder 85 und 51 den benötigten Platz für das Hörfunkangebot zu schaffen. Dieses könnte somit künftig auf Transponder 71 ausgestrahlt werden – in gleicher Qualität wie bisher.

Diese Programm-Umverteilung zwischen den SD-Transpondern würde die volle Endgerätekompatibilität beim Hörfunk wahren. Sogar Empfänger mit DVB-S-Tuner könnten weiterhin ARD-Hörfunk empfangen.

Problematisch ist an dieser Lösung allerdings, dass für die SD-Transponder bereits ein Abschalt-Datum kommuniziert wurde: Ende 2024. [6] Damit stünde für den Hörfunk die nächste Deadline fest – und die läge wieder deutlich vor dem (bislang nicht absehbaren) Ende des HDTV-Betriebes.

Auch ist nicht auszuschließen, dass für Transponder 71 kein in-Orbit-Backup mehr bestellt und bezahlt ist, da der SD-Betrieb bereits 2020 eingestellt werden sollte. **Ein Hörfunkbetrieb auf einem Transponder ohne Zukunft und ohne Backup wäre keine Alternative und somit abzulehnen. Der ARD-Hörfunk braucht eine langfristige Perspektive auf Satellit.**

Variante 2: volle Codec-Kompatibilität und Audioqualität, Aufgabe der Kompatibilität zu SDTV-Empfangsgeräten für DVB-S ab 2025

In eine mögliche UHD-Planung der ARD würde Transponder 71 aber gut passen: er könnte nach SD-Abschaltung als „breiter“ Transponder auf DVB-S2, QPSK, 27.500 kSymb/s, FEC 9/10 konfiguriert werden und neben dem kompletten Hörfunk in bisherigem Standard und in bisheriger Qualität dann auch ein UHD-Programm der ARD übertragen. Dafür stünden ca. 23 MBit/s netto zur Verfügung. Der gesamte Transponder hätte dann 49,2 MBit/s netto [7] und wäre ideal zur Einspeisung in Kabelnetze geeignet. **Die ARD müsste für ein in-Orbit-Backup des TP 71 und für den Weiterbetrieb über 2024 hinaus sorgen.**

Ab dieser Umstellung auf DVB-S2 wären allerdings Satellitenempfänger mit ausschließlich DVB-S-Support nicht mehr zum Empfang des Hörfunks geeignet. Alle HDTV-Geräte blieben jedoch tauglich.

Variante 3: volle Codec-Kompatibilität und Audioqualität, Aufgabe der Kompatibilität zu SDTV-Empfangsgeräten für DVB-S ab 2022

Ein Weiterbetrieb des ARD-Hörfunks mit den bislang genutzten Codecs MPEG 1 Layer II und AC3 in den bisherigen Bitraten ist auch theoretisch über die HDTV-Transponder der ARD möglich.

Diese Transponder sind allesamt „schmale“ Transponder, haben also geringere Bandbreite und werden mit einer Symbolrate von 22.000 kSymb/s betrieben. In der derzeitigen Konfiguration ergeben sich mit DVB-S2, 8PSK, Pilot on, 22.000 kSymb/s, FEC 2/3 jeweils 42,5 MBit/s Nettodatenrate. [7]

Eine Absenkung des Fehlerschutzes von 2/3 auf 3/4 ergäbe einen Gewinn von 5,3 MBit/s Nettodatenrate je Transponder. [7] Bei Nutzung der Transponder 19, 21, 25, 39 und 61 stünden somit in Summe 26,5 MBit/s Nettodatenrate zusätzlich zur Verfügung.

Es könnte somit der komplette ARD-Hörfunk, wie er derzeit auf dem Hörfunktransponder 93 aufgeschaltet ist, in voller Qualität und Codec-Kompatibilität über diese gewonnenen Kapazitäten verbreitet werden. Je nach Aufteilung der Programme auf die Transponder gäbe es teils sogar Gewinne an Datenrate für das TV (beim WDR-TP 21 sehr günstig).

Auch für die Einspeisung in Kabelnetze ergäben sich Vorteile durch die effizientere Ausnutzung der Kabelkanäle, die jeweils 50,8 MBit/s Nettobitrate transportieren können und bei transparenter Umsetzung derzeit bei den ARD-HD-Transpondern je ca. 8 MBit/s Nullpakete beinhalten. Die Menge an Nullpaketen in Kabelkanälen würde auf ca. 3 MBit/s sinken.

Ein **erheblicher Nachteil** der Absenkung des Fehlerschutzes besteht in den dabei **um ca. 1,3 dB sinkenden Systemreserven** beim Empfang. Satellitenantennen bestimmter Größe verhalten sich bei ansonsten identischen Bedingungen (gleiches LNB, gleiche Verteilanlage, gleiche Empfangsgeräte) nach einer Absenkung des Fehlerschutzes vergleichbar einer Größenstufe niedriger, die Schlechtwetter-Reserve sinkt also:

120 cm → ca. 100 cm

100 cm → ca. 85 cm

85 cm → ca. 75 cm

75 cm → ca. 65 cm

65 cm → ca. 56 cm

Bei Antennen ab ca. 65 cm aufwärts spielt das für Einzelempfangsanlagen kaum eine Rolle. Die Zahl der wetterbedingten Ausfallminuten pro Jahr steigt geringfügig an. Für die kleinen **33-cm- oder 40-cm-„Notfall-Antennen“**, die gern bei bestehendem Aufstellverbot auf dem Balkon oder auf dem Fensterbrett genutzt werden, sieht es bei nicht wolkenlosem Himmel aber dann sehr schnell sehr ungünstig aus. **Es bestünde evtl. das Risiko, dass das komplette HDTV der ARD mit Mini-Antennen nicht mehr stabil empfangbar wäre. Das darf nicht passieren!**

Das Verhalten kleiner Antennen unter diesen Betriebsbedingungen kann durch die ARD prinzipiell geprüft werden: HD+ nutzt Fehlerschutz 3/4 bei drei seiner Transponder (TP 41, 53, 55), Sky nutzt Fehlerschutz 3/4 bei Transponder 47. Noch niedriger ist der Fehlerschutz bei Transponder 35 (UHD1 by ASTRA). Mit FEC 5/6 ergeben sich gegenüber FEC 2/3 bei der ARD 2,8 dB weniger Systemreserven. Das wäre ein Extremfall zum Testen der Reserven kleiner Antennen.

Variante 4: volle Codec-Kompatibilität, teilweise verträglich reduzierte Audioqualität, Aufgabe der Kompatibilität zu SDTV-Empfangsgeräten für DVB-S ab 2022

Sollte eine Umsetzung der Varianten 1, 2 oder 3 nicht möglich sein, bliebe nur eine Nutzung der Kapazitäten auf den HD-Transpondern der ARD in ähnlicher Weise, wie sie derzeit mit AAC als Audiocodec geplant ist und erprobt wird: für die Bildqualität vertretbare Entnahme von Datenrate aus den TV-Programmen und Nutzung selbiger für den Hörfunk.

