DKE, Deutsche Kommission für Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnologie
Arbeitskreis AK 731.0.8 „Professionelle Funkmikrofone und Veranstaltungstechnik“

Bürgerschaftswahl in der Hansestadt Hamburg

23.Februar 2020

Dokumentation der PMSE-Spektrumsnutzung

Drahtlose Produktionswerkzeuge, sogenannte PMSE (Programme Making Special Event), sind für die professionelle, multimediale Produktion unverzichtbar. Dazu gehören drahtlose Audio-, Videogeräte, Audiolinks, drahtlose Geräte zur Programmproduktion und Werkzeuge der Nachrichtenberichterstattung oder Regiefunkgeräte.

Dieses Dokument stellt Informationen über die PMSE-Spektrumsnutzung im UHF-TV und 2 GHz-Bereich bereit und setzt die Arbeit aus den Jahren 2008, 2011 und 2015 fort.

Das Zentrum für die diesjährige Berichterstattung zum Ergebnis der Wahl zur Hamburgischen Bürgerschaft war die Messehalle A2 nahe des Congress Centrum Hamburg - CCH. In der Messehalle waren im Wesentlichen die Studios der Berichterstatter sowie die dafür benötigten Gewerke wie auch die Meinungsforscher, die die Hochrechnungen erstellten. Außerhalb der Messehalle, in unmittelbarer Nähe zu den Studios, standen die Übertragungswagen mit den Regie- und Schnittplätzen.

Autoren: Matthias Fehr und Norbert Hilbich, September 2020

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung der Ergebnisse 4
Vergleich der für 2008, 2011, 2015 und 2020 vorliegenden Daten..... 5
Tabellarische Zusammenfassung für 470-862 MHz 5
Grafische Darstellung 5
Aufgezeichnete und koordinierte Links 5
Trend des für Audio-PMSE notwendigen und verfügbaren Spektrums. 5
Produktionsstandort..... 6
Produktionsmitarbeiter und Planung 6
Frequenzkoordination..... 7
Dokumentation der Spektrumsnutzung..... 8
Team-Kommunikation (TalkBack) und Service-Links (Telemetrie)..... 8
Mikrofone und Rückstrecken (IEM)..... 8
DECT 8
Drahtlose Kameras, Video-Links und drahtlose Monitore 8
Frequenzkoordination und Qualitätsansprüche 9
Außenstellen (Produktionsstandorte) von ARD + NDR.....11
Messplätze zur Dokumentation der Spektrumsnutzung 12
Standort der Messplätze 12
Informationen zu den Messplätzen 13
Die aufgezeichnete Frequenzbelegung 15
DAB+ und Schmalbandsignale im VHF Band, 174 - 234 MHz.....15
DVB-T2, PMSE und IMT im UHF-TV Band, 410 - 870 MHz 16
Aufzeichnung der Frequenzbelegung mit der Scanstation 1 16
Aufzeichnung der Frequenzbelegung mit der Scanstation 2 16
Aufzeichnung der Frequenzbelegung mit der Scanstation 3 16
Verteilung der Scans auf die einzelnen Scanstationen, Scantechnik..16
Aggregierte Zusammenfassung aller Scanstationen mit hinterlegten Spektrum-Markierungen 17
Darstellung der Frequenzbelegung im Zeitbereich.....17
Vergleich der aufgezeichneten und koordinierten Signale.....18
Beispielhaftes Szenario der Frequenzaufzeichnung in 500-520 MHz..20
Drahtlos Video, DECT, IMT und ISM in 1.600 - 2.600 MHz 21
Aufzeichnung der Scanstation 1 21
Aufzeichnung der Scanstation 2 21
Aggregierte Zusammenfassung der Scanstationen mit hinterlegten Spektrum-Markierungen 21
Verteilung der Scans auf die einzelnen Scanstationen, Scantechnik..21

Frequenzbelegung in Zeitbereichsdarstellung in 1.600 - 2.600 MHz..22
Beobachtete Video-Frequenznutzung in 2.000 - 2.500 MHz.....22
Mikrofon- und IEM-Frequenzbereich 1.785 - 1.805 MHz 24
ISM-Frequenzbereich 2400 - 2483,5 MHz.....25
DECT-Frequenzbereich 1.880 - 1.920 MHz 25
Bilder der Veranstaltung.....26
Anmerkung 26
Der DKE -Arbeitskreis AK 731.0.8.....26
Danksagung 26
Abschließender Hinweis.....26
Anhang: Statistische Scan-Auswertung für den Bereich 410-870 MHz 27

Zusammenfassung der Ergebnisse

Für die Berichterstattung in den Medienrelevanten Formaten waren vor Ort über 600 Mitarbeiter am Wahlabend tätig.

Für den VHF Bereich 156-165 MHz wurde vier Sprechfunk-Anwendungen koordiniert.

Im beobachteten VHF Bereich, 174-234 MHz, wurden drei DAB-Multiplexe festgestellt. Zusätzlich wurden über einen längeren Zeitraum sechs Schmalbandsignale beobachtet, möglicherweise drahtlose Mikrofone zu denen allerdings keine Koordinierungsinformationen vorliegen. Daneben wurden im aufgezeichneten VHF-Bereich relativ viele Störungen beobachtet, die häufig in diesem Frequenzbereich vorkommen.

Im Bereich 410-470 MHz werden produktionsunterstützende drahtlose Verbindungen eingesetzt wie Regie-, Kommandofunk und Telemetrie für die Kameras und Studioanwendungen. Die Bundesnetzagentur hat in dem Bereich 16 Anwender koordiniert.

Von der Bundesnetzagentur wurden im UHF-TV Band, 470-862 MHz, 328 Spektrumsnutzer (Mikrofone, IEM und TalkBack) koordiniert. Neun der zur Verfügung stehenden TV-Kanäle waren durch DVB-T2 und den astronomischen Dienst belegt. Das bereits 2015 an den Mobilfunk versteigerte Band 694-790 MHz war durch diesen noch nicht belegt und wurde ebenfalls mit genutzt. 26 Strecken wurden in diesem Bereich koordiniert. Der wesentliche Teil der Anwender war bereits in den Bereich unter 694 MHz ausgewichen: 302.

Im Frequenzbereich 790-862 MHz wurden 3 Links für Anwender koordiniert.

Der DECT Bereich wurde ebenfalls von der Bundesnetzagentur berücksichtigt. DECT ist aktiv im Frequenzbereich 1.880-1.900 MHz. Vier Strecken waren für diesen Bereich vorgesehen und wurde für die interne Team-Kommunikation genutzt.

Im Frequenzbereich 1.909-1.919 MHz wurde eine DECT-ähnliche Frequenznutzung beobachtet, zu der allerdings keine weiterführenden Informationen recherchiert werden konnten.

Drahtlose Kameras und Monitore wurden im Bereich oberhalb von 2 GHz eingesetzt. Von der Bundesnetzagentur wurden 18 Frequenzblöcke mit unterschiedlicher Bandbreite koordiniert.

Vergleich der für 2008, 2011, 2015 und 2020 vorliegenden Daten

Tabellarische Zusammenfassung für 470-862 MHz

Date	Start [MHz]	Stop [MHz]	Scan units	Available Spectrum [MHz]	Detected Links and required Spectrum [MHz]		Coordinated Links and required Spectrum [MHz]		Minimum required Spectrum [MHz]
24.02.2008	470	862	2	344	158	79,5	256	128,5	**128,5**
20.02.2011	470	862	2	328	110	55,5	206	103,5	**103,5**
15.02.2015	470	862	2	288	121	61,0	227	114,0	**114,0**
23.02.2020	470	862	3	268	168	84,5	328	164,5	**164,5**

Tabelle 1: Zusammenfassung der PMSE-Frequenznutzung im UHF-TV Bereich von 2008 bis 2020

Grafische Darstellung

Aufgezeichnete und koordinierte Links

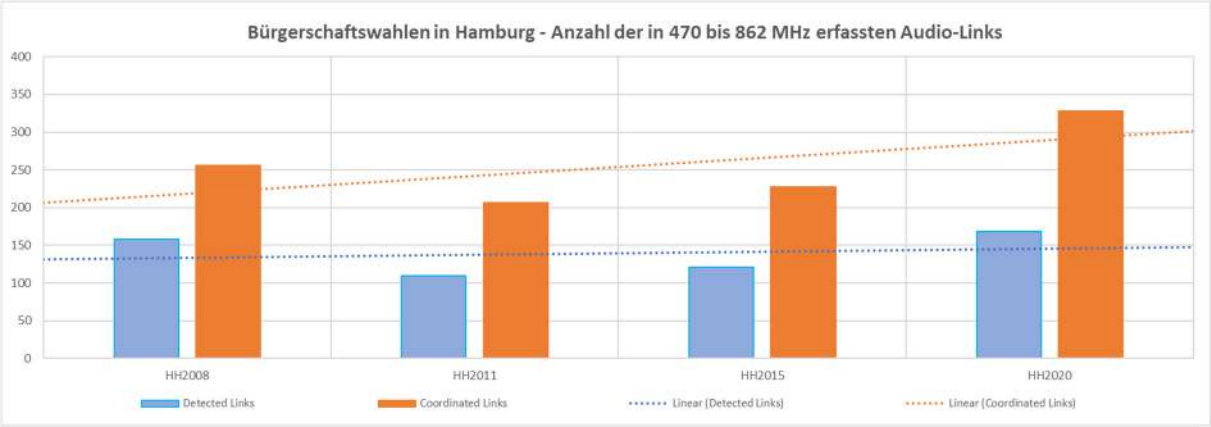

Bild 1: Trend der PMSE-Frequenznutzung im UHF-TV-Bereich von 2008 bis 2020

Trend des für Audio-PMSE notwendigen und verfügbaren Spektrums

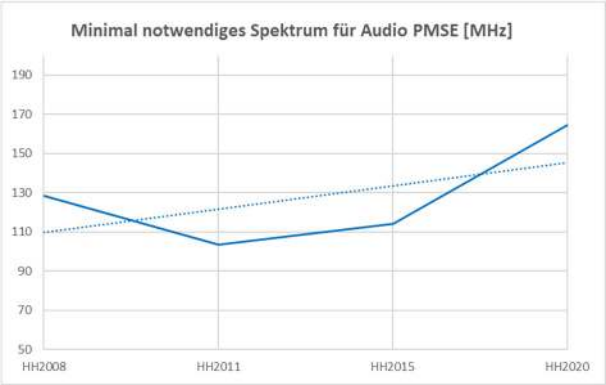

Bild 2: Minimal erforderliches Spektrum, 2008 bis 2020

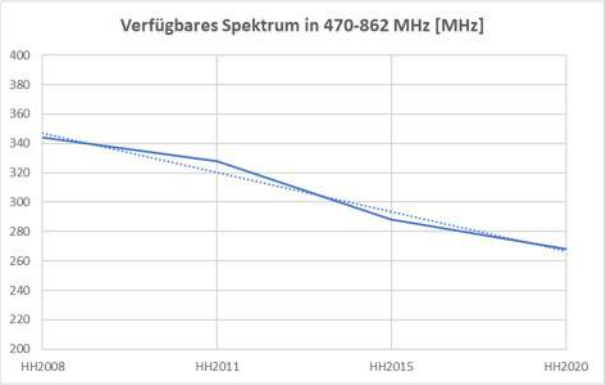

Bild 3: Lokal unbelegtes Spektrum, 2008 bis 2020

Produktionsstandort

Bild 4: Lage des Produktionsstandorts

Produktionsmitarbeiter und Planung

Der Umfang der im Vorfeld geleisteten Koordinationsarbeit zur Berichterstattung zur Bürgerschaftswahl war erheblich. Detailliert geplant wurden alle Aktivitäten in und an der Messehalle A2 für den Wahlabend. Lt. der Gesamtdisposition von ARD und NDR begannen die Aufbauten vor Ort, in der Messehalle A2, am Montag, 17.2.2020. Der Abbau war beendet am Dienstag, 25.02.2020, zwei Tage nach dem Wahlabend.

