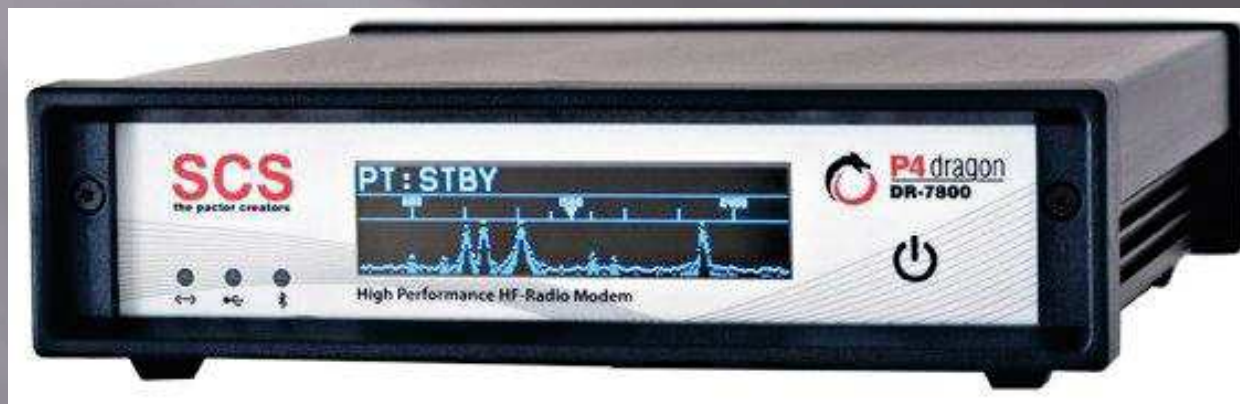
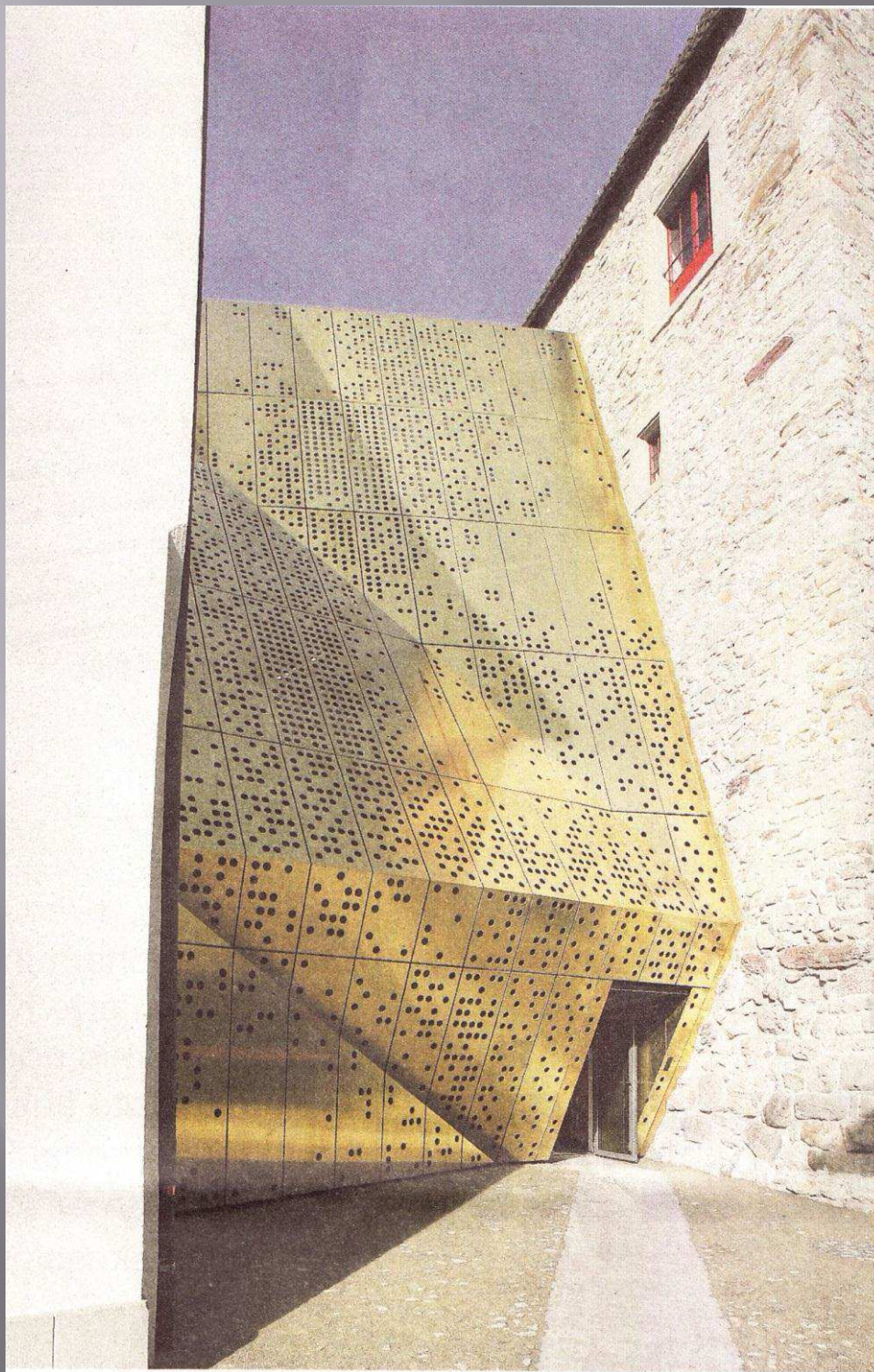