Betrachtet man die für den Hörfunk in AAC abgezweigten Bitraten auf Transponder 39 bzw. 61 sowie weitere Sparpotentiale, ergibt sich eine elegante Möglichkeit für ein Kompatibilitätskonzept, das allerdings nicht die volle Audiobitrate bieten kann, die derzeit auf dem Hörfunktransponder geboten wird – zumindest nicht für die Unterhaltungs- und Informationsprogramme. Diese Programme würden künftig an der Untergrenze hochwertiger Qualität betrieben. Für die Kulturprogramme lässt sich ein Konzept auf dem derzeitigen qualitativen Niveau allerdings realisieren.

Kompatibilität und Qualität: welche Codecs, welche Bitraten?

Die Frage nach den kompatiblen Codecs ist schnell beantwortet: die gleichen, die im deutschsprachigen Raum für HDTV als Audio-Codecs verwendet werden, somit von allen HDTV-Empfangsgeräten unterstützt werden müssen und noch viele weitere Jahre Bestand haben werden: MPEG 1 Layer II für Stereo, AC3 für Mehrkanalton. Damit ist eine Nutzbarkeit der für deutsches öffentlich-rechtliches HDTV geeigneten Empfangsgeräte auch für den öffentlich-rechtlichen Hörfunk gewährleistet. Auch die digitalen Kabelradios sowie UKW-Kopfstellenumsetzer mit DVB-S2-, ASI- oder IP-Frontends würden weiterhin unterstützt – inklusive der RDS-Funktionen.

Die Wahl der notwendigen Bitraten muss sich am Ziel der „transparenten“ Übertragung, also der Übertragung ohne erkennbare qualitative Degradation durch die Übertragungstrecke, orientieren.

Die BBC hatte einst zu MPEG 1 Layer II im Stereo-Betrieb in [8] folgende Aussage getroffen:

„A value of 256 kbit/s has been judged to provide a high quality stereo broadcast signal. However, a small reduction to 224 kbit/s is often adequate, and in some cases it may be possible to accept a further reduction to 192 kbit/s, especially if redundancy in the stereo signal is exploited by a process of ‘joint-stereo’ encoding (i.e. some sounds appearing at the centre of the stereo image need not be sent twice). At 192 kbit/s, it is relatively easy to hear imperfections in critical audio material.“

Demnach liegt die absolute Untergrenze bei 224 kBit/s MPEG 1 Layer II für die Unterhaltungs- und Infowellen. Hörfunkwellen mit aufwendig produzierten, anspruchsvollen Inhalten (Kulturwellen) sollten mindestens 256 kBit/s MPEG 1 Layer II erhalten, idealerweise wie bisher 320 kBit/s.

Welchen Bitraten würden diese Qualitätsstufen bei LC-AAC entsprechen?

Eine direkte Zuordnung bestimmter Bitraten MPEG 1 Layer II zu korrespondierenden Bitraten LC-AAC ist nicht möglich. Die Beurteilung der Audioqualität führt bei psychoakustischen Datenreduktionsverfahren zu unterschiedlichen Ergebnissen je nach Wahrnehmung der bewertenden Personen. Erst durch Mittelwertbildung über die Ergebnisse vieler Audiobeispiele und vieler Testpersonen zu jedem Codec und jeder Bitratenstufe ergibt sich ein zunehmend statistisch stabil werdendes Bild.

Solche Tests sind deshalb logistisch, zeitlich und somit auch finanziell sehr aufwendig. Um diesen Aufwand zu verringern, wurden objektive Bewertungsverfahren entwickelt, mit denen durch Analyse von Original und datenreduzierter Fassung eine Einstufung erfolgt, die den Mittelwerten bei umfangreichen Hörtests (subjektive Tests) möglichst nahekommt.

Die Publikation „Comparison of two objective methods of quality assessment for digital audio broadcasting“ [9] vergleicht zwei solcher objektiver Bewertungsverfahren miteinander. Im hier geforderten Qualitätsbereich eignen sich die beiden Verfahren für eine Einstufung der Audioqualität beider Codecs recht gut und liefern vergleichbare Ergebnisse.

Abbildung 1 links / mitte in dieser Arbeit zeigt die objektiven Bewertungsergebnisse anhand von 4 Musik-Beispielen in stereo. Daraus lässt sich grob folgende Gegenüberstellung entnehmen:

320 kBit/s MPEG 1 Layer II entspricht etwa der Qualität von 256 kBit/s LC-AAC
256 kBit/s MPEG 1 Layer II entspricht etwa der Qualität von 192 kBit/s LC-AAC
224 kBit/s MPEG 1 Layer II entspricht etwa der Qualität von 160 kBit/s LC-AAC
192 kBit/s MPEG 1 Layer II entspricht etwa der Qualität von 128 kBit/s LC-AAC

Derzeit werden die meisten ARD-Hörfunkwellen im AAC-Testbetrieb mit je ca. netto 128 kBit/s LC-AAC ausgestrahlt. Die dabei erreichte Qualität liegt im Grenzbereich zur akustischen Transparenz, also über dem Niveau, das von 192 kBit/s MPEG 1 Layer II bekannt ist, mit Tendenz zum Niveau von 224 kBit/s MPEG 1 Layer II. Mit komplexerem Audiomaterial hört man den Nachteil von 128 kBit/s LC-AAC gegenüber den 320 kBit/s MPEG 1 Layer II vom Hörfunktransponder bei manchen Programmen / Programminhalten durchaus heraus.

Eine Wahl von 224 kBit/s MPEG 1 Layer II im Kompatibilitätskonzept wäre damit auch unter diesem Gesichtspunkt der niedrigst mögliche Wert. Mit geringerer Bitrate würde die Audioqualität definitiv schlechter, als derzeit mit 128 kBit/s LC-AAC geboten. Dies kann nicht das Ziel eines Konzeptes sein, das Kompatibilität **und** Audioqualität erhalten soll.

Die bei Bayern 2 und BR Klassik (stereo) derzeit verwendeten 160 kBit/s LC-AAC sollten demnach mindestens durch 256 kBit/s MPEG 1 Layer II ersetzt werden, eher durch 320 kBit/s MPEG 1 Layer II. Die bei den anderen Kulturwellen verwendeten 256 kBit/s LC-AAC sind im Stereo-Betrieb formal nur mit 320 kBit/s MPEG 1 Layer II zu ersetzen. Allerdings sind die Unterschiede zwischen 256 und 320 kBit/s MPEG 1 Layer II so gering, dass, sollte sich die benötigte Gesamtbitrate nicht aufbringen lassen, notfalls auch mit 256 kBit/s gearbeitet werden könnte.

