

FreeDV Treffen Anfang Januar 2022

1. Begrüßung (Andreas, DM4AB)
2. Feedback Funktermine, Planung nächste Treffen (alle)
3. kurzer Rückblick „Vorwärts-Fehlerkorrektur (**FEC**)“
4. Daten für den Übertragungskanal: Bit, **Symbol**, Symbolrate, Symbole parallel
5. **Ebenen** (Funktionsblöcke) im FreeDV System
6. Multi-Carrier PSK, **Clipping** in FreeDV, Nutzung der FEC
7. offene Diskussion

2. Feedback zu den wöchentlichen Funkterminen

bisher einiges ausprobiert...

- 40m tagsüber, eher spontan
- 80m in den Abendstunden, geplant
- immer mit BBB-Unterstützung
- zwischen 2..8 Teilnehmer
- erfordert erhebliche Disziplin:
→ nicht jeder hört immer jeden
- mein Eindruck: Modus 700E funktioniert am verlässlichsten?

→ machen wir so weiter?

Kalender 2022

Januar							
kw	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
52						1	2
1	3	4	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14	15	16
3	17	18	19	20	21	22	23
4	24	25	26	27	28	29	30
5	31						

2. Planung nächste Treffen

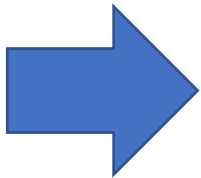
- wir treffen uns am **Donnerstag** ab 19:30 Uhr auf 3.625 kHz zum wöchentlichen Funken (Ausnahme: 27. Januar 2022)
- **zusätzlicher Funktermin: Samstag, ab 13:30 Uhr primär 80m, versuchsweise auch 40m**
- unserer nächster Plenartermine wird sein
 - Donnerstag, **27. Januar**, ab 19:30 Uhr

Kalender 2022


Januar							
kw	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
52						1	2
1	3	4	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14	15	16
3	17	18	19	20	21	22	23
4	24	25	26	27	28	29	30
5	31						

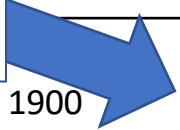
FreeDV Treffen Anfang Januar 2022

1. Begrüßung (Andreas, DM4AB)
2. Feedback Funktermine, Planung nächste Treffen (alle)
3. kurzer Rückblick „Vorwärts-Fehlerkorrektur (**FEC**)“
4. Daten für den Übertragungskanal: Bit, **Symbol**, Symbolrate, Symbole parallel
5. **Ebenen** (Funktionsblöcke) im FreeDV System
6. Multi-Carrier PSK, **Clipping** in FreeDV, Nutzung der FEC
7. offene Diskussion

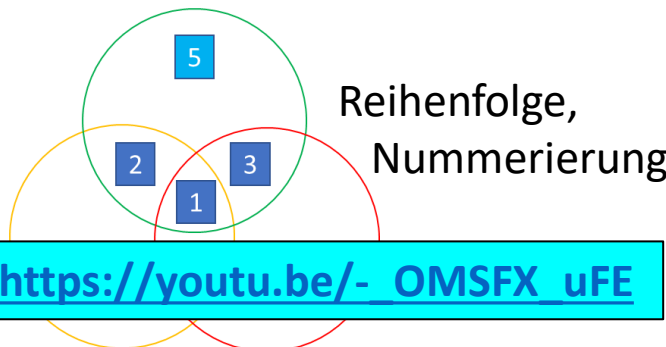


3. Fehlerkorrektur Rückblick

	Date	Codec		Modem	Pilot	Diversity	RF BW	Raw bits/s	Fehler-Korrektur	Text	SNR min	Multipath
1600	2012	Codec2	1300	14 DQPSK	DBPSK	-	1125	1600	Golay (23,12)	X	4	poor
700C	2017	Codec2	700C	14 carrier coherent QPSK	-	yes	1500	1400		-	2	good
700D	2018	Codec2	700C	17 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1000	1900	LDPC (224,112)	X	-2	fair
700E	2020	Codec2	700C	21 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1500	3000	LDPC (112,56)	X	1	good
2020	2019	LPCNet 1733		31 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1600	3000	LDPC (504,396)	X22.2	2	poor

Fehler korrigieren 

3. Fehlerkorrektur



Video mit Erklärung unter <https://youtu.be/- OMSFX uFE>

Hamming-Code (7,4)
insgesamt 7bit lang,
davon 4bit Nutzdaten

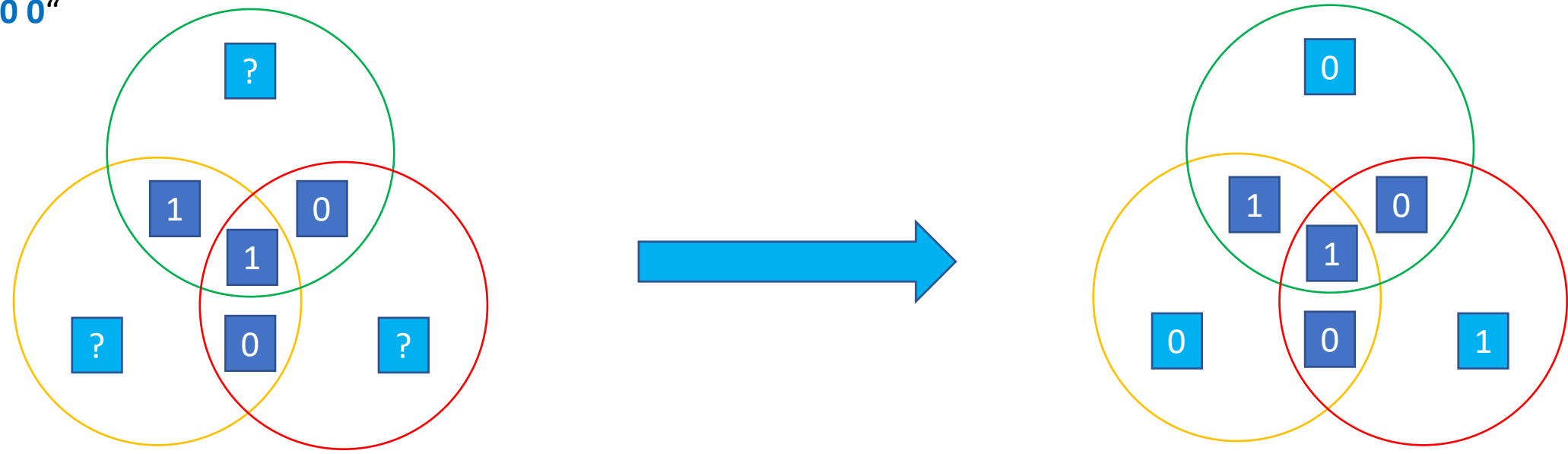
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Hamming-Code (7,4) Encoder									
	Auswahl-Spalte	Nutzdaten-Bits				Redundanz-Bits			
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	0	0	0	1	0	1	1	1
6	2	0	0	1	0	1	1	0	0
7	3	0	0	1	1	1	0	1	1
8	4	0	1	0	0	1	0	1	1
9	5	0	1	0	1	1	1	1	0
10	6	0	1	1	0	0	1	1	1
11	7	0	1	1	1	0	0	0	0
12	8	1	0	0	0	1	1	1	1
13	9	1	0	0	1	1	1	0	0
14	10	1	0	1	0	0	0	0	1
15	11	1	0	1	1	0	1	1	0
16	12	x	1	1	0	0	0	1	0
17	13		1	1	0	1	0	0	1
18	14		1	1	1	0	1	0	0
19	15		1	1	1	1	1	1	1
20									
21		---->	1	1	0	0	0	1	0

