

Passive Intermodulation

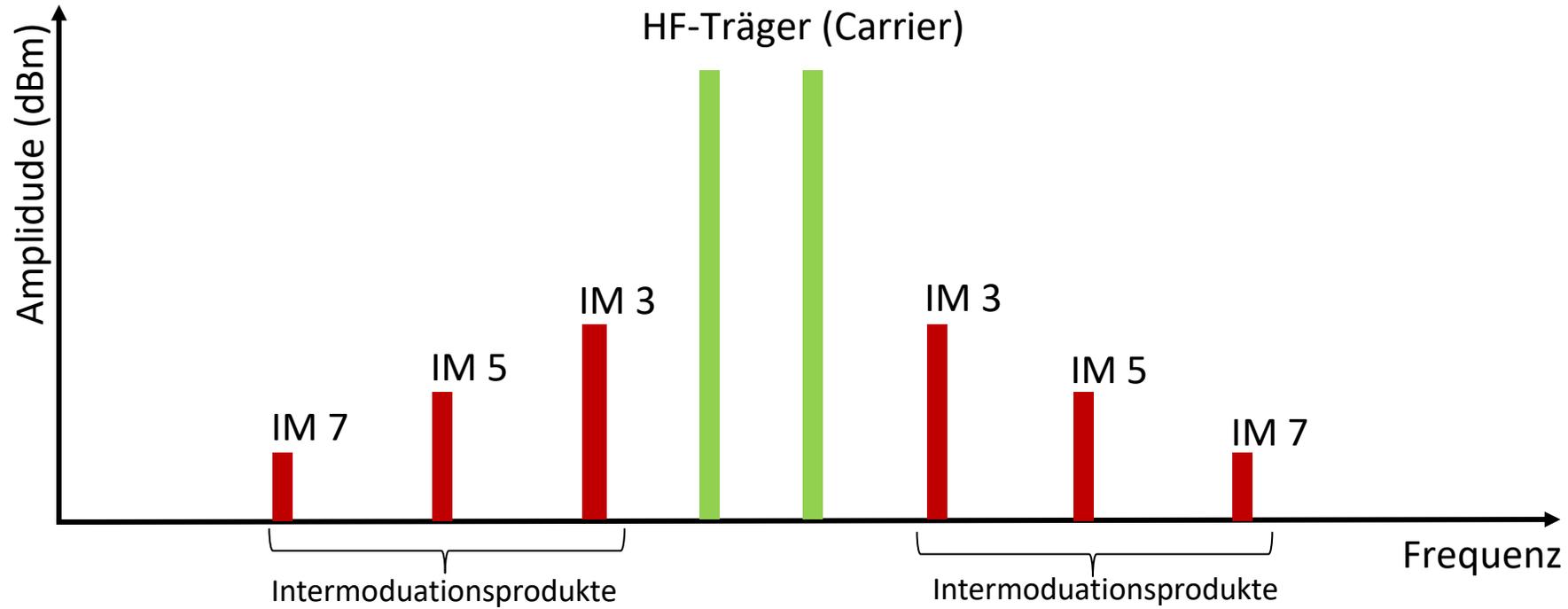
+ Referent: **Christian Semrau**

- + Intermodulation sind unerwünschte Frequenzen, die durch Mischen von zwei oder mehreren HF Trägern entstehen.
- + PIM (Passive Intermodulation) entsteht in u.a. passiven Bauteilen durch nichtlineare Strom-Spannungs-Charakteristiken

1. Auf welchen Frequenzen bilden sich die Intermodulationsprodukte

2. Wie stark sind die Intermodulationsprodukte

Auf welchen Frequenzen bilden sich die Intermodulationsprodukte



IM-Ordnung	Niedrigere PIM Frequenz	Höhere PIM Frequenz
PIM 3. Ordnung	$PIM\ Freq = 2 * F1 - 1 * F2$	$PIM\ Freq = 2 * F2 - 1 * F1$
PIM 5. Ordnung	$PIM\ Freq = 3 * F1 - 2 * F2$	$PIM\ Freq = 3 * F2 - 2 * F1$
PIM 7. Ordnung	$PIM\ Freq = 4 * F1 - 3 * F2$	$PIM\ Freq = 4 * F2 - 3 * F1$

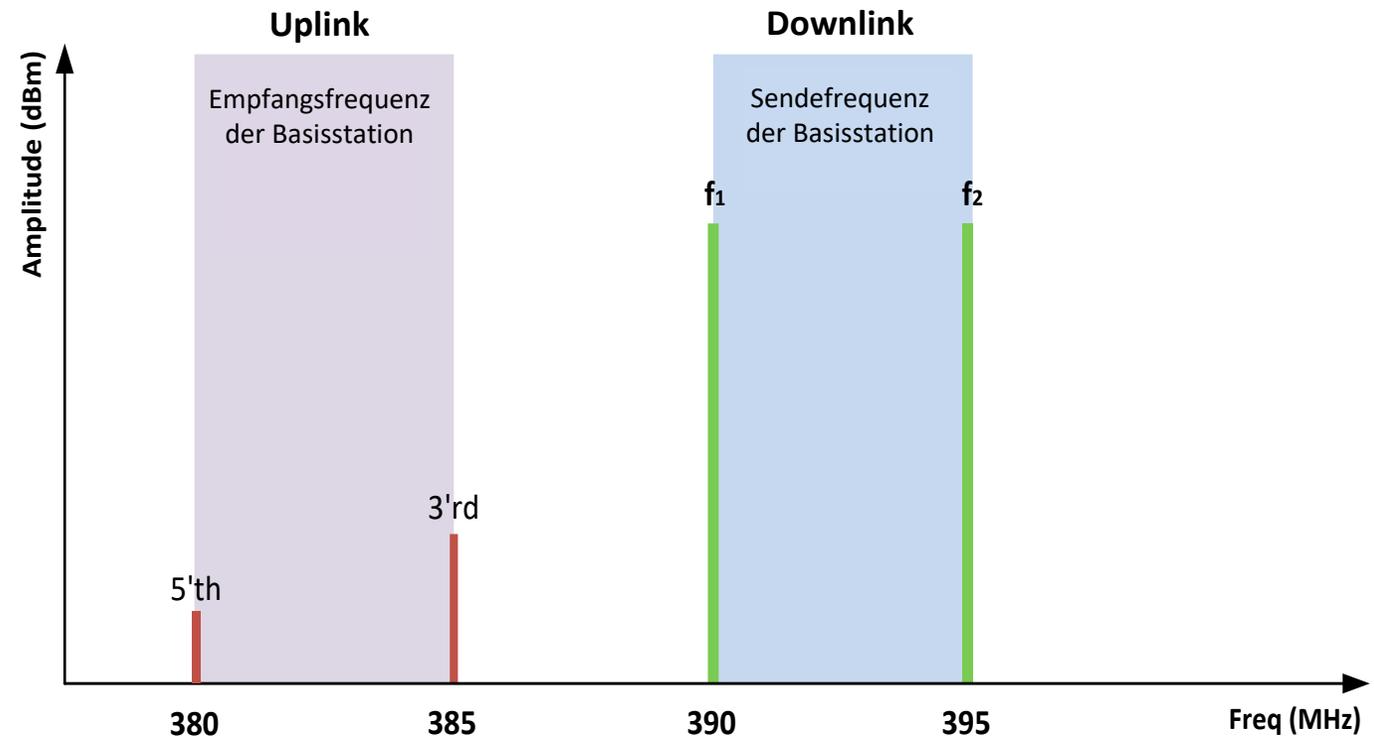
+ Eine BTS mit zwei Frequenzen

+ TX1: 390 MHz + TX2: 395 MHz

IM3 $2 \times 390 \text{ MHz} - 395 \text{ MHz} =$ **385 MHz**

IM5 $3 \times 390 \text{ MHz} - 2 \times 395 \text{ MHz} =$ **380 MHz**

+ IM3 und IM5 liegen auf den Uplink Kanälen der beiden Träger



- + Intermodulation sind unerwünschte Frequenzen, die durch zwei oder mehreren HF Trägern entstehen.
- + PIM (Passive Intermodulation) entsteht durch nichtlineare Strom-Spannungs-Charakteristiken in u.a. passiven Bauteilen

1. Auf welchen Frequenzen bilden sich die Intermodulationsprodukte

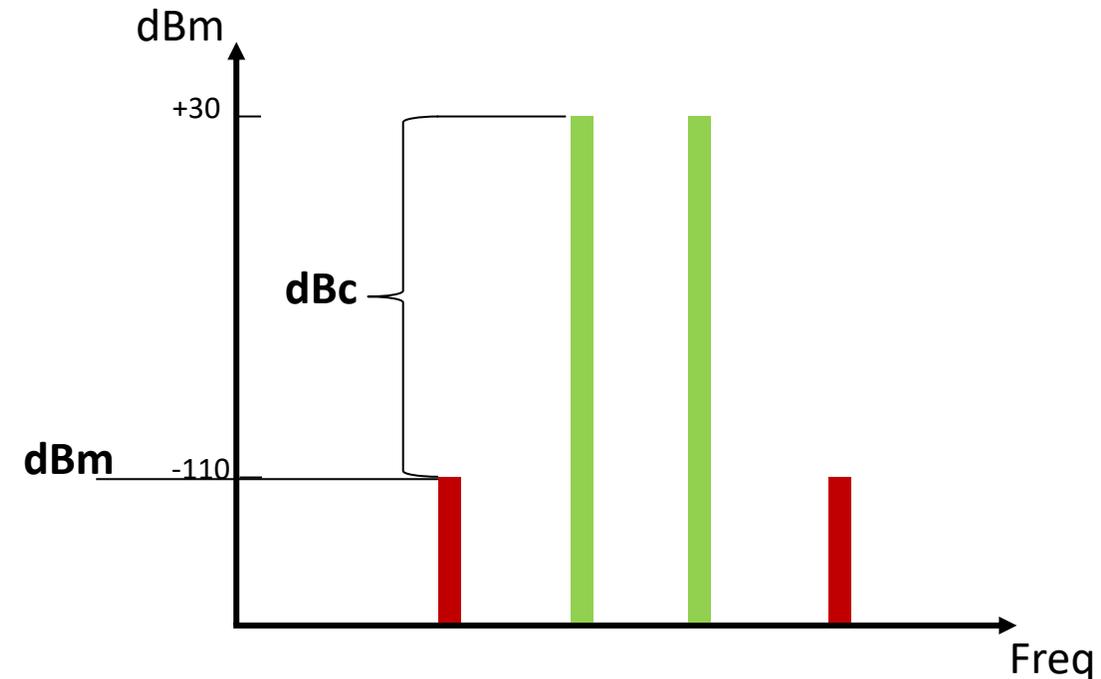
2. Wie stark sind die Intermodulationsprodukte

Die Stärke der **Passive Intermodulation (PIM)** kann ausgedrückt werden in

- + **PIM in dBm** = *absolute Leistung*
- + **PIM in dBc** = *relative Leistung zum Träger*

Beispiel

- + Zwei Trägersignale mit je +30 dBm
- + Gemessenes Intermodulationsprodukt IM3: **-110 dBm**
 - PIM in **dBm** = **-110 dBm**
 - PIM in **dBc** = **-110 dBm - (+30 dBm) = -140 dBc**

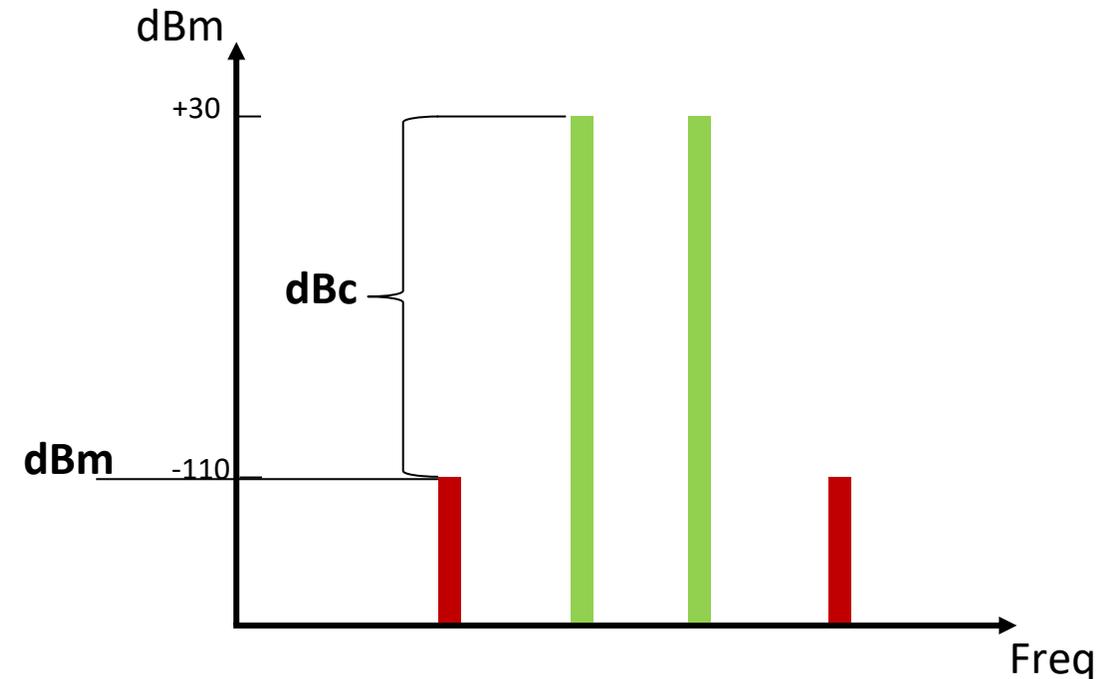


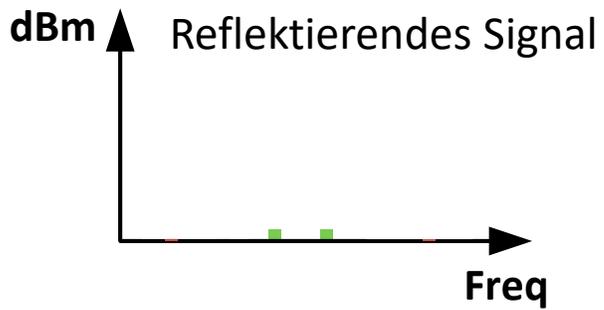
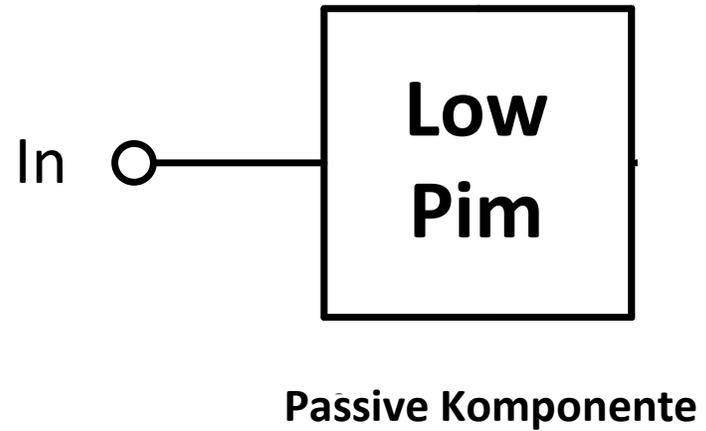
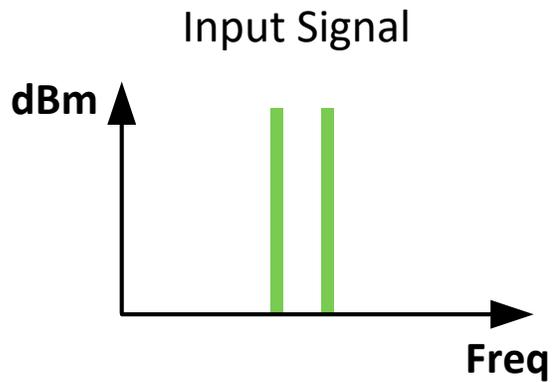
Die Stärke der **Passive Intermodulation (PIM)** kann ausgedrückt werden in