Für die RDS-Daten sollte die Einbettung nach UECP in die Ancillary-Datenbereiche der MPEG-Audiodatenströme genutzt werden. Hierfür sollten maximal 2400 Bit/s reserviert werden, um die Audioqualität nicht weiter zu senken. Eine Kompatibilität mit derzeit RDS auswertenden Empfangsgeräten (DVB-Receiver, Kabelradios, UKW-Modulatoren) wäre gegeben und es träte kein weiterer Brutto/Netto-„Verschnitt“ auf, wie er mit einem Private RDS-PID zu jedem Service aufträte. Auch wären die RDS-Daten „unverlierbar“ und zeitstarr mit den Audiodaten verkoppelt.

Für Mehrkanalton kommt aus Kompatibilitätsgründen nur AC3 in Frage. Der NDR praktiziert das auch jetzt schon im Testbetrieb als einzige Anstalt mit seiner Kulturwelle und dürfte die garantierte Kompatibilität mit den Mehrkanal-Wiedergabeanlagen in den Fokus gerückt haben. Hier entfällt das bei AAC notwendige Transcoding in den Empfangsgeräten.

Für eine auch im 5.1-Modus transparente Wiedergabe empfehlen sich 448 kBit/s AC3.

Wie viel Bitrate steht derzeit für den Hörfunk zur Verfügung?

Auf den Transpondern 39 und 61 wurde die für den Hörfunk in AAC benötigte Bitrate durch Reduktion der Videobitraten der TV-Programme gewonnen. Die täglich automatisch über sämtliche Astra-Transponder laufenden Scans des Tools digitalbitrate.com [10] ermitteln jeweils die Datenströme der einzelnen Transponder und stellen sie in ihrem zeitlichen Verlauf als Grafik dar. Somit ist (Stand 5.7.2021) noch der Zustand der beiden Transponder vom Mitte Juni 2021 zu erkennen – mit den damals verwendeten Bitraten und Nullpaketen:

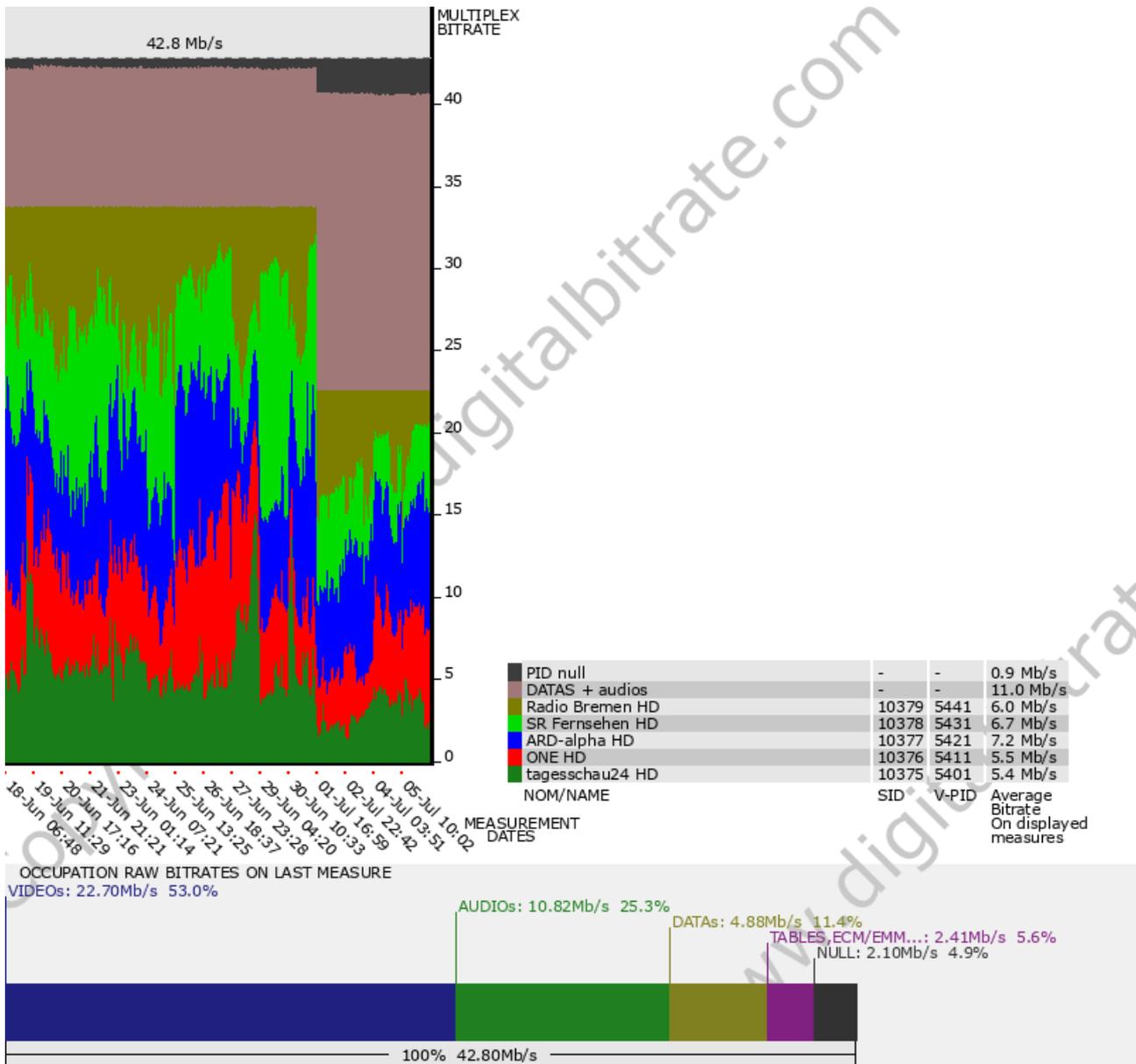


Abb. 1: Bitraten-Statistik Transponder 39 Mitte Juni – Anfang Juli 2021 [11]