23	Bit-Error							Bit-Error	
24		↓	↓	↓	↓	↓	↓		
25		1	1	0	0	0	1	0	Quell-Symbol mit Fehler
26	Hamming-Code (7,4) Entscheider								
27	0	1	1	0	0	0	1	0	3
28	1	1	1	0	1	0	0	1	4
29	2	1	1	1	0	1	0	0	4
30	3	1	1	1	1	1	1	1	7
31	4	1	0	0	0	1	1	1	4
32	5	1	0	0	1	1	0	0	3
33	6	1	0	1	0	0	0	1	3
34	7	1	0	1	1	0	1	0	4
35	8	0	1	0	0	1	0	1	3
36	9	0	1	0	1	1	1	0	4
37	10	0	1	1	0	0	1	1	4
38	11	0	1	1	1	0	0	0	3
39	12	0	0	0	0	0	0	0	0
40	13	0	0	0	1	0	1	1	3
41	14	0	0	1	0	1	1	0	3
42	15	0	0	1	1	1	0	1	4
43									
44									0
45									minimale Abweichung
46									

Hamming-Code (7,4)
 insgesamt 7bit lang,
 davon 4bit Nutzdaten

3. Fehlerkorrektur Rückblick (Information, Redundanz)

angenommene Nutzdaten: „1 1 0 0“
 Video mit Erklärung unter <https://youtu.be/- OMSFX uFE>



Information sind nur 4bits

übertragen werden aber **7bit Daten**

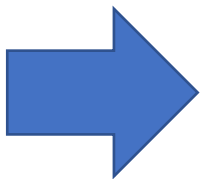
bestimmt/
 erfordert
 Bandbreite
 (raw bit/s)

die 3 zusätzlichen Bits sind **Redundanz**

man kann **Irrelevanz** weglassen, ohne dass das Fehlen auffällt


FreeDV Treffen Anfang Januar 2022

1. Begrüßung (Andreas, DM4AB)
2. Feedback Funktermine, Planung nächste Treffen (alle)
3. kurzer Rückblick „Vorwärts-Fehlerkorrektur (**FEC**)“
4. Daten für den Übertragungskanal: Bit, **Symbol**, Symbolrate, Symbole parallel
5. **Ebenen** (Funktionsblöcke) im FreeDV System
6. Multi-Carrier PSK, **Clipping** in FreeDV, Nutzung der FEC
7. offene Diskussion




4. Daten für den Übertragungskanal aufbereiten

Bit, Symbol, Symbolrate, parallel übertragene Symbole

	Date	Codec		Modem	Pilot	Diversity	RF BW	Raw bits/s	Fehler-Korrektur	Text	SNR min	Multipath
1600	2012	Codec2	1300	14 DQPSK	DBPSK	-	1125	1600	Golay (23,12)	X	4	poor
700C	2017	Codec2	700C	14 carrier coherent QPSK	-	yes	1500	1400		-	2	good
700D	2018	Codec2	700C	17 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1000	1900	LDPC (224,112)	X	-2	fair
700E	2020	Codec2	700C	21 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1500	3000	LDPC (112,56)	X	1	good
2020	2019	LPCNet 1733		31 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1600	3000	LDPC (504,396)	X22.2	2	poor

Bit/s vs. Baud



4. bit/s vs. Baud vs. Bandbreite

- Baud: Symbole pro Sekunde
- 1 Baud \geq 1 bit/s
- und wie ging dann?
 2400 bit/s? \rightarrow mit 1200 Baud
 4800 bit/s \rightarrow mit 1600 Baud

At 2400 bits per second the data stream is divided into groups of two bits (**dibits**).

Dibit values	Phase change (see Note)
00	0°
01	90°
11	180°
10	270°

Note - The phase change is the actual on-line phase shift in the transition region from the centre of one signalling element to the centre of the following signalling element.

The data stream to be transmitted is divided into groups of three consecutive bits (**tribits**).

Tribit values			Phase change (see Note)
0	0	1	0°
0	0	0	45°
0	1	0	90°
0	1	1	135°
1	1	1	180°
1	1	0	225°
1	0	0	270°
1	0	1	315°



man sagte immer „300 Baud“, und es waren 300 bit/s (höchstens!)