Anzahl der Produktionsmitarbeiter für die Berichterstattung am Wahlabend waren gemäß NDR- und ARD-Gesamtdisposition: 371. Dazu zählen ARD „Das Erste", NDR-TV und der NDR-Hörfunk mit seinen umfangreichen Programmen.

Hinzu kommen die Mitarbeiter der anderen Medienunternehmen. Zu nennen sind das ZDF, das mit ähnlichem Aufwand wie die ARD und der NDR ein Studio aufgebaut hatte. Die RTL-Gruppe war mit dem ntv Wahlstudio Aufbau vertreten. Außerdem Phoenix und Hamburg 1 mit ihren TV-Produktionen sowie Radio Hamburg und Radio Hamburg 2. Da hierzu keine Zahlen verfügbar waren lässt sich die Anzahl dieser Mitarbeiter nur schätzen. Die genannten Medienunternehmen hatten etwa die Hälfte der Produktionshalle belegt. Ausgehend von einer ähnlichen Mitarbeiteranzahl wie bei ARD/NDR beträgt die Gesamtsumme der an den verschiedenen Produktionsformaten beteiligten Mitarbeiter dann geschätzt über 600 Personen.

Nicht eingeschlossen sind die Gewerke der Medienproduktion, zum Beispiel Personal des Standortes Messe Hamburg, Security etc.

Frequenzkoordination

Die Bundesnetzagentur hatte bereits im Vorfeld die Frequenzkoordination übernommen. Wünsche der Produktionsgesellschaften hinsichtlich Frequenzen für Kommunikation, Berichterstattung und drahtlose Kameras wurden frühzeitig entgegengenommen. Nachfolgend wurde geprüft inwieweit die für das gewünschte Produktionsequipment gegebenen Frequenzen vor Ort nutzbar waren. Nach Möglichkeit wurden diese Wünsche realisiert oder gemeinsam mit den Betroffenen nach Lösungen gesucht.

Die Bundesnetzagentur hatte mit mehreren Mitarbeitern und einem Messwagen die Frequenzkoordination und die Überwachung der Frequenznutzung übernommen.

Bild 5: BNetzA-Fahrzeug

Außerdem stand das Team der BNetzA bei Störungen zur Verfügung, um diese möglichst schnell zu beseitigen und damit allen an der Produktion Beteiligten gute Produktionsbedingungen zu garantieren – zumindest was die Einhaltung der geforderten Qualität für die drahtlose Produktion anging.

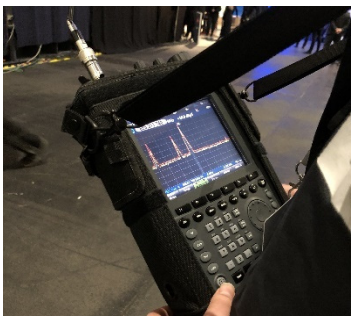

Bild 6: Hand-Scanner der BNetzA

Aufgrund der Frequenzkoordination im Vorfeld der Wahl wie auch der Disziplin der Nutzer drahtloser Produktionstechnik waren kaum Störungen im Produktionsprozess feststellbar. Damit wurde für alle Produktionsbeteiligten qualitätssichernde, technische Voraussetzungen für die veranstaltungsnahe Berichterstattung geschaffen.

Aufgrund der vorhandenen Frequenz-Koordinationslisten sind nachfolgend zwei Auswertungen der Spektrumsnutzung dargestellt:

- Frequenznutzung basierend auf der Frequenzkoordinationsliste der Bundesnetzagentur, gemeinsam erstellt mit NDR und ZDF. Diese enthält alle koordinierten Frequenzen – auch solche von notwendigen Havarie-Strecken, die ggf. nicht zum Einsatz kommen.

- Frequenznutzung aufgrund der tatsächlich in der Messehalle gescannten Frequenzen durch die drei unten beschriebenen Messplätze. Aufgrund von Auslöschungen und Abschattung werden hier nicht unbedingt alle genutzten Frequenzen erfasst.

Dokumentation der Spektrumsnutzung

Die nachfolgenden Daten entstammen der Frequenzkoordinationsliste der Bundesnetzagentur von Ende Februar 2020:

Anwendung	Frequenzbereich	Links
Team-Funk (TalkBack)	156 - 165 MHz	4
Team-Funk, Telemetrie	410 - 470 MHz	16
Team-Funk (TalkBack)	477 - 518 MHz	28
Mikrofone	440 - 826 MHz	181
Rückstrecken (IEM)	483 - 769 MHz	119
DECT	1,88 - 1,9 GHz	4
Video	2,0 - 5,75 GHz	18
		∑= 370 Links

Tabelle 2: Frequenzbereichsabhängige Koordinierung unterschiedlicher PMSE-Anwendungen

Für die Berichterstattung am Abend der Bürgerschaftswahl in Hamburg wurden insgesamt 370 Frequenzen für den Einsatz drahtloser Produktionsmittel (sogenannte Funk-Strecken oder Links) koordiniert.

Team-Kommunikation (TalkBack) und Service-Links (Telemetrie)

Für diese Frequenznutzung wurde von der Bundesnetzagentur (BNetzA) 48 Frequenzen im VHF-Bereich und im UHF-TV-Bereich koordiniert.

Mikrofone und Rückstrecken (IEM)

Für diese Frequenznutzung wurde von der BNetzA 300 Frequenzen im UHF-TV-Bereich koordiniert.

DECT

Diese Frequenznutzung wurde ebenfalls von der Bundesnetzagentur erfasst. Diese findet statt im Frequenzbereich 1.880 bis 1.900 MHz. Vier Strecken waren für diesen Bereich vorgesehen, die überwiegend zur internen Kommunikation eingesetzt wurden. Eine Koordination ist nicht notwendig, da DECT-Systeme die Frequenznutzung im zugewiesenem Frequenzblock selbstständig koordinieren.

Drahtlose Kameras, Video-Links und drahtlose Monitore

Nach der Koordinationsliste der Bundesnetzagentur wurden im Frequenzbereich von 2.030 MHz bis 2.490 MHz vierzehn, im Frequenzbereich 3.305 bis 5.745 MHz vier drahtlose Kameras, Video-Links oder drahtlose Monitore sowie eine weitere Frequenznutzung bei 5.745 MHz erfasst. Diese Anwendungen kamen zum Einsatz im Außenbereich, im Ankunftsbereich der Politiker, auf den Gängen - dem Weg zum Studio - und in den Studios selbst. An diesen Stationen wurden u.a. Stimmungen, Meinungen und Statements eingefangen.

Frequenzkoordination und Qualitätsansprüche

Über die Jahre werden die Produktionen immer aufwändiger, um den Ansprüchen des Publikums, der zahlenden Produktionsabnehmer, gerecht zu werden. Daher wird auch die Frequenzkoordination immer wichtiger und aufwändiger. Erschwerend kommt hinzu, dass der verlässlich nutzbare Frequenzbereich in der Vergangenheit immer wieder reduziert wurde. Verlässlich nutzbar ist der Frequenzbereich dann, wenn er für die gesamte Dauer der Produktion, auch während der umfangreichen Proben, zur Verfügung steht und frei von Störungen bleibt. Störungen sind bei einer Produktion, gleich welcher Art, absolut nicht akzeptabel! Jede Störung wird von den Organisationen, die den Content übertragenden, und letztlich vom zahlenden Konsumenten, als minderwertige Qualität empfunden und abgelehnt. Das gilt umso stärker, je wichtiger so eine Veranstaltung ist oder je hochwertiger das Endgerät ist auf dem der Content „konsumiert" wird.

Ein Wahlabend ist eine historische Veranstaltung: alle vor-Ort eingefangenen Äußerungen von Politikern müssen in einwandfreier Qualität aufgenommen, übertragen und ausgestrahlt werden, da diese ihre Statements nicht wiederholen werden. Gestörte Aufnahmen sind nicht verwertbar.

Bei dem Blick auf die historischen Dokumentationen politischer Veranstaltungen und auch des Unterhaltungsprogrammes fällt auf, dass diese aus heutiger Sicht in mäßiger Qualität erstellt worden wurden, Beispiel: früher SD, morgen UHD.
Die Qualitätsanforderungen erhöhen sich ständig, sowohl bei der bildlichen Darstellung wie auch bei den Audioformaten.

Die steigenden Qualitätsanforderungen an Bild und Ton haben auch Auswirkungen auf die benötigten Frequenzen: ständig steigende Qualitätsansprüche, insbesondere bei Video-Anwendungen, lassen sich auch bei der Nutzung aktueller PMSE-Technologien nur durch zusätzlich belegbare Bandbreite abbilden. Erhöhte Quellen-Komprimierung hilft in der Regel nicht weiter, da diese bei der abschließenden Komprimierung in der Content-Verteilung (z.B. TV- oder Internet-Distribution) zu Artefakten (sichtbare und hörbare Content-Fehler) führen kann. Daher muss die Vor-Ort-Content-Aufzeichnung immer in bestmöglicher Qualität erfolgen.