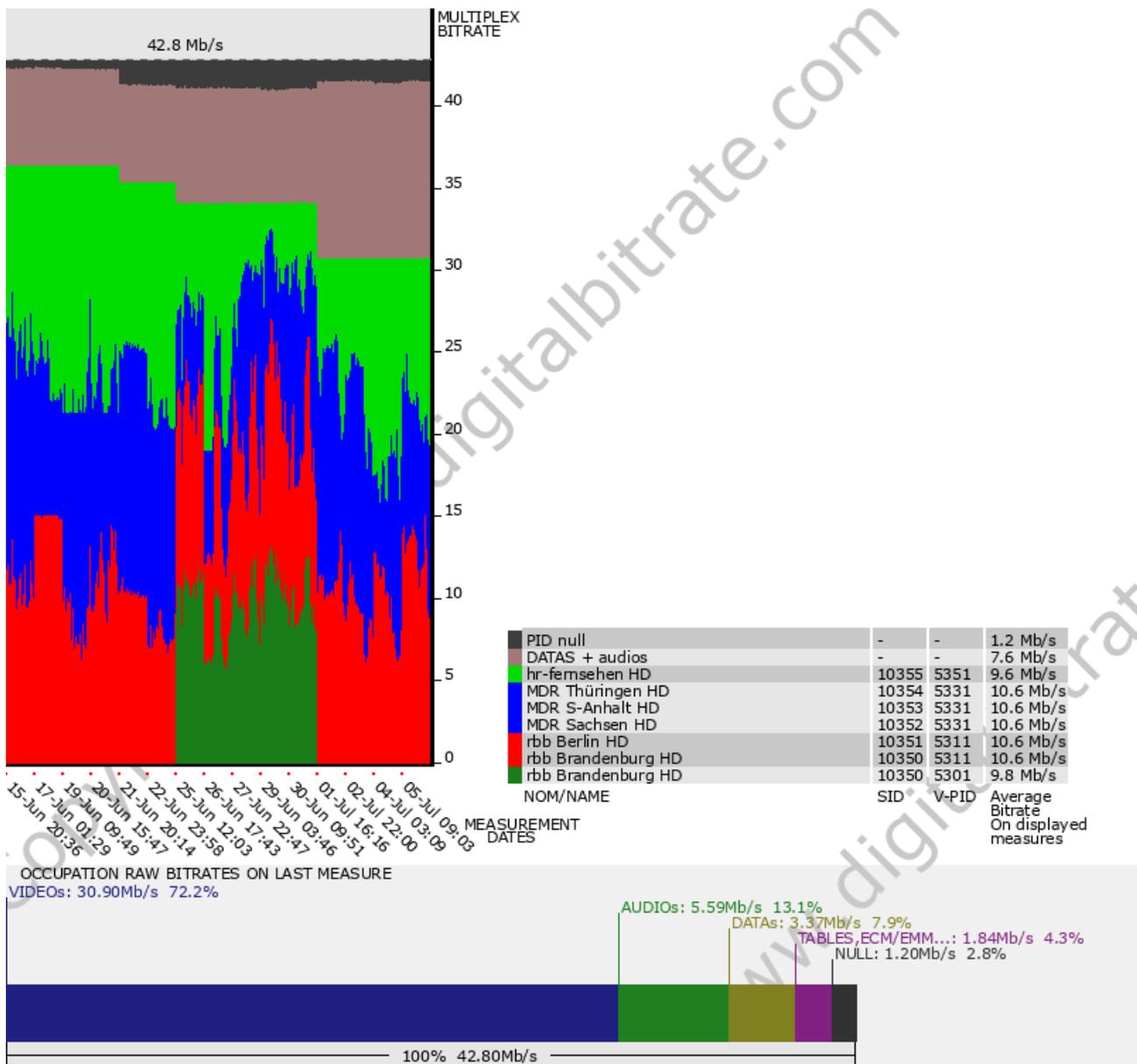


Abb. 2: Bitraten-Statistik Transponder 61 Mitte Juni – Anfang Juli 2021 [12]

Für **Transponder 39** ergibt sich als Differenz der Videobitraten vor / nach Aufschaltung der Hörfunkprogramme $33,7 \text{ MBit/s} - 22,7 \text{ MBit/s} = 11 \text{ MBit/s}$. Seit Aufschaltung des Hörfunks wird der Transponder allerdings mit einer deutlich erhöhten Nullpaket-Rate von $2,1 \text{ MBit/s}$ betrieben, vorher waren es ca. $0,5 \text{ MBit/s}$. Prinzipiell stünden für Hörfunk also bei den derzeit genutzten Videobitraten auf Transponder 39 ca. 11 MBit/s zur Verfügung, wenn die Nullpaket-Rate wieder auf das ursprüngliche geringere Niveau zurückgefahren würde.

Für **Transponder 61** ergibt sich als Differenz der Videobitraten vor Beginn der Änderungen zu nach Aufschaltung der Hörfunkprogramme zu $36,4 \text{ MBit/s} - 30,9 \text{ MBit/s} = 5,5 \text{ MBit/s}$. Seit Aufschaltung des Hörfunks wird der Transponder allerdings mit einer deutlich erhöhten Nullpaket-Rate von $1,2 \text{ MBit/s}$ betrieben, vorher waren es ca. $0,5 \text{ MBit/s}$. Prinzipiell stünden für Hörfunk also bei den derzeit genutzten Videobitraten auf Transponder 61 ca. $5,5 \text{ MBit/s}$ zur Verfügung, wenn die Nullpaket-Rate wieder auf das ursprüngliche geringere Niveau zurückgefahren würde.

Wie viel Bitrate wird für das Kompatibilitätskonzept benötigt?

Ein Blick in die detaillierte Belegung des Hörfunktransponders 93 zeigt die Bruttobitraten, die sich für Hörfunkprogramme mit 320 bzw. 128 kBit/s MPEG 1 Layer II ergeben:

1170	0x0492	PMT	152	0	7,55 kbps	0,02%	Die Maus
1171	0x0493	MPEG Audio	6734	0	334,30 kbps	0,88%	Die Maus
850	0x0352	PMT	152	0	7,55 kbps	0,02%	Fritz
851	0x0353	MPEG Audio	6734	0	334,30 kbps	0,88%	Fritz
5770	0x168A	Private Sections	202	0	10,03 kbps	0,03%	Fritz
400	0x0190	PMT	152	0	7,55 kbps	0,02%	hr1
401	0x0191	MPEG Audio	6734	0	334,30 kbps	0,88%	hr1
410	0x019A	PMT	151	0	7,50 kbps	0,02%	hr2
411	0x019B	MPEG Audio	6733	0	334,25 kbps	0,88%	hr2
412	0x019C	AC3 Audio	9470	0	470,12 kbps	1,24%	hr2
420	0x01A4	PMT	151	0	7,50 kbps	0,02%	hr3
421	0x01A5	MPEG Audio	6734	0	334,30 kbps	0,88%	hr3
430	0x01AE	PMT	152	0	7,55 kbps	0,02%	hr4
431	0x01AF	MPEG Audio	6734	0	334,30 kbps	0,88%	hr4
460	0x01CC	PMT	151	0	7,50 kbps	0,02%	hr-iNFO
461	0x01CD	MPEG Audio	2778	0	137,91 kbps	0,36%	hr-iNFO
800	0x0320	PMT	152	0	7,55 kbps	0,02%	Inforadio
801	0x0321	MPEG Audio	2779	0	137,96 kbps	0,36%	Inforadio
5270	0x1496	Private Sections	201	0	9,98 kbps	0,03%	Inforadio

Abb. 3: Auszug aus der detaillierten Inhaltsangabe des ARD-Hörfunktransponders [13]

Daraus gewonnene Erkenntnisse:

Zusätzlich zu den Audio-Datenströmen ist je Programm noch mindestens ein PMT-Datenstrom notwendig. In der PMT (Program Map Table) wird den Empfangsgeräten mitgeteilt, welche Datenströme zu diesem Programm gehören, also beim TV z.B. der Videodatenstrom, die Audiospuren, der Videotext etc. Auf dem bisherigen Hörfunktransponder sind für die PMT eines Hörfunkprogramms ca. 7,55 kBit/s Datenrate zu erkennen.