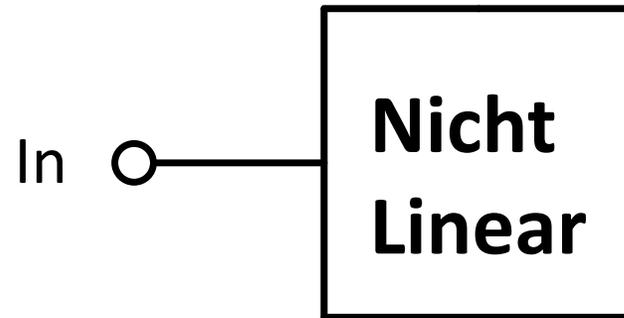
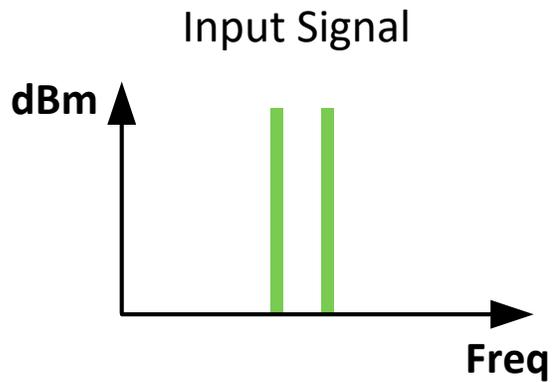
- + **PIM in dBm** = *absolute Leistung*
- + **PIM in dBc** = *relative Leistung zum Träger*

Beispiel

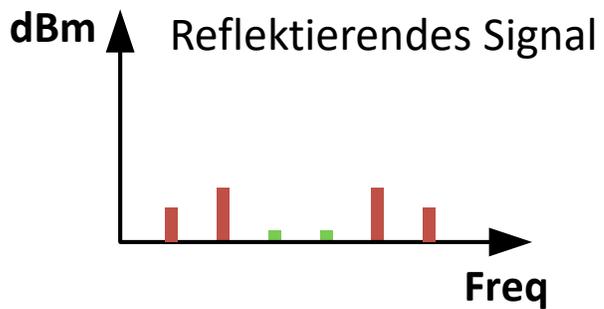
- + Zwei Trägersignale mit je +30 dBm
- + Gemessenes Intermodulationsprodukt IM3: **-110 dBm**
 - IM3 @ 2x 30dBm = **-110 dBm**
 - IM3 @ 2x 30dBm = **-140 dBc**