# PACTOR-4 DAS BESTE WIRD NOCH BESSER



Die Weiterentwicklung von AMTOR  
über PACTOR-1, -2 und -3 ist nun bei  
PACTOR-4 angekommen



MUSEUM in  
RAPPERSWIL –  
mit RTTY-Lochstreifen !

# Am Anfang: SITOR (= AMTOR)

- ▣ SITOR: Simplex Telegraph Over Radio
- ▣ Entwickelt in den 60-/70er Jahren als Verbesserung von RTTY
- ▣ RTTY 5 bit Baudot Code erweitert zu 7 bit Code (CCIR 476) mit Fehlererkennung. Jedes Zeichen hat 4 Mark ('1') und 3 Space ('0')  
-> 35 Zeichen (+ Idle, Phasing, repeat request)
- ▣ 100 Bd, FSK (Abstand 170 Hz)

# SITOR-A : ARQ

- ▣ ARQ: Automatic Repeat reQuest
- ▣ 3 Zeichen senden:  $3 * 7 \text{ bits} * 10 \text{ ms} = 210 \text{ ms}$
- ▣ Auf Quittung (OK, NOK) warten: **240 ms**
- ▣ Gleiche oder nächste 3 Zeichen senden
- ▣ Max. Durchsatz:  $3 \text{ Z} / 450 \text{ ms} = 400 \text{ Z} / \text{min}$   
oder  $15 \text{ bit} / 450 \text{ ms} = 33.3 \text{ bit/s}$  (wie RTTY mit 50 Bd)

# SITOR-B: FEC NAVTEX

- ▣ FEC: Forward Error Correction
- ▣ Redundante Übertragung: Jedes Zeichen wird 2 x zeitversetzt gesendet
- ▣ NAVTEX (NAVigational TEXt Messages):  
Standardisiertes Meldungsformat für das weltweite Global Maritime Distress Safety System (GMDSS)
  - ▣ 490 kHz (local) und 518 kHz (international)

# AMTOR

- ▣ 1978: Peter Martinez, G3PLX adaptiert SITOR für den Amateurfunk. (1998 bringt er dem Amateurfunk PSK31)

# Vergleich AMTOR - PACKET

## AMTOR / SITOR

- ▣ Nachteile :
  - 5-bit Code
  - Fehlererkennung ungenügend
  - effektive Übermittlungsrate nur 33.3 bit/s
- ▣ Vorteile:
  - Kurze Paketlänge
  - Synchrone Übertragung

## PACKET 300 BD

- ▣ Nachteile :
  - Protokolloverhead
  - Meist zu lange Packets
- ▣ Vorteile:
  - Zuverlässige Fehlersicherung mit **CRC16**
  - Hohe Übermittlungsrate

# 1991: PACTOR(-1)

- ▣ Synchron; 1.25 s Frames – 0.96 s Tx, 0.29 s Rx
- ▣ 100/200 Bd FSK; Shift 200 Hz; BW < 500 Hz
- ▣ Pro Frame: 96 bits @100 Bd, 192 bits @200 Bd
- ▣ Format: Header – 8/20 Bytes Nutzdaten – Status – CRC16
- ▣ Analoges Memory-ARQ
- ▣ Datenkompression (Huffman Coding)
- ▣ Alternierende Mark-Space Inversion
- ▣ Long Path: 1.4 s Frames – 0.96 s Tx, 0.44 s Rx



# 1994: PACTOR-2

- ▣ Ziel: Arbeitsbereich / Adaptivität grösser
- ▣ Modulation: 2 Töne (Abstand 200 Hz), Phasenmoduliert, 100 Bd; BW 450 Hz
- ▣ Töne alternieren mit jedem Frame
- ▣ Crest-Faktor 1.45 (3 dB) -> eff. Leistung 50%
- ▣ 'Pseudo-Markov-Kompression' (PMC)
- ▣ Synchron; 1.25 s Frames – 0.8 s Tx, 0.45 s Rx
- ▣ Data mode: 3.75 s Frames – 3.28 s Tx, 0.47 s Rx
- ▣ Convolutional Code (FEC) – Viterbi Decoder