Ein Hörfunkprogramm mit 320 kBit/s MPEG 1 Layer II belegt brutto 334,4 kBit/s für Audio + 7,55 kBit/s für die PMT (Program Map Table), insgesamt also ca. 342 kBit/s.

Eine AC3-Audiospur mit 448 kBit/s benötigt zusätzlich 470 kBit/s brutto auf dem Transponder.

Ein Hörfunkprogramm mit 128 kBit/s MPEG 1 Layer II (mono) belegt brutto 138,0 kBit/s für Audio + 7,55 kBit/s für die PMT, insgesamt also ca. 146 kBit/s.

Eine TV-Audiospur mit 192 kBit/s MPEG 1 Layer II (MDR HD) belegt brutto 199 kBit/s.

Eine TV-Audiospur mit 256 kBit/s MPEG 1 Layer II (Das Erste HD) belegt brutto ca. 272 kBit/s.

Aus Untersuchungen mit FFmpeg [14] und TSDuck [15] ergibt sich für 224 kBit/s MPEG 1 Layer II eine Brutto-Bitrate von 236 kBit/s. Zusammen mit der zugehörigen PMT ergeben sich damit ca. 244 kBit/s. Auf gleichem Wege wurde die Brutto-Bitrate eines Hörfunkprogramms mit 112 kBit/s MPEG 1 Layer II (mono) zu 118 kBit/s bestimmt. Zusammen mit der zugehörigen PMT ergeben sich damit ca. 126 kBit/s.

Mit diesen Angaben kann die benötigte Bitrate für ein Alternativkonzept bestimmt werden.

Optional sind weitere Datenströme möglich. So werden in sogenannten AIT (Application Information Table) Verweise auf ein HbbTV-Angebot zum jeweiligen Programm gesendet, das mit HbbTV-tauglichen Empfangsgeräten genutzt werden kann. In der AIT steht die Verlinkung auf dieses Angebot, damit das Empfangsgerät Kontakt via Internet aufnehmen kann. AIT sind derzeit auf dem Hörfunktransponder bei den Programmen von RBB und SWR vorhanden, je Programm 10 kBit/s. Die anderen Anstalten teilen sich alle den gleichen AIT-PID 2074 mit ebenfalls ca. 10 kBit/s. Im neuen AAC-Angebot haben nun RBB, WDR und SWR eigene AIT je Programm.

Zusätzlich gibt es ein HbbTV-Datenkarussell, in dem die Programmlogos der Hörfunkprogramme fortlaufend zyklisch übertragen werden. Diese Programmlogos werden von HbbTV-tauglichen Empfangsgeräten auf dem TV-Bildschirm dargestellt, ohne dass es einen Internet-Zugang für das Empfangsgerät geben muss. Der DSM-CC PID 2177 hat eine Datenrate von 1 MBit/s, entsprechend ca. 16 kBit/s je Hörfunkprogramm.

Nachfolgend die vorgeschlagene Konfiguration für ein hochwertiges Kompatibilitätskonzept.

Transponder 61

hr 1	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
hr 2	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
hr 2 MKT	448 kBit/s AC3	470 kBit/s brutto
hr 3	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
hr 4	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
YouFM	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
hr-iNFO	112 kBit/s MPEG 1 Layer II mono	126 kBit/s brutto
MDR Sachsen DD	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
MDR S-Anhalt MD	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
MDR Thüringen Mitte-W	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
MDR Kultur	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
MDR Kultur MKT	448 kBit/s AC3	470 kBit/s brutto
MDR Jump	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
MDR Aktuell	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
MDR Sputnik	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
MDR Klassik	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
RBB Inforadio	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
RBB Kulturradio	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
RBB Antenne Brdbg.	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
RBB radioBERLIN 88.8	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
RBB radioeins	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
RBB Fritz	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
AIT RBB-Hörfunk (6 ×)		60 kBit/s brutto
AIT alle anderen Prg.		10 kBit/s brutto
DSM-CC (Programmlogos, nur die auf TP 61 ausgestrahlten Programme)		325 kBit/s brutto
Zuwachs in PAT, SDT und EIT		300 kBit/s brutto

		6789 kBit/s brutto

Zur Verfügung stehen aufgrund der von der ARD am 30.6.2021 vorgenommenen Reduktion der Videobitraten auf Transponder 61 allerdings nur ca. 5,5 MBit/s brutto. Es müssen also zusätzlich ca. 1290 kBit/s brutto bereitgestellt werden, um das Kompatibilitätskonzept für Transponder 61 realisieren zu können.

Hier ergibt sich eine sehr elegante Möglichkeit.

Betrachtet man die Datenströme der TV-Programme (hr, MDR, RBB), fällt auf, dass jedes der drei Programme ein Datenkarussell besitzt: hr PID 3572, MDR PID 3672, RBB PID 3772. Jeder dieser Datenströme hat eine Bitrate von 400 kBit/s. Über diese Datenströme wird der HbbTV-Videotext übertragen. Eine Nutzung wird somit ohne Anschluss des Empfangsgerätes an das Internet möglich – für alle weiteren HbbTV-Funktionen ist dieser Anschluss aber ohnehin erforderlich und wird auch entsprechend durch die ARD als Bedingung genannt. [16]

Eine im Internet-Archiv gespeicherte detaillierte Belegung von Transponder 61 zeigt, dass im Juli 2018 diese HbbTV-Videotext-Karussells auch nicht existierten. [17] Sie wurden also erst nach Juli 2018 etabliert. Es hat vorher jahrelang auch ohne sie funktioniert.

Die HbbTV-Text-Karussells können also entfernt werden. Empfangsgeräte, die eine Verbindung zum Internet haben, können den HbbTV-Videotext weiterhin nutzen. Für Empfangsgeräte ohne Verbindung zum Internet steht der klassische Videotext zur Verfügung.

Verlagert man den HbbTV-Videotext in die online abrufbaren HbbTV-Dienste, werden $3 \times 400 = 1200$ kBit/s Bruttobitrate auf Transponder 61 frei. Damit sind nur noch 90 kBit/s Bitrate für die Realisierung des Kompatibilitätskonzeptes für den Hörfunk von hr, MDR und RBB anderweitig aufzubringen. Möglicherweise gelänge dies schon durch Reduktion der Nullpakete.

Auch wäre zu prüfen, ob die Logos der Hörfunkprogramme aus dem Internet nachgeladen werden könnten. Gelänge es, die Verlinkung der Programm-Logos in einer gemeinsamen AIT zu übertragen, könnten eventuell bis zu ca. 300 kBit/s Bruttodatenrate gespart werden. Das wäre mehr als benötigt.

Mit einer sehr geringen Absenkung der Videobitraten (ca. 160 kBit/s je Anstalt) oder in Kombination mit einer Reduzierung der Nullpakete wäre sogar noch eine weitere Mehrkanal-Audiospur möglich, z.B. für MDR Klassik, die bislang keinen MKT angeboten haben, nun aber in AAC 5.1 senden, also offenbar, so dies keine Fehlkonfiguration ist, Sendungen in MKT planen.