„In den 1980er-Jahren war der Betrieb von selbst gebauten Akustikkopplern im Telefonnetz der Deutschen Bundespost illegal und mit hohen Geldstrafen belegt.“
 (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Akustikkoppler>)

4. bit/s vs. Baud vs. Bandbreite

- Baud: Symbole pro Sekunde
- 1 Baud \geq 1 bit/s
- und wie ging dann?
 2400 bit/s? \rightarrow mit 1200 Baud
 4800 bit/s \rightarrow mit 1600 Baud

At 2400 bits per second the data stream is divided into groups of two bits (**dibits**).

Dibit values	Phase change (see Note)
00	0°
01	90°
11	180°
10	270°

Note - The phase change is the actual on-line phase shift in the transition region from the centre of one signalling element to the centre of the following signalling element.

The data stream to be transmitted is divided into groups of three consecutive bits (**tribits**).

Tribit values			Phase change (see Note)
0	0	1	0°
0	0	0	45°
0	1	0	90°
0	1	1	135°
1	1	1	180°
1	1	0	225°
1	0	0	270°
1	0	1	315°

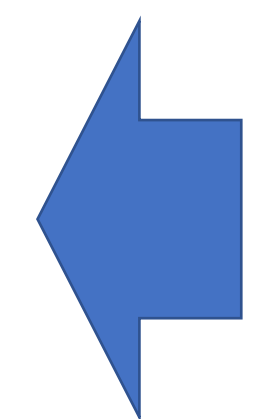


Erkenntnis:

- man fasst ein oder mehr Bits zu einem Symbol zusammen
- dadurch reduziert sich die erforderliche Bandbreite bei gegebener Datenrate
- entscheidend für die Bandbreite: Symbole/s (Baud)

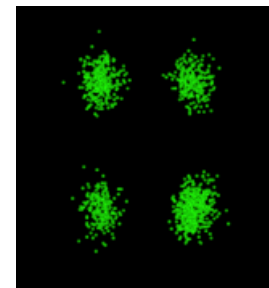
4. bit/s vs. Baud vs. Bandbreite

Modem	Pilot	Diversity	RF BW	Raw bits/s
14 DQPSK	DBPSK	-	1125	1600
14 carrier coherent QPSK	-	yes	1500	1400
17 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1000	1900
21 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1500	3000



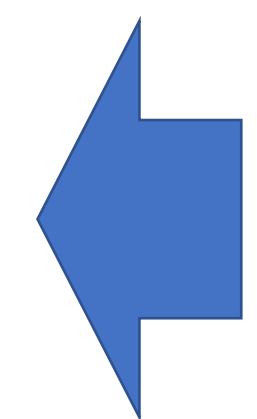
Erkenntnis:

- man fasst ein oder mehr Bits zu einem Symbol zusammen
- dadurch reduziert sich die erforderliche Bandbreite bei gegebener Datenrate
- entscheidend für die Bandbreite: Symbole/s (Baud)



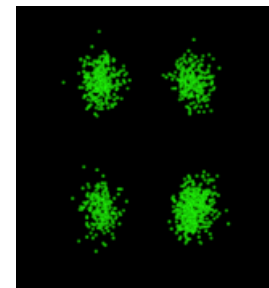
4. bit/s vs. Baud vs. Bandbreite

Modem	Pilot	Diversity	RF BW	Raw bits/s
14 DQPSK	DBPSK	-	1125	1600
14 carrier coherent QPSK	-	yes	1500	1400
17 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1000	1900
21 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1500	3000



Erkenntnis:

- man fasst ein oder mehr Bits zu einem Symbol zusammen
- dadurch reduziert sich die erforderliche Bandbreite bei gegebener Datenrate
- entscheidend für die Bandbreite: Symbole/s (Baud)



... und das geht nicht beliebig weit, denn es existiert eine praktische, durch Informations-Theorie belegte Grenze: **Shannon-Hartley-Gesetz**

4. bit/s vs. Baud vs. Bandbreite

Themen-Vorschlag für das nächste Treffen ??

Modem	Pilot	Diversity	RF BW	Raw bits/s
14 DQPSK	DBPSK	-	1125	1600
14 carrier coherent QPSK	-	yes	1500	1400
17 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1000	1900
21 carrier coherent OFDM/QPSK	-	-	1500	3000

Shannon-Hartley-Gesetz

Das **Shannon-Hartley-Gesetz** beschreibt in der Nachrichtentechnik die theoretische Obergrenze der **Bitrate** eines **Übertragungskanal**s in Abhängigkeit von **Bandbreite** und **Signal-zu-Rausch-Verhältnis**, über den mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eine fehlerfreie Datenübertragung möglich ist. Es ist nach **Claude Elwood Shannon** und **Ralph Hartley** benannt. [1][2]

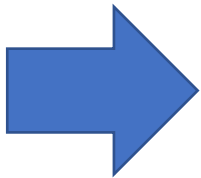
In der Praxis wird die erzielbare Bitrate von Eigenschaften wie der **Kanalkapazität** und von Verfahren wie der **Kanalkodierung** beeinflusst. Das **Shannon-Hartley-Gesetz** liefert das theoretische Maximum, das mit einer hypothetischen optimalen Kanalkodierung erreichbar ist, ohne darüber Auskunft zu geben, mit welchem Verfahren dieses Optimum zu erreichen ist.

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Shannon-Hartley-Gesetz>

... und das geht nicht beliebig weit, denn es existiert eine praktische, durch Informations-Theorie belegte Grenze: **Shannon-Hartley-Gesetz**

FreeDV Treffen Anfang Januar 2022

1. Begrüßung (Andreas, DM4AB)
2. Feedback Funktermine, Planung nächste Treffen (alle)
3. kurzer Rückblick „Vorwärts-Fehlerkorrektur (**FEC**)“
4. Daten für den Übertragungskanal: Bit, **Symbol**, Symbolrate, Symbole parallel
5. **Ebenen** (Funktionsblöcke) im FreeDV System
6. Multi-Carrier PSK, **Clipping** in FreeDV, Nutzung der FEC
7. offene Diskussion



5. Ebenen im FreeDV System

(von unten angefangen)

- Funk-Kanal mit 3kHz Bandbreite
- charakterisiert durch Fading mit großem Dynamikumfang (Frequenzselektiv und flat)
- und zusätzlichem Rauschen, Störungen und Aussendungen von anderen Stationen
- „physikalische Schicht“
- Modem / Akustik-Koppler ☺



