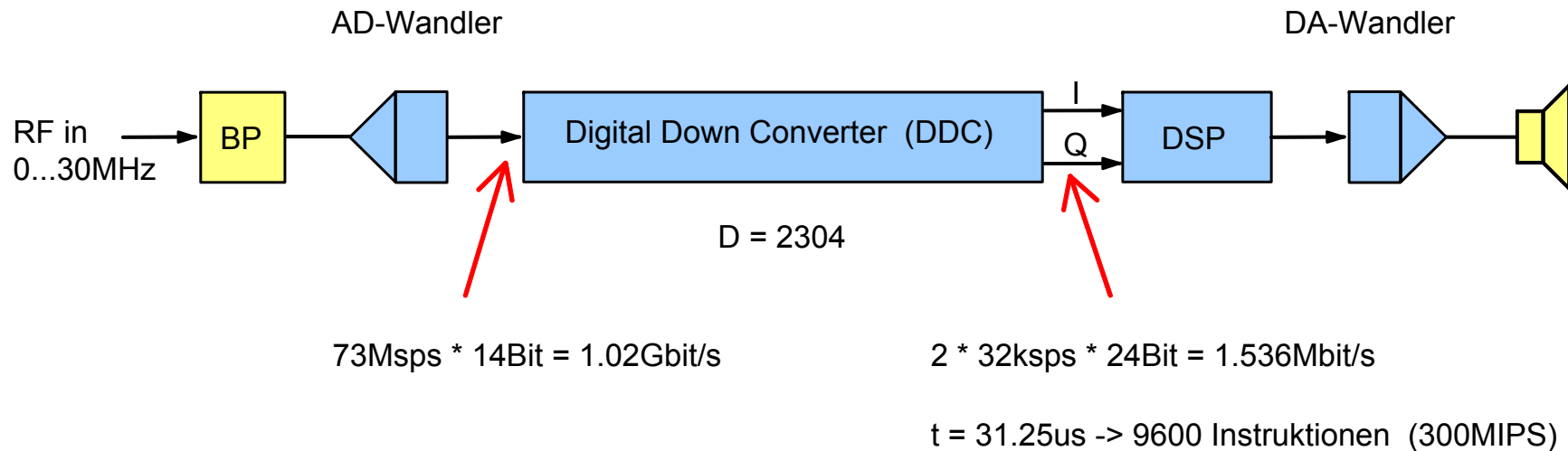


- Das Prinzip der digitalen Empfänger
 - AD-Wandler
 - IP3-Problematik
 - Direct_Conversion Rx
- Die Funktionsblöcke des ADT-200A
 - DSP-Modul
 - PA-Modul
 - Preselector-Modul
- Das Bedienungskonzept des ADT-200A
- Wie weiter?

Der Signalfluss im digitalen Empfänger



Aufgaben des DDC's:

- Quadratur-Mischung des interessierenden Frequenzbandes auf die ZF $\approx 0\text{Hz}$
- Reduktion der Samplerate (Dezimation)
- Erhöhung des Rauschabstandes (Integration)

Der Dynamikbereich des realen AD-Wandlers

Beispiel: 14Bit AD-Wandler AD6645 von Analog Devices:

Dynamikbereich (ideal) = 86dB (= SNR bei max. Signal)

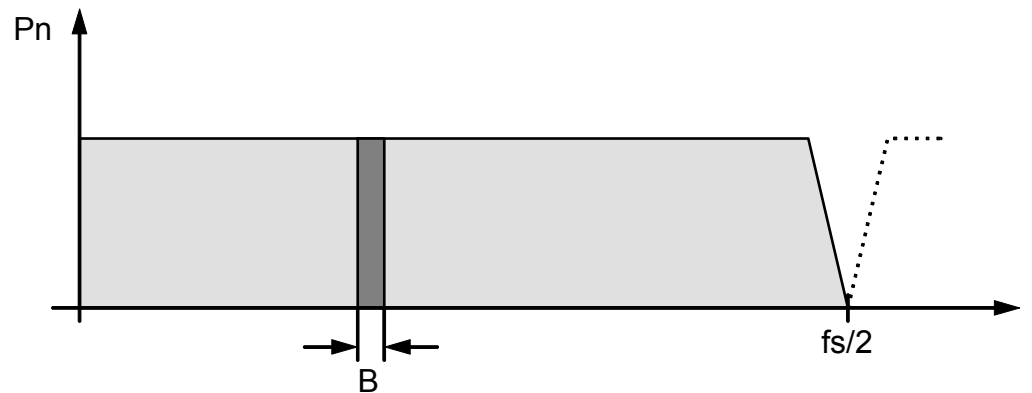
Dynamikbereich (real) = 75dB → 12 effektive Bits (ENOB)

Max. Eingangsleistung = $(0.78V_{rms})^2 / 1000\Omega = -2.2dBm$

Noise Floor = $-2.2dBm - 75dB = -77.2dBm$

Minimale Eingangsspannung an $50\Omega = 30.8\mu V$

Der Dynamikbereich des realen AD-Wandlers



Prozessgewinn:

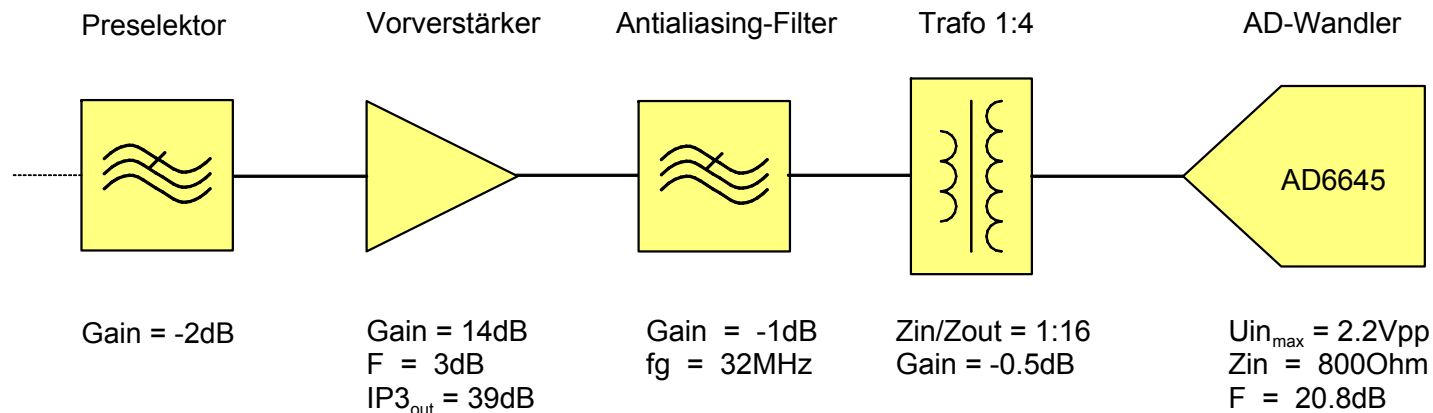
$$G_p = 10 \cdot \text{LOG}_{10} \left(\frac{f_s}{2 \cdot B} \right)$$