Eine ersatzlose Beendigung der Ausstrahlung der Hörfunk-Programmlogos wäre erst zu diskutieren, wenn nicht anders dringend benötigte Bitrate gewonnen werden könnte. Bei Nutzung des Hörfunks über Receiver, vor allem über die digitalen Kabelradios, steht ohnehin kein Bild zur Verfügung – entweder ist der TV ausgeschaltet oder es gibt gar keine Bildausgabe am Empfangsgerät. Besser hochwertiger Ton ohne Bild beim Hörfunk als Bild mit schlechtem / inkompatiblem Ton.

Transponder 39

Die 44 Hörfunkprogramme, die derzeit auf Transponder 39 gesendet werden, lassen sich nicht komplett kompatibel und in hochwertiger Qualität dort ausstrahlen. Dafür wäre zu viel Platz nötig, eine weitere Reduktion der ohnehin schon sehr knappen Video-Datenrate auf Transponder 39 kommt nicht in Frage. Deshalb erfolgt eine Auslagerung der Programme des SWR.

Bayern 1	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
Bayern 2	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
Bayern 3	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
BR Klassik	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
BR Klassik MKT	448 kBit/s AC3	470 kBit/s brutto
BR24	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
BR24live	112 kBit/s MPEG 1 Layer II mono	126 kBit/s brutto
BR Schlager	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
PULS	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
BR Heimat	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR 1 90,3	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR 1 Welle Nord	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR 1 Niedersachsen	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR 1 Radio MV	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR 2	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR Kultur	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
NDR Kultur MKT	448 kBit/s AC3	470 kBit/s brutto
NDR Info	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
N-Joy	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR Info Spezial	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR Blue	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
NDR Plus	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
Bremen Eins	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
Bremen Zwei	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
Bremen Vier	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
Bremen NEXT	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
SR 1 Europawelle	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
SR 2 KulturRadio	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
SR 3 Saarlandwelle	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
1Live	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
WDR 2	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
WDR 3	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
WDR 3 MKT	448 kBit/s AC3	470 kBit/s brutto
WDR 4	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
WDR 5	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
COSMO	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
1Live Diggi	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
Die Maus	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
WDR Event	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
AIT WDR-Hörfunk (9 ×)		90 kBit/s brutto
AIT alle anderen Programme		10 kBit/s brutto
DSM-CC (Programmlogos, nur die auf TP 39 ausgestrahlten Programme)		560 kBit/s brutto
Zuwachs in PAT, SDT und EIT		550 kBit/s brutto

11972 kBit/s brutto

Zur Verfügung stehen aufgrund der von der ARD am 30.6.2021 vorgenommenen Reduktion der Videobitraten auf Transponder 39 allerdings nur ca. 11,0 MBit/s brutto. Es müssen also zusätzlich ca. 972 kBit/s brutto bereitgestellt werden, um das Kompatibilitätskonzept für Transponder 39 realisieren zu können.

Auch hier ergibt sich die sehr elegante Möglichkeit, die HbbTV-Videotexte der TV-Programme von einer Ausstrahlung via Datenkarussell ins Internet zu verlagern. Eine Entfernung aller 5 HbbTV-Videotext-Karussells brächte 2 MBit/s und damit sogar ca. 1 MBit/s mehr Bitrate für die TV-Programme. Derzeit stehen nur 4,5 MBit/s mittlere Videobitrate je Programm zur Verfügung, das ist nahe der Untergrenze des Vertretbaren und könnte um je ca. 200 kBit/s angehoben werden.

Auch auf Transponder 39 gilt: eine im Internet-Archiv gespeicherte detaillierte Belegung zeigt, dass im Juli 2018 keine HbbTV-Videotext-Karussells existierten. [17] Sie wurden also erst nach Juli 2018 etabliert. Es hat vorher jahrelang auch ohne sie funktioniert.

Transponder 19

Die Programme des SWR müssten in diesem Konzept auf einen anderen Transponder wechseln. Hier bietet sich Transponder 19 an, da dort der SWR ohnehin seine beiden TV-Programme ausstrahlt und die Zahl an Regionalisierungen gering ist.

SWR 1 BaWü	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
SWR 1 Rlp	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
SWR 2	320 kBit/s MPEG 1 Layer II	342 kBit/s brutto
SWR 2 MKT	448 kBit/s AC3	470 kBit/s brutto
SWR 3	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
SWR 4 BaWü	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
SWR 4 Rlp	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
DASDING	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
SWR Aktuell	224 kBit/s MPEG 1 Layer II	244 kBit/s brutto
AIT SWR-Hörfunk (8 ×)		80 kBit/s brutto
DSM-CC (Programmlogos, nur die auf TP 19 ausgestrahlten Programme)		150 kBit/s brutto
Zuwachs in PAT, SDT und EIT		100 kBit/s brutto

		2850 kBit/s brutto

Diese Bitrate muss gewonnen werden durch Umverlagerung von Bitrate aus den TV-Programmen auf Transponder 19. Hier stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung.

Am angenehmsten wäre eine Entnahme von Bitrate bei allen TV-Programmen, also von Das Erste HD, arte HD und SWR HD. Hierdurch ergäben sich die geringsten Absenkungen je TV-Programm. Möglicherweise stehen dem Verträge mit arte entgegen, die nicht angefasst werden sollen.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Entnahme von Bitrate bei den ARD-Programmen, also Das Erste HD und SWR HD, während arte HD unangetastet bleibt und sein Bitraten-Kontingent behält.

Die dritte Möglichkeit wäre, dass der SWR die notwendige Bitrate alleine aus seinem Bitraten-Kontingent aufbringt. Das ist mit der größten Reduktion der Videobitrate verbunden und soll als Extremvariante hier betrachtet werden.

Als erstes fällt auf, dass der SWR für beide Regionalisierungen jeweils ein separates HbbTV-Videotext-Karussell betreibt: PID 5174 für SWR BaWü HD und PID 5176 für SWR Rlp HD. [18] Beide Karussells sind je 400 kBit/s groß, ihre Abschaltung und Verlagerung ins Internet setzt alleine bereits 800 kBit/s Bitrate frei.

Auf Transponder 19 gab es im Juli 2018 keine HbbTV-Videotext-Karussells beim SWR. Nur Das Erste HD hatte ein solches Angebot. [17] Die HbbTV-Videotext-Karussells des SWR wurden also erst nach Juli 2018 etabliert.

Es blieben also noch 2050 kBit/s aufzubringen.