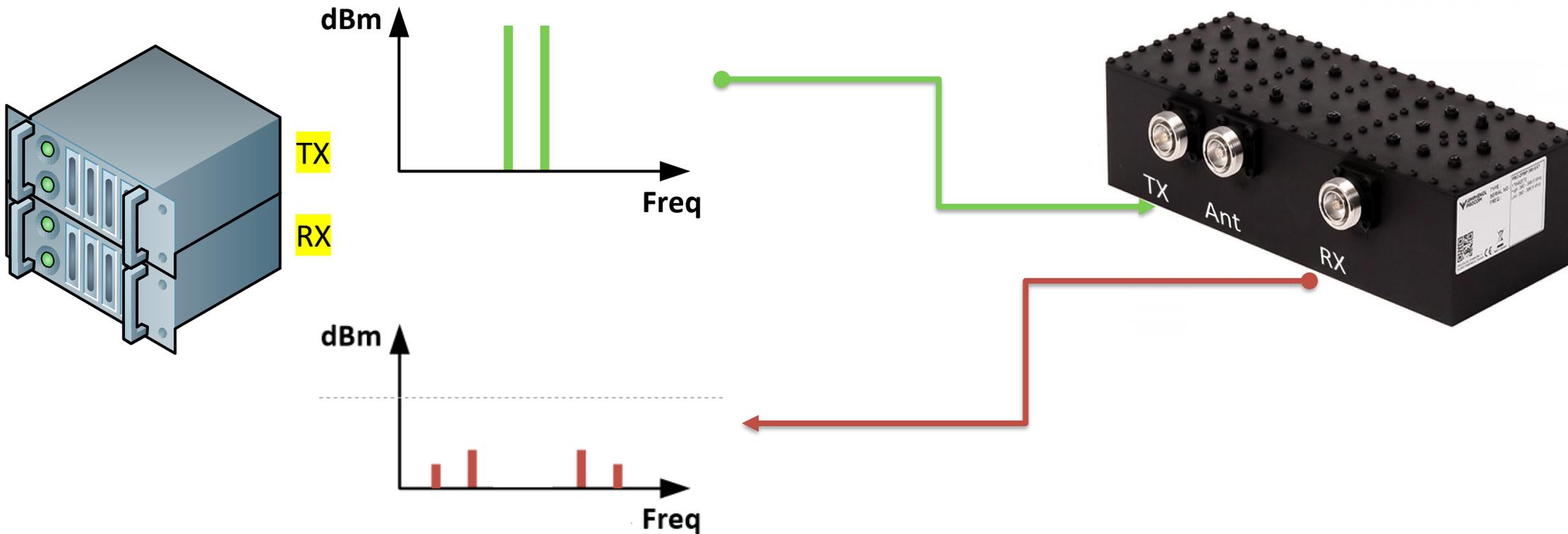


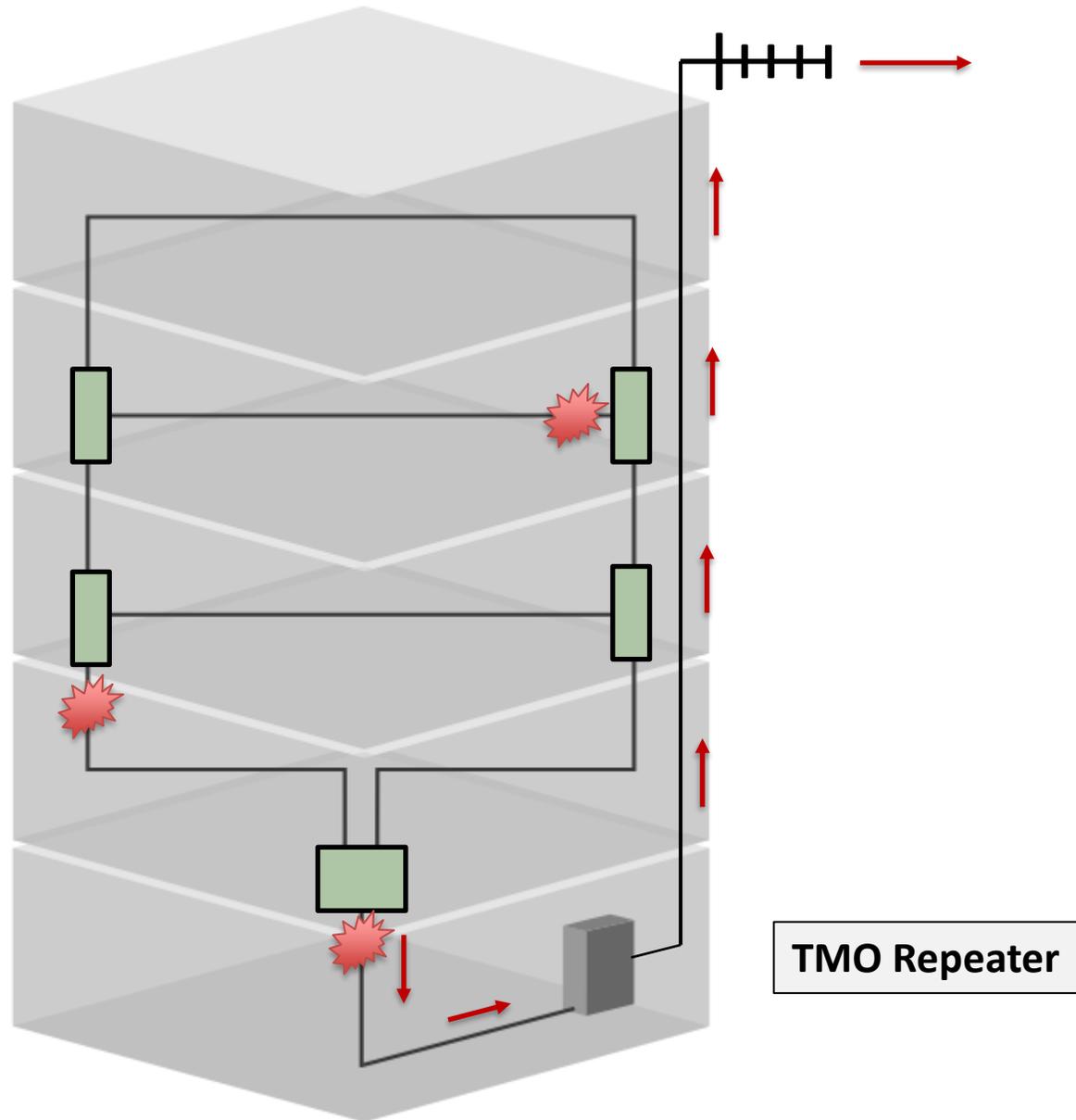


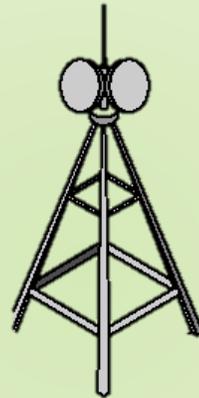


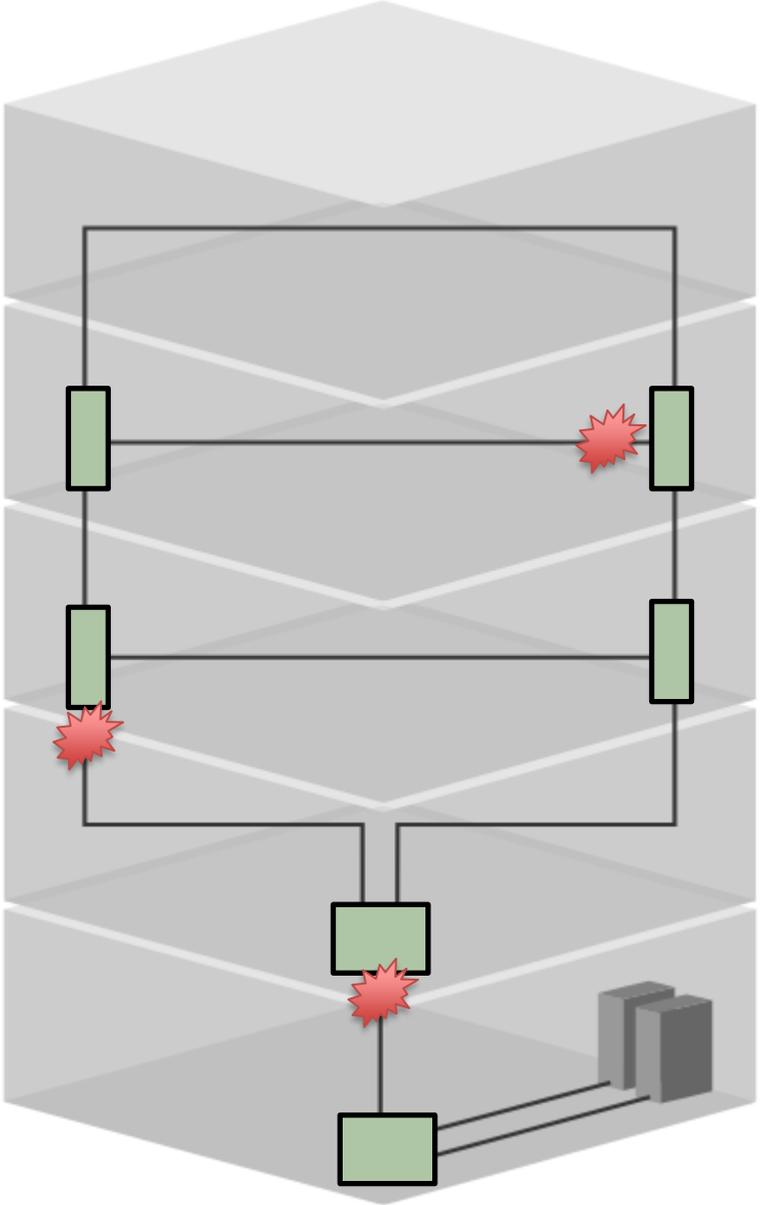
Passive Komponente



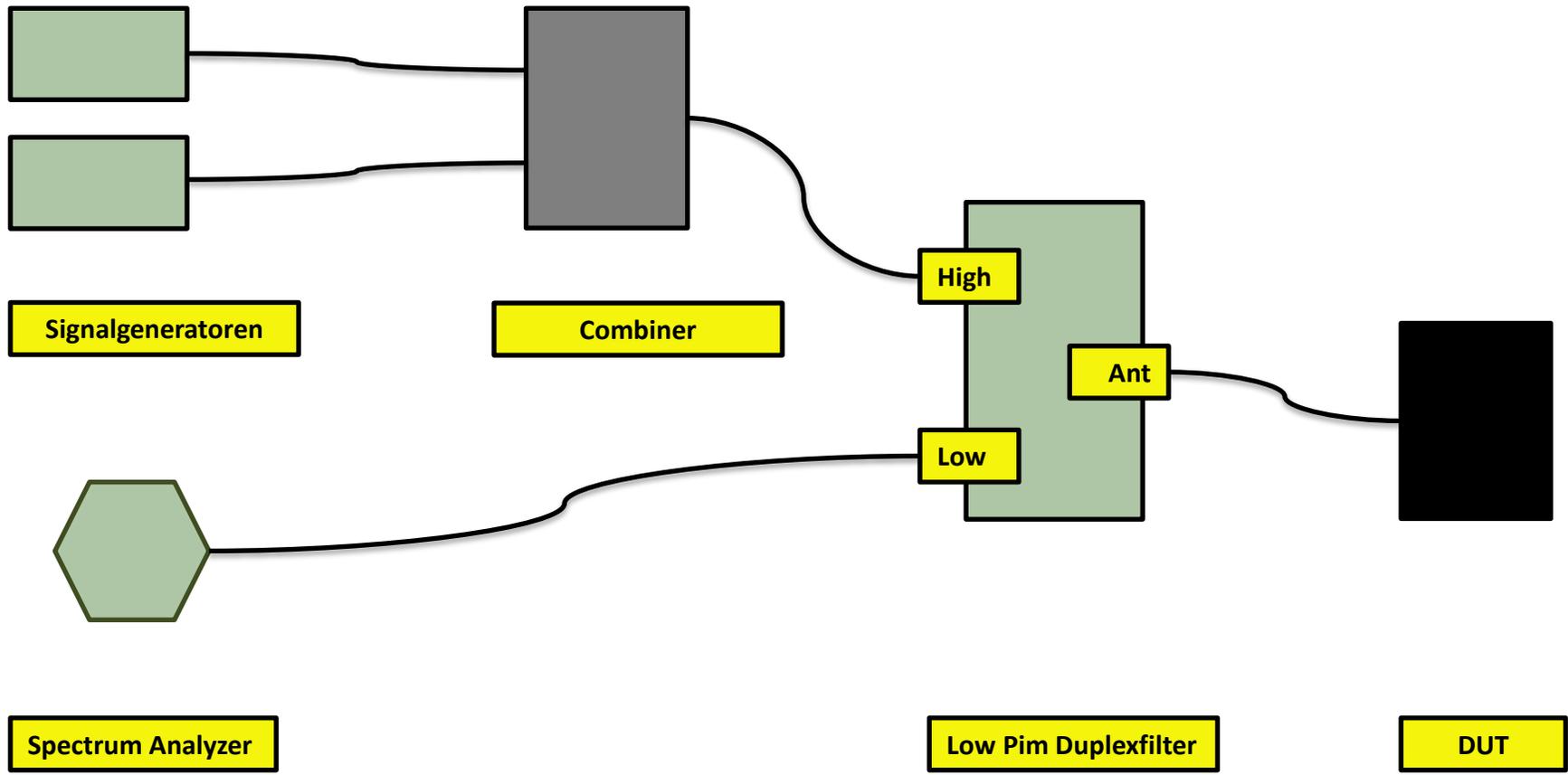




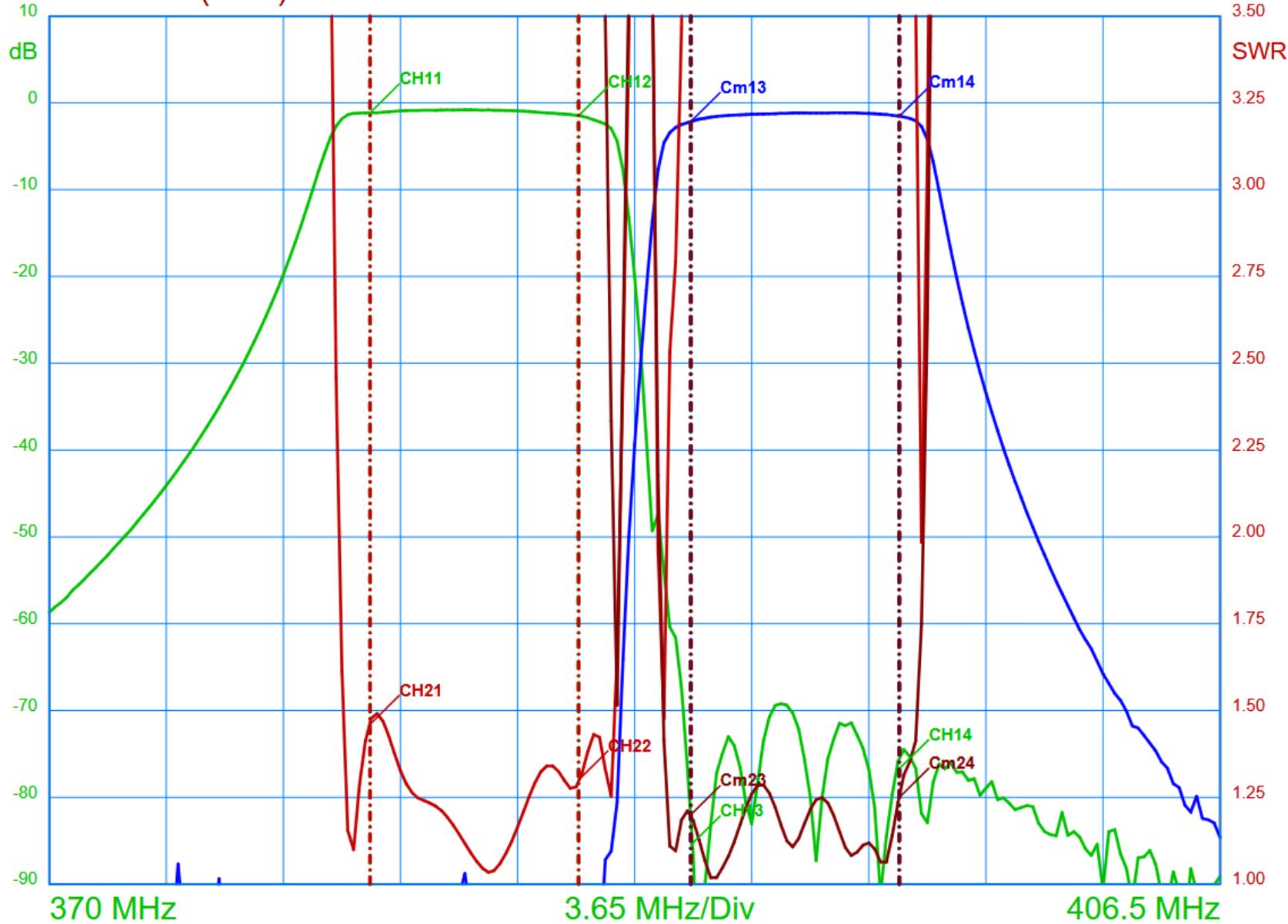




TMO a oder DMO



CH1 (Cm1) S21 LogMag 10dB/Div CAL
 CH2 (Cm2) S11 SWR 0.25/Div CAL



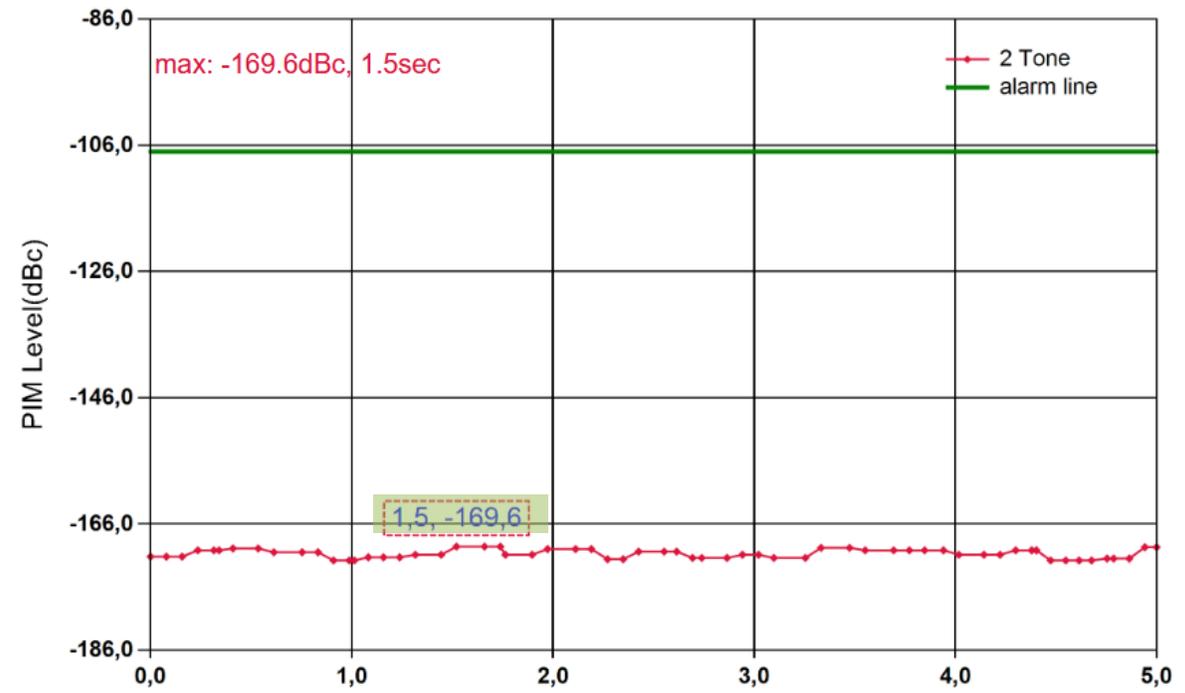
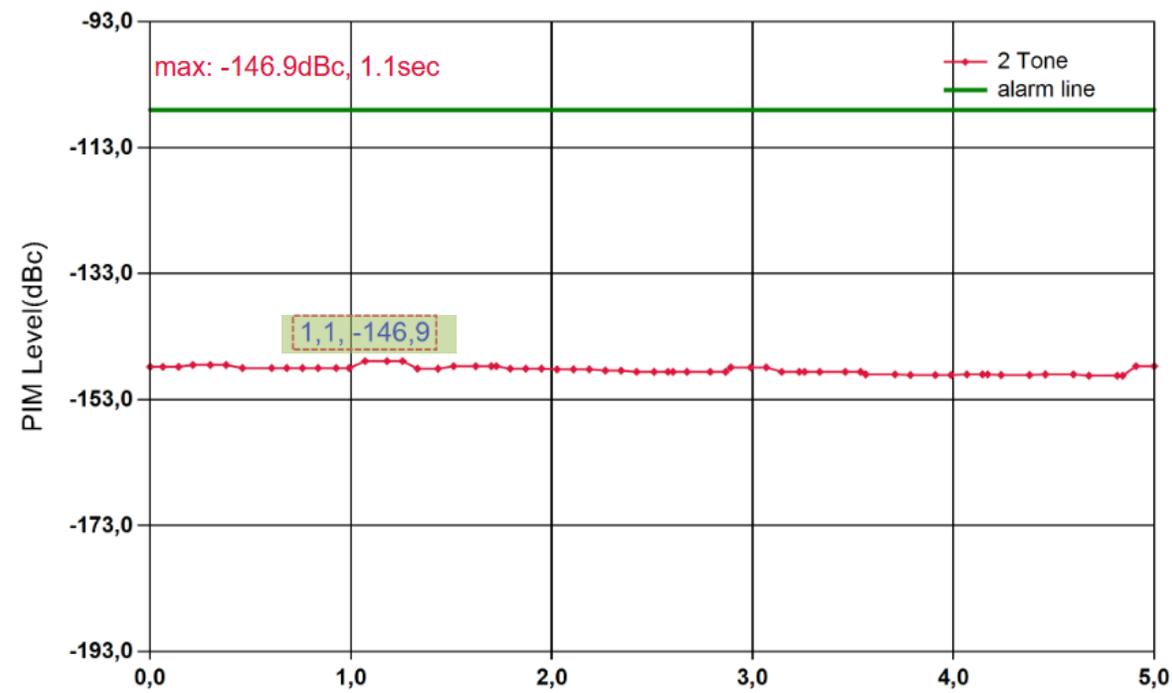
Type: DP-BP-380396-5-SXL-4.3-10
 S.No:

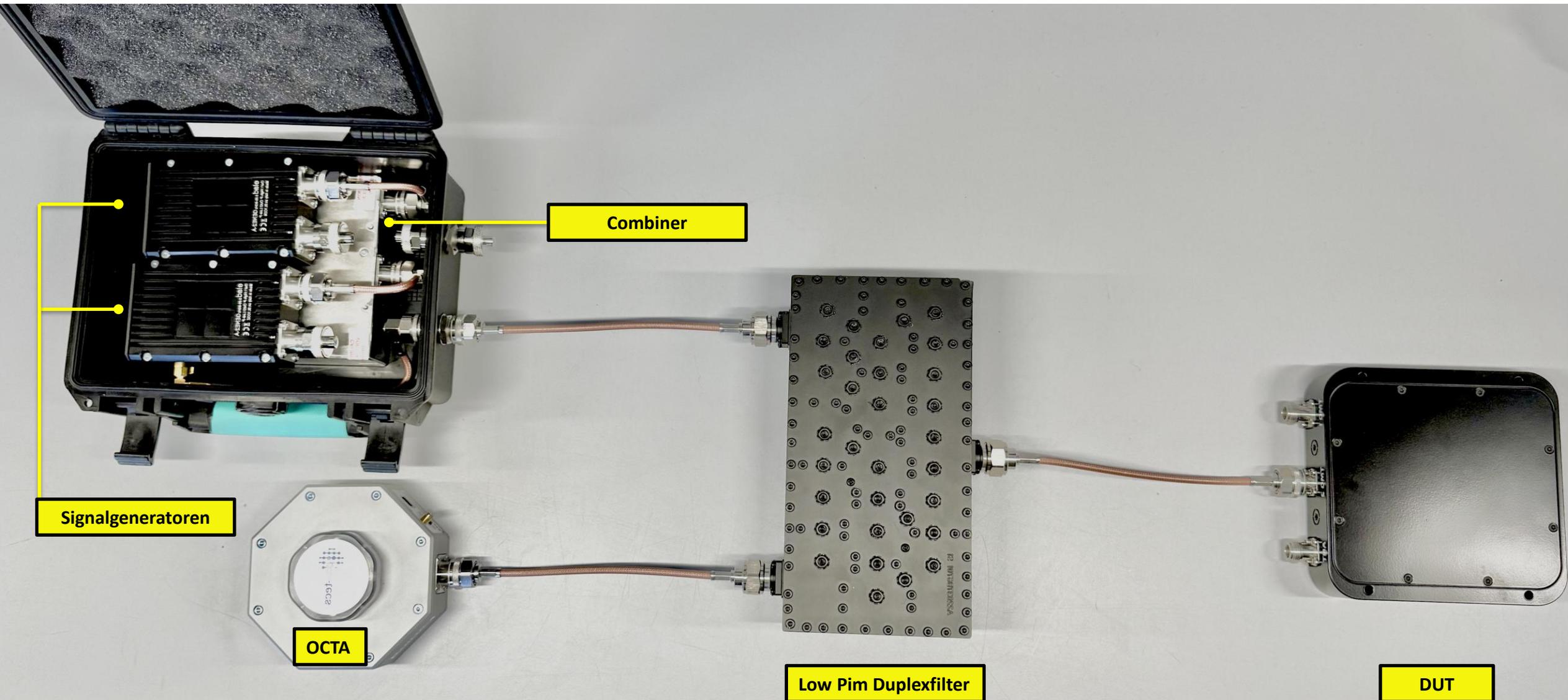
CH11	-1.16	380.0 MHz
CH12	-1.50	386.5 MHz
CH13	-85.50	390.0 MHz
CH14	-76.70	396.5 MHz
Cm11	-99.40	380.0 MHz
Cm12	-95.80	386.5 MHz
Cm13	-2.17	390.0 MHz
Cm14	-1.55	396.5 MHz
CH21	1.46	380.0 MHz
CH22	1.30	386.5 MHz
CH23	4.96	390.0 MHz
CH24	4.81	396.5 MHz
Cm21	5.99	380.0 MHz
Cm22	7.19	386.5 MHz
Cm23	1.20	390.0 MHz
Cm24	1.25	396.5 MHz

Date: 10/Apr/2025
 Operator: KT
 NWA SN: US41442602

PIM Order: IM3
 Meas. Mode: TRANS
 Meas. Function: 2Tone
 Carrier 1: Carrier 2:
 Output Power Level: 36.0dBm 36.0dBm
 Fixed Frequency: 390.0MHz 395.0MHz
 Start Frequency: 390.0MHz 396.5MHz
 Stop Frequency: 390.5MHz 395.0MHz
 Max PIM Point: -146.9dBc@385.0MHz, 1.07sec
 Alarm Level: -107.0dBc

PIM Order: IM5
 Meas. Mode: TRANS
 Meas. Function: 2Tone
 Carrier 1: Carrier 2:
 Output Power Level: 36.0dBm 36.0dBm
 Fixed Frequency: 390.0MHz 395.0MHz
 Start Frequency: 391.5MHz 395.0MHz
 Stop Frequency: 392.5MHz 392.5MHz
 Max PIM Point: -169.6dBc@380.0MHz, 1.52sec
 Alarm Level: -107.0dBc





Test Signale

Sender	Frequenz (MHz)	Kanalbandbreite (KHz)	Leistung (dBm)
TX1	391,3375	0	30
TX2	393,7125	0	30