Kanal

eine Initiative des



5. Ebenen im FreeDV System

(von unten angefangen)

- Funk-Kanal mit 3kHz Bandbreite
- charakterisiert durch Fading mit großem Dynamikumfang (Frequenzselektiv und flat)
- und zusätzlichem Rauschen, Störungen und Aussendungen von anderen Stationen
- „physikalische Schicht“
- Modem / Akustik-Koppler 😊

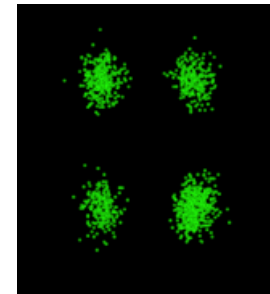
TRX

Kanal

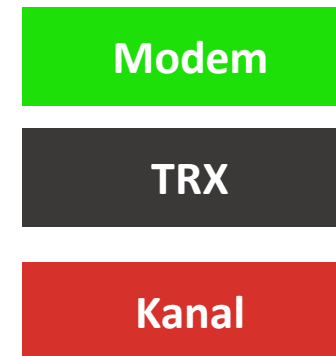


5. Ebenen im FreeDV System

- dann brauchen wir irgendwie ein Audio-Signal zum Modulieren des TRX
- da nehmen wir mit FreeDV aktuell ein Multi-Träger QPSK Signal (bits werden zu Symbolen)
- warum Multi-Träger?
- wäre alles auf einem Träger, die Symbole würden sich zeitlich überlagern!
 - 700 bit/s → 1 Bit dauert 1.4ms
 - 300km @ Lichtgeschwindigkeit → dauern 1ms

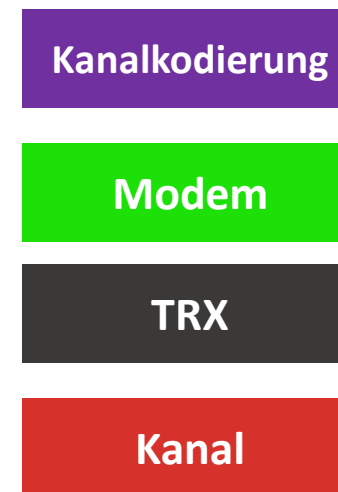



Modem	Pil
14 DQPSK	DE
14 carrier coherent QPSK	-
17 carrier coherent OFDM/QPSK	-
21 carrier coherent OFDM/QPSK	-
31 carrier coherent OFDM/QPSK	-



5. Ebenen im FreeDV System

- leider haben wir dann aber immer noch Übertragungsfehler (Bitfehler durch gestörte oder falsch erkannte Symbole)
- wobei die Störungen vorwiegend bedingt sind durch Kanal und durch die Ausführung des Modems
(daher müssen beide halbwegs zueinander passen)
- Vorsorge z.B. durch eine vorausschauende Kodierung -> Teil einer **Kanalkodierung**
- Kanalkodierung kennt noch mehr Methoden, Fehlerkorrektur ist nur eine davon



Fehler-Korrektur	Te
Golay (23,12)	X
	-
LDPC (224,112)	X
LDPC (112,56)	X
LDPC (504,396)	X ₂

5. Ebenen im FreeDV System

- dann geht aber trotzdem mal etwas *schief* und die Kanalkodierung kann es nicht mehr *richten*
- dann würde man eigentlich die Daten noch einmal anfordern (Ausfallkompensation)
- das scheidet bei einem „Stream“ leider aus
- FreeDV versucht dann zu schätzen / **interpolieren**

Interpolierer

Kanalkodierung

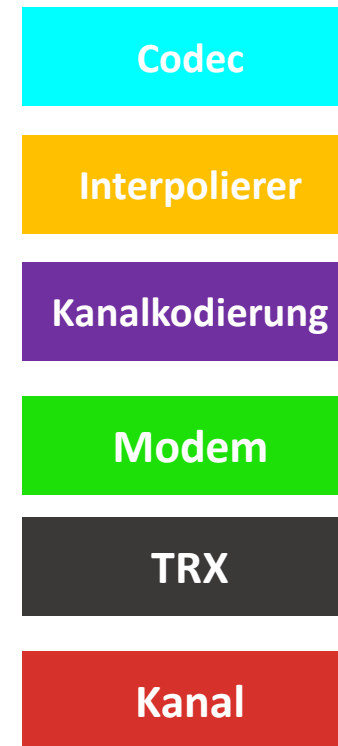
Modem

TRX

Kanal

5. Ebenen im FreeDV System

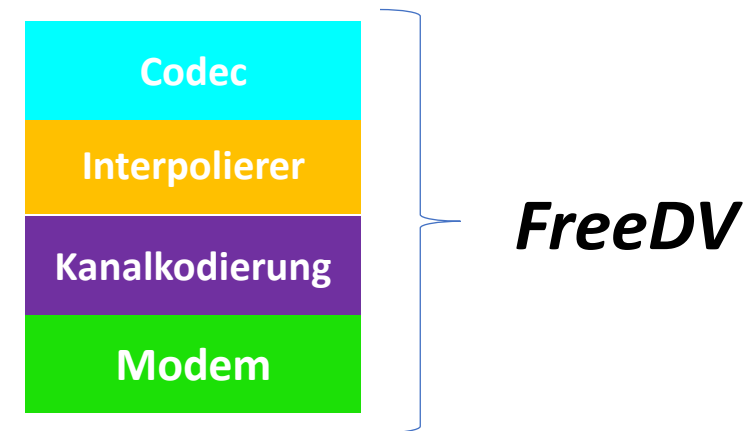
- Anfang und Ende ist der Sprach-Codec
- könnten wir mehr Daten gut und sicher übertragen, wäre mehr Sprach-Qualität möglich
- hätten wir einen besseren „Sprach-Schätzer“, wäre die Sprach-Qualität besser
- wäre der Sprach-Schätzer besser auf die Übertragungsfehler im System abgestimmt, ...