Ein Wahlabend ist etwas Besonderes: Die Frequenzkoordinatoren sind besonders gefordert, weil sie allen Medienunternehmen die Möglichkeit bieten müssen für die Ansprüche ihres zahlenden Publikums eine hochwertige Berichterstattung bereitzustellen. Dies sichert die Meinungsfreiheit. Eine Einschränkung der Nutzung drahtloser

Produktionsmittel kämen in einer Einschränkung der journalistischen Freiheit und damit einer Einschränkung der Meinungsfreiheit gleich. Bei den Ansprüchen unseres gesellschaftlichen Systems und dem vorherrschenden Verständnis von Demokratie ein absolutes "no-go"!

Die umfangreiche, im Vorfeld von Veranstaltungen geleistete Arbeit der Frequenzkoordinatoren und deren Tätigkeit bei der Veranstaltung selbst sind nicht hoch genug einzuschätzen, denn das ist entscheidend für das Erreichen der geforderten Qualität der Veranstaltung und dem damit verbundenem Erfolg. Der Erfolg der aufwändigen Produktions-vorbereitungen kann durch Fehler in der Frequenzkoordination reduziert werden, insbesondere wenn die geforderte Qualität oder Verfügbarkeit nicht erreicht wird.

Tabelle 1 und Bild 1 zeigen für den UHF-TV-Bereich, dass bei der Bürgerschaftswahl in 2011 etwa 250 und Frequenzen für drahtlose Mikrofone, IEM, und TalkBack koordiniert wurden, in 2015 wurde deutlich weniger koordiniert. In 2020 waren 328 drahtlose Produktionsmittel im UHF-TV Bereich 470 - 862 MHz im Einsatz.

Zurückzuführen ist das Wachstum in 2020 u.a. auf das gestiegene Interesse am politischen Geschehen. Dementsprechend hoch ist das Interesse der unterschiedlichen Medienunternehmen ihre Endkunden zeitnah über das aktuelle Geschehen zu informieren.

Ausblick:
Um die Berichterstattung der nächsten Wahl zur Hamburger Bürgerschaft sicher stellen zu können ist es unbedingt erforderlich, dass Ersatzspektrum für die an den Mobilfunk verlorenen Frequenzen (700 MHz-Bereich) zur Verfügung gestellt wird. Neben dem, bis mindestens 2030 verfügbare Spektrum 470 - 694 MHz, gehört dazu das aktuell bereits zugewiesene Spektrum in den Frequenzbereichen 1.350 - 1.400 MHz und 1.518 - 1.525 MHz. Es ist damit zu rechnen, dass dann ein Teil der drahtlosen Produktionen zukünftig in den neuen Frequenzbereichen stattfinden wird.

Außenstellen (Produktionsstandorte) von ARD + NDR

Als Außenstellen werden die „Wahlparties" der Parteien in der Freie und Hansestadt Hamburg (HH) bezeichnet.

- SPD Location: Markthalle Hamburg, Klosterwall 11
- Grüne Location: Neuer Kamp 30, 20357 HH
- CDU Location: Große Elbstraße 212, 22767 HH
- FPD Location: Lagerstraße 28b, 20357 HH
- Die Linke Location: Seewartenstraße 10, 20459 HH
- AfD Location: Schmiedestraße 2, HH

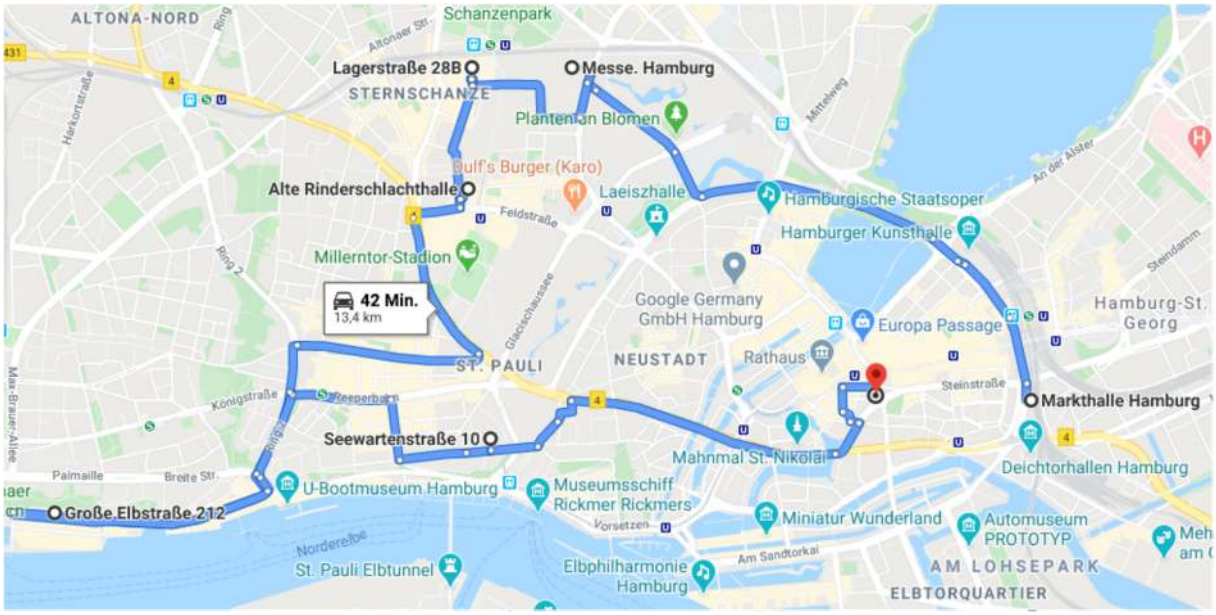

Bild 7: Standorte der „Wahlparties"

Hinweis: es gab eine weitere Außenstelle bei der SPD Berlin im Willy-Brandt-Haus.

Bei den Wahlen vor fünf Jahren fanden diese Veranstaltungen, wie auch die Wahlproduktion selbst im Congress Centrum Hamburg statt und mussten bei der Frequenzkoordinierung berücksichtigt werden. Das war in diesem Jahr nicht der Fall, da die Wahlparties in entfernte Locations ausgelagert wurden. Der Wahlabend selbst und die Berichterstattung darüber fanden in der Hamburger Messe Halle A2 statt.

Messplätze zur Dokumentation der Spektrumsnutzung

In der Messehalle A2 wurden mehrere Messplätze eingerichtet, um die Spektrumsnutzung während der „heißen" Produktionsphase des Wahlabends am 23.2.2020 aufzuzeichnen. Das fand statt, im Zeitraum von etwa 13:00 Uhr bis 21.30 Uhr. Der Fokus war im Wesentlichen auf dem erweiterten UHF-TV Band: 410 bis 870 MHz. Für diesen Frequenzbereich standen drei Messplätze in der Halle.

Weiterhin waren zwei Messplätze eingerichtet, um die Nutzung drahtloser Kameras im Spektrum 1.600 bis 2.600 MHz und weiterer Anwendungen im VHF-Bereich zu dokumentieren.

Standort der Messplätze

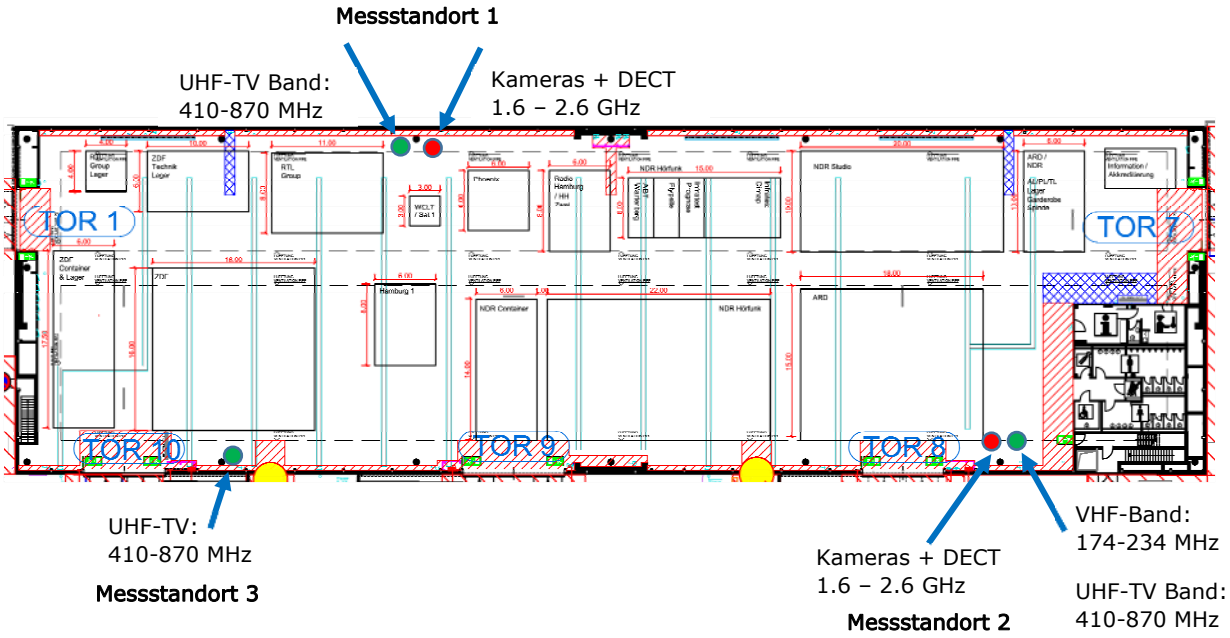

Bild 8: Standorte der Frequenzaufzeichnung in Halle A2

Die technische Ausstattung der Messplätze bestand aus einer Antenne für den zu beobachtenden Frequenzbereich, einem Rhode und Schwarz Spektrumanalysator und jeweils einem Notebook zur Steuerung der Spektrumsaufzeichnung und weiterem notwendigem Equipment.

Die externen Antennen waren, über bis zu 5m lange dämpfungsarme Kabel, mit dem jeweiligen Scanner verbunden.

Auf den Notebooks lief die bekannte Software „PMSE Occupation Recorder". Die aufgezeichneten Daten wurden auf der internen Notebook-Festplatte abgelegt.

Die Auswertung der aufgezeichneten Frequenznutzung, erfolgte nach der Veranstaltung.

Informationen zu den Messplätzen

Bild 8: Messplatz 1

Das Bild links zeigt den ersten Messplatz. Dargestellt ist der Aufbau für den Frequenzbereich 410 bis 870 MHz mit einer zirkular polarisierten Antenne. Unterhalb der Antenne sind der R&S Scanner (ESPI) und ein Notebook zur Steuerung und Datensammlung zu sehen.

Rechts im Bild befindet sich das Equipment für 1.6 bis 2.6 GHz mit einer vertikalen Antenne, dem R&S Scanner (FSP) und dem darauf stehenden Notebook.