Bei $B = 2.4\text{kHz}$ und $f_s = 73\text{Mps}$ folgt:

$$G_p = 44.8\text{dB} \rightarrow \text{SNR} = 119.8\text{dB}$$

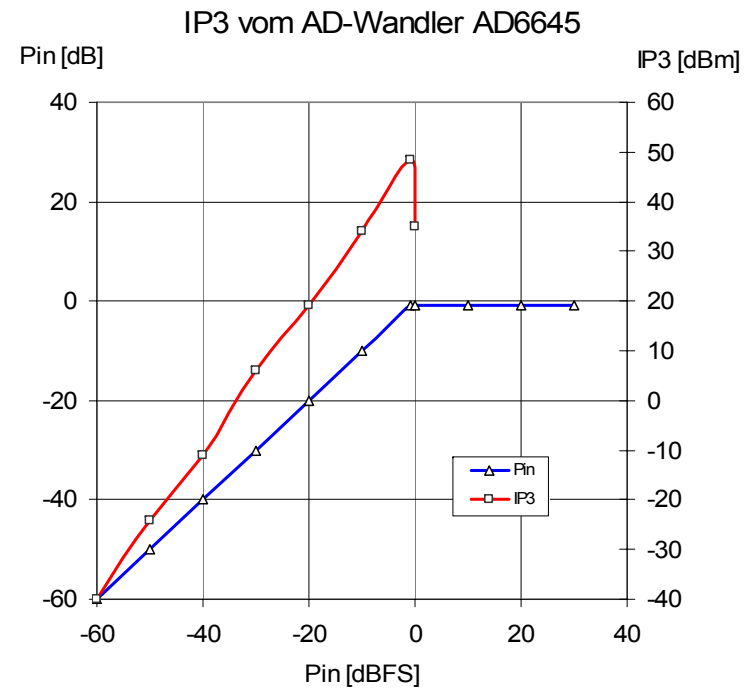
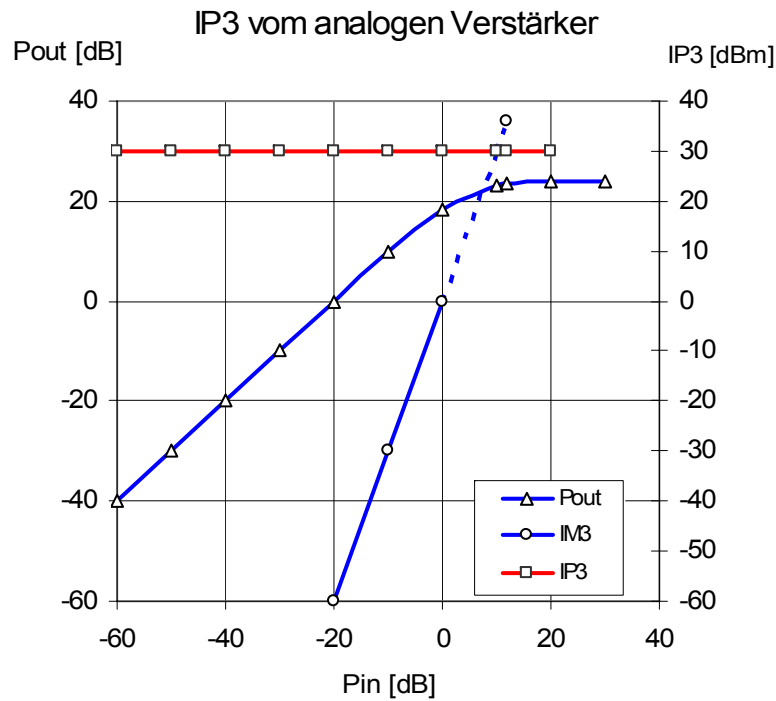
Minimale Eingangsspannung an $50\Omega = 0.22\mu\text{V}$