# Übersicht PACTOR-1 und -2 Levels

Level	Modul	Symb /s	Bits/ Symb	Phy. Data Rate	Code Rate	Net Data Rate	Bytes Short Packet	Bytes Data Packet	User Data Rate
AMTOR	FSK	100	1	100	5/7	71.4	(2)	-	33.3
P1 SL1	FSK	100	1	100	1/1	100	8	-	51.2
P1 SL2	FSK	200	1	200	1/1	200	20	-	128
P2 SL1	DBPSK	100	2 * 1	200	1/2	100	5	36	76.8
P2 SL2	DQPSK	100	2 * 2	400	1/2	200	14	76	162.1
P2 SL3	8-DPSK	100	2 * 3	600	2/3	400	32	156	332.8
P2 SL4	16-DPSK	100	2 * 4	800	7/8	700	59	276	588.8

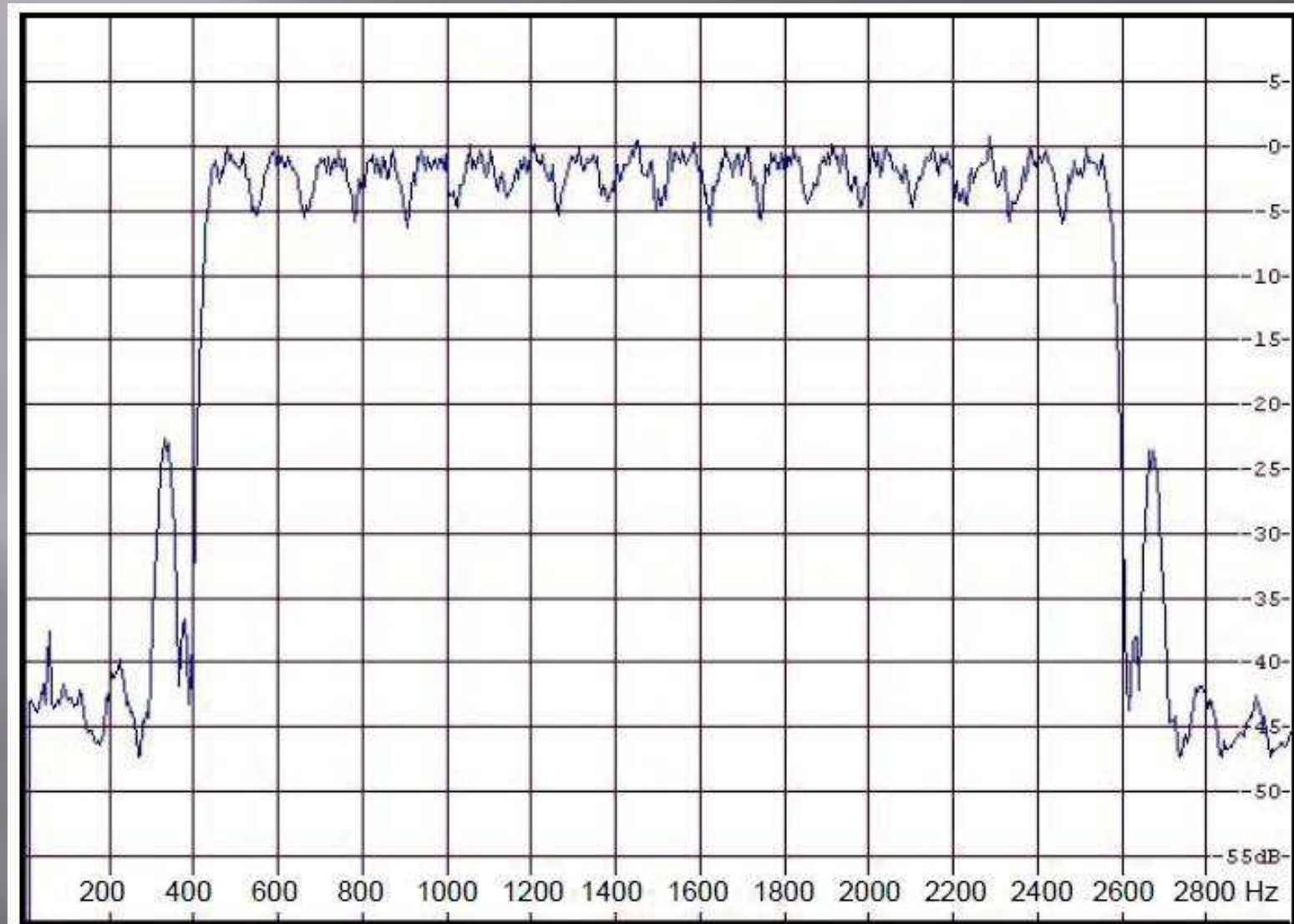
# 2002: PACTOR-3

- ▣ Mehrtonverfahren: 2 bis 18 Träger im 120 Hz Raster, von 480 Hz bis 2520 Hz
- ▣ Trägerumkehr für jede Wiederholung
- ▣ Bandbreite: 2.2 kHz (400 – 2600 Hz)
- ▣ 100 Bd DBPSK oder DQPSK
- ▣ 6 Speed Levels bis 2700 bit/s (User Data Rate)
- ▣ Crest-Faktor 1.9 dB (SL1) bis 5.7 dB (SL6)