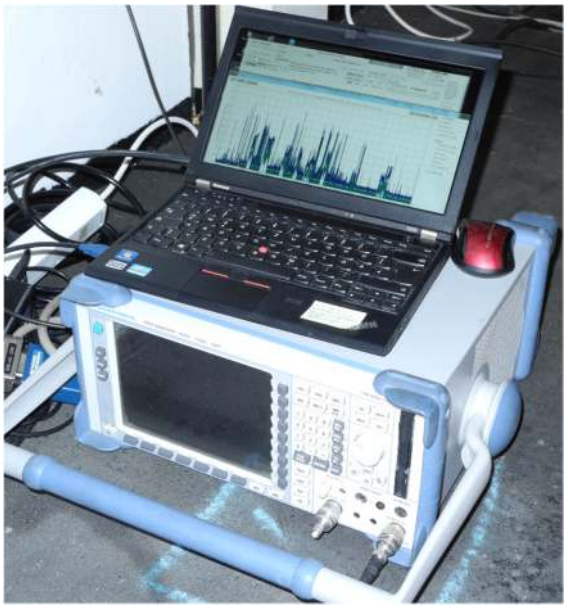

Bild 9: Scanner und Notebook an Messplatz 1

In diesem Bild dargestellt ist der oben beschriebene Messaufbau zur Dokumentation der Nutzung des erweiterten UHF-TV Bandes, 410 bis 870 MHz.

Gezeigt wird der R&S Scanner und das ansteuernde Notebook.

Auf dem Bildschirm zu erkennen ist der aktuelle Scan im Bereich von 410 bis 870 MHz.

Bild 10: Aufzeichnung der Video-Frequenznutzung

Dieses Bild zeigt den Scan-Aufbau zur Aufzeichnung der Spektrumsnutzung, in 1.6 bis 2.6 GHz.

Unten sichtbar ist der eingesetzte R&S Scanner FSP und das ihn steuernde Notebook.

Auf dem Bildschirm sichtbar ist der aktuelle Frequenz-Scan.

Es wurden für die Aufzeichnung des Frequenzbereichs 1.6 bis 2.6 GHz zwei Messplätze genutzt und für den erweiterten UHF-TV Bereich drei Messplätze. Diese Anordnung der Messplätze wurde notwendig, um in der relativ großen Messehalle möglichst auch abgeschattete Signale zu erfassen.

Hinweis:
Durch die eingeschränkte Sicht (Hidden Node Problem) können in der Praxis nicht alle Signale von Drahtlosanwendungen der Produktion erfasst werden. Daher werden die beobachteten Funksignale an unterschiedlichen Standorten aufgezeichnet und eine Auswertungssoftware führte die aufgezeichneten Daten in einer gemeinsamen Statistik zusammen. Das Ziel ist möglichst viele Frequenznutzungen zu erfassen.

Die aufgezeichnete Frequenzbelegung

DAB+ und Schmalbandsignale im VHF Band, 174 - 234 MHz

Weil nicht genügend Technik zur Verfügung stand wurde dieser Frequenzbereich nur zeitweilig aufgezeichnet. Die VHF-Frequenznutzung, dargestellt in Bild 11 und 12, zeigt exemplarisch die Nutzung:

- drei DAB-Multiplexe,
- einige Schmalbandsignale, vermutlich Mikrofone
- und viele kurzzeitig auftretende Störungen.

Zu dieser Frequenznutzung lagen keine Koordinierungsinformationen vor.

Das bei ebenfalls anderen Veranstaltungen beobachtete breitbandige Störrauschen konnte hier auch nachgewiesen werden. Solche Störungen verringern die Qualität einer Audio-Übertragung vermindern die Reichweite und die Sprachverständlichkeit und reduzieren die praktische Nutzbarkeit der Frequenzen.
Bild 11 zeigt, dass der Pegel der aufgezeichneten Störsignale bei bis zu -60 dBm lag (Messbandbreite 100 kHz):

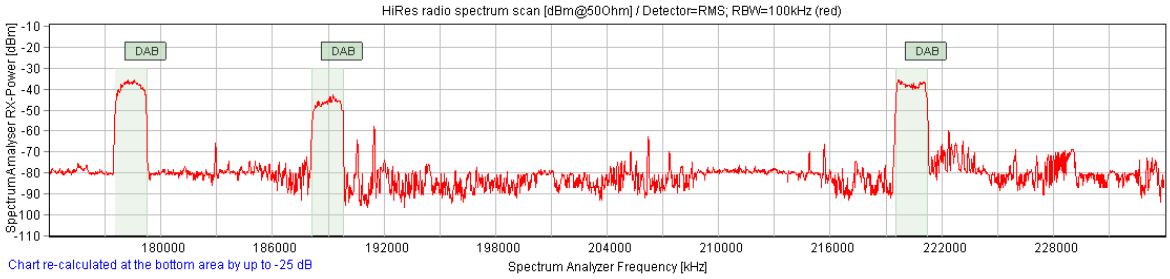

Bild 11: Aggregierter VHF-Scan im Frequenzbereich 174-234 MHz

Die nachfolgende Graphik zeigt die Spektrumaufzeichnung im Zeitbereich:

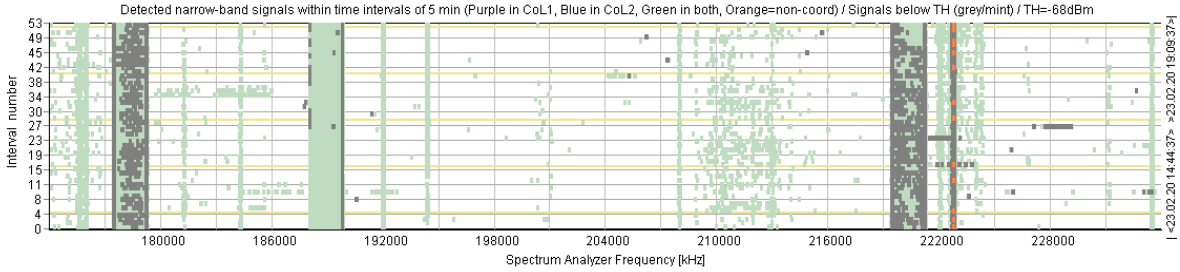

Bild 12: VHF-Scan im Zeitbereich in 54 Intervallen zu 5 Minuten

DVB-T2, PMSE und IMT im UHF-TV Band, 410 - 870 MHz

Für die Spektrumsaufzeichnung des erweiterten UHF-TV Band, wurden in der Messehalle drei Mess-Stationen an unterschiedlichen Standorten installiert. In den folgenden Bildern sieht man die Aufzeichnungen der einzelnen Scans-Stationen. Diese zeigen lokal unterschiedliche Nutzungs-Szenarien:

Aufzeichnung der Frequenzbelegung mit der Scanstation 1

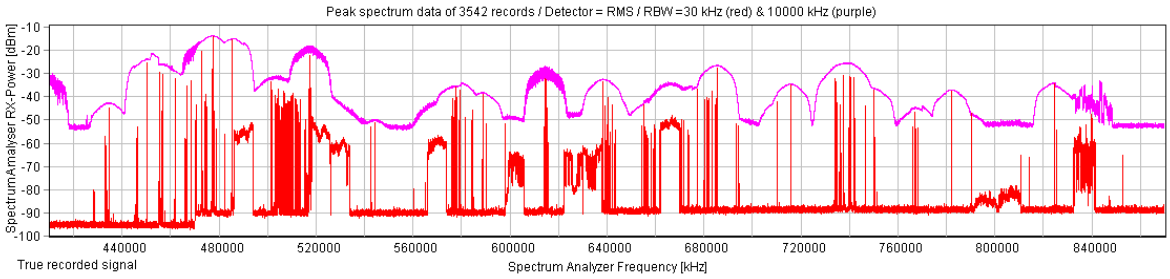

Bild 13: Aggregierter Scan im Frequenzbereich 410-870 MHz - Scanstation 1

Aufzeichnung der Frequenzbelegung mit der Scanstation 2

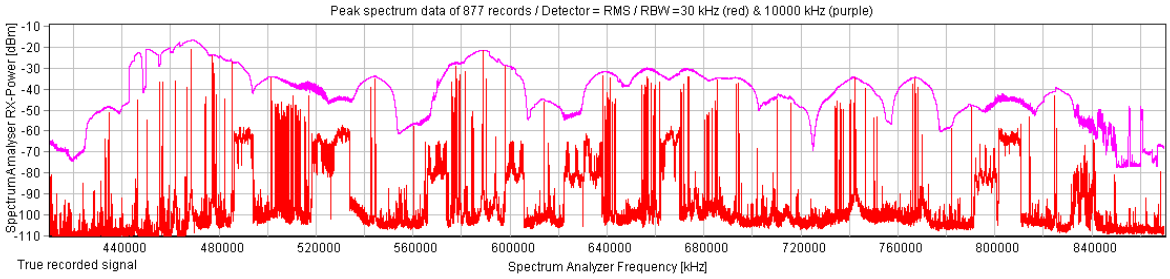

Bild 14: Aggregierter Scan im Frequenzbereich 410-870 MHz - Scanstation 2

Aufzeichnung der Frequenzbelegung mit der Scanstation 3

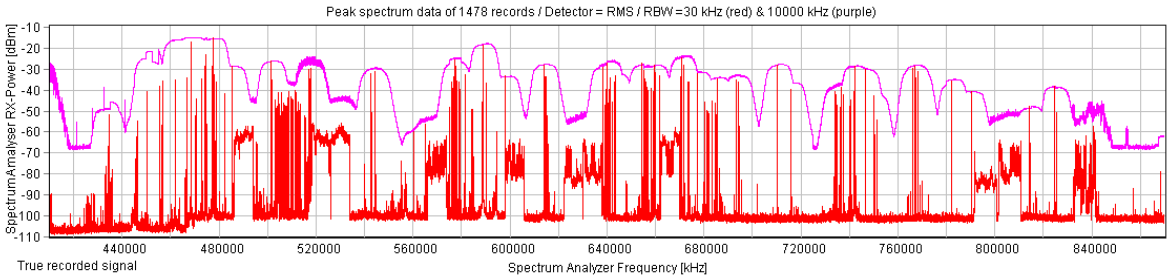

Bild 15: Aggregierter Scan im Frequenzbereich 410-870 MHz - Scanstation 2

Verteilung der Scans auf die einzelnen Scanstationen, Scantechnik

- Scanstation 1: 3541 von 5896 Scans, ~60.1 %, R&S FSL-3
- Scanstation 2: 876 von 5896 Scans, ~14.9 %, R&S ZVL-6
- Scanstation 3: 1474 von 5896 Scans, ~25.0 %, R&S ESPI-3