Die Berechnung der Empfängerdaten

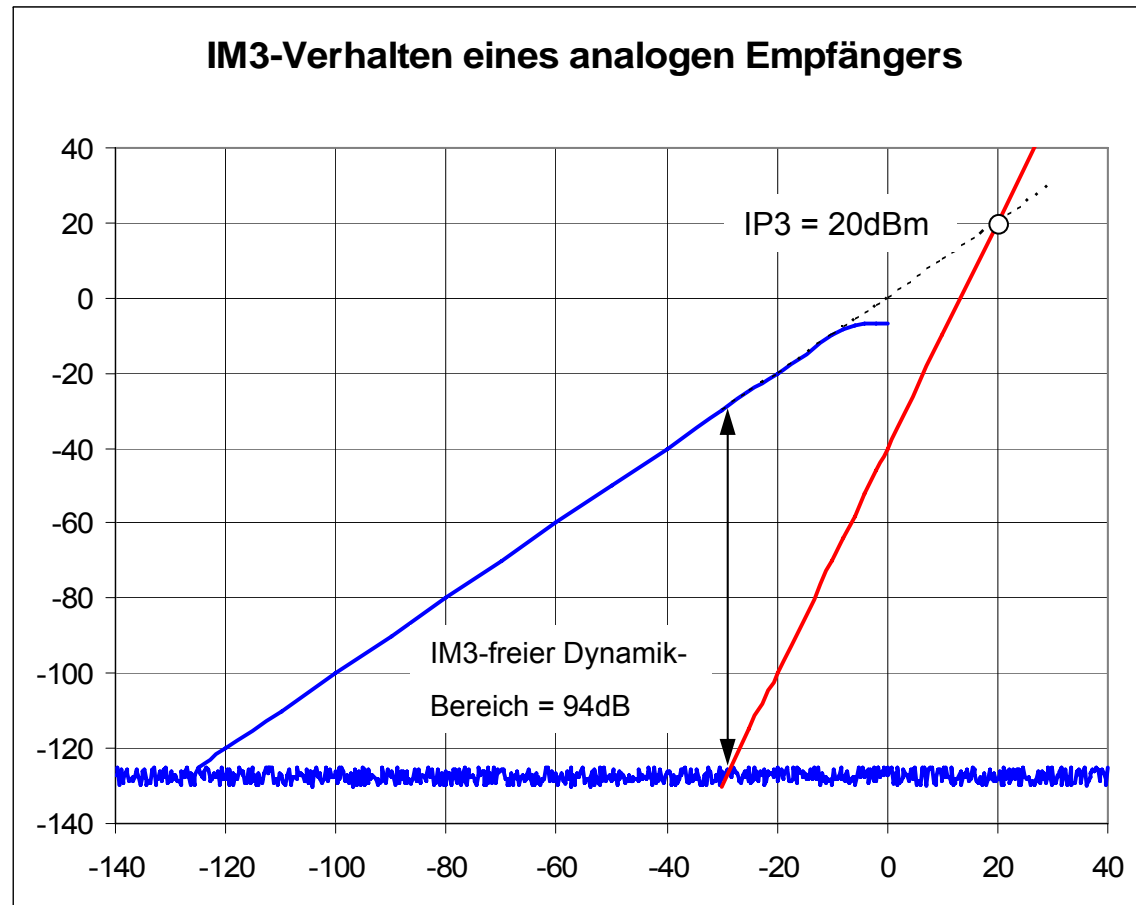


Rauschmass	Fges	=	11.4dB
Empfindlichkeit	MDS	=	-129dBm @ B=2.4kHz (0.08uV)
Dynamik-Bereich	DR	=	117dB
IM3 freie Dynamik	DR3	=	101dB
Max. Input Power	Pmax	=	-11.4dBm