Codec		1
Codec2	1300	1
Codec2	700C	1
Codec2	700C	1
Codec2	700C	1
LPCNet 1733		3

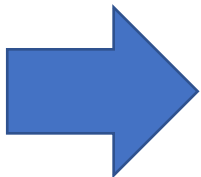
5. Ebenen im FreeDV System

- Anfang und Ende ist der **Sprach-Codec**
- könnten wir mehr Daten gut und sicher übertragen, wäre mehr Sprach-Qualität möglich
- hätten wir einen besseren „Sprach-Schätzer“, wäre die Sprach-Qualität besser
- wäre der Sprach-Schätzer besser auf die Übertragungsfehler im System abgestimmt, ...

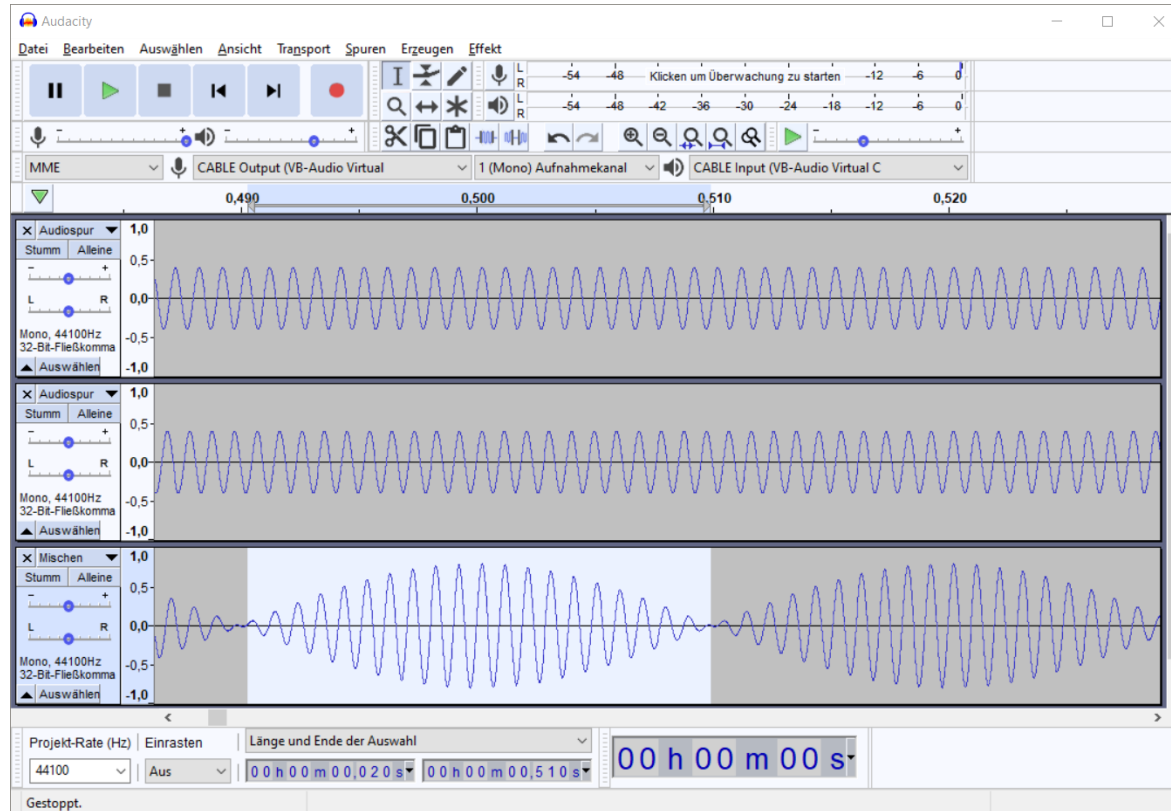


FreeDV Treffen Anfang Januar 2022

1. Begrüßung (Andreas, DM4AB)
2. Feedback Funktermine, Planung nächste Treffen (alle)
3. kurzer Rückblick „Vorwärts-Fehlerkorrektur (**FEC**)“
4. Daten für den Übertragungskanal: Bit, **Symbol**, Symbolrate, Symbole parallel
5. Ebenen im FreeDV System
6. Multi-Carrier PSK, **Clipping** in FreeDV, Nutzung der FEC
7. offene Diskussion



6. Multi-Carrier PSK, Clipping

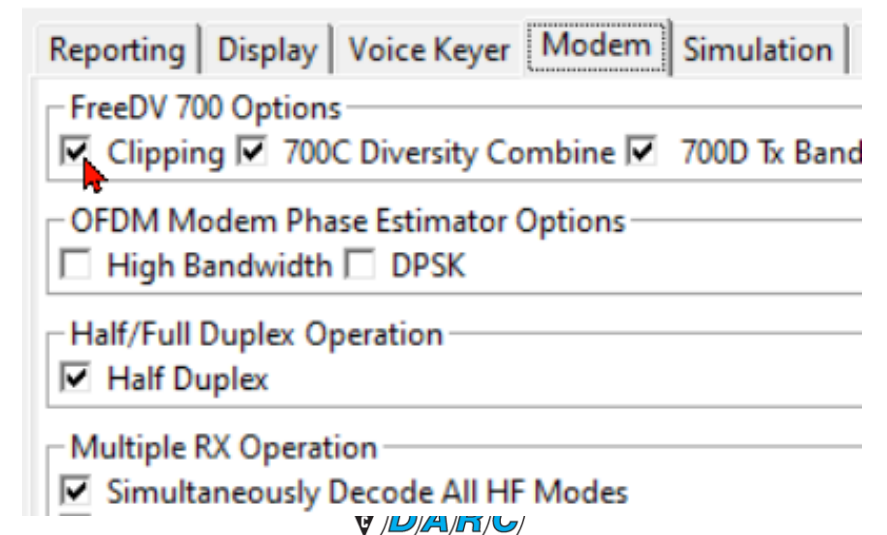


Darstellung von letzten Treffen:

→ überlagerte einzelträger führen zu Maxima bzw. Auslöschung, abhängig von der Phasenlage

- da ist doch eine Einstellung unter (Tools → Options → Modem → **Clipping**)
- was macht das?