Intermodulationsprodukte IM3 – IM9

IM Ordnung	IM Produkt (MHz)	Bandbreite (KHz)	Berechnung
3	388,9625	0	$(2 \times 391,3375) - (1 \times 393,7125)$
5	386,5875	0	$(3 \times 391,3375) - (2 \times 393,7125)$
7	384,2125	0	$(4 \times 391,3375) - (3 \times 393,7125)$
9	381,8375	0	$(5 \times 391,3375) - (4 \times 393,7125)$

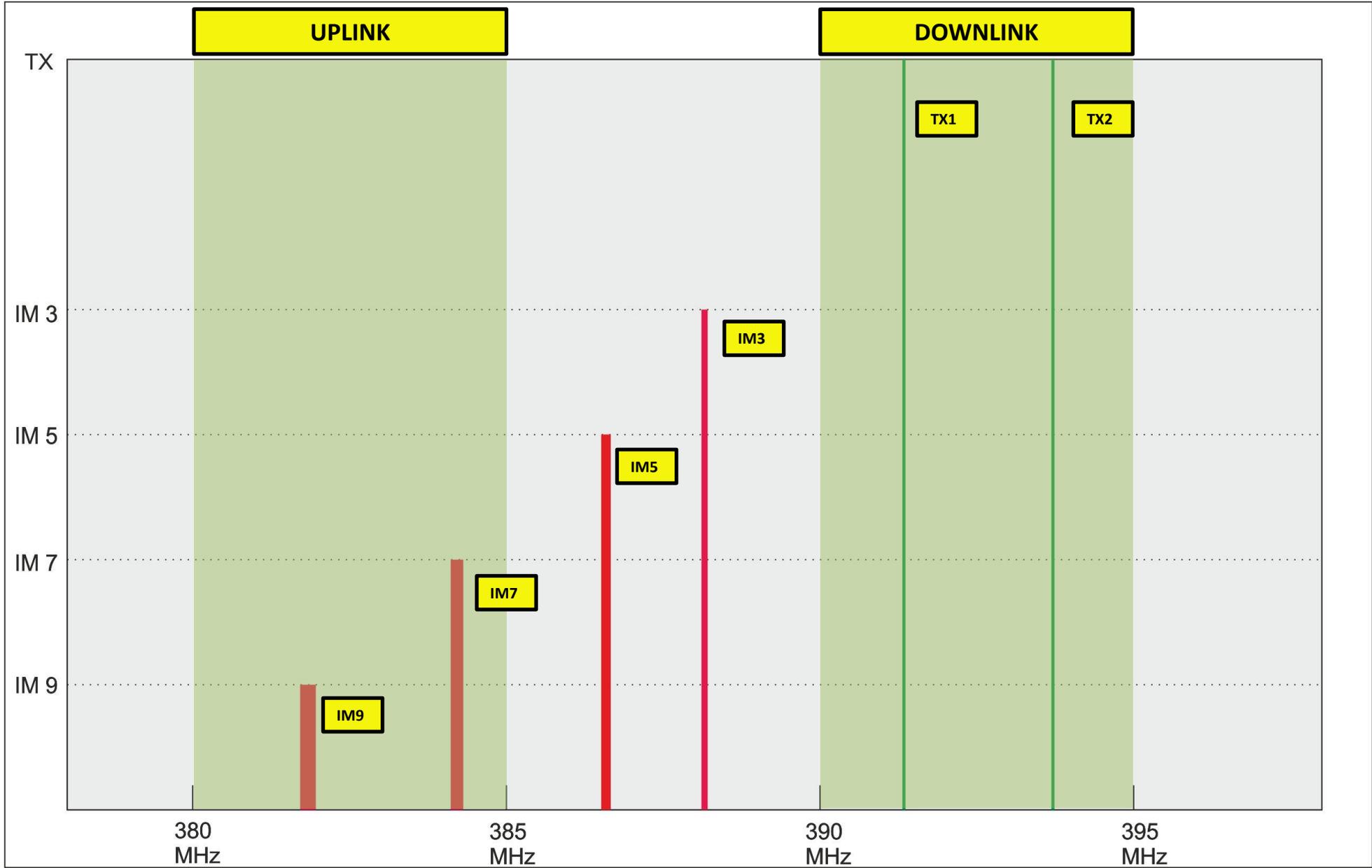
Test Signale

Sender	Frequenz (MHz)	Kanalbandbreite (KHz)	Leistung (dBm)
TX1	391,3375	24,3	30
TX2	393,7125	24,3	30

Intermodulationsprodukte IM3 – IM9

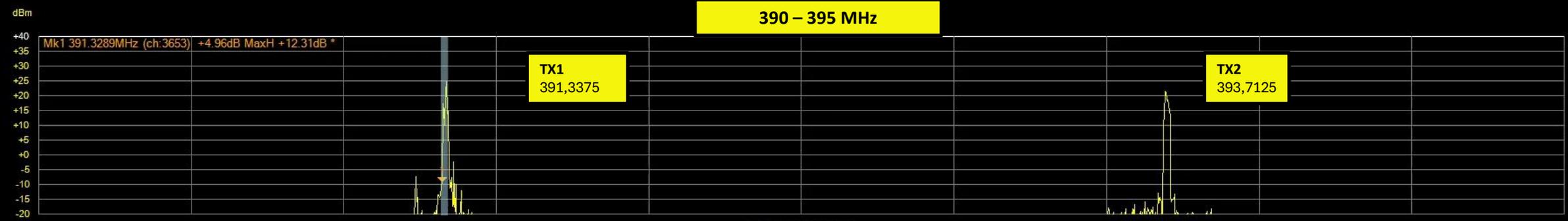
IM Ordnung	IM Produkt (MHz)	Bandbreite (KHz)	Berechnung
3	388,9625	36,45	$(2 \times 391,3375) - (1 \times 393,7125)$
5	386,5875	60,75	$(3 \times 391,3375) - (2 \times 393,7125)$
7	384,2125	85,05	$(4 \times 391,3375) - (3 \times 393,7125)$
9	381,8375	109,35	$(5 \times 391,3375) - (4 \times 393,7125)$

IM Ordnung	IM Produkt (MHz)
3	388,9625
5	386,5875
7	384,2125
9	381,8375



TETRA CHANNEL ANALYZER

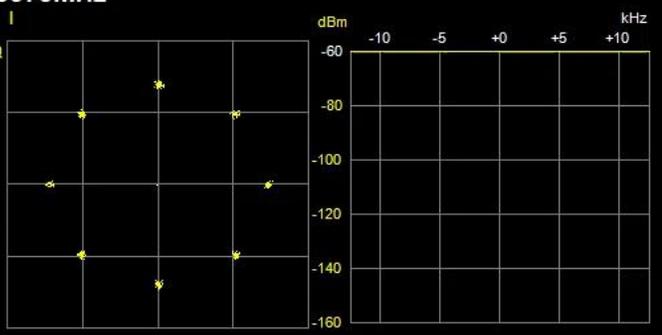
390 – 395 MHz



CF 392.51250MHz (3700)

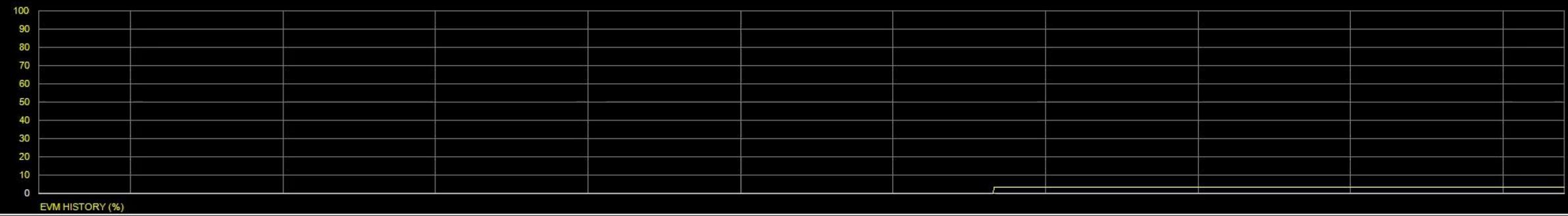
CH 3653 - Freq 391.3375MHz

CP 29.51dBm
LAC 321(141)



Main DL	391337500	RealTime EVM	3.14%
Main UL	381337500	Min EVM	3.12%
MainCH	3653	Max EVM	3.30%
MCC	238(dk)	AVG EVM	3.22%
MNC	5	Disp EVM	3.13%
FN	13	Sigma	0.05
MN	29	Counter	38
FER	614.76Hz	Count_min	449
NeighBours	3723 3607 3609 3649 3633	Time	0.00:00:05
	3657 3700 3608 3681 3799		
	3798 3745 3632		

CH dekodieren
 Frequenz CH
 MHz
 Read Set
 Kanal mit Pfeiltaste verschieben



Marker
 MK1 MK3
 MK2 MK4

Einstellung der Mittenfrequenz CH
 Wechseln zu MHz

Spektrum
 dB Per Div 5 dB/div AVG
 Ref Level 40 dBm 1
 Darstellung Modus CP Off Div X 10

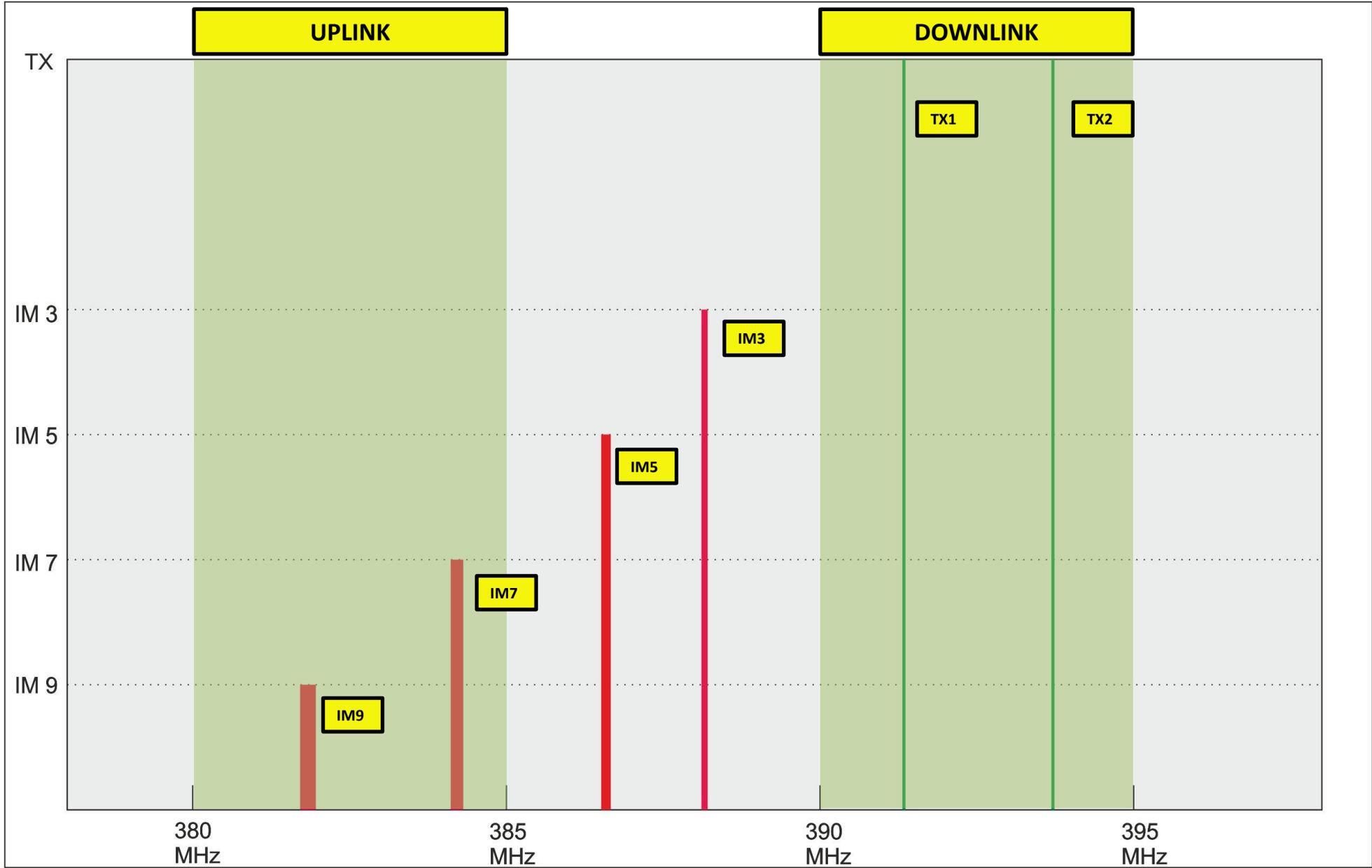
EVM History
 Max % 100

Spektrum 25kHz
 dB Per Div 20 dB/div
 Ref Level -60 dBm
 Konstellation Typ Point

REC / Play-Datei
 Rec Time 10sec

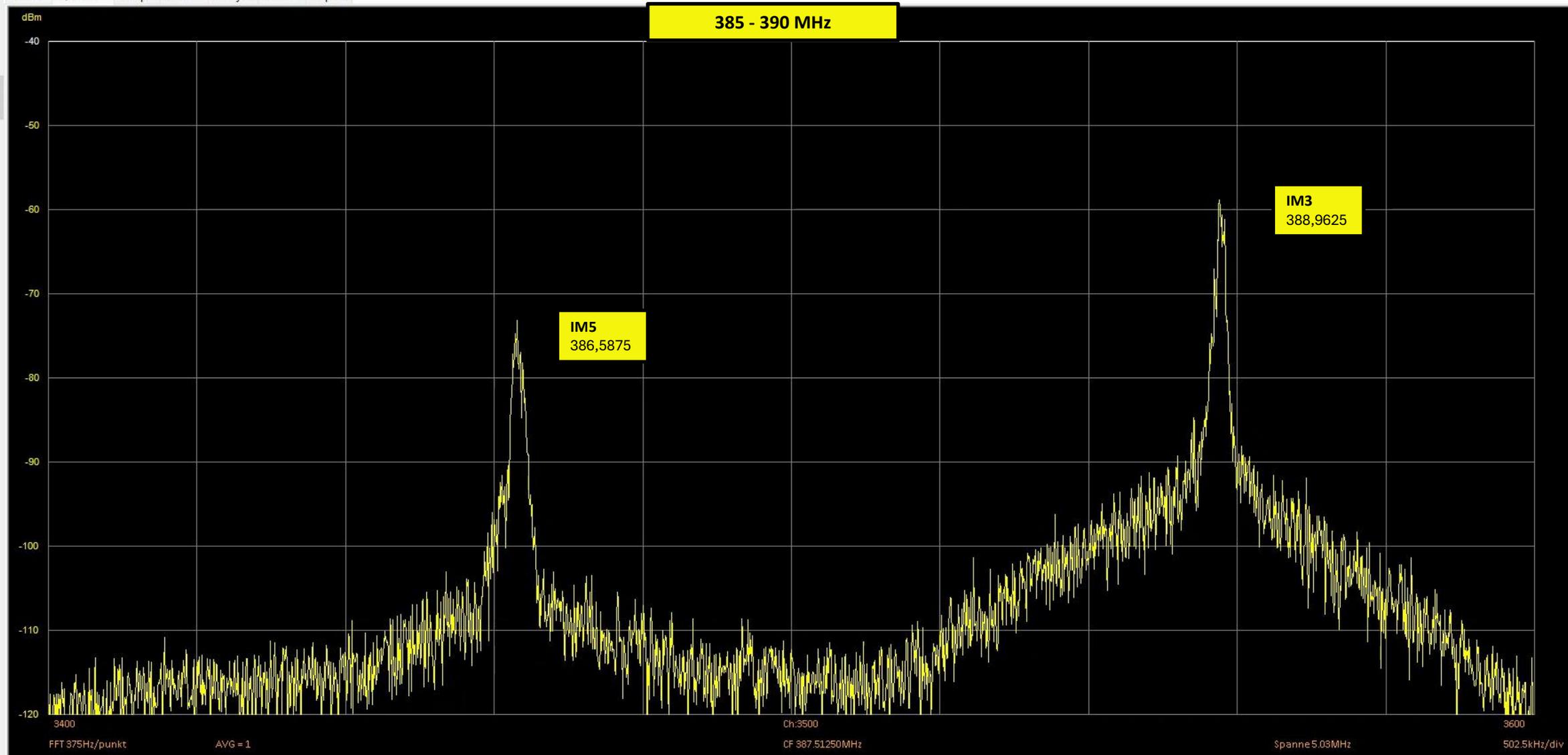
 Play-Datei

IM Ordnung	IM Produkt (MHz)
3	388,9625
5	386,5875
7	384,2125
9	381,8375





- Projektmanager
- 1. Funkversorgung im Objekt
- 2. Umfeldmessung
- 3. Panoramamessung
- 4. Spektrale Betrachtung
- 5. Entrance Evaluation