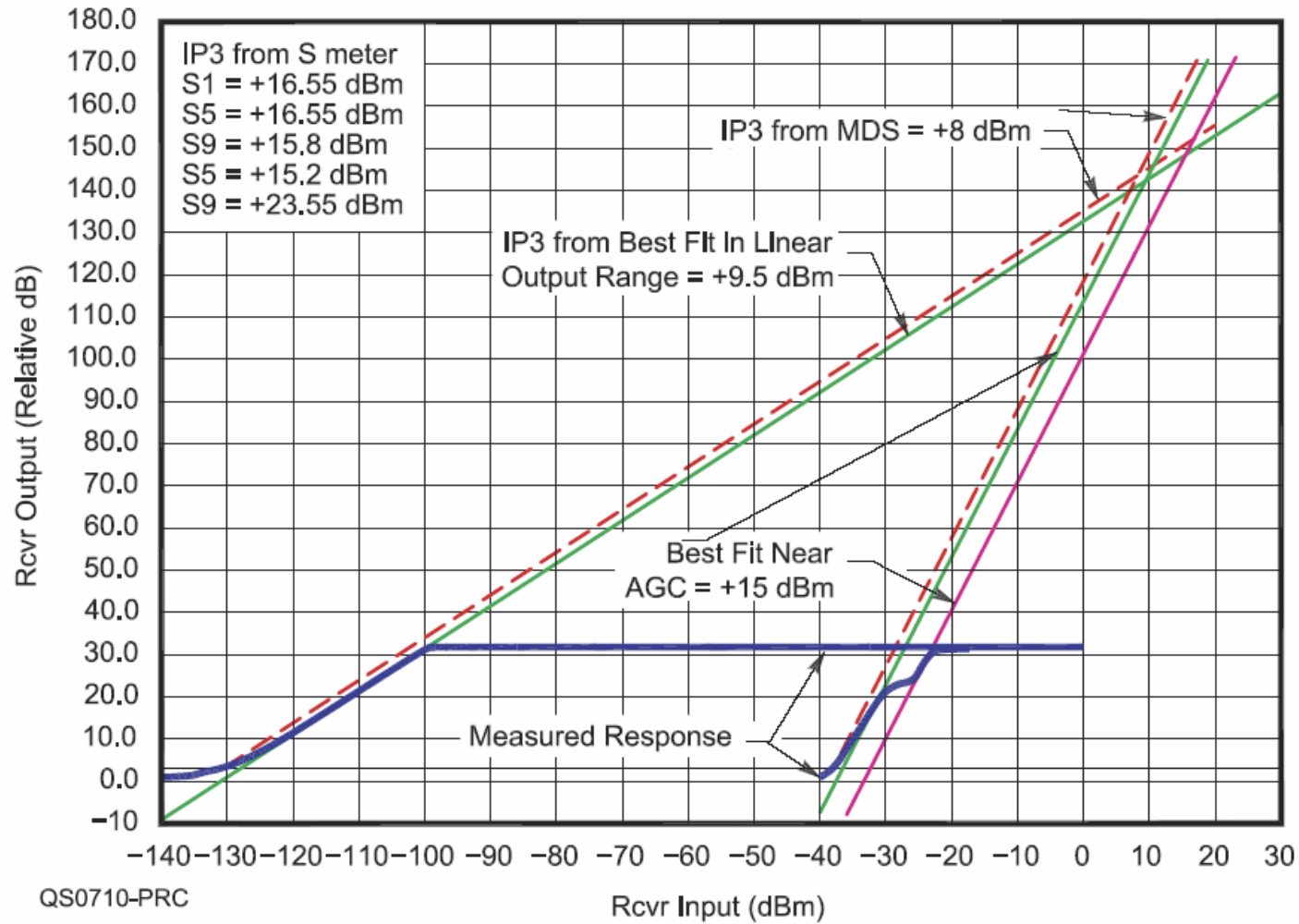
Die Problematik bei der Messung des IP3



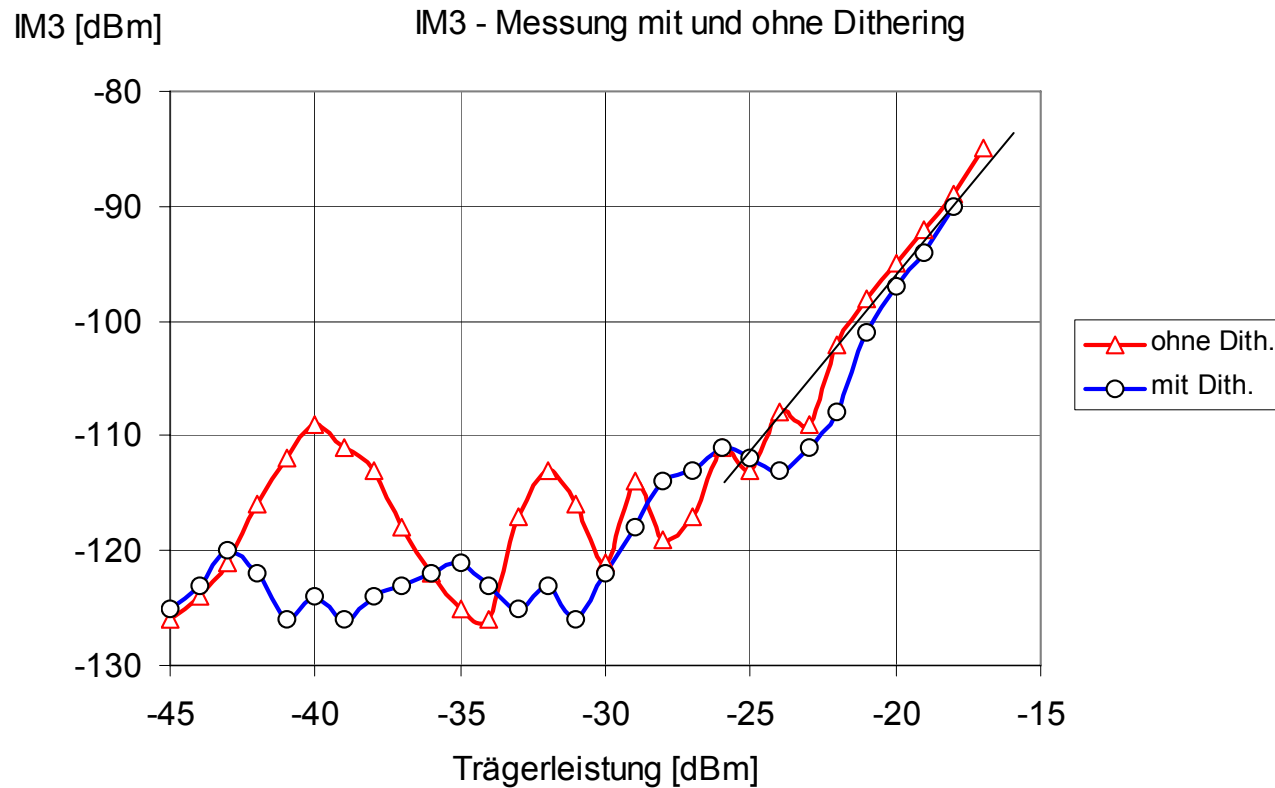
Die Problematik bei der Messung des IP3



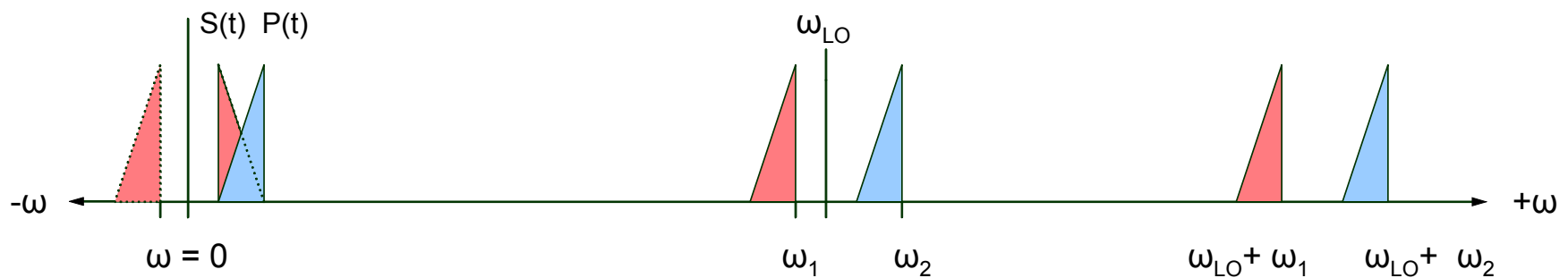
Die Problematik bei der Messung des IP3



Die Problematik bei der Messung des IP3

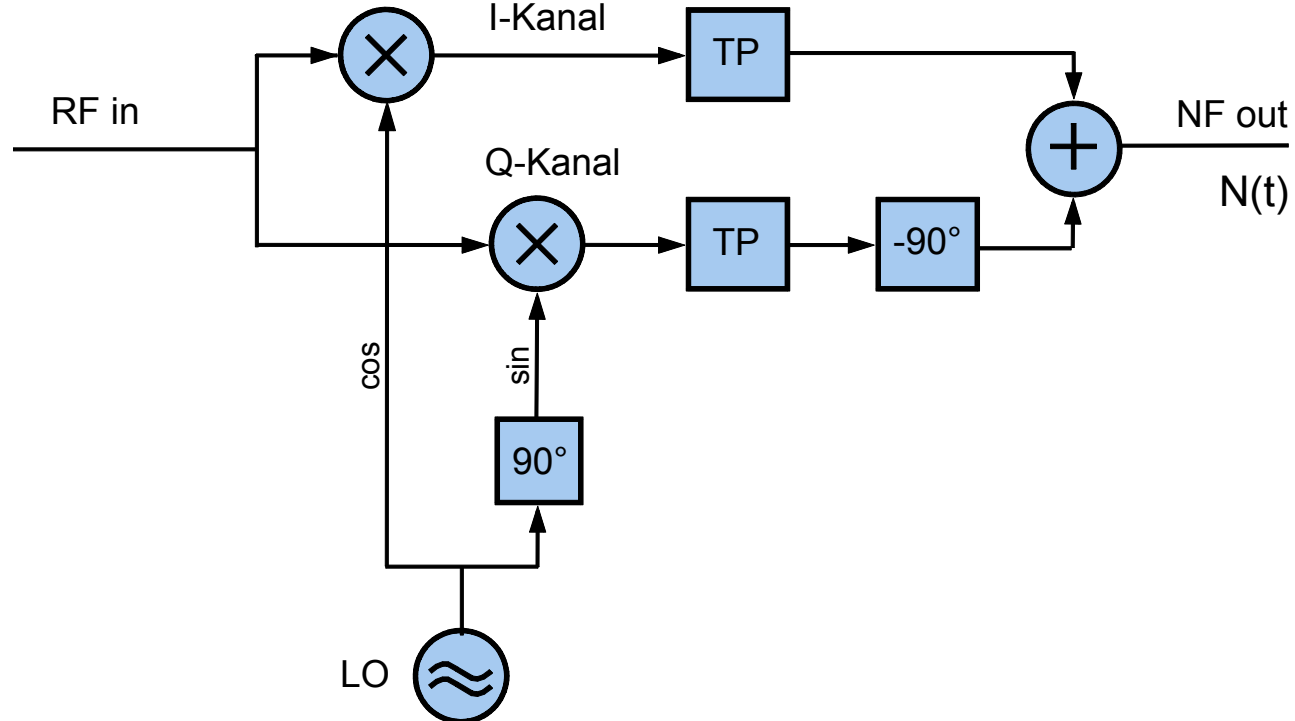


Prinzip des Direct Conversion Empfängers