## PTC-II : Das Modem für PACTOR-2 und später auch PACTOR-3

# PACTOR-3 Spektrum (Level 6)



# PACTOR-3 Speed Levels

Level	Tones	Mod.	Bits / Symb.	Phy. Data Rate	Code Rate	Net Data Rate	Bytes Short Packet	Bytes Data Packet	User Data Rate
P3 1	2	DBPSK	2 * 1	200	1/2	100	5	36	76.8
P3 2	6	DBPSK	6 * 1	600	1/2	300	23	116	247.5
P3 3	14	DBPSK	14 * 1	1400	1/2	700	59	276	588.8
P3 4	14	DQPSK	14 * 2	2800	1/2	1400	122	556	1186.1
P3 5	16	DQPSK	16 * 2	3200	3/4	2400	212	956	2039.5
P3 6	18	DQPSK	18 * 2	3600	8/9	3200	284	1276	2722.1



**2001: HW-Erneuerung zum *PTC-IIpro***

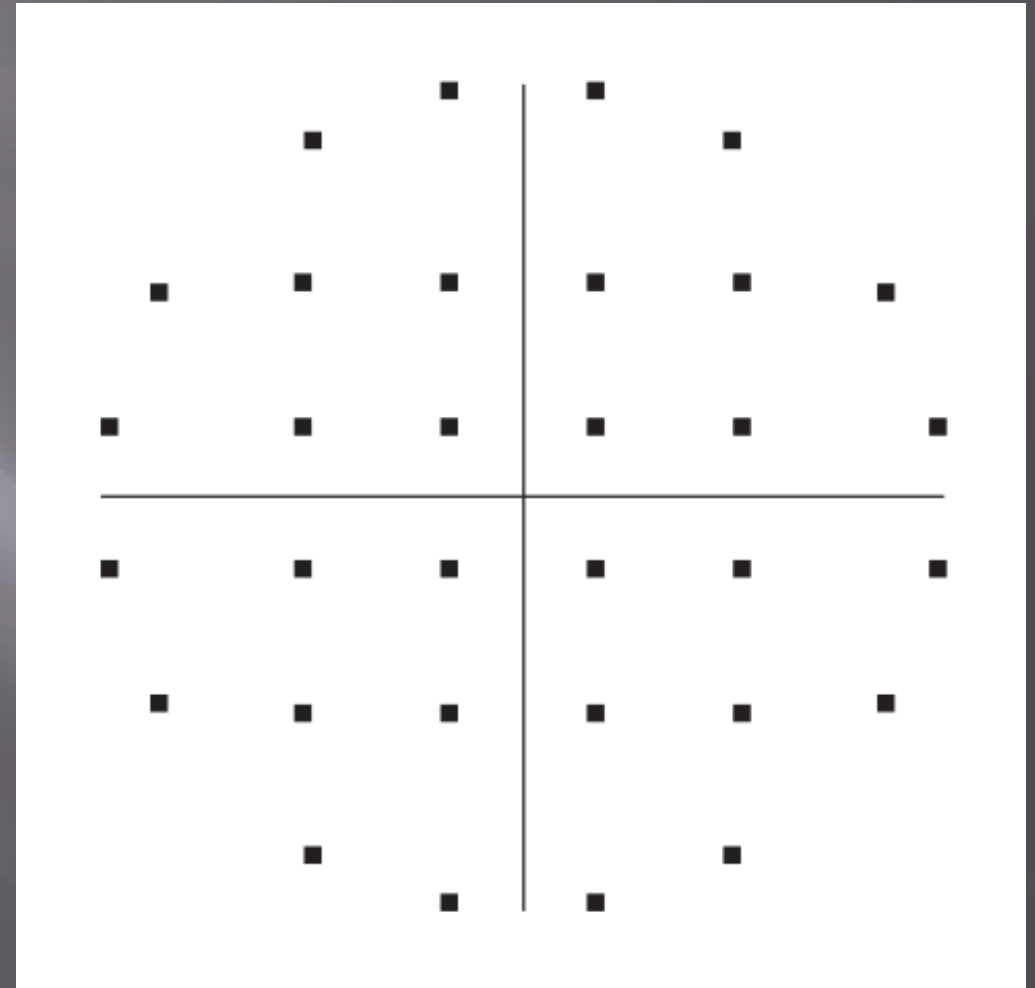
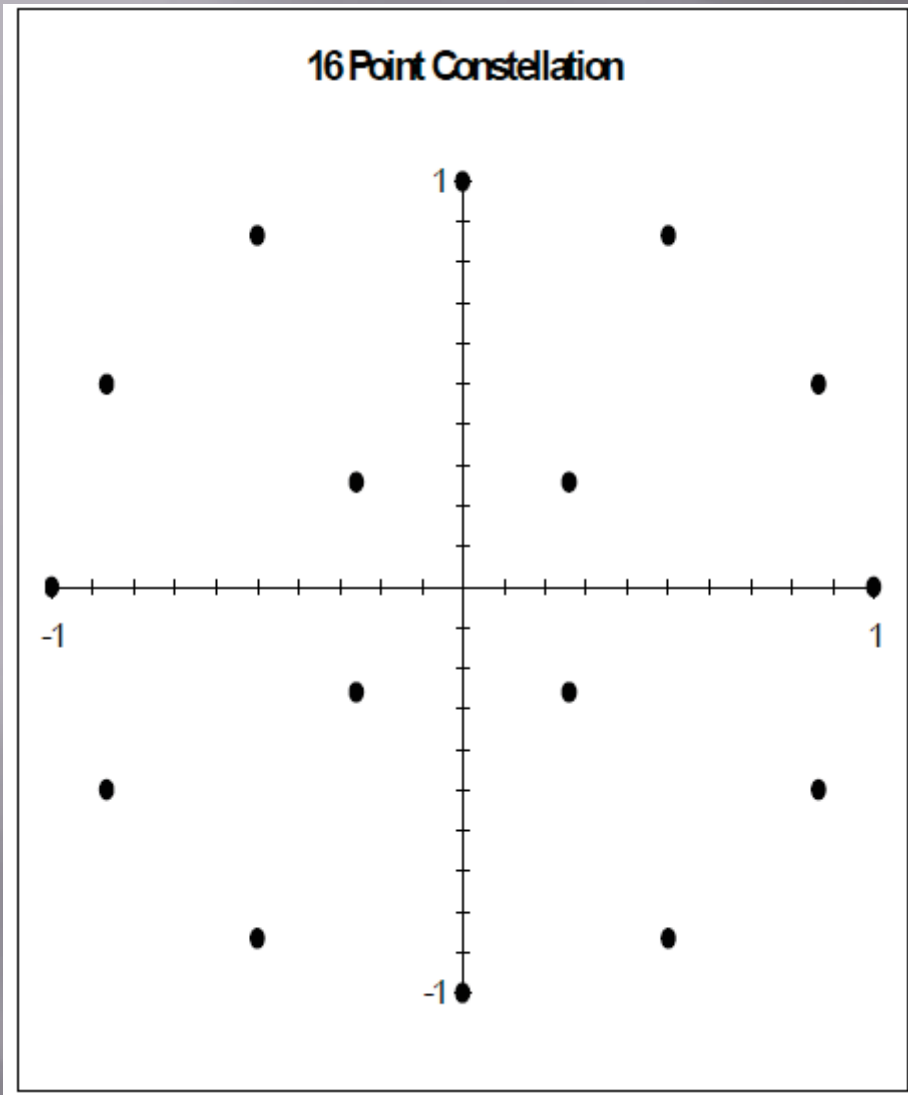
# 2011: PACTOR-4