Ch:3500 CF 387.51250MHz Spanne 5.03MHz 502.5kHz/div

MK1 MK3 MK2 MK4

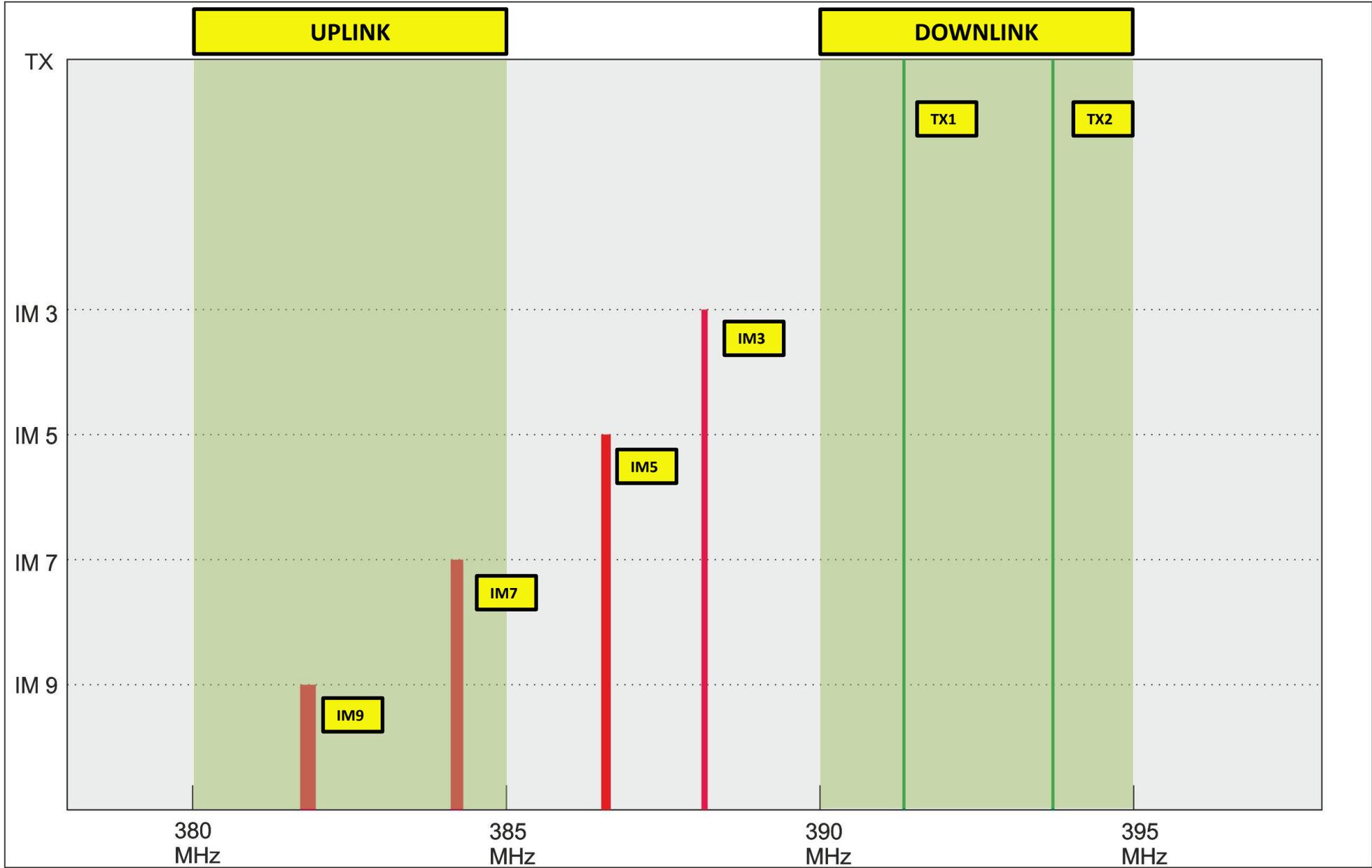
CH Zuefuehren

Webbrowser: 3500

Spur
 Max Hold aktiviere
 Min Hold aktiviere

Spektrum
 dB Per Div: 10 dB/div
 Ref Level: -40 dBm
 Darstellung: Off
 SPC/WTF: 100 %
 AVG: 1
 REC / Play-Datei: 10sec

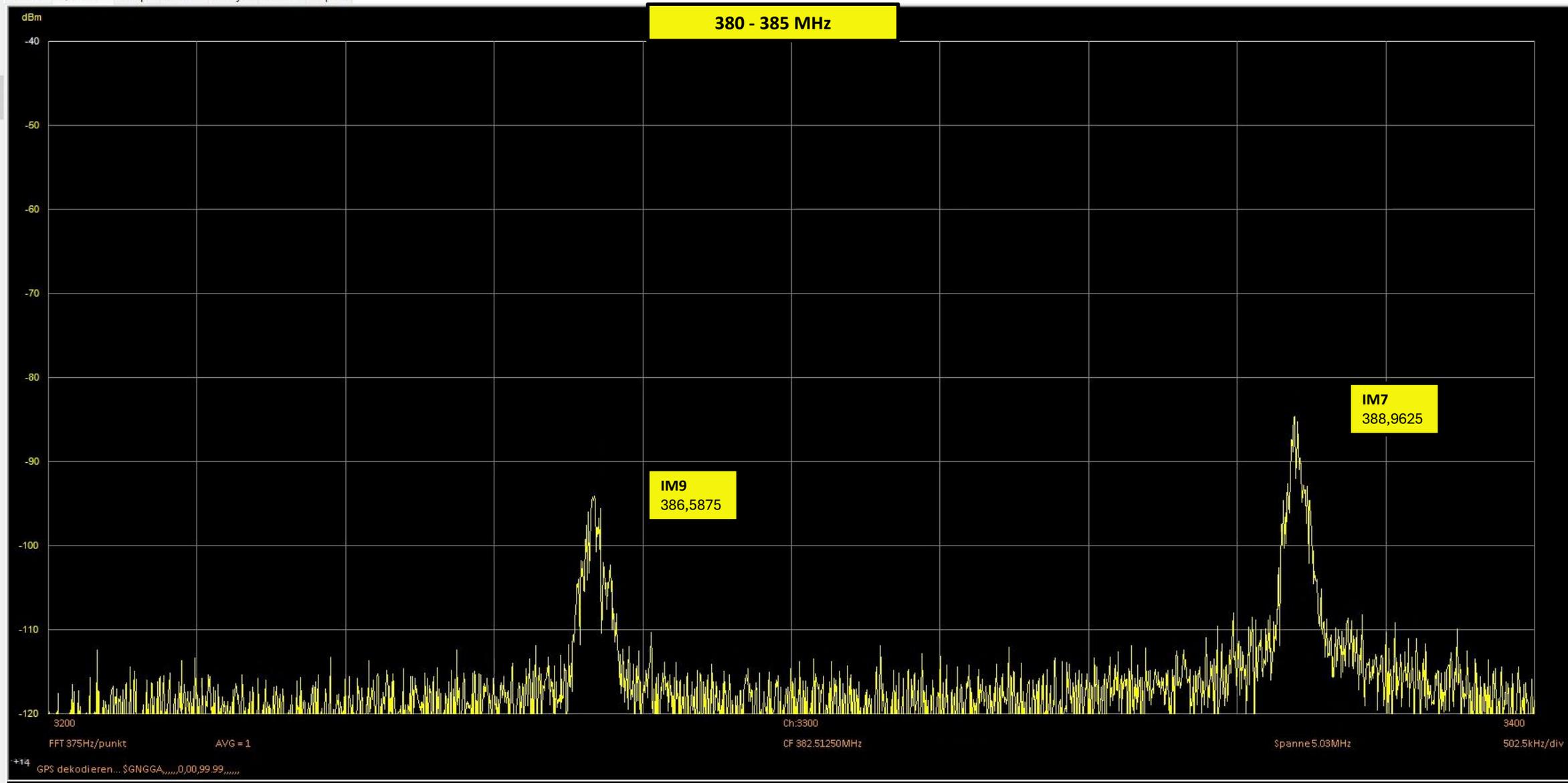
IM Ordnung	IM Produkt (MHz)
3	388,9625
5	386,5875
7	384,2125
9	381,8375





- Karte
- Spektrum
- Setup
- Tetra
- Analyze
- Tabelle
- Report

- Projektmanager
- 1. Funkversorgung im Objekt
- 2. Umfeldmessung
- 3. Panoramamessung
- 4. Spektrale Betrachtung
- 5. Entrance Evaluation



MK1 MK3 MK2 MK4

CH

Spur
 Max Hold aktiviere
 Min Hold aktiviere

Spektrum
 dB Per Div: 10 dB/div AVG: 1
 Ref Level: -40 dBm SPC/WTF: 100 %

Darstellung
 Off Div: Y: 10

REC / Play-Datei
 Rec Time: 10sec

+14 GPS dekodieren... \$GNRGA,,,,,0,00,99,99,,,,,

Test Signale

Sender	Frequenz (MHz)	Kanalbandbreite (KHz)	Leistung (dBm)
TX1	391,3375	0	30
TX2	393,7125	0	30
TX3	391,9875	0	30

Intermodulationsprodukte IM3 – IM9

IM Ordnung	IM Produkt (MHz)	Bandbreite (KHz)	Berechnung
5	394,7675	0	$1 \times 391,3375 + (2 \times 393,7125) + (-2 \times 391,9875)$
9	394,5675	0	$-4 \times 391,3375 + (5 \times 391,9875)$
3	394,3625	0	$-1 \times 391,3375 + (1 \times 393,7125) + (-1 \times 391,9875)$
7	394,1375	0	$2 \times 391,3375 + (2 \times 393,7125) + (-3 \times 391,9875)$
7	393,9375	0	$-3 \times 391,3375 + (4 \times 391,9875)$
9	393,4675	0	$3 \times 391,3375 + (2 \times 393,7125) + (-4 \times 391,9875)$
5	393,2675	0	$-2 \times 391,3375 + (3 \times 391,9875)$
3	393,0625	0	$1 \times 391,3375 + (1 \times 393,7125) + (-1 \times 391,9875)$
3	392,8375	0	$-1 \times 391,3375 + (2 \times 391,9875)$
5	392,4125	0	$2 \times 391,3375 + (1 \times 393,7125) + (-2 \times 391,9875)$
9	392,2125	0	$-3 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125) + (5 \times 391,9875)$
7	391,7625	0	$3 \times 391,3375 + (1 \times 393,7125) + (-3 \times 391,9875)$
7	391,5625	0	$-2 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125) + (4 \times 391,9875)$
9	391,1125	0	$4 \times 391,3375 + (1 \times 393,7125) + (-4 \times 391,9875)$
5	390,9125	0	$-1 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125) + (3 \times 391,9875)$
3	390,6675	0	$2 \times 391,3375 + (-1 \times 391,9875)$
3	390,2625	0	$-1 \times 393,7125 + (2 \times 391,9875)$
5	390,0375	0	$3 \times 391,3375 + (-2 \times 391,9875)$
9	389,8375	0	$-2 \times 391,3375 + (-2 \times 393,7125) + (5 \times 391,9875)$
3	389,6125	0	$1 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125) + (1 \times 391,9875)$
7	389,3875	0	$4 \times 391,3375 + (-3 \times 391,9875)$
7	389,1875	0	$-1 \times 391,3375 + (-2 \times 393,7125) + (4 \times 391,9875)$
3	388,9625	0	$2 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125)$
9	388,7375	0	$5 \times 391,3375 + (-4 \times 391,9875)$
5	388,5375	0	$-2 \times 393,7125 + (3 \times 391,9875)$
5	388,3125	0	$3 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125) + (-1 \times 391,9875)$
5	387,8875	0	$1 \times 391,3375 + (-2 \times 393,7125) + (2 \times 391,9875)$
7	387,6625	0	$4 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125) + (-2 \times 391,9875)$
9	387,4625	0	$-1 \times 391,3375 + (-3 \times 393,7125) + (5 \times 391,9875)$
5	387,2375	0	$2 \times 391,3375 + (-2 \times 393,7125) + (1 \times 391,9875)$
9	387,0125	0	$5 \times 391,3375 + (-1 \times 393,7125) + (-3 \times 391,9875)$
7	386,8125	0	$-3 \times 393,7125 + (4 \times 391,9875)$
5	386,5675	0	$3 \times 391,3375 + (-2 \times 393,7125)$
7	386,1625	0	$1 \times 391,3375 + (-3 \times 393,7125) + (3 \times 391,9875)$
7	385,9375	0	$4 \times 391,3375 + (-2 \times 393,7125) + (-1 \times 391,9875)$
7	385,5125	0	$2 \times 391,3375 + (-3 \times 393,7125) + (2 \times 391,9875)$
9	385,2675	0	$5 \times 391,3375 + (-2 \times 393,7125) + (-2 \times 391,9875)$
9	385,0675	0	$-4 \times 393,7125 + (5 \times 391,9875)$
7	384,8625	0	$3 \times 391,3375 + (-3 \times 393,7125) + (1 \times 391,9875)$
9	384,4375	0	$1 \times 391,3375 + (-4 \times 393,7125) + (4 \times 391,9875)$
7	384,2125	0	$4 \times 391,3375 + (-3 \times 393,7125)$
9	383,9625	0	$5 \times 391,3375 + (-3 \times 393,7125) + (-1 \times 391,9875)$