$$S(t) = A(t) \cdot e^{j\omega t} = A(t) \cdot \left[\overset{\text{I-Kanal}}{\cos(\omega t)} + j \cdot \overset{\text{Q-Kanal}}{\sin(\omega t)} \right]$$

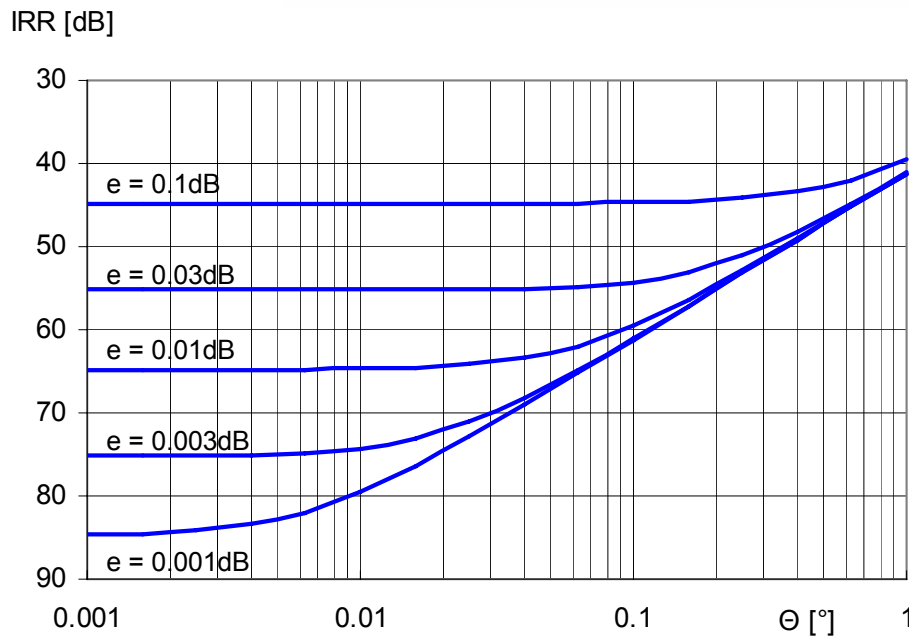
Prinzip des Direct Conversion (Quadratur-) Empfängers



Prinzip des Direct Conversion Empfängers

Image Rejection Ratio (IRR)

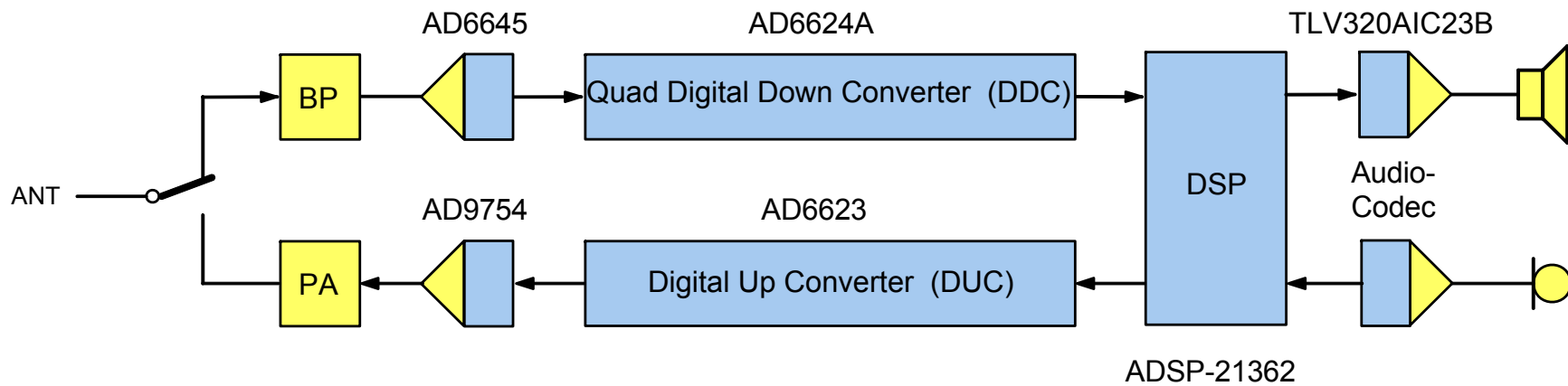
$$\text{IRR} = \frac{1 - 2(1 + \epsilon)\cos\theta + (1 + \epsilon)^2}{1 + 2(1 + \epsilon)\cos\theta + (1 + \epsilon)^2}$$