Als nächstes fällt auf, dass auf Transponder 19 eine deutlich höhere Rate an Nullpaketen gesendet wird, als langfristiger Mittelwert über Wochen sind 1,1 MBit/s zu erkennen. Sollte dieser Wert nicht benötigt werden für z.B. nicht öffentliche Datenaussendungen, und sollte dieser Wert nicht aufgrund spezieller Eigenheiten des Multiplexers nötig sein, könnte er auf ca. 500 kBit/s reduziert werden. Auf anderen Transpondern sind Nullraten von ca. 300 kBit/s üblich, z.B. beim Transponder von 3Sat HD [19] und beim öffentlich-rechtlichen Transponder der Schweiz auf Eutelsat Hotbird mit 7 TV-Programmen im statistischen Multiplex und 26 Hörfunkprogrammen. [20]

Somit könnten weitere ca. 600 kBit/s gewonnen werden. Es blieben damit noch ca. 1450 kBit/s aufzubringen.

Diese 1450 kBit/s müssten aus dem Video-Bitratenkontingent des SWR kommen. Außerhalb der Regionalisierung hat SWR HD eine mittlere Videobitrate von ca. 11,7 MBit/s – Gleichverteilung der Videobitraten zwischen Das Erste HD, arte HD und SWR HD. [18]

Bei einer Reduktion der SWR-Videobitrate um 1450 kBit/s verblieben somit ca. 10,2 MBit/s als Videobitrate in der nicht-regionalisierten Zeit. Zum Vergleich: hr, MDR und RBB haben in der nicht-regionalisierten Zeit auch je ca. 10,2 MBit/s [13], BR und NDR haben in der nicht-regionalisierten Zeit je ca. 12 MBit/s [21], SR Fernsehen HD und Radio Bremen HD haben dauerhaft je 4,5 MBit/s [12] und WDR HD hat auf seinem neuen Transponder 15 MBit/s – geschuldet durch die enorme Bitrate, die während der Regionalisierungen benötigt wird [22].

Visuelle Beeinträchtigungen treten bei Videobitraten um 10 MBit/s auch bei größeren Bildschirmen nicht auf, vor allem schon deshalb nicht, weil mit variabler Bitrate im statistischen Multiplex gearbeitet wird. Mit qualitativen Beeinträchtigungen ist erst um 5 MBit/s und darunter zu rechnen. Die Gewinnung der Bitrate für den SWR-Hörfunk ist also für das SWR-TV qualitativ unbedenklich.

Betrachten wir die Regionalisierung. Zu Zeiten der Auseinanderschaltung des SWR-Fernsehens in getrennte Programme für Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz stehen dem SWR derzeit ca. 14,5 MBit/s mittlere Videodatenrate zur Verfügung, entsprechend ca. 7,2 MBit/s mittlere Videodatenrate je Regionalversion. [18] Bei dauerhafter Entnahme von 1450 Kbit/s für den SWR-Hörfunk blieben demnach ca. 13,0 MBit/s mittlere Videodatenrate, entsprechend 6,5 MBit/s je Regionalversion.

Zum Vergleich: die 4 Regionalfenster des NDR HD haben je knapp 6 MBit/s, die 3 Regionalfenster des MDR HD je ca. 5,5 MBit/s, die 2 Regionalfenster des RBB HD knapp über 7 MBit/s und die Regionalfenster des WDR HD weniger als 3,5 MBit/s.

6,5 MBit/s mittlere Videodatenrate während der Regionalfenster bieten – auch dank statistischem Multiplex – immer noch eine hochwertige Bildqualität, am rein informativen Programminhalt gemessen eine sehr hochwertige Bildqualität.

Fazit

Variante 4 würde zu allen DVB-S2-tauglichen Satellitenempfängern, allen DVB-Kabelempfängern (egal ob SD oder HD oder digitales Kabelradio) und zu UKW-Kopfstellenumsetzern mit DVB-S2-, ASI- oder IP-Frontend kompatibel sein.

Auf den Info- und Unterhaltungswellen wäre die Qualität niedriger als auf dem Hörfunktransponder, aber knapp transparent und nicht niedriger als mit 128 kBit/s LC-AAC. Die Kulturwellen hätten uneingeschränkt die Qualität, die bislang auf dem Hörfunktransponder geboten wird. Mehrkanal-Sendungen hätten Kompatibilität mit allen bisher genutzten Mehrkanal-Anlagen.

SD-Satreceiver wären aufgrund ihrer fehlenden Eignung für DVB-S2 nicht mehr verwendbar. Aufgrund der im Konzept genutzten hochkompatiblen Audio-Codecs wäre Beschaffung von gut geeignetem Ersatz aber recht einfach und kostengünstig, auch auf dem Gebrauchtmittelmarkt. Es gibt einige für Hörfunk gut geeignete Geräte (Programmnamen-Anzeige, Aufnahmemöglichkeit auf USB, teils 43-cm-Gehäuse), die nicht AAC-tauglich sind, aber mit MPEG 1 Layer II prima spielen.

UKW-Kopfstellenumsetzer mit DVB-S-Frontends könnten durch Vorschalten eines DVB-S2 → DVB-S - Umwandlers voraussichtlich weiterhin betrieben werden. Für diese Aufgabe lassen sich z.B. Geräte verwenden, die für eine „Zentralentschlüsselung“ von ORF- oder SRF-Programmen in Österreich oder der Schweiz verwendet werden. Diese Geräte unterstützen DVB-S2-Empfang und modulieren die Ausgangsdatenströme in DVB-S. Ohne genutzte Entschlüsselungsfunktion sollten sie für eine Umwandlung DVB-S2 → DVB-S taugen. Es sind mindestens 2 Produkte auf dem Markt, die dafür theoretisch geeignet sind.

Variante 4 hat im Gegensatz zu Variante 3 den Vorteil, dass Signalstabilität und Systemreserven der HDTV-Transponder gleich blieben. Gegenüber Varianten 1 und 2 würden keine Transponder außer den ohnehin für die HDTV-Verbreitung verwendeten genutzt. Es entstünden keine Kosten für die Hörfunkverbreitung, nur die Umverteilung der Kosten zwischen Hörfunk und Fernsehen sowie zwischen den ARD-Anstalten wäre etwas verändert. In der Gesamtbilanz bliebe alles finanziell wie derzeit geplant. Es ist zu hoffen, dass „ARD – Wir sind eins“ tatsächlich gilt und Solidarität herrscht zwischen den Anstalten und zwischen Hörfunk und Fernsehen. Es geht um viel, es geht um die problemlose Nutzbarkeit des ARD-Hörfunks auf dem höchstwertigen Verbreitungsweg.

Der DVB-Hörfunk wäre für die ARD deutlich „stressfreier“, da zu allen Empfangsgeräten außer SD-Satreceivern kompatibel. Auch wäre eine Nutzung z.B. als UKW-Zuführung weiterhin möglich, ohne Empfänger tauschen oder auf AAC upgraden (Kostenfaktor!) zu müssen.

Kabelnetze erhielten kompatible Signale und könnten die DVB-Hörfunkempfänger weiterhin problemlos versorgen. Teures Transcoding entfiel. Manche UKW-Umsetzer liefen sofort weiter, andere könnten zu vertretbaren Kosten ertüchtigt werden.