Projektmanager

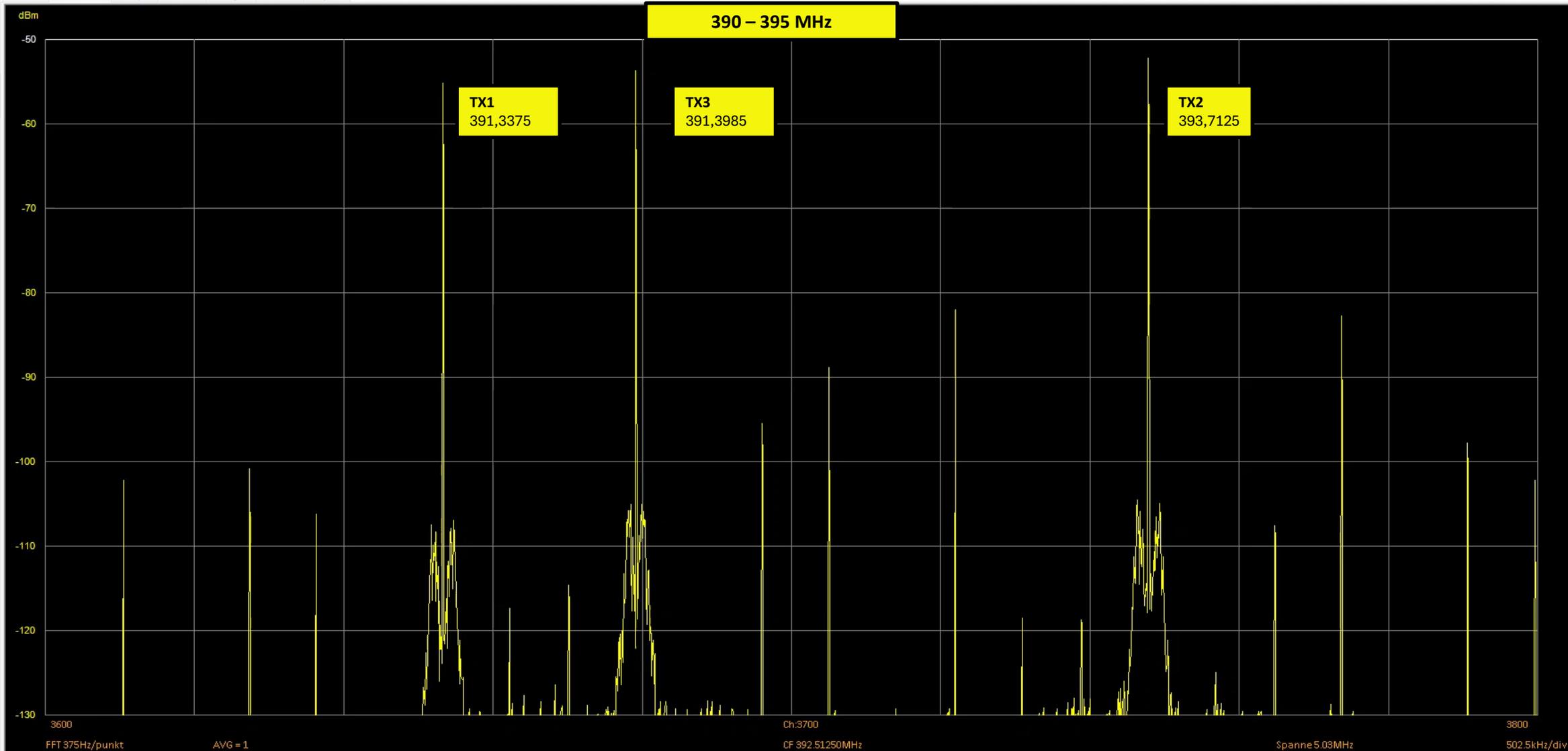
1. Funkversorgung im Objekt

2. Umfeldmessung

3. Panoramamessung

4. Spektrale Betrachtung

5. Entrance Evaluation



GPS dekodieren... \$GNGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,

Marker
 MK1 MK3
 MK2 MK4

MK -> CF

Set Center Frequency

CH

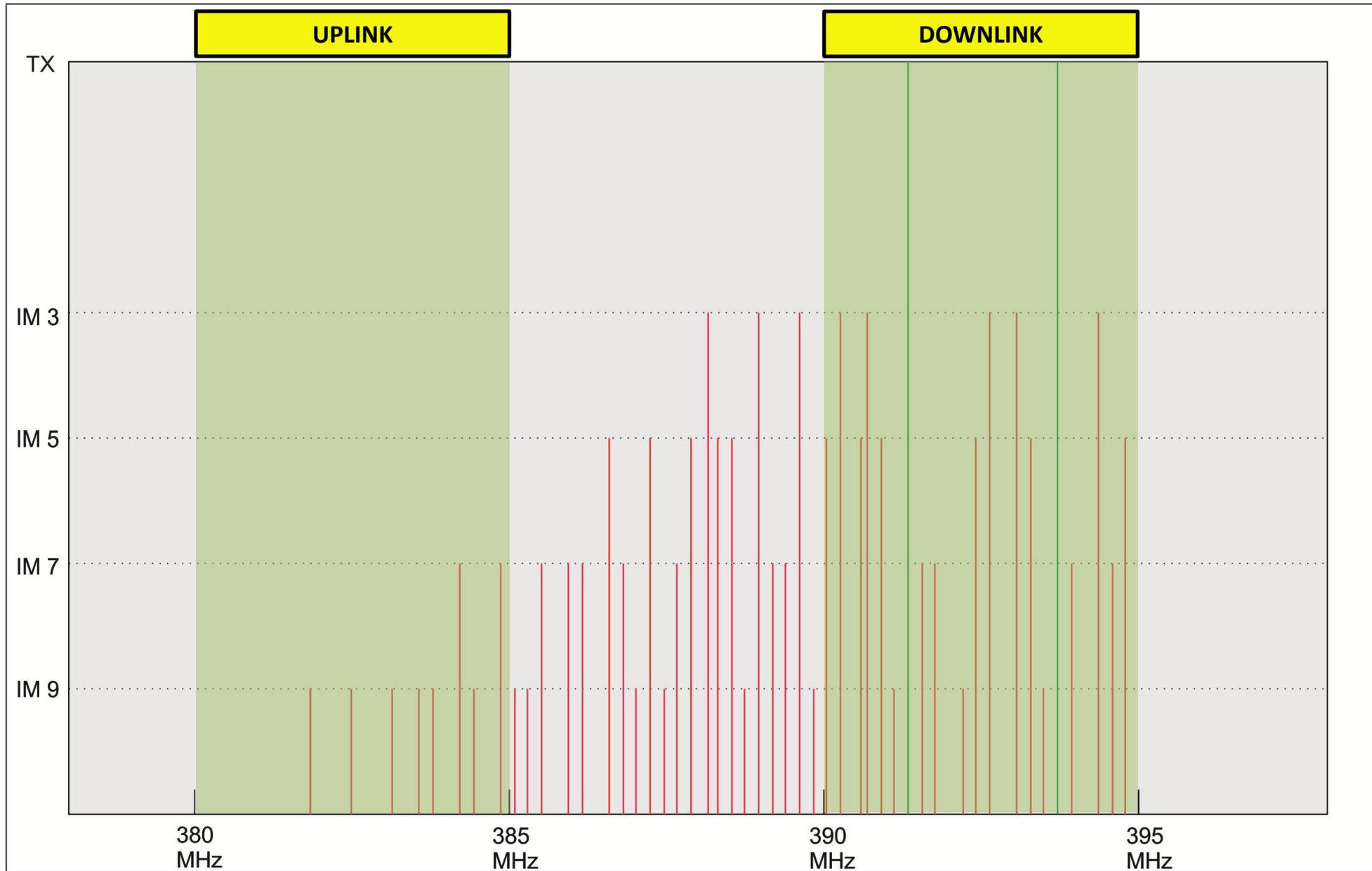
Spur
 Max Hold aktiviere
 Min Hold aktiviere

Spektrum
 dB Per Div 10 dB/div
 Ref Level -50 dBm
 Darstellung Off

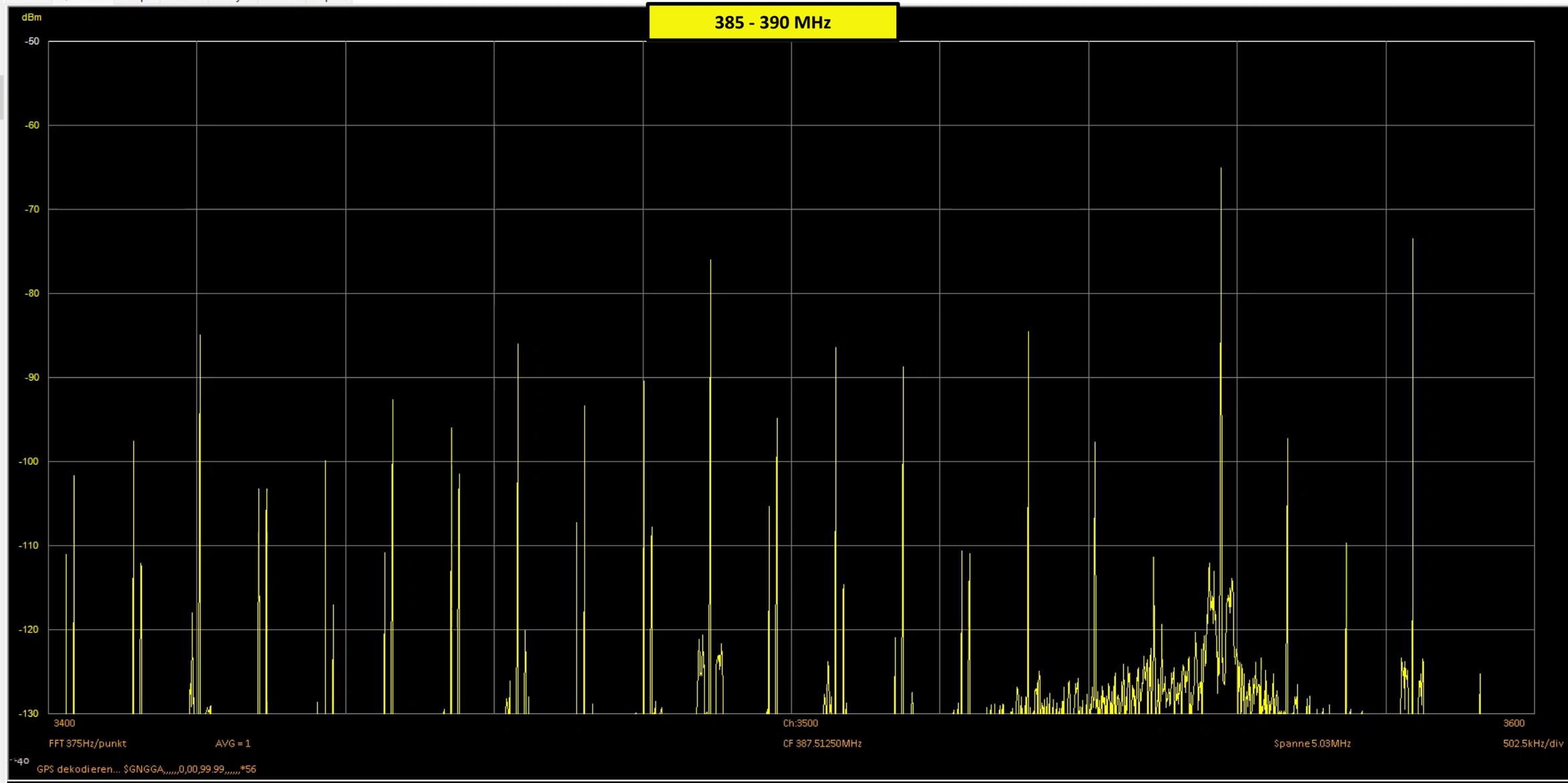
REC / Play-Datei

Rec Time 10sec

Start REC



- Projektmanager
- 1. Funkversorgung im Objekt
- 2. Umfeldmessung
- 3. Panoramamessung
- 4. Spektrale Betrachtung
- 5. Entrance Evaluation



Marker: MK1 MK2 MK3 MK4

Set Center Frequency: CH

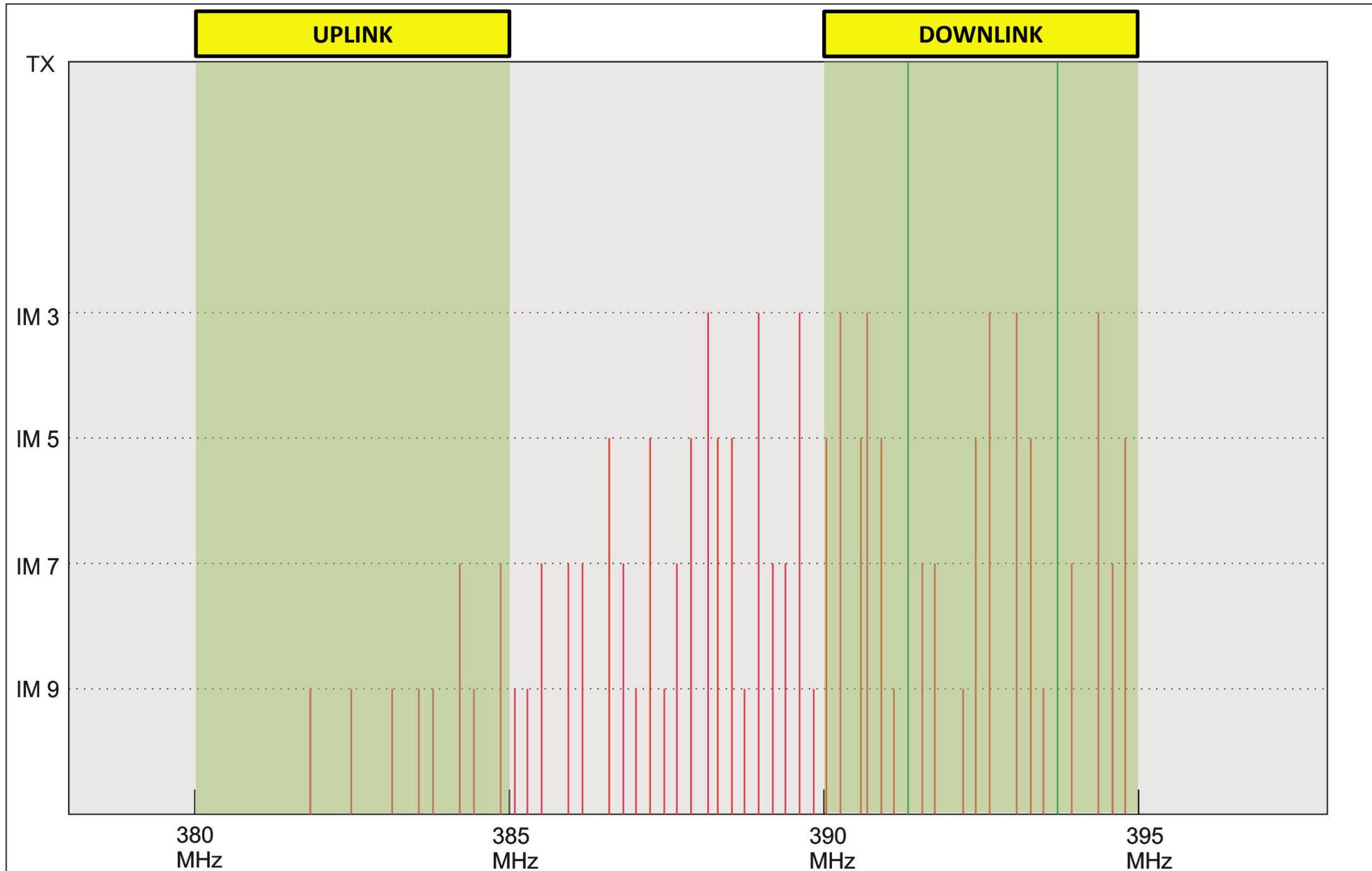
Spur: Max Hold aktiviere Min Hold aktiviere

Spektrum: dB Per Div: dB/div AVG: Ref Level: dBm SPC/WTF: %

Darstellung: Div: X

REC / Play-Datei: Rec Time:

GPS dekodieren... \$GNRGA,,,,,0,00,99,99,,,,,*56



Projektmanager

1. Funkversorgung im Objekt

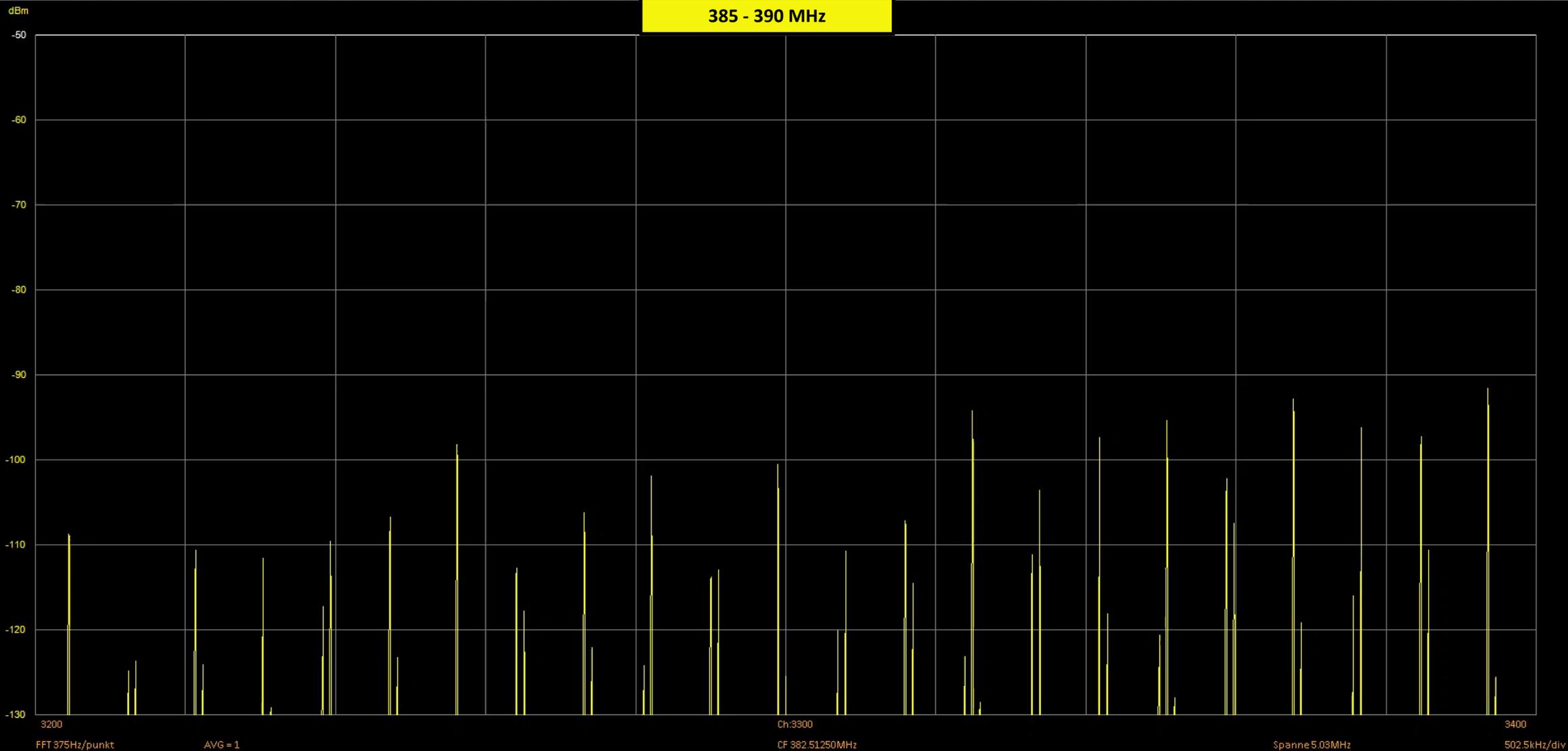
2. Umfeldmessung

3. Panoramamessung

4. Spektrale Betrachtung

5. Entrance Evaluation

385 - 390 MHz



GPS dekodieren... \$GNGGA,,,,,0,00,99,99,,,,,

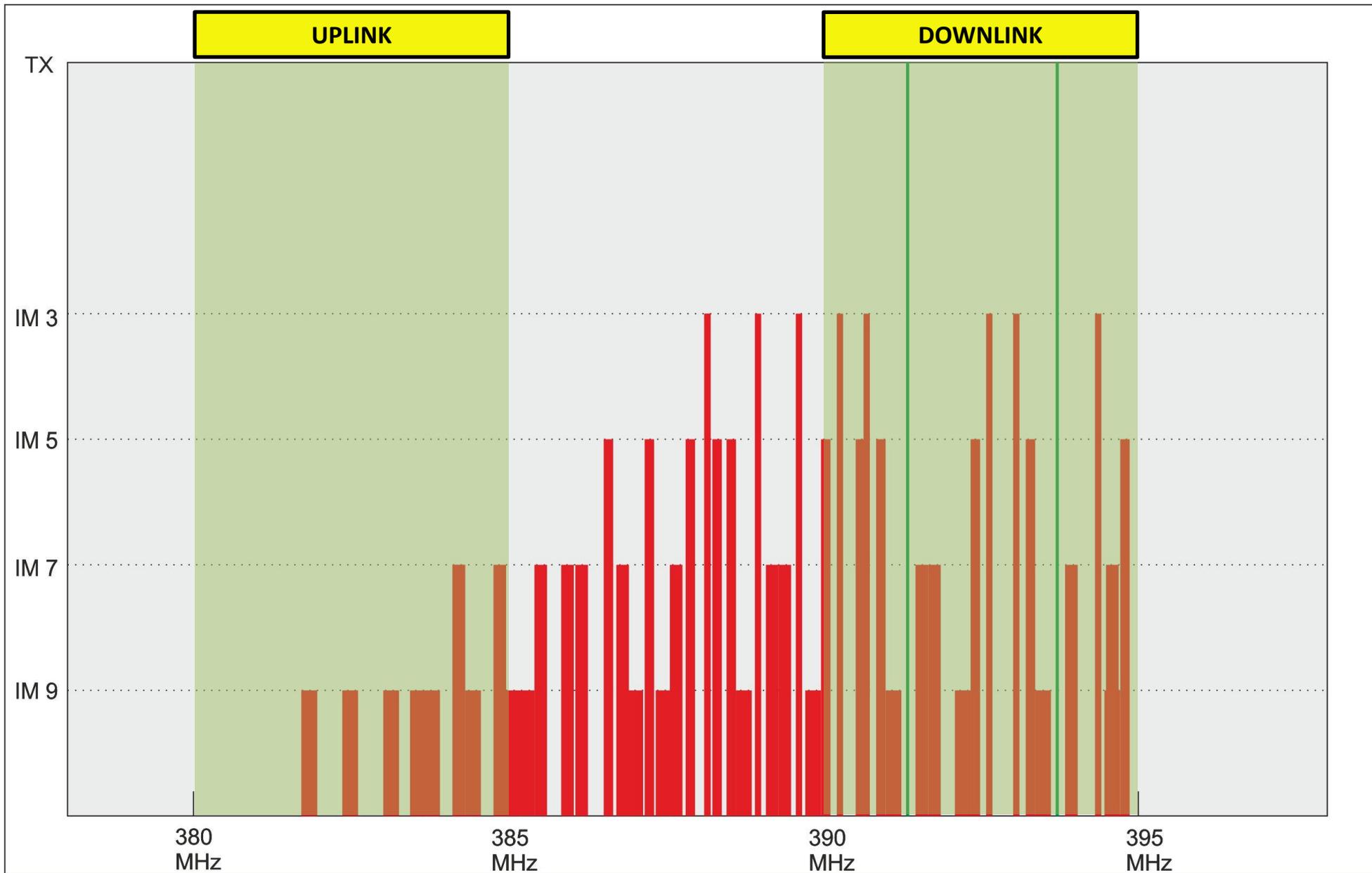
Marker
 MK1
 MK2
 MK3
 MK4

Set Center Frequency
 CH

Spur
 Max Hold aktiviere
 Min Hold aktiviere

Spektrum
 dB Per Div: 10 dB/div
 Ref Level: -50 dBm
 Darstellung: Off

REC / Play-Datei
 Rec Time: 10sec



390 – 395 MHz

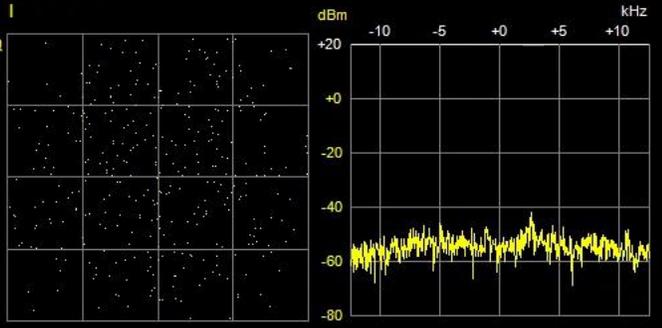
PRJ
IHC
FM
PM
SV
EN



CF 392.51250MHz (3700)

CH 3748 - Freq 393.7125MHz

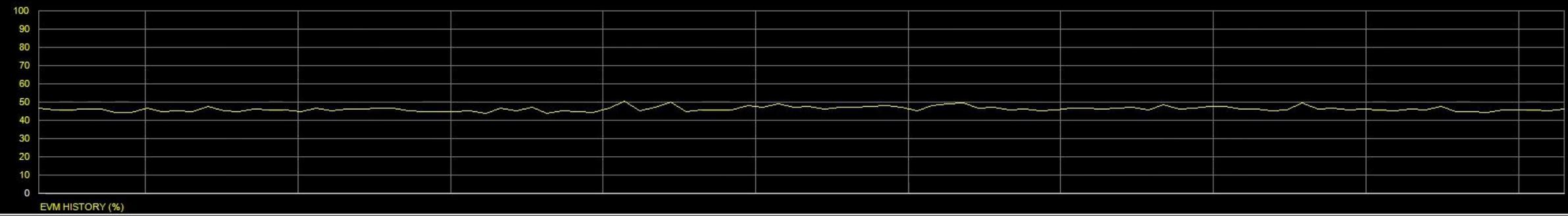
CP -39.91dBm
LAC 11452(2cbc)Q



Main DL	393712500	RealTime EVM	45.97%
Main UL	383712500	Min EVM	2.68%
MainCH	3748	Max EVM	100.07%
MCC	262(de)	AVG EVM	21.87%
MNC	1001	Disp EVM	44.85%
FN	10	Sigma	21.97
MN	17	Counter	1044
FER	312.38Hz	Count_min	543
NeighBours	3671 3688 3650 3783 3666	Time	0.00:01:55
	3686 3635 3731		

CH dekodieren
 Frequenz CH
 MHz

 Kanal mit Pfeiltaste verschieben



Marker
 MK1 MK3
 MK2 MK4

Einstellung der Mittenfrequenz CH
 Wechseln zu MHz

Spektrum
 dB Per Div 5 dB/div
 Ref Level 40 dBm
 Darstellung Modus CP Off Div X 10