Options

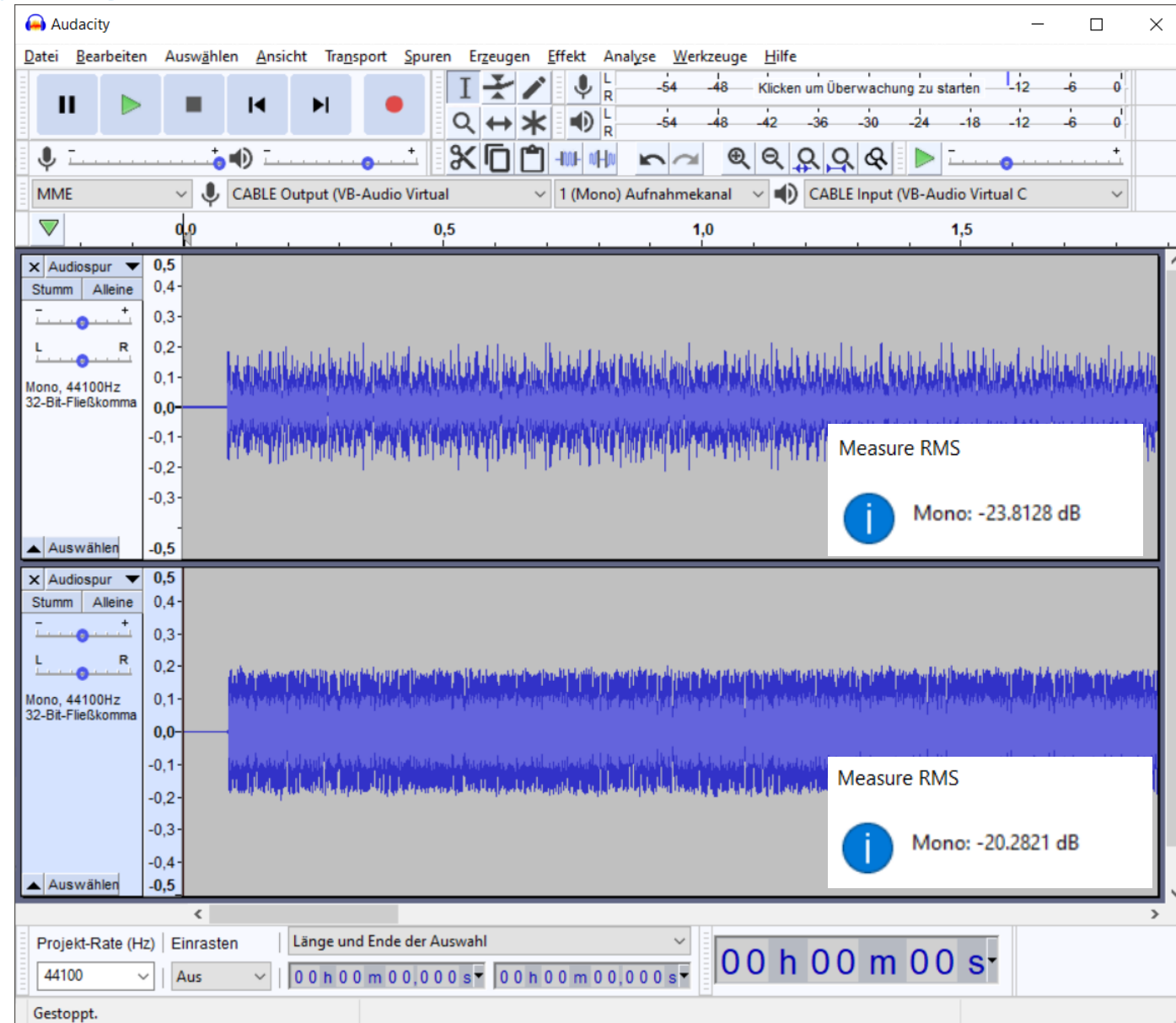


6. Multi-Carrier PSK, Clipping

Versuchsaufbau:

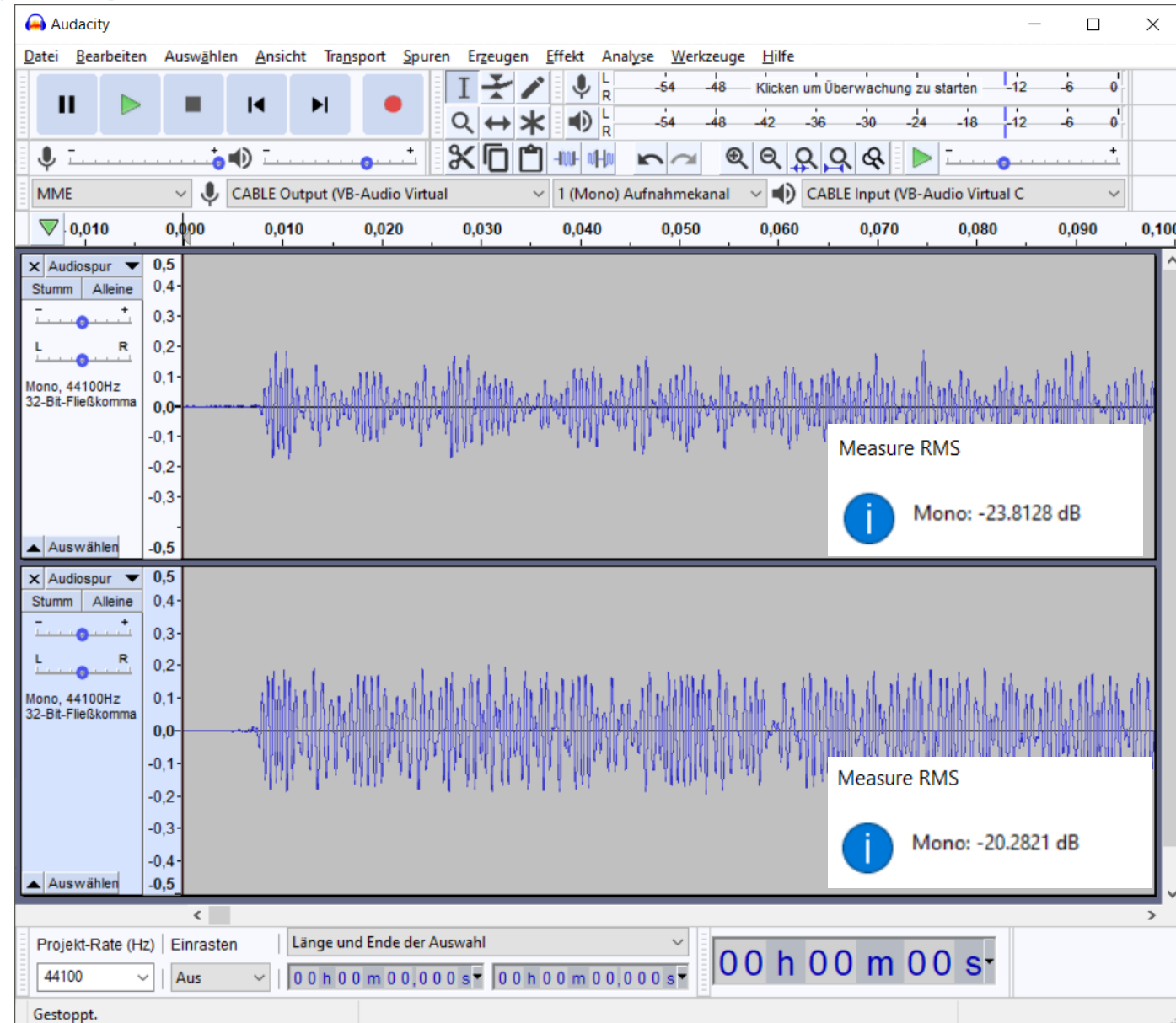
- FreeDV
- Virtuelles Audio-Kabel
<https://vb-audio.com/Cable/>
- Audacity
- obere Spur: ohne Clipping
- untere Spur: mit Clipping
- **was ist passiert?**

RMS mit Audacity messen, siehe
https://manual.audacityteam.org/man/measure_rms.html



6. Multi-Carrier PSK, Clipping

- was ist passiert?
- FreeDV hat die durchschnittliche Leistung erhöht
- mögliche Übersteuerungen werden in Software soft geclippt und gefiltert



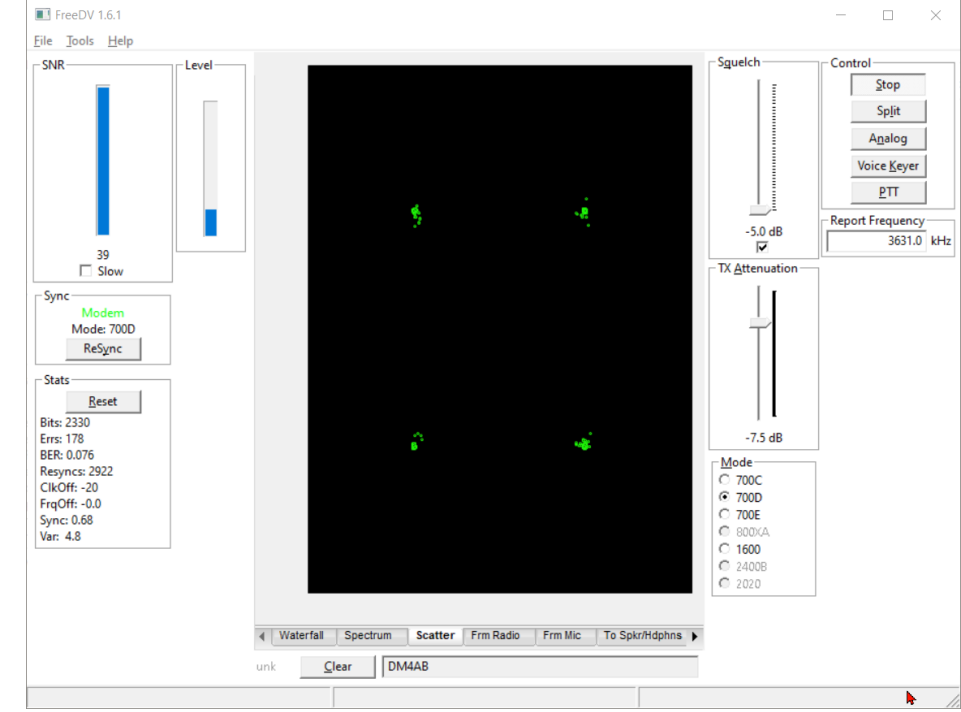
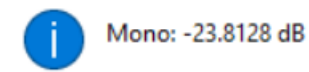
6. Multi-Carrier PSK, Clipping

- was ist passiert?
- FreeDV hat die durchschnittliche Leistung erhöht
- mögliche Übersteuerungen werden in Software soft geclippt und gefiltert