ϵ : Gain Error [-]
 Θ : Phase Error [°]
 $e = 20 * \log(\epsilon)$

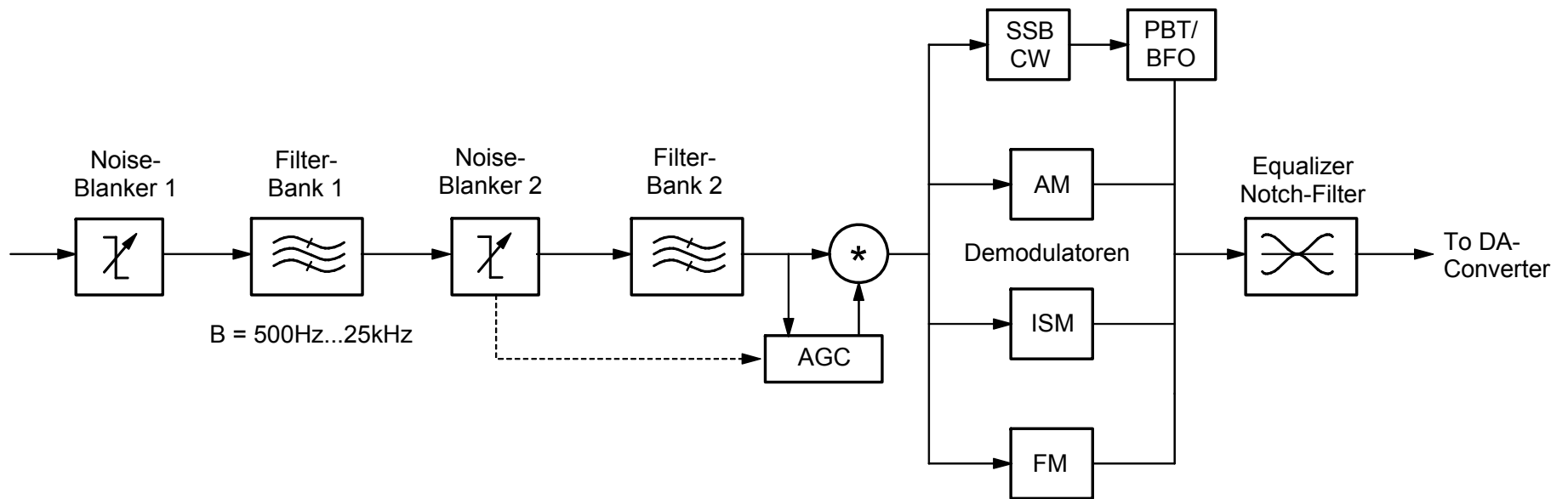
Welchen Wert bringt die SDR Technologie dem Funkamateurler?

- ein Gerät, das jederzeit mit neuen Funktionen nachgerüstet werden kann
- Eigenschaften, die weitgehend unabhängig sind von Toleranzen und Alterung
- eine Genauigkeit, die nahe bei Messinstrumenten liegt
- Spezialfunktionen wie Antennascope, Audio-Recorder, Remote Operation etc.
- eine zukunftsgerichtete Technologie, die mit einem Bruchteil von Bauelementen auskommt, verglichen mit heutigen Geräten
- diese Technologie hat das Potenzial zur rationellen Fertigung und einer entsprechenden Kostensenkung



verwendetes Chipset im DSP-Modul

Funktionsblöcke des ADT-200A



Signalverarbeitung im DSP (pro Kanal)