Aggregierte Zusammenfassung aller Scanstationen mit hinterlegten Spektrum-Markierungen

Die Messergebnisse der drei Stationen, Bild 13-15, wurden nachfolgend in eine aggregierte Spektrum-Auswertung zusammengefasst:

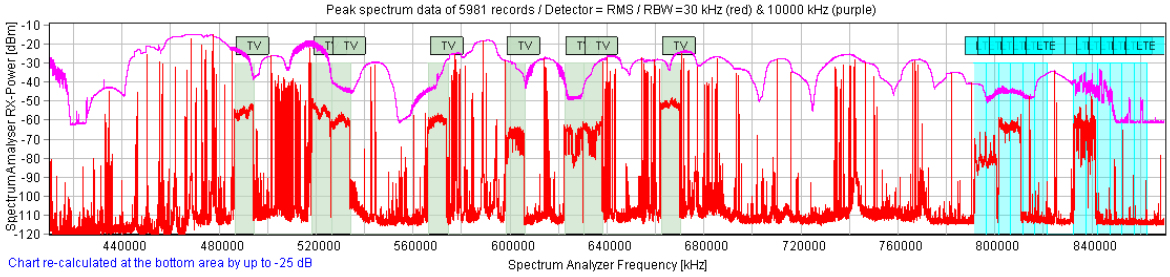

Bild 16: Aggregierter Scan aller Scan-Stationen für 410-870 MHz

Die folgende Grafik zeigt eine vereinfachte Auswertung der Signal-Dichte, zugewiesen auf die TV-Kanäle und drei 20 MHz breite Frequenzblöcke unterhalb 470 MHz:

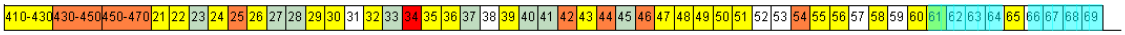

Bild 17: Frequenz-Nutzungsdichte (Weiß: leer, Grün: TV, Gelb bis 5 Links und Rot > 10 Links, Hellblau: LTE)

Darstellung der Frequenzbelegung im Zeitbereich

Die Grafik unterhalb zeigt die Frequenzbelegung in Zeit-Intervallen von 5 Minuten, zusammen über 7,5 Stunden. Erkennbar ist auch, dass einige Frequenz-Nutzungen nur temporär stattfanden, begründet zum Beispiel dadurch, dass die Sender abgeschaltet wurden oder die Messehalle verlassen haben.

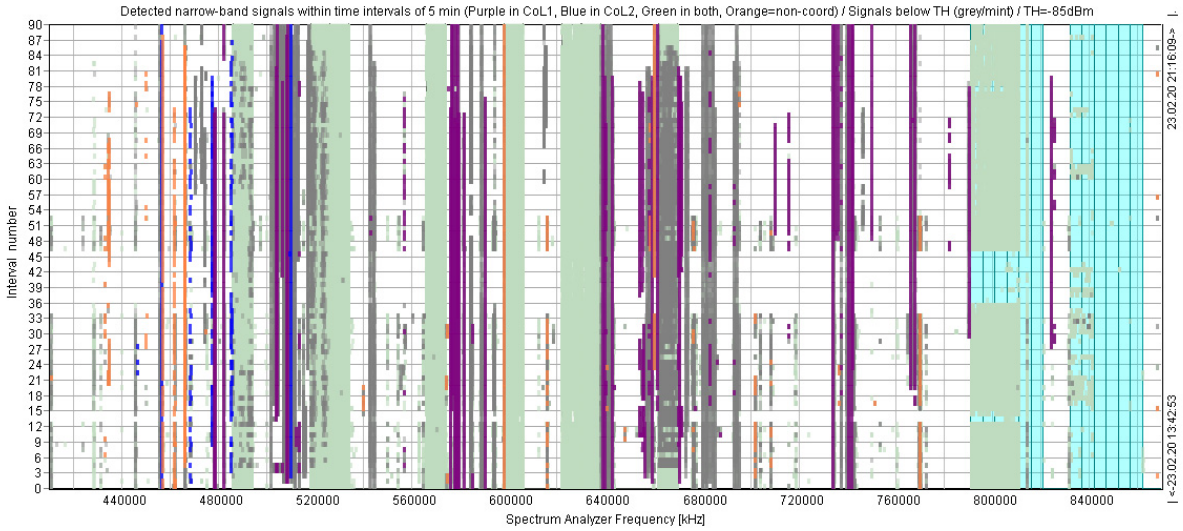

Bild 18: UHF-Scan im Zeitbereich

Hinweis:
Von 14:47 bis 15.02 und von 16:30 bis 17:34 Uhr wurde die Scanstation 2 nicht für die Aufzeichnung dieses Frequenzbereichs genutzt. Daher besteht in diesen Zeitabschnitten eine reduziert aufgezeichnete Signaldichte, gut zu erkennen im 800 MHz-LTE-Bereich.

Die nächste Darstellung zeigt die prozentuale Verteilung der empfangenen Signale, deren Pegel die Bewertungsschwelle von -85 dBm überschreiten:

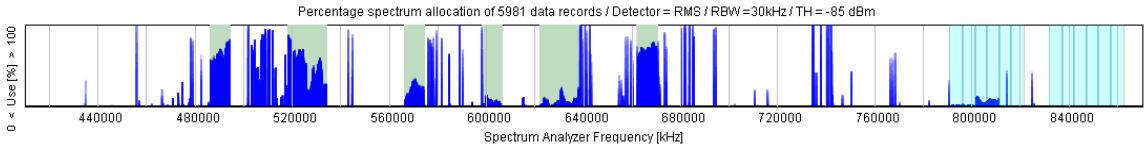

Bild 19: Verteilung der empfangenen Signale oberhalb der Bewertungsschwelle von -85 dBm

Sichtbar ist, dass die TV-Multiplexe, LTE und auch einige Anwendungen außerhalb dieser Bereiche permanent aktiv waren, bzw. deren Signal die Auswertungsschwelle überschritten hat. Erkennbar ist, dass eine ganze Anzahl von Anwendungen nur temporär genutzt wurden oder die Messehalle verlassen haben.

Die nächste Grafik zeigt alle Signale, die mindestens einmal mit den Scannern erfasst wurden:

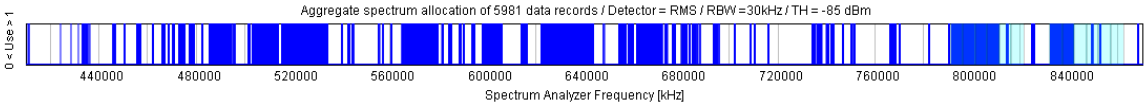

Bild 20: Aufgezeichnete Frequenzbelegungen, die mindestens einmal die Schwelle von -85 dBm überschreiten

Vergleich der aufgezeichneten und koordinierten Signale

Aufgezeichnete schmalband-Signale

- 410-470 MHz: 20 schmalband-Signale
- 470-862 MHz: 165 schmalband-Signale
- 862-870 MHz: 3 schmalband-Signale

Koordinierte Frequenznutzungen

- 410-470 MHz: 13 schmalband-Signale
- 470-862 MHz: 268 schmalband-Signale
- 862-870 MHz: keine Koordinierungsinformation

Im Anhang zu diesem Dokument kann die statistische Zusammenfassung der Scan-Auswertung, erstellt mit der Software „PMSE Occupation Recorder", eingesehen werden.

Hinweise:

Messtechnisch erfasst wurden von den drei Scanstation im UHF-TV Bereich 470 bis 870 MHz 165 aktive Funkanwendungen. Vergleicht man dies mit den 268 koordinierten Strecken ist festzustellen:

- Die Wahl-Produktion fand an mehreren regionalen Standorten statt.
- Die Messehalle hatte eine sehr gute Abschirmwirkung auf die Signale der außerhalb der Messehalle befindlichen Frequenznutzungen.
  Die BNetzA hat vor Ort mit Handscanner ein Hallen-Schirmmaß für VHF ca. 30 dB und für UHF-TV ca. 35 dB ermittelt. Viele Signale unterschritten die statistische Auswertungsschwelle von -85 dBm und konnten daher nicht automatisch erfasst werden. In der nachfolgenden Datenauswertung konnte diese Frequenznutzung teilweise manuell nachgetragen werden.
- Aus den vorliegenden Koordinierungsinformationen war nicht für alle Signale eine eindeutige Nutzungszuordnung möglich, zum Beispiel für Frequenznutzungen, die im Rahmen der Produktion den Standort wechselten. Daher ist die koordinierte Frequenznutzung in der Messehalle deutlich kleiner als die gesamte Koordinierung für alle Standorte in Hamburg.
- Es ist wahrscheinlich, dass von den koordinierten Funkstrecken nicht alle im praktischen Betrieb waren. Wenige Funkstrecken wurden als „Reserve-Strecken" eingeplant. Erfahrungsgemäß ist die Anzahl der „Reserve-Strecken" deutlich geringer als die festgestellte Diskrepanz zwischen den koordinierten und aufgezeichneten Funk-Strecken.