- ▣ **Mind. doppelt so schnell wie PACTOR-3 !**
- ▣ 10 Speed Levels
- ▣ Bandbreite: 2.4 kHz
- ▣ Single Tone, dafür adaptiver Kanal-Entzerrer (Equalizer)
- ▣ Entzerrer kompensiert auch TRX-Durchlasskurve
- ▣ Symbolrate 56.25/s, 112.5/s, 225/s und 1800/s
- ▣ N-fach Auto-Notch gegen Schmalband-Störungen
- ▣ 2-Ton Chirp-Modulation bei sehr niedrigem SNR (SL 1)



# PACTOR-4 Speed Levels

Level	Symb Rate	Mod.	Bits / Symb.	Phy. Data Rate	Code Rate	Net Data Rate	Bytes Short Packet	Bytes Data Packet	User Data Rate
P4 X	(112)	DBPSK +	1	(112)	6/64	(10.5)	0	-	0
P4 1	56.25	DBPSK +	2	112.5	1/2	56.25	X	22	46.9
P4 2	112.5	DQPSK +	2	225	1/2	112.5	X	40	85.32
P4 3	112.5	DQPSK +	2	225	5/6	180	X	69	147.2
P4 4	225	DQPSK +	2	450	5/6	375	X	141	300.8
P4 5	1800	BPSK	1	1800	1/3	600	43	203	433.1
P4 6	1800	BPSK	1	1800	5/6 *	1500	43**	514	1096.5
P4 7	1800	QPSK	2	3600	5/6 *	3000	87	1031	2199.5
P4 8	1800	8-PSK	3	5400	5/6 *	4500	131	1549	3304.5
P4 9	1800	16-QAM	4	7200	5/6 *	6000	175	2066	4407.5
P4 10	1800	32-QAM	5	9000	5/6 *	7500	175**	2584	5512.5