Signalverarbeitung im DSP

```

/*****
**  FM_Demodulator
*****/

FM_Demodulator:

/*  first, we calculate the squared absolut carrier value */

    F3 = F1 * F1;          /* F1  -> I channel input  */
    F4 = F2 * F2;          /* F2  -> Q channel input  */
    F12 = F3 + F4;        /* F12 -> I^2 + Q^2 */
    F13 = RSQRTS F12;     /* F13 -> 1/SQR(I^2 + Q^2) */
    F1 = F1 * F13;        /* normalize F1 */
    F2 = F2 * F13;        /* normalize F2 */

/*  then, we get the phase info by delay modulation */

    F5 = DM(last_I);
    F5 = F1 - F5;          /* build d/dt -> I'      */
    F5 = F5 * F2;          /* product      -> I' * Q */

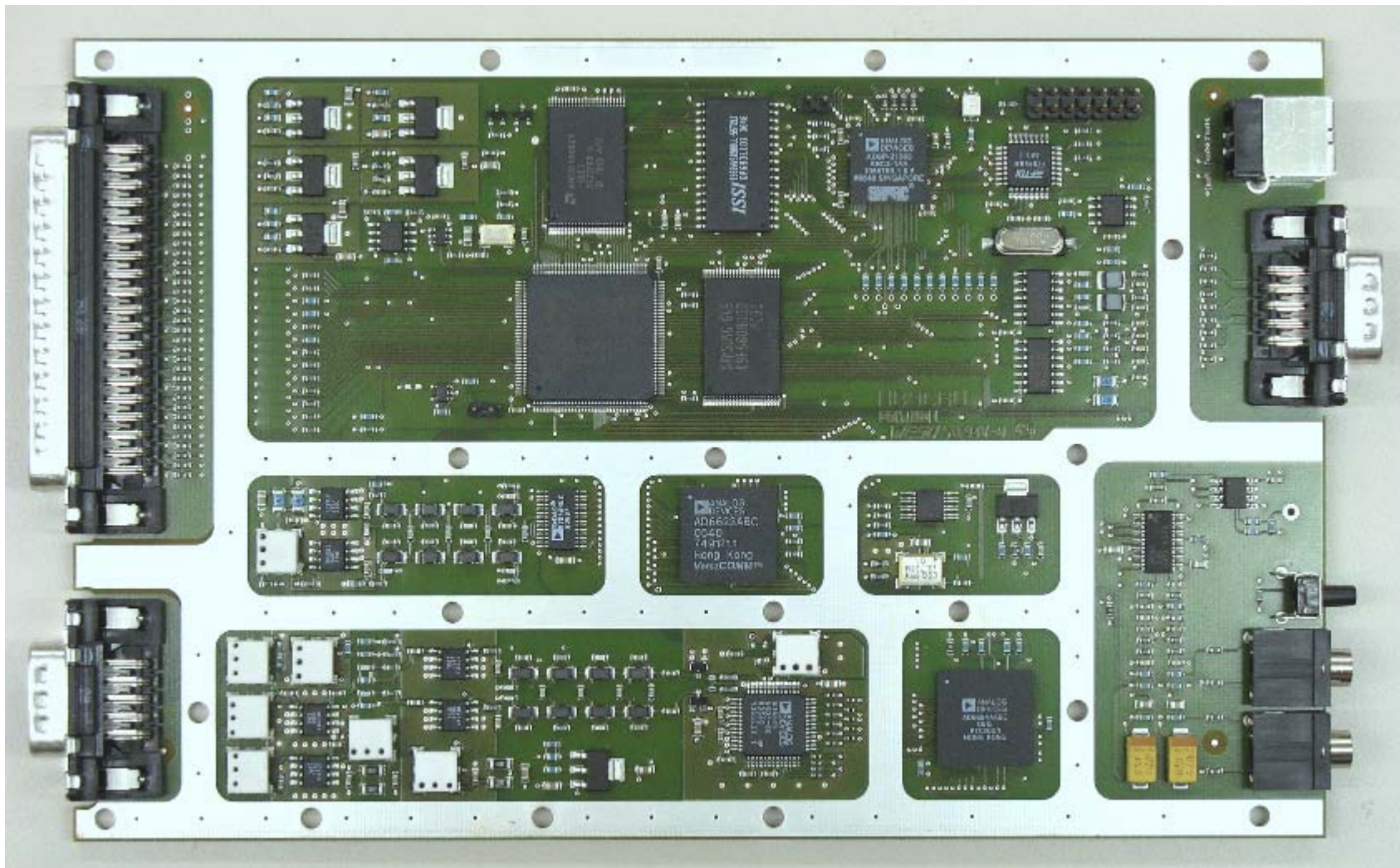
    F6 = DM(last_Q);
    F6 = F2 - F6;          /* build d/dt -> Q'      */
    F6 = F6 * F1;          /* product      -> Q' * I */

    DM(last_I) = F1;       /* save normalized last_I */
    DM(last_Q) = F2;       /* save normalized last_Q */

    F1 = F5 - F6;          /* I' * Q - Q' * I */
    CALL ARCSIN;
    DM(FM_out) = F3;

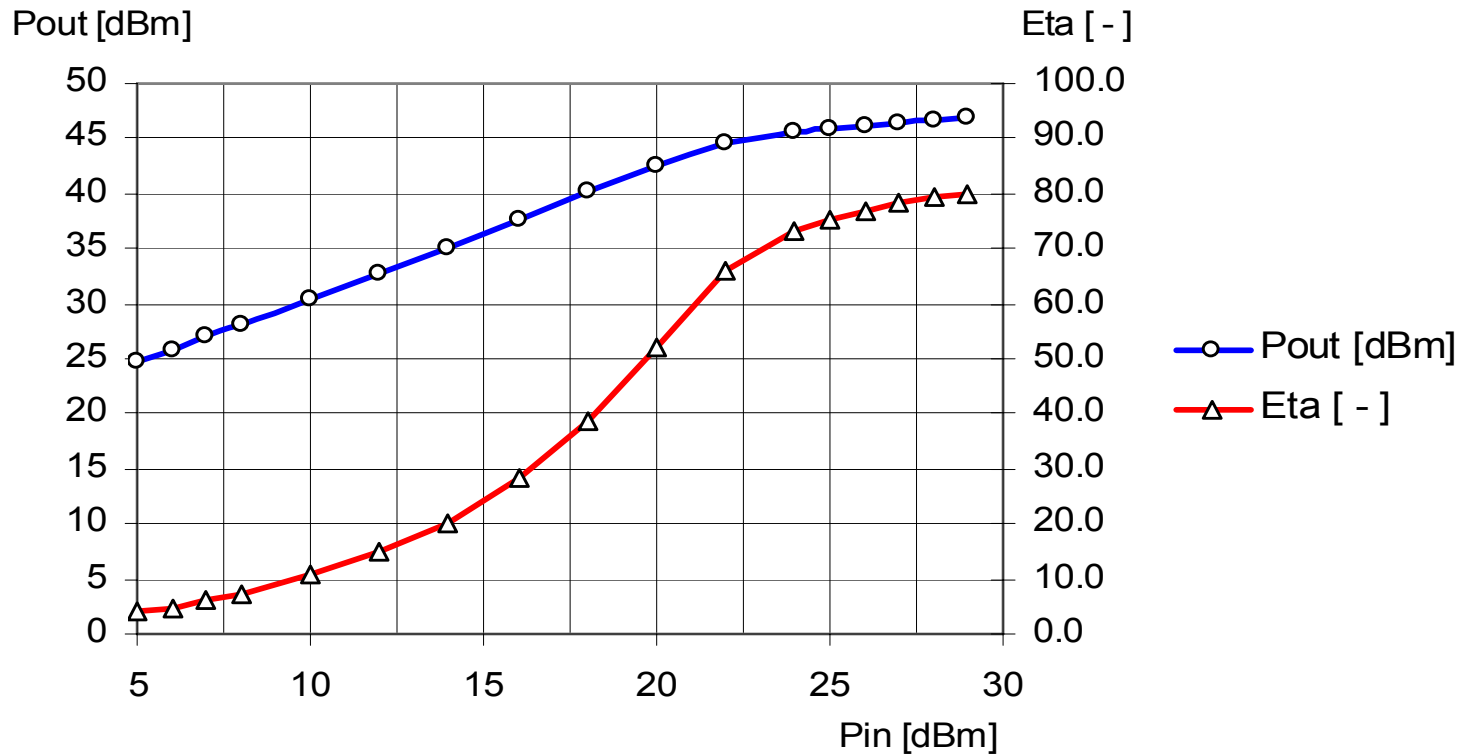
```