Beispielhaftes Szenario der Frequenzaufzeichnung in 500-520 MHz

Die Grafik unterhalb zeigt als Beispiel einen Frequenzbereich mit relativ hoher Frequenznutzung über einen längeren Zeitraum:

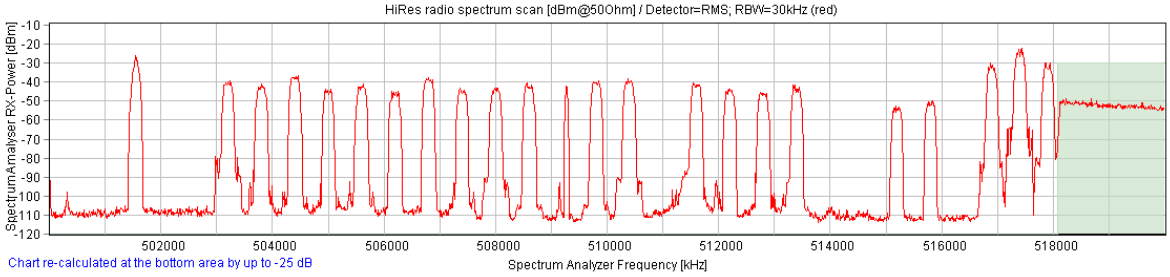

Bild 21: Aggregierter Scan aller Scan-Stationen im Frequenzbereich 500 bis 520 MHz

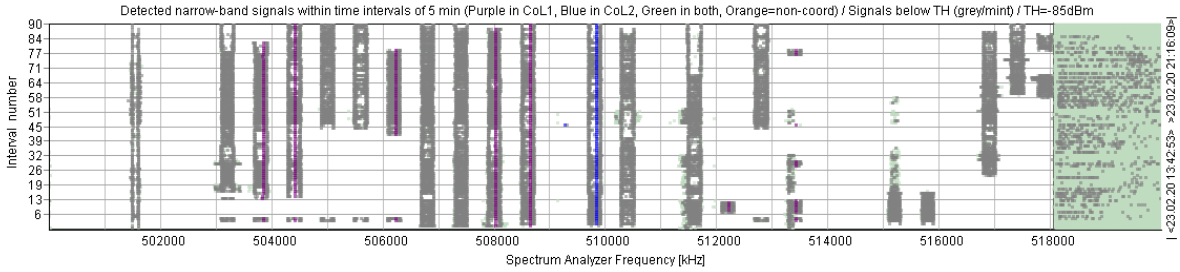

Bild 22: Signalbelegung im Zeitbereich für den Frequenzbereich 500 bis 520 MHz

Grafik mit hinterlegten Informationen der Frequenzkoordinierung:

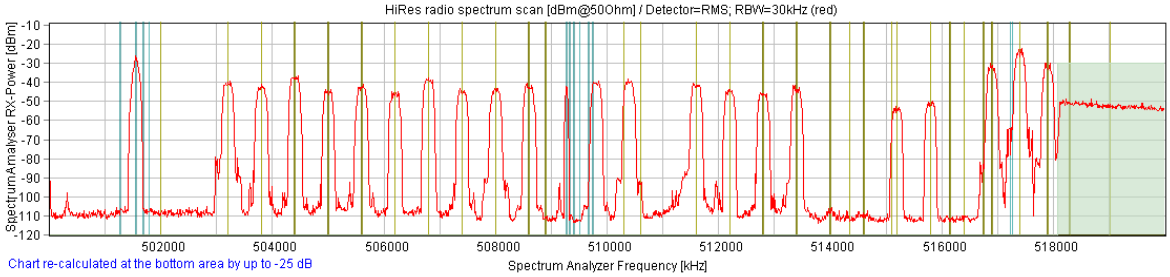

Bild 23: Aggregierter Scan im Frequenzbereich 500 bis 520 MHz mit hinterlegter Koordinierungsinformation

Hinweis zu den Hintergrund-Markierungen:

- Gelber Balken - Koordinierung für Mikrofone, IEM und Audio-Links
- Blauer Balken - Koordinierung für TalkBack und Effektsteuerung

Drahtlos Video, DECT, IMT und ISM in 1.600 - 2.600 MHz

Für die Aufzeichnung dieses Frequenzbereichs wurden in der Messehalle zwei Mess-Stationen an unterschiedlichen Standorten installiert.

Aufzeichnung der Scanstation 1 in 1.600 - 2.600 MHz

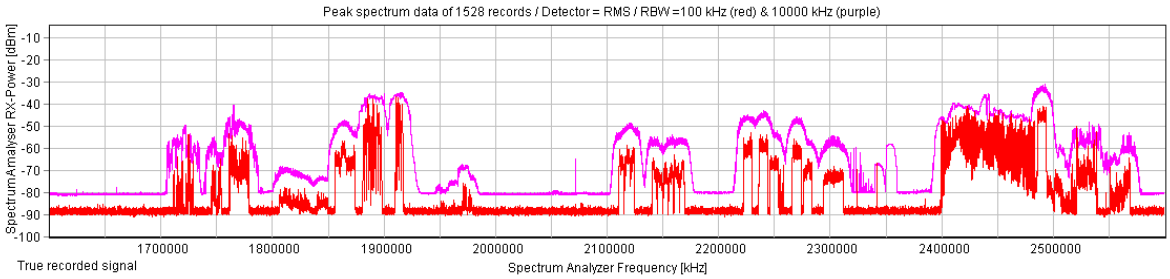

Bild 24: Aggregierter Scan im Frequenzbereich 1600 bis 2600 MHz - Station 1

Aufzeichnung der Scanstation 2 in 1.600 - 2.600 MHz

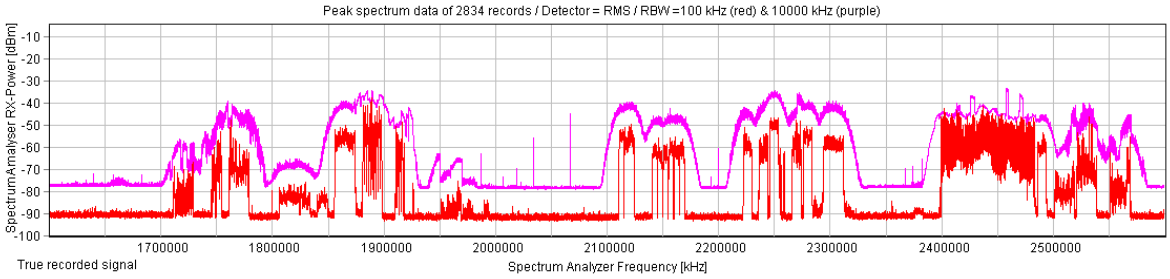

Bild 25: Aggregierter Scan im Frequenzbereich 1600 bis 2600 MHz - Station 2

Aggregierte Zusammenfassung der Scanstationen mit hinterlegten Spektrum-Markierungen

Die Messergebnisse der beiden Stationen wurden nachfolgend in eine aggregierte Scan-Darstellung zusammengefasst:

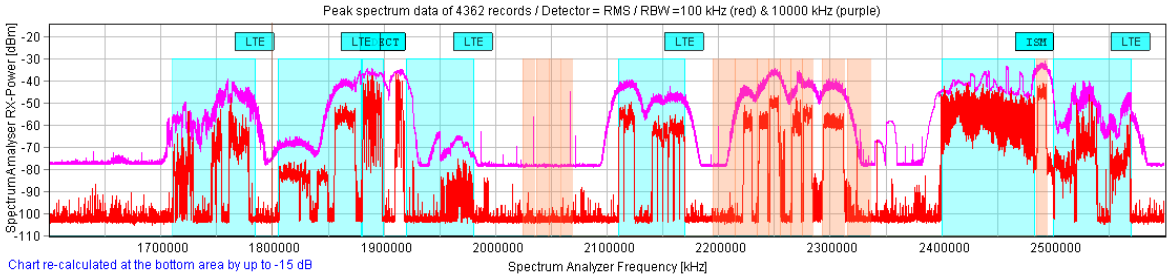

Bild 26: Aggregierter und markierter Scan im Frequenzbereich 1600 bis 2600 MHz - Station 1 und 2

Hinweis zu den Hintergrund-Markierungen aus der Koordinierung:

- Oranger Balken - Video-Kameras
- Blauer Balken - DECT-, Mobilfunk- und ISM-Frequenzbereiche

Auffällig ist die hohe Frequenznutzungsdichte im WLAN-Bereich, markiert mit ISM. Weitere Informationen zur Video- und DECT-Nutzung unterhalb.

Verteilung der Scans auf die einzelnen Scanstationen, Scantechnik

- Scanstation 1: 1526 von 4361 Scans, ~35.0 %, R&S, FSP-3
- Scanstation 2: 2831 von 4361 Scans, ~64.9 %, R&S, FPL-1003

Frequenzbelegung in Zeitbereichsdarstellung in 1.600 - 2.600 MHz

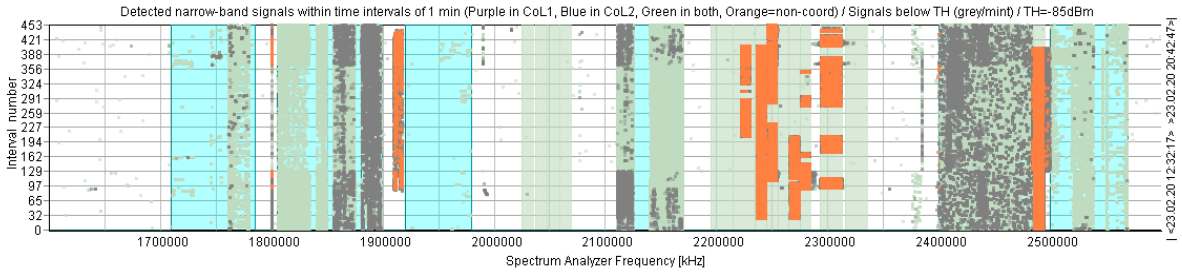

Bild 27: Zeitbereichs-Scan im Frequenzbereich 1600 bis 2600 MHz - Station 1 und 2

Bild 27 stellt den Zeitbereich der Spektrumsaufzeichnung dar. Intensiv genutzt sind die Mobilfunkfrequenzen, die in Bild 26 als LTE markiert sind. Ebenfalls intensiv genutzt ist der WLAN-Bereich, in Bild 26 als ISM-markiert. Die in Bild 26 rot hinterlegten Bereiche sind den drahtlosen Kameras zugeordnet. Zwei Kamera-Signale wurden fast durchgängig empfangen.