## Symbole für 16-QAM (links) und 32-QAM

# 2-Ton Chirp – Was ist das ?

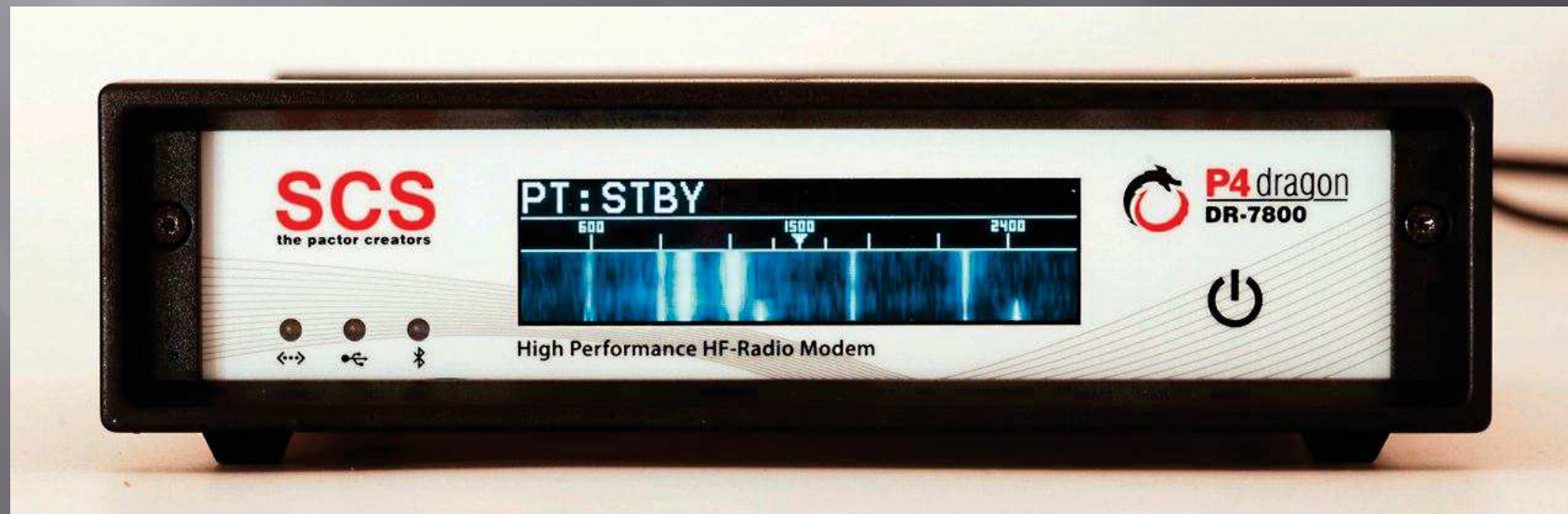
- ▣ 2 Ton DBPSK – wie PACTOR-2 und PACTOR-3 SL1
- ▣ Aber: statt 2 fixe Töne 2 variable Töne – ‘Chirps’
- ▣ Startfrequenzen der beiden Träger: 550 Hz, 1530 Hz
- ▣ Ton-‘Drift’: 294 Hz/s; überstreicht in einem Frame (3.28 s Tx) 965 Hz  
-> 550 - 1515 Hz, 1530 - 2495 Hz
- ▣ Sehr robust bei Schmalband- und Teilkanal-Störungen sowie bei selektivem Fading