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Plan ARD (AAC)
SD-Satreceiver (nur DVB-S)	+	+ / - bis 12/2024	-	-	-
HD-Satreceiver (DVB-S2), AAC-untauglich	+	+	+	+	-
HD-Satreceiver (DVB-S2), AAC-tauglich	+	+	+	+	+
Kabelreceiver (DVB-C), AAC-untauglich	+	+	+	+	-
Kabelreceiver (DVB-C), AAC-tauglich	+	+	+	+	+
Mehrkanal-Setups, DVB-Receiver AAC-untauglich oder ohne Transcoding nach AC3 (Receiver-Eignung für DVB-S2 separat werten!)	+	+	+	+	-
Mehrkanal-Setups, DVB-Receiver AAC-tauglich mit Transcoding nach AC3	+	+	+	+	+
UKW-Kopfstellenumsetzer mit DVB-S-Frontend	+	+ / + ¹⁾ bis 12/2024	+ ¹⁾	+ ¹⁾	-
UKW-Kopfstellenumsetzer mit DVB-S2-, ASI- oder IP- Frontend, AAC-untauglich	+	+	+	+	-
UKW-Kopfstellenumsetzer mit DVB-S2-, ASI- oder IP- Frontend, AAC-tauglich	+	+	+	+	+

+¹⁾ Anpassung extern möglich durch Umwandler DVB-S2 → DVB-S

Tab. 1: Matrix der Gerätekompatibilitäten zu den unterschiedlichen Varianten

Eine abschließende Bemerkung zur Einspeisung in Kabelnetze im Falle von Variante 4

In den meisten Kabelnetzen erfolgt eine 1:1-Einspeisung der ARD-HD-Transponder. Somit würde der Hörfunk künftig auch 1:1 in der hier geplanten Qualität in Kabelnetzen verfügbar sein – und kompatibel zu allen Empfangsgeräten, die derzeit genutzt werden.

Ausnahme ist der größte Netzbetreiber Deutschlands, die Vodafone. In ihren von der Kabel Deutschland übernommenen Netzen erfolgt eine Transcodierung des ARD-Hörfunks, derzeit von 320 kBit/s MPEG 1 Layer II auf 192 kBit/s MPEG 1 Layer II, u.a. unter Herabsetzung der oberen Grenzfrequenz der Audio-Übertragung auf bedenklich niedrige 13,5 kHz. [23] Offenbar ist das ein Kompromiss, um trotz der für MPEG 1 Layer II recht geringen Bitrate von 192 kBit/s eine halbwegs manierliche Audioqualität zu erhalten.

Ein Transcoding verringert stets die Audioqualität. Es wäre deshalb anzustreben, künftig den ARD-Hörfunk nach diesem Konzept (Variante 4) nicht mehr zu transcodieren, sondern 1:1 auch zu den Kundinnen und Kunden der Vodafone durchzuleiten. Ein Transcoding aus Gründen der Kompatibilität (wie jetzt für das AAC-Audio der ARD bei der Vodafone geplant [24]) wäre sowieso unnötig, da gleich seitens der ARD kompatible Signale geliefert würden.

Die nötige zusätzliche Bitrate für eine Aufgabe des Transcodings bei der Vodafone könnte durch mehrere Schritte aufgebracht werden:

- Aufteilung der Hörfunk-Programmlogos auf mehrere Datenkarussells, z.B. je Anstalt eines. Dadurch bestünde für die Vodafone, die ihre eigenen Kabelmuxe erstellt, die Möglichkeit, nur die auf einem Kanal jeweils benötigten Programmlogos auszuspielen und nicht das große Karussell mit allen Logos und 1 MBit/s Bitrate auf mehreren Kabelkanälen ausspielen zu müssen.
- Verlagerung der HbbTV-Programmlogos vom Datenkarussell ins Internet (via AIT). Damit wären sofort bei der derzeitigen Programmaufteilung der ARD-Hörfunkprogramme in den Kabelnetzen der Vodafone (ex KDG) 2 mal 1 MBit/s Bitrate freigesetzt. Auch über Satellit wäre diese Lösung eine Hilfe bei der Gewinnung benötigter Datenrate auf Transponder 61 und Transponder 19.
- Weitere Reduktion der Videobitraten der SDTV-Programme der ARD bei der Vodafone bzw. Entfernung noch vorhandener AC3-Audiospuren bei den SDTV-Programmen. Beides ist der Vodafone technisch problemlos möglich.

Ziel sollte sein, auch in den Kabelnetzen der Vodafone den ARD-Hörfunk in der von der ARD bereitgestellten Qualität (Originaldatenströme) anbieten zu können. Die nach Variante 4 dieses Konzeptes umzusetzenden Maßnahmen wären generell ein Schritt in die richtige Richtung dafür.

Quellenangaben

- [1] <https://www.rundfunkforum.de/viewtopic.php?p=1607067#p1607067>
- [2] <https://www.rundfunkforum.de/viewforum.php?f=4>
- [3] <https://www.rundfunkforum.de/viewtopic.php?p=1609169#p1609169>
- [4] <https://forum.team-mediaportal.com/threads/he-aac-support-dvb-t.31159/#post-203840>
- [5] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?live=204&mux=C018&liste=2&lang=en>
- [6] <https://www.medienkorrespondenz.de/politik/artikel/ard-verlaengert-satellitenausstrahlung-innbspsd-bisnbspendenbsp2024.html>
- [7] <http://www.saschateichmann.de/dvb-s.html>
- [8] BBC R&D White Paper WHP 061, June 2003, S. 26.
<http://downloads.bbc.co.uk/rd/pubs/whp/whp-pdf-files/WHP061.pdf>
- [9] „Comparison of two objective methods of quality assessment for digital audio broadcasting“
F. Rund, K. Ulovec, 28th International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA), 2018
<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:49188017>
- [10] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?lang=en&liste=2&live=61>
- [11] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?mux=11052&liste=1&live=61&lang=en>
Abruf 5.7.2021
- [12] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?mux=10891&liste=1&live=61&lang=en>
Abruf 5.7.2021
- [13] <http://www.dvbviewer.com/griga/TransEdit%20D/AnalyzerWindow.html>
- [14] <https://ffmpeg.org/>
- [15] <https://tsduck.io/>
- [16] <https://www.ard-digital.de/technik/hbbtv>
- [17] <https://web.archive.org/web/20180717004837/http://www.digitalbitrate.com/dtv.php?liste=2&live=61&lang=fr>
- [18] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?mux=11493&liste=1&live=61&lang=en>
- [19] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?mux=11347&liste=1&live=61&lang=en>
- [20] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?mux=10971&liste=1&live=65&lang=en>
- [21] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?mux=11582&liste=1&live=61&lang=en>
- [22] <https://www.digitalbitrate.com/dtv.php?mux=11523&liste=1&live=61&lang=en>
- [23] <https://tonbandforum.de/showthread.php?tid=19757&pid=240908>
- [24] <https://www.vodafonekabelforum.de/viewtopic.php?f=5&t=44268>