Hinweis zu den Hintergrund-Markierungen:

- Grüner Balken - Koordinierte Mikrofone und Video-Kameras
- Blauer Balken - DECT-, Mobilfunk- und ISM-Frequenzbereiche
- Oranger Balken - DECT-, Mikrofon- und Video-Signale > -85 dBm

Beobachtete Video-Frequenznutzung in 2.000 - 2.500 MHz

Nach vorliegenden Informationen hat die Bundesnetzagentur im Frequenzbereich 2030 bis 2.490 MHz 14 drahtlose Kameras koordiniert und weitere Kameras oberhalb unseres Scanbereichs. In Bild 28 ist die Koordinierung mit einem rotem Hintergrundbalken markiert. Sieben Kameras wurden über einen längeren Zeitraum und eine Kamera nur kurzfristig beobachtet:

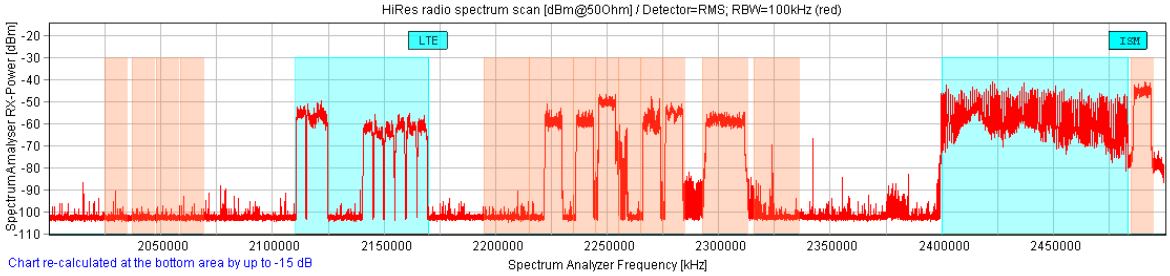

Bild 28: Aggregierter Scan im Frequenzbereich 2000 bis 2500 MHz - Station 1 und 2

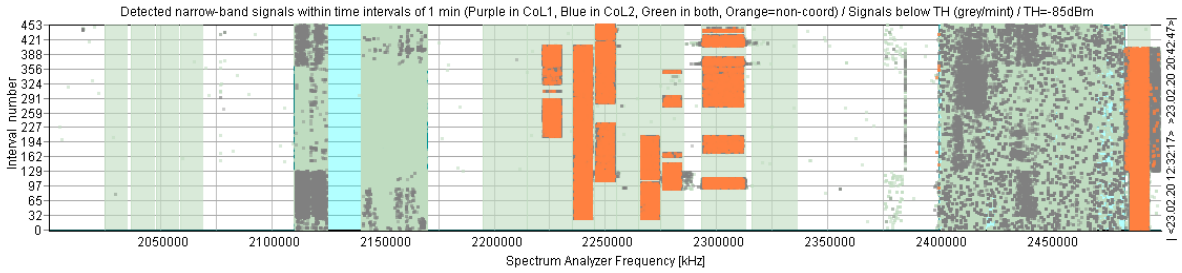

Bild 29: Zeitbereichs-Scan für den Frequenzbereich 2000 bis 2500 MHz - Station 1 und 2

Weitere Video-Frequenznutzungen fanden an anderen Standorten statt.

Diese Bildschirm-Kopie einer Video-Kamera-Kontrollstation zeigt, für einen Zeitraum von weniger als 1 Minute, die für Kameras im 2 GHz-Bereich die typische Signalvarianz:

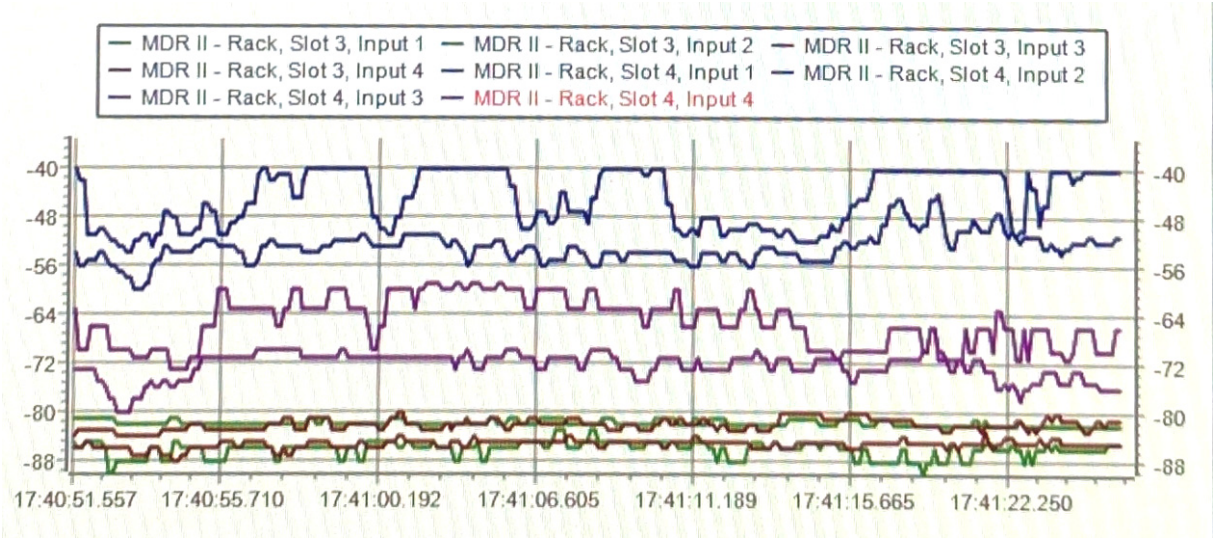

Bild 30: Foto des Bildschirmes einer Video-Kamera-Kontrollstation

Eine Kamera-Frequenznutzung oberhalb des ISM-Bereichs hatte zeitweise eine erhebliche „Hintergrund-Störung", deren Ursache mit den uns vorliegenden Informationen nachträglich kaum zu bestimmen ist:

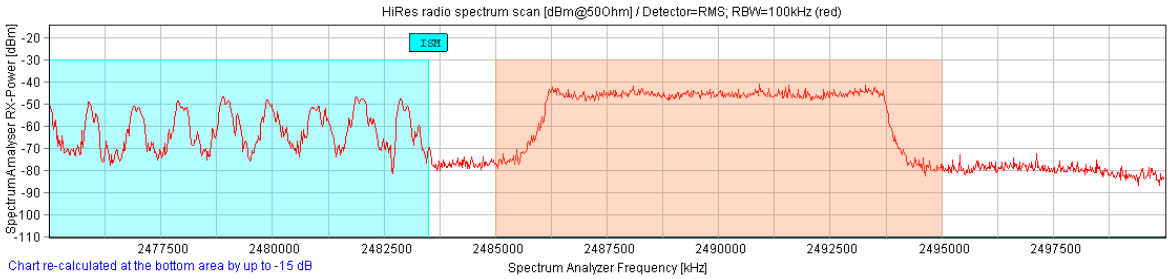

Bild 31: Scan im Frequenzbereich von etwa 2400 bis 2500 MHz, Scan-Station 1 und 2

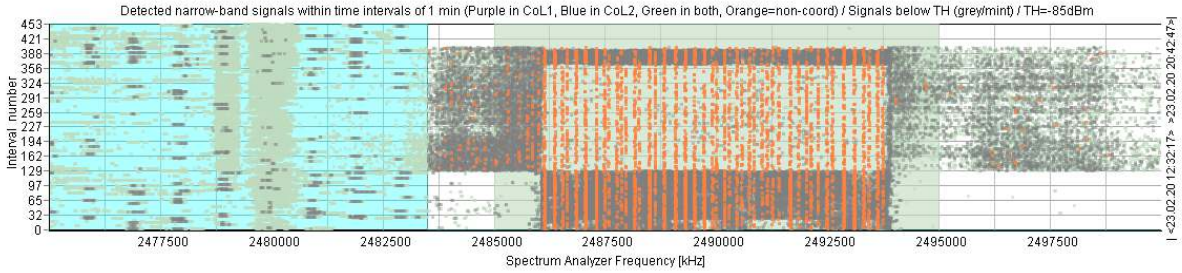

Bild 32: Zeitbereichs-Scan für den Frequenzbereich von etwa 2400 bis 2500 MHz, Scan-Station 1 und 2

Mikrofon- und IEM-Frequenzbereich 1.785 - 1.805 MHz

Dieser Bereich steht den drahtlosen Audio-Anwendungen in vielen Ländern, eingeschränkt auch außerhalb Europas, zur Verfügung.
Lediglich eine Frequenznutzung konnte im Frequenzbereich 1.785 - 1.805 MHz über einen längeren Zeitraum beobachtet werden.
Es kann erwartet werden, dass mit steigender Markt-Verfügbarkeit von professionellem Equipment für diesen Bereich, auch hier die Anzahl der Nutzung zunimmt.

Dieses Bild zeigt ein Ausschnitt der Spektrumsaufzeichnung in einem Bereich von etwa 1750 bis 1850 MHz:

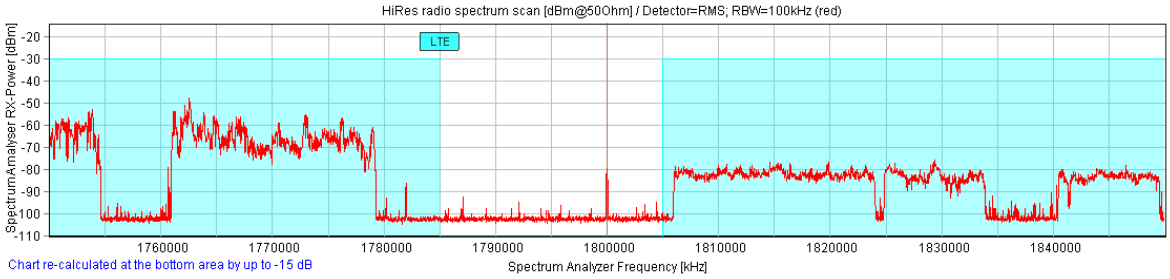

Bild 33: Scan im Frequenzbereich von etwa 1750 bis 1850 MHz, Scan-Station 1 und 2

Dieses Bild zeigt einen Auszug der Spektrumsaufzeichnung im Zeitbereich:

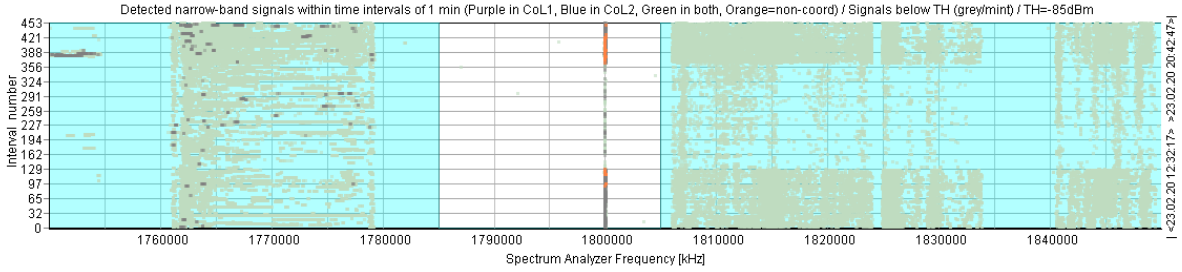

Bild 34: Zeitbereichs-Scan für den Frequenzbereich 1750 bis 1850 MHz, Station 1 und 2

Gut zu erkennen ist in der LTE-Duplexlücke ein Signal, wahrscheinlich eine Mikrofon- oder IEM-Strecke.

Hinweis: Wegen der relativ kleinen Signalstärke wird vermutet, dass diese Frequenznutzung außerhalb der Messehalle stattfand.