# Gespreizte Modulation

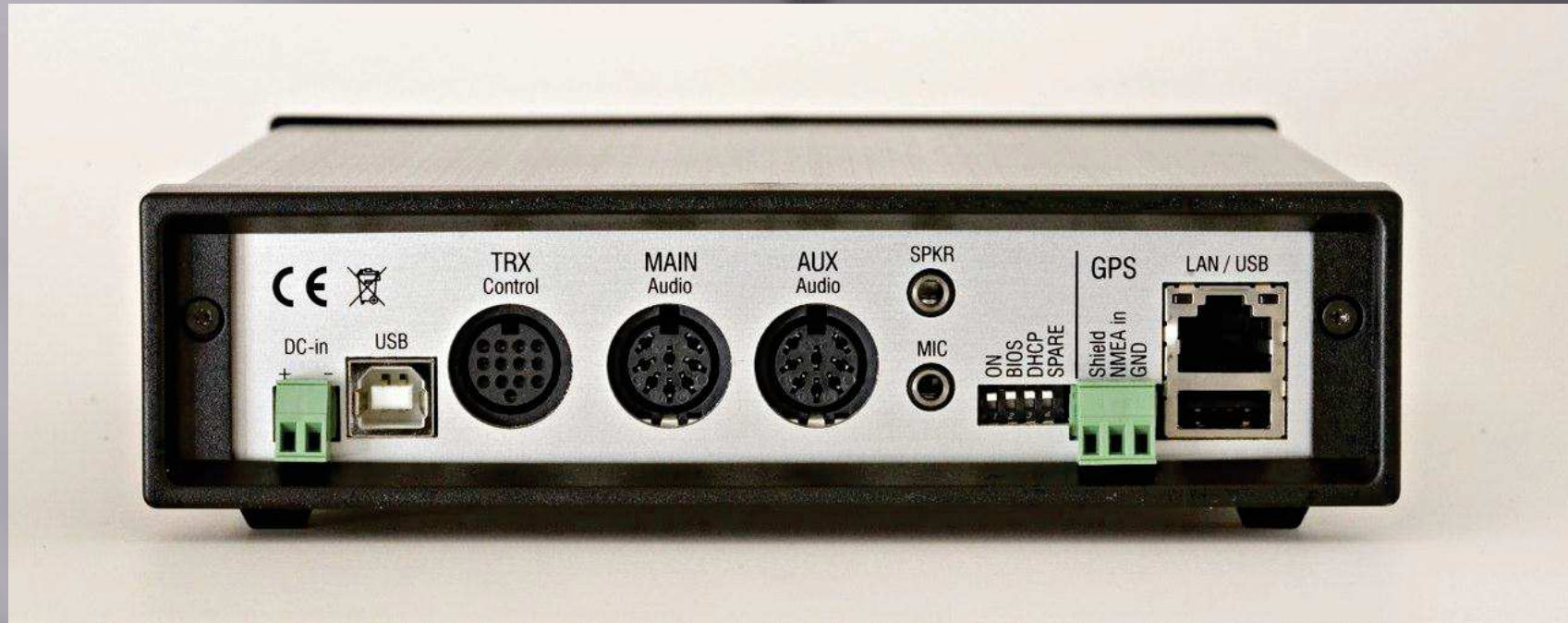
- ▣ Niedrige Symbolrate für Speed Level 1 bis 4 -> nur geringe Bandbreite.
- ▣ Problem:
  - Kanal (2.4 kHz) schlecht genutzt
  - Pech, falls Nutzsignal mit schmalbandigem Störer kollidiert
- ▣ Lösung: Moduliertes Signal über den ganzen Kanal spreizen. SL2/3: BW 150 Hz mit 16-fach Spreizung = 2400 Hz

# Modem Dragon DR-7800

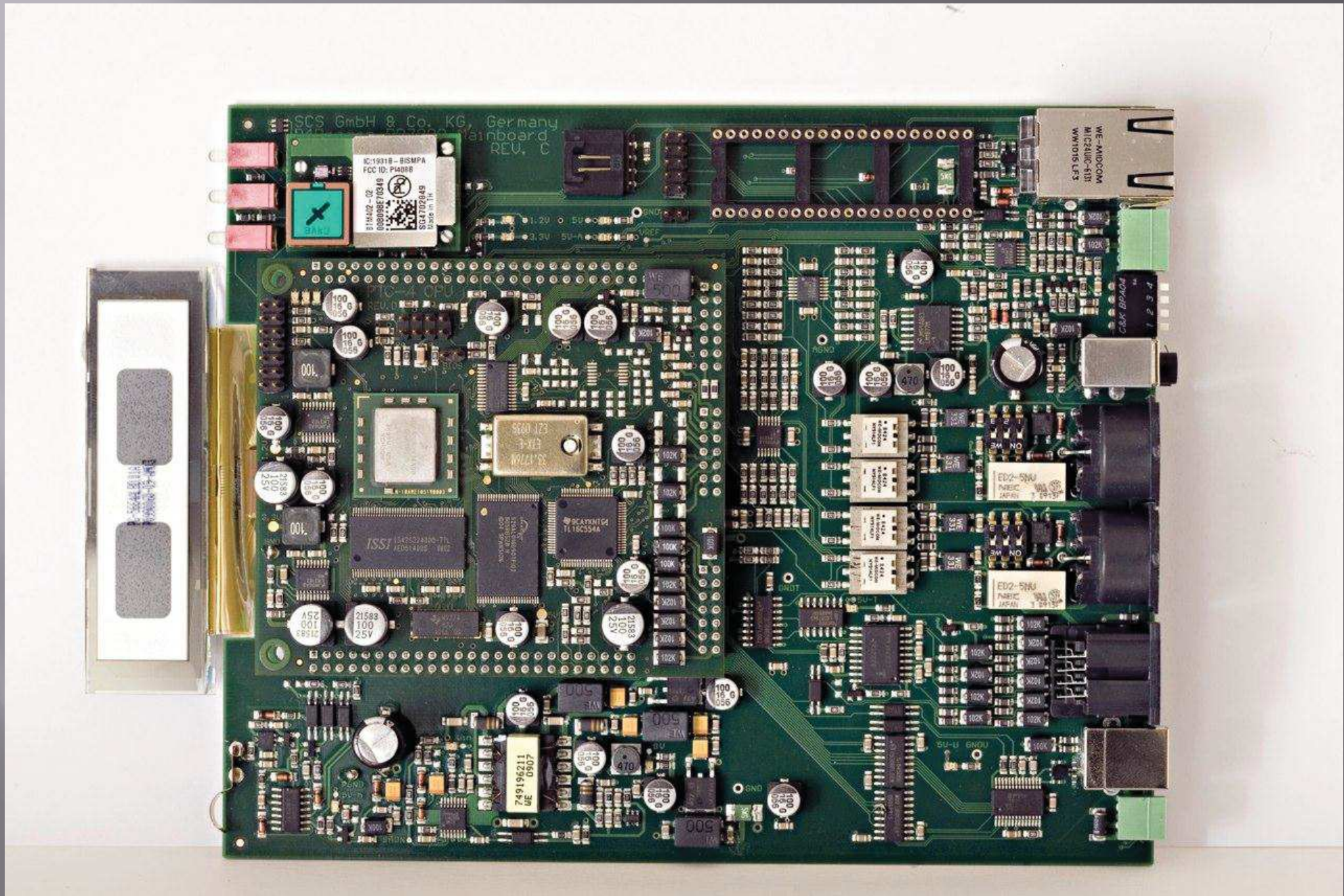
- ▣ Kompatibel zu PACTOR-1, -2 und -3;
- ▣ 4-Core DSP
- ▣ Spannungsversorgung: 10 – 28 V, isoliert
- ▣ Geringe Leistungsaufnahme: max. 3 W
- ▣ Hochgenaue Zeitbasis: TCXO mit 1 ppm
- ▣ Wasserfall / Spektrum Anzeige (OLED, 64 x 256)