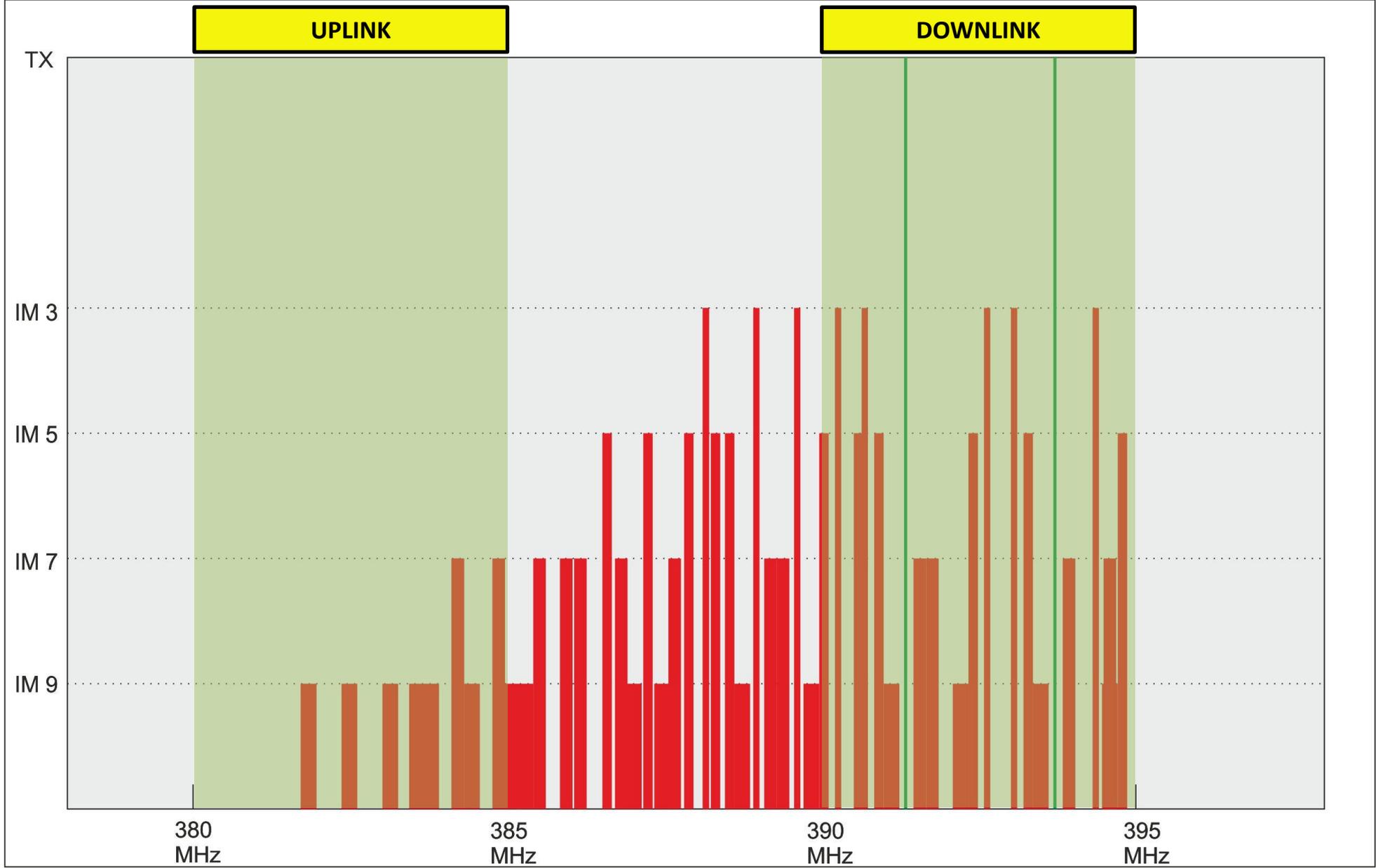
EVM History
 Max % 100

Spektrum 25kHz
 dB Per Div 20 dB/div
 Ref Level 20 dBm

Konstellation
 Typ Point

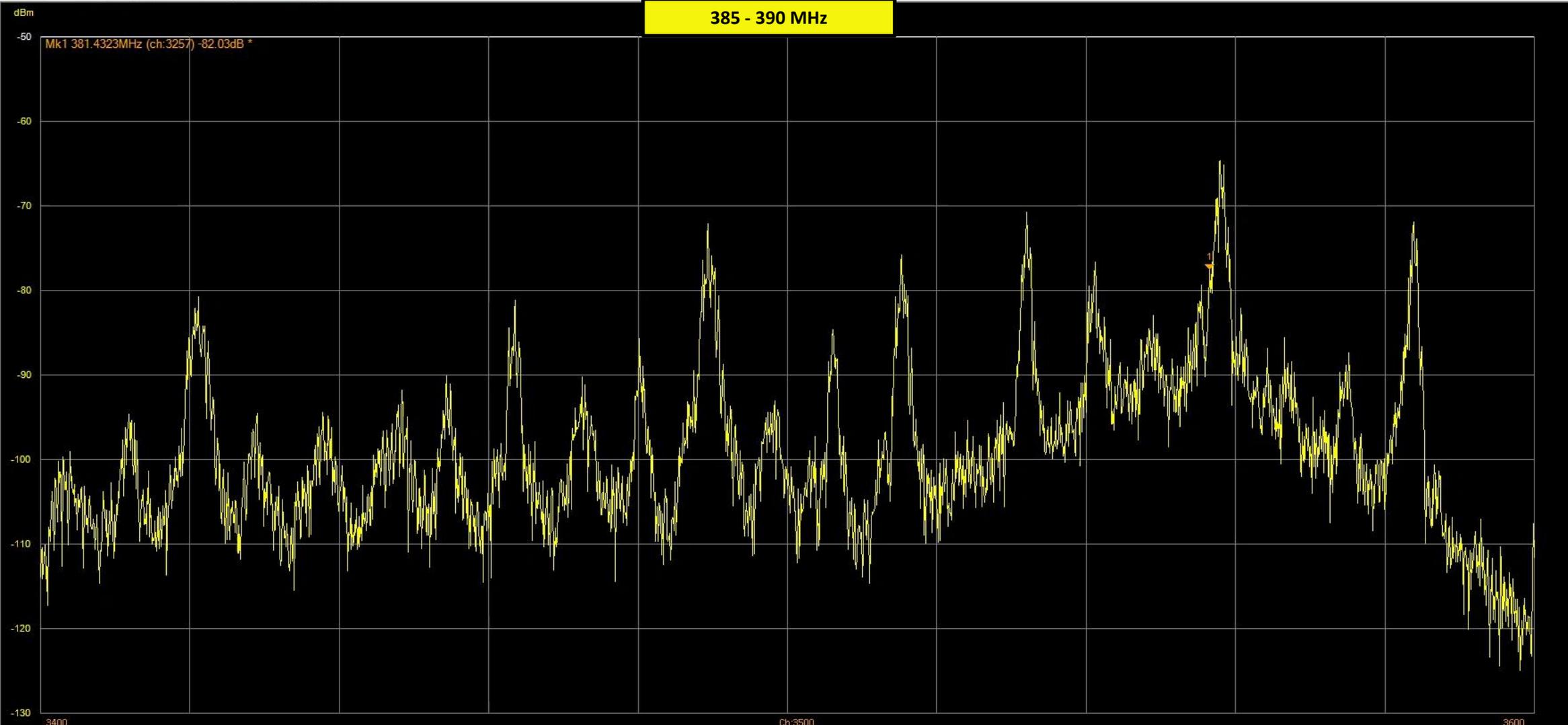
REC / Play-Datei
 Rec Time 10sec

 Play-Datei



- Projektmanager
- 1. Funkversorgung im Objekt
- 2. Umfeldmessung
- 3. Panoramamessung
- 4. Spektrale Betrachtung
- 5. Entrance Evaluation

385 - 390 MHz



3400 Ch:3500 3600
 FFT 375Hz/punkt AVG = 1 CF 387.51250MHz Spanne 5.03MHz 502.5kHz/div

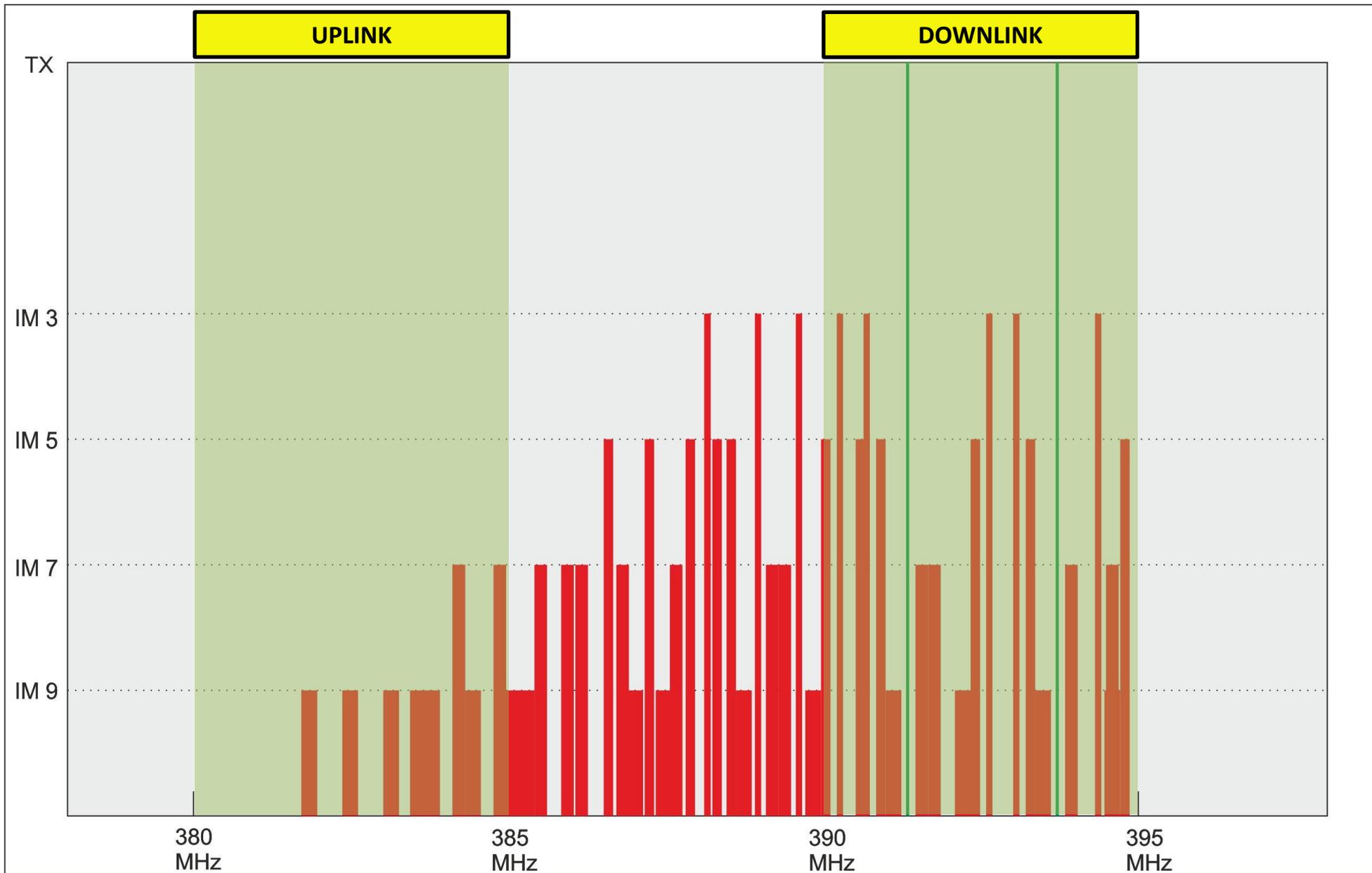
Marker
 MK1 MK3
 MK2 MK4
 Set Center Frequency CH

Spur
 Max Hold aktiviere
 Min Hold aktiviere

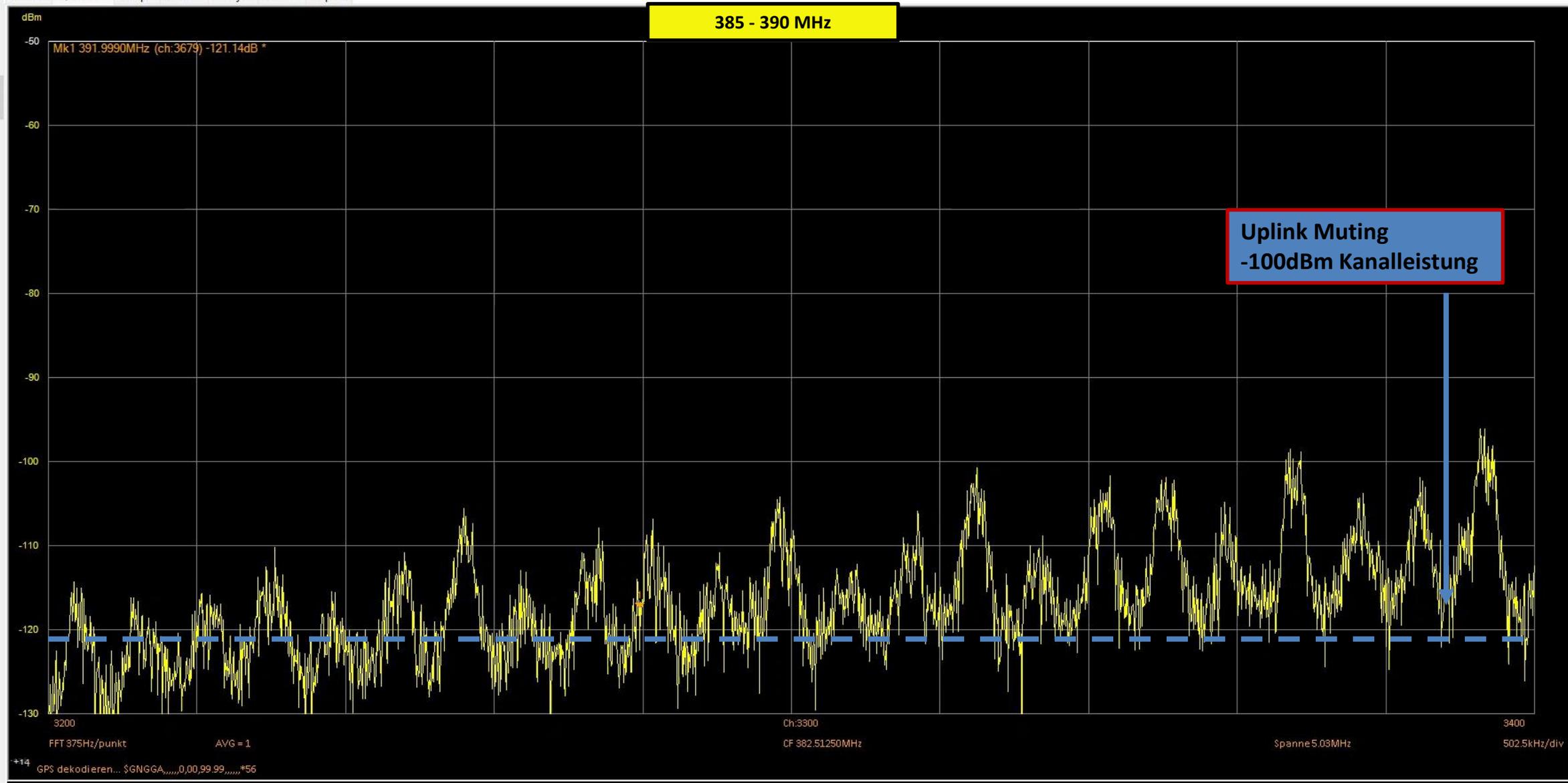
Spektrum
 dB Per Div 10 dB/div AVG 1
 Ref Level -50 dBm SPC/WTF 100 %
 Darstellung

REC / Play-Datei
 Rec Time 10sec

+14 GPS dekodieren... \$GNRGA,,,,,0,00,99,99,,,,,



- Projektmanager
- 1. Funkversorgung im Objekt
- 2. Umfeldmessung
- 3. Panoramamessung
- 4. Spektrale Betrachtung
- 5. Entrance Evaluation

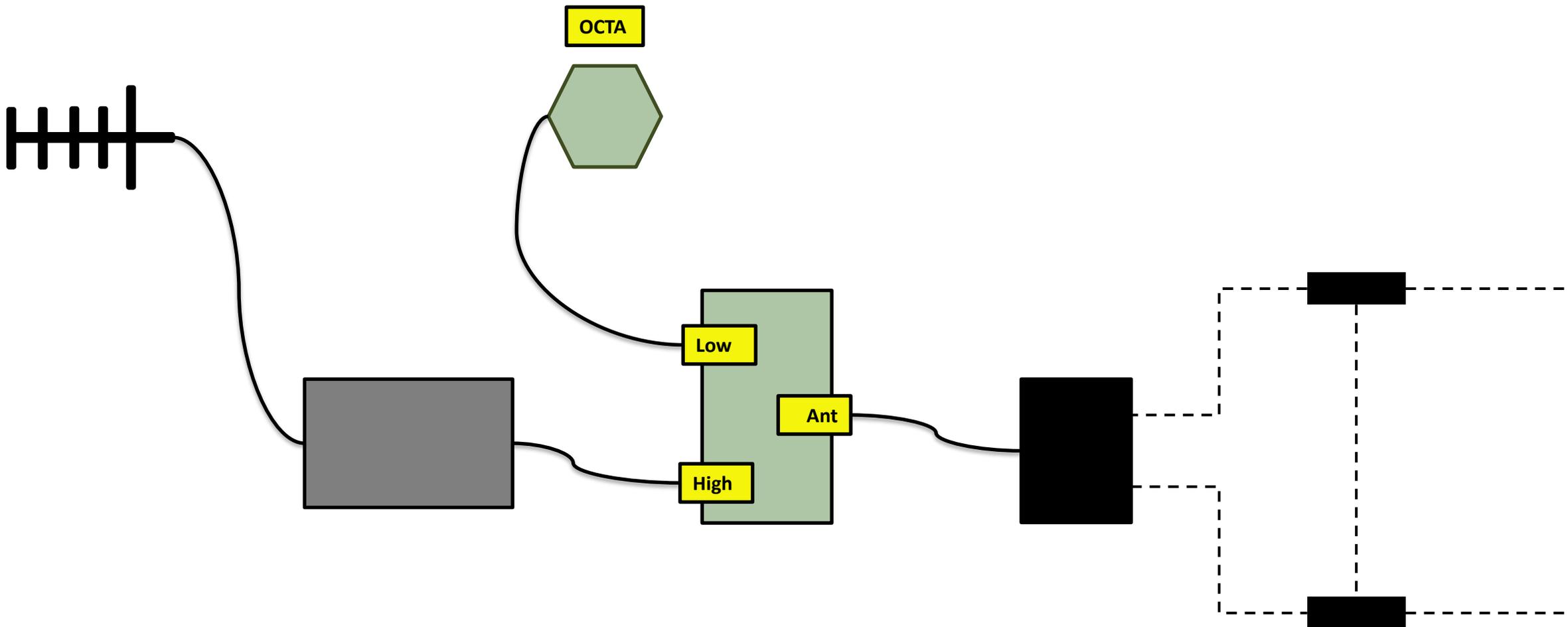


Control panel for the spectrum analyzer:

- Marker:**
 - MK1
 - MK2
 - MK3
 - MK4
 - Buttons: MK -> CF, CH
- Spur:**
 - Max Hold aktiviere
 - Min Hold aktiviere
- Spektrum:**
 - dB Per Div: 10 dB/div
 - Ref Level: -50 dBm
 - AVG: 1
 - SPC/WTF: 100 %
 - Darstellung: Off
- REC / Play-Datei:**
 - Rec Time: 10sec
 - Start REC button

+14 GPS dekodieren... \$GNRGA,,,,,0,00,99,99,,,,,*56

TMO-Repeater Messaufbau



Donor Antenne

TMO Repeater

Low Pim Duplexfilter

DAS Verteilsystem

Empfehlung: In kritischen Anwendungen sollten **PIM-zertifizierte Komponenten** (nach IEC 62037) verwendet werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