ISM-Frequenzbereich 2400 - 2483,5 MHz

Im Zeitraum der beobachteten Wahlproduktion zeigte der ISM-Bereich eine relativ hohe Nutzungsdichte:

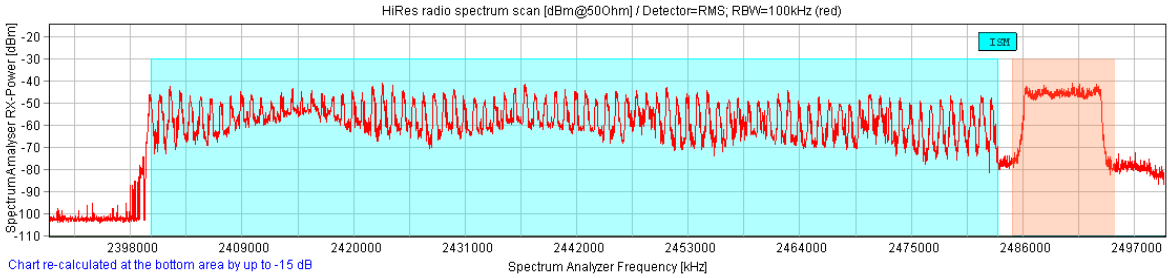

Bild 35: Scan im Frequenzbereich 2300 bis 2500 MHz, Station 1 und 2

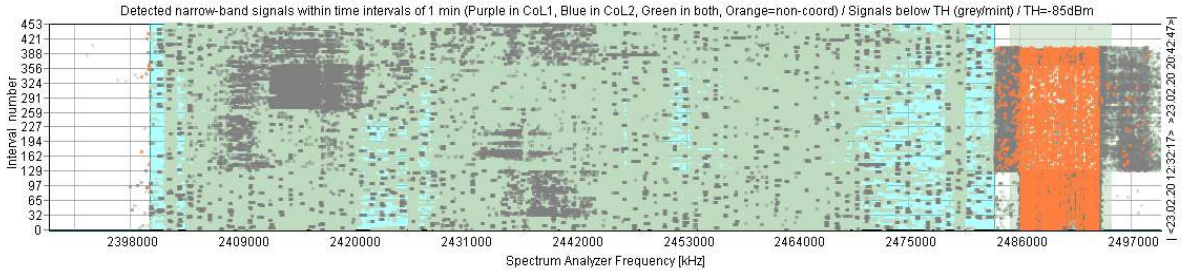

Bild 36: Zeitbereichs-Scan für den Frequenzbereich 2300 bis 2500 MHz, Station 1 und 2

DECT-Frequenzbereich 1.880 - 1.920 MHz

Für diesen Frequenzbereich wurden ebenfalls Anwendungen registriert, von denen zumindest eine in der Frequenzkoordinationsliste eindeutig als Reportage Set angezeigt wurde. Interessant ist eine oberhalb beobachtete Frequenznutzung in 1.909 - 1919 MHz, die keiner bekannten Anwendung zugeordnet werden kann. Bild 37 zeigt die Spektrumsaufzeichnung im Frequenzbereich von etwa 1850 bis 1950 MHz:

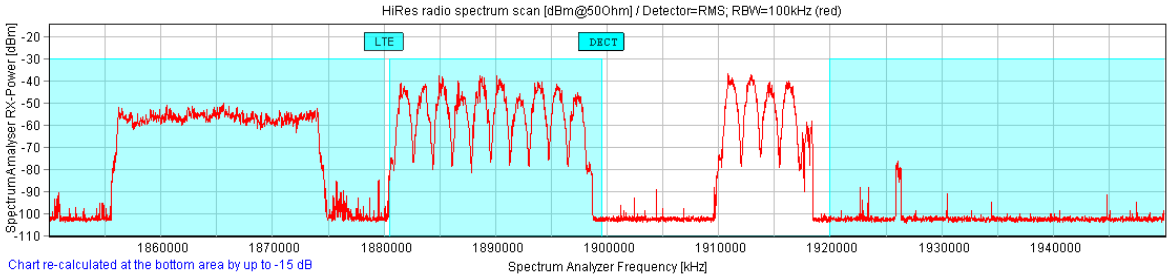

Bild 37: Scan im Frequenzbereich von etwa 1850 bis 1950 MHz, Scan-Station 1 und 2

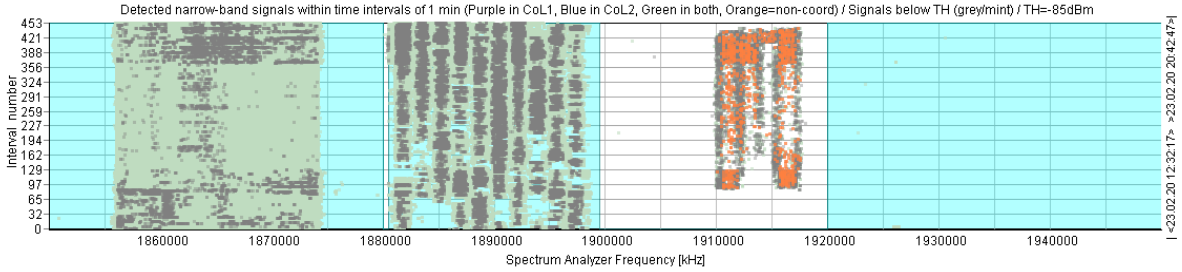

Bild 38: Zeitbereichs-Scan für den Frequenzbereich 1850 bis 1950 MHz, Station 1 und 2

Bilder der Veranstaltung

Bild 39: typische Antennenanordnung für Video und TalkBack

Bild 40: Video-Kameras im Einsatz

Anmerkung

Da es im UHF-TV Bereich „zunehmend eng" wird, insbesondere, wenn die DD2 (700 MHz) vom Mobilfunk ausgebaut wird, müssen die von der Bundesnetzagentur neu geöffneten Frequenzbereiche (L-Band) zunehmend genutzt werden. In der nahen Zukunft ist damit zu rechnen, dass professionelles Equipment dafür am Markt zur Verfügung steht.

Der DKE -Arbeitskreis AK 731.0.8

Der DKE Arbeitskreis 731.0.8 im DIN/VDE beobachtet seit vielen Jahren Veranstaltungen und berichtet über die PMSE-Spektrumsnutzung durch drahtlose Mikrofone, IEM, Video-Kameras und verwandter Technik. Diese Ergebnisse werden von nationalen und internationalen Arbeitsgruppen, z. B. in CEPT, ETSI und ITU-R berücksichtigt.

Danksagung

Herzlicher Dank geht an das gesamte Produktionsteam des Norddeutschen Rundfunks (NDR) für die wiederholte Unterstützung der DKE-Funk-Spektrum-Aufzeichnungen, insbesondere Frau Teichler!
Zusätzlich bedanken wir uns bei den vor Ort tätigen Mitarbeitern der Bundesnetzagentur für Ihre sehr hilfreichen Hinweise zu diesem DKE-Bericht und deren Unterstützung bei der Vorbereitung der Spektrum-aufzeichnung!

Abschließender Hinweis

Dieser Bericht ist ein Auszug der aufgezeichneten Frequenznutzung während der Bürgerschaftswahl Hamburg 2020. Wenn Sie weitere Informationen benötigen, bitte kontaktieren Sie matthias.fehr@t-online.de

September 2020, Matthias Fehr und Norbert Hilbich

Anhang: Statistische Scan-Auswertung für den Bereich 410-870 MHz

Diese Information wurde erstellt mit der Software „PMSE OR"

* Scanned frequency band:	410 to 870 MHz
* Range of scanned frequency band:	460 MHz
* TV channels in use by Broadcast (6, 7 or 8 MHz):	0 / 0 / 8
* Radio spectrum in use by Broadcast in 470 to 862 MHz:	64 MHz
* 5 MHz channels in use by IMT:	12
* Radio spectrum used locally by IMT:	60 MHz
* Radio spectrum available for PMSE:	336.00 MHz
* Radio spectrum below 470 MHz, e.g. used by TalkBack:	60 MHz
* Radio spectrum available for PMSE in 470-862 MHz:	268.00 MHz
* Narrow-band PMSE detected in 410-870 MHz:	90
* Narrow-band PMSE detected in 410-470 MHz:	15
* Narrow-band PMSE detected in 470-862 MHz:	73
* Narrow-band PMSE detected in 862-870 MHz:	0
* Narrow-band PMSE detected in 823-832 MHz:	2
* Narrow-band PMSE manually marked in TV channels:	0
* Narrow-band PMSE manually marked in 410-470 MHz:	5
* Narrow-band PMSE manually marked in 470-862 MHz:	92
* Narrow-band PMSE manually marked in 862-870 MHz:	1
* Required spectrum for detected PMSE in 410-470 MHz:	1.05 MHz / d: 15 / m: 5
(Calculation bases on a 50 kHz grid and two additional 25 kHz guard bands)	
(Calculation considers manually marked links)	
* Required spectrum for detected PMSE in 470-862 MHz:	83.00 MHz / d: 73 / m: 92 / mTV: 0
* Required spectrum for detected PMSE in 862-870 MHz:	1.00 MHz / d: 0 / m: 1
(Spectrum calculation bases on a 500 kHz grid and two additional 250 kHz guard bands)	
(Calculation considers manually marked links)	
(This calculation does not consider required guard bands to TV or IMT channels)	
* Link density of detected NB PMSE in 410-870 MHz:	0.560 Links/MHz
* Link density of detected NB PMSE in 410-470 MHz:	0.333 Links/MHz
* Link density of detected NB PMSE in 470-862 MHz:	0.623 Links/MHz
* Link density of detected NB PMSE in 862-870 MHz:	0.125 Links/MHz
(Calculation considers manually marked links)	
* Link density of detected NB PMSE in 823-832 MHz:	0.222 Links/MHz
* Coordinated PMSE in the scanned band (NBP/WBA/WBV):	281 / 0 / 0
(NBP: narrow-band PMSE / WBA: Audio link in wide-band / WBV: Video link in wide-band)	
* Spectrum for coordinated PMSE in the scanned band:	141.00 MHz
* Uncoordinated links in the scanned frequency band:	51 / 26.00 MHz
(Spectrum calculation bases on a 500 kHz grid and two additional 250 kHz guard bands)	
* Coordinated narrow-band PMSE in 410-470 MHz:	13 / 0.70 MHz
* Coordinated narrow-band PMSE in 470-870 MHz:	268 / 134.50 MHz
* Coordinated narrow-band PMSE in 470-862 MHz:	268 / 134.50 MHz
(Spectrum calculation bases on a 500 kHz grid and two additional 250 kHz guard bands)	
* Link density of coordinated NB PMSE in 410-470 MHz:	0.217 Links/MHz
* Link density of coordinated NB PMSE in 470-862 MHz:	0.684 Links/MHz

>> R6.7 / 04.08.2020 / 22:21:46 <<