# Anschlussmöglichkeiten



- ▣ 2 x TRX Audio (MAIN / AUX)
- ▣ TRX Control, USB, GPS
- ▣ Optional: LAN, USB Master, Bluetooth
- ▣ MIC / Speaker: für zukünftige Anwendungen



SCS GmbH & Co. KG, Germany  
rainboard REV. C

IC: 1931B - BISMPA  
FCC ID: P1408R

WE-MADOCM  
MIC24UC-413  
W11016 LFS

ISSI IS49C23210-7L  
ED9C4165 - 1M2

749196211  
WE 0507

ED2-5WU  
PAPIC  
JAPAN

ED2-5WU  
PAPIC  
JAPAN

CS&K BPA04  
1 2 3 4

# Vergleich P-4 mit P-3 und WINMOR

- ▣ Test-QTC: 27'400 Bytes (komprimiert) via WINLINK2000, abgeholt bei guten Signalstärken auf 80m oder 40m bei HB9AW, HB9XQ, HB9MM, OE9XRK, IQ4VU

Mode	Dauer	Speed	Vergleich mit P-3	Station
PACTOR-4	56 – 99 s	2215 – 3914 b/s	2.1 – 3.7 x	HB9AW, OE9XRK
PACTOR-3	205 s	1070 b/s	-	HB9XQ, HB9MM
WINMOR (8 T)	483 s	454 b/s	0.4 x	IQ4VU



# ZUGABE 1: Robust Packet



- ▣ 8 Ton DBPSK/DQPSK; Abstand 60 Hz, BW 500 Hz
- ▣ 2 Speed Level: 200 bps und 600 bps
- ▣ 50 Baud, Code Rate  $\frac{1}{2}$  (200 bps) oder  $\frac{3}{4}$  (600 bps)
- ▣ Interleaving zum Schutz vor Fehler-Bursts

# ZUGABE 2: WINMOR

- ▣ PC/Soundkarte basierendes ARQ Verfahren
- ▣ Mode 500 Hz: 2 Ton
- ▣ Mode 1600 Hz: 8 Ton
- ▣ Modulationen: 4FSK, 4PSK, 8PSK, 16PSK
- ▣ Symbolrate: 46.875/s und 93.75/s
- ▣ Zyklus: ca. 5.3 s (4.4 s Tx – 0.9 s Rx)
- ▣ Block Code (Reed-Solomon)

# WINMOR Speed Levels

Tones	Symb Rate	Mod.	Bits / Symb.	Phy. Data Rate	Code Rate	Net Data Rate	Bytes/ Packet	User Bytes/ Packet	User Data Rate
2	46.88	4FSK	2 * 2	187.5	1/2	93.75	103	44	67
2	93.75	4PSK	2 * 1	187.5	81%	151.8	105	68	102
2	93.75	8PSK	2 * 2	375	82%	112.5	206	144	219
2	93.75	16PSK	2 * 3	562.5	80%	307.5	309	216	328.5
8	46.88	4FSK	8 * 2	750	1/2	375	412	176	268
8	93.75	4PSK	8 * 1	750	81%	607.5	420	272	407
8	93.75	8PSK	8 * 2	1500	82%	1230	824	576	876
8	93.75	16PSK	8 * 3	2250	80%	1800	1236	864	1314