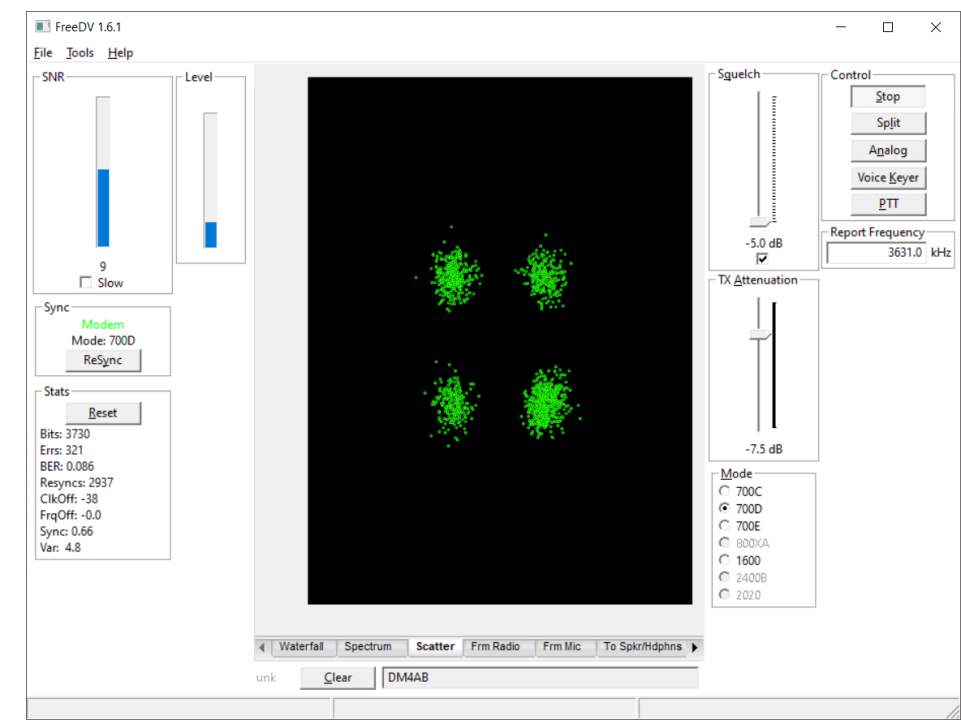
Ergebnis:

- **BITFEHLER!**
- unter Umständen trotzdem ein positives Ergebnis, weil +3.5dB SNR, Bitfehler durch FEC korrigiert?

Measure RMS



Measure RMS

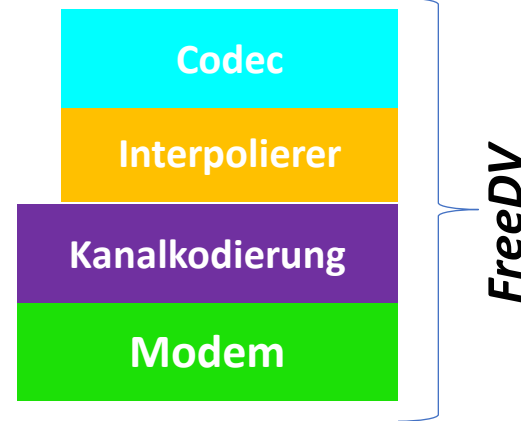


6. Multi-Carrier PSK, Clipping

- was ist passiert?
- FreeDV hat die durchschnittliche Leistung erhöht
- mögliche Übersteuerungen werden in Software soft geclippt und gefiltert

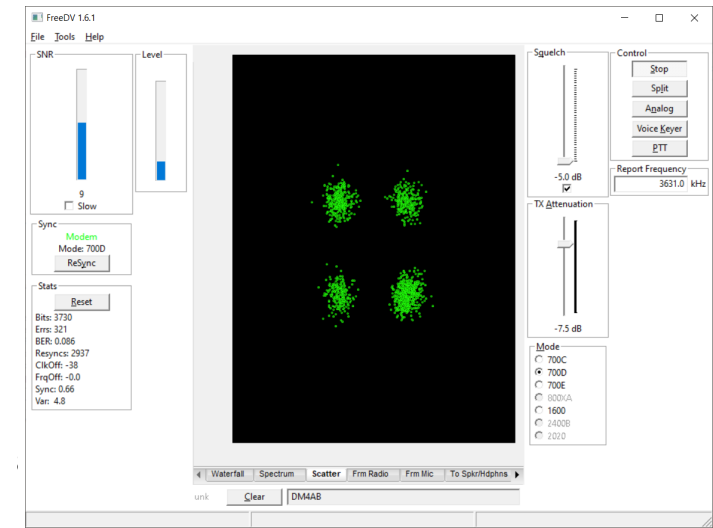
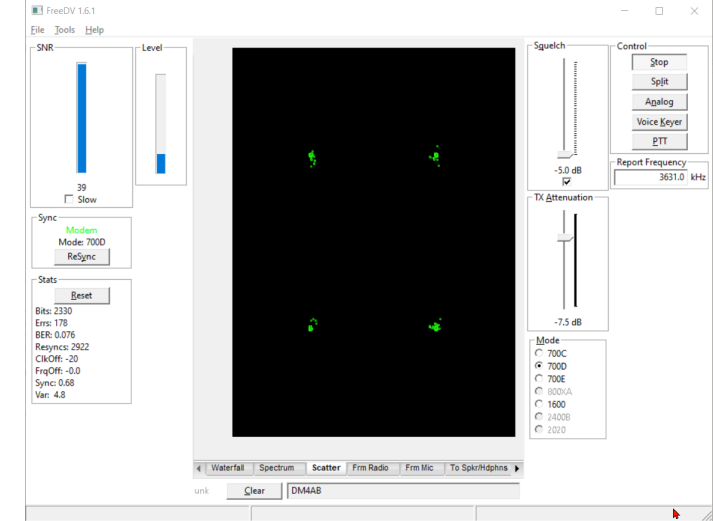
Ergebnis:

- **BITFEHLER!**
- unter Umständen trotzdem einen positives Ergebnis, weil +3.5dB SNR, Bitfehler durch FEC korrigiert?



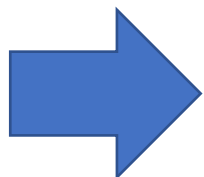
da wurde mit den Bausteinen von FreeDV „gespielt“: damit das Modem mehr durchschnittliche Sendeleistung erzeugen kann, erlaubt man mehr Bitfehler eine Ebene höher...

→ mögliche Abwägung beim Entwurf eines Übertragungssystems



FreeDV Treffen Anfang Januar 2022

1. Begrüßung (Andreas, DM4AB)
2. Feedback Funktermine, Planung nächste Treffen (alle)
3. kurzer Rückblick „Vorwärts-Fehlerkorrektur (**FEC**)“
4. Daten für den Übertragungskanal: Bit, **Symbol**, Symbolrate, Symbole parallel
5. Ebenen im FreeDV System
6. Multi-Carrier PSK, **Clipping** in FreeDV, Nutzung der FEC



7. offene Diskussion