Das DSP-Modul TRX3C



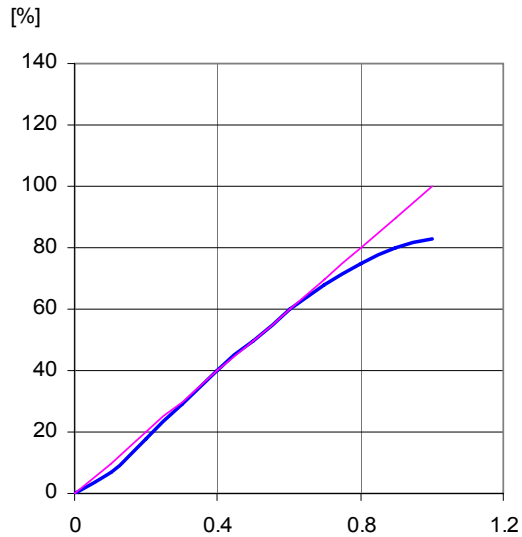
Die Sender-Endstufe

Linearität bei $f = 7\text{MHz}$

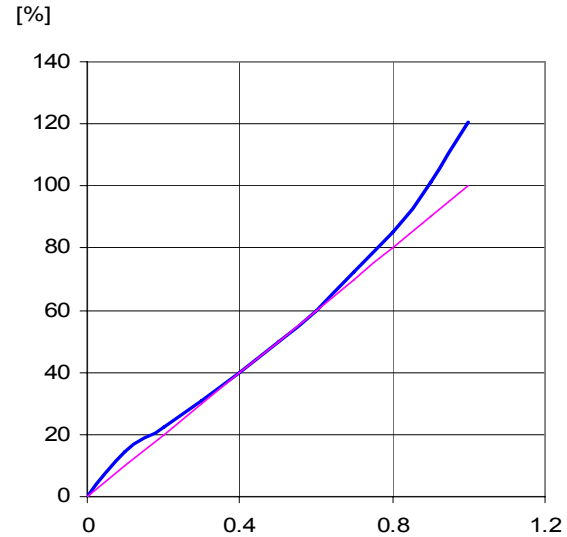


Die Sender-Endstufe

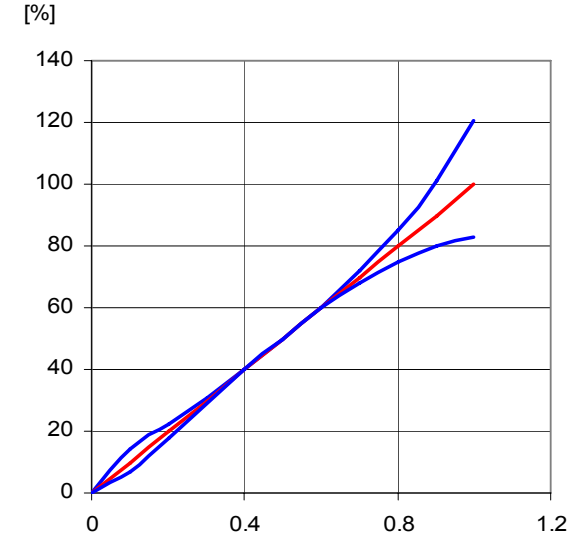
Das Prinzip der adaptiven Vorverzerrung



Kennlinie der Endstufe



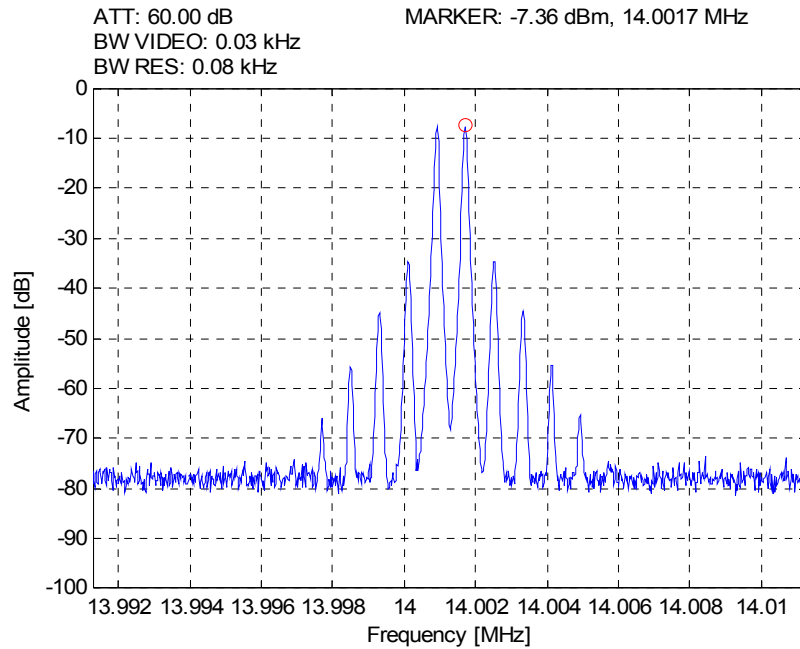
Linearitätsfehler



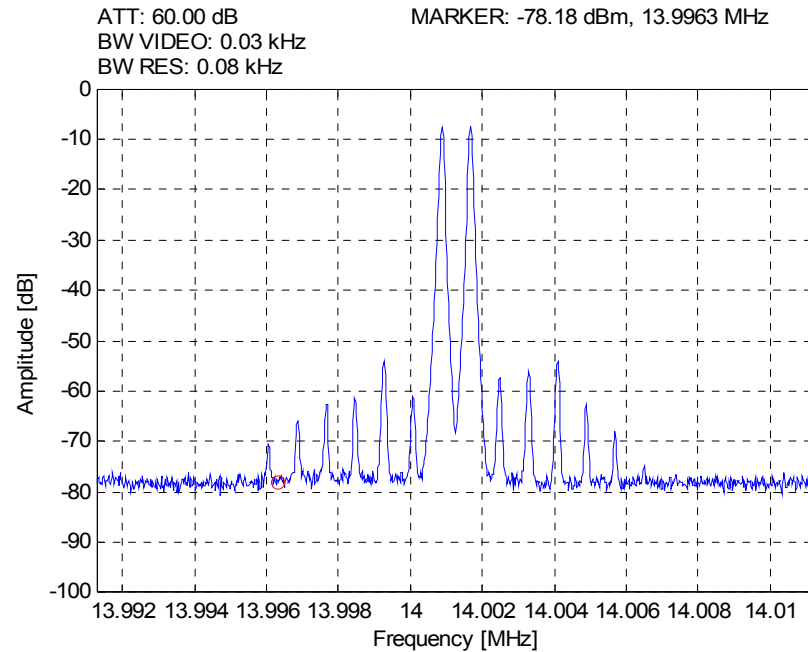
Kompensierter Amplitudengang

Spektrum der Sender-Endstufe mit adaptiver Vorverzerrung

2-Ton Modulation mit 1100Hz und 1900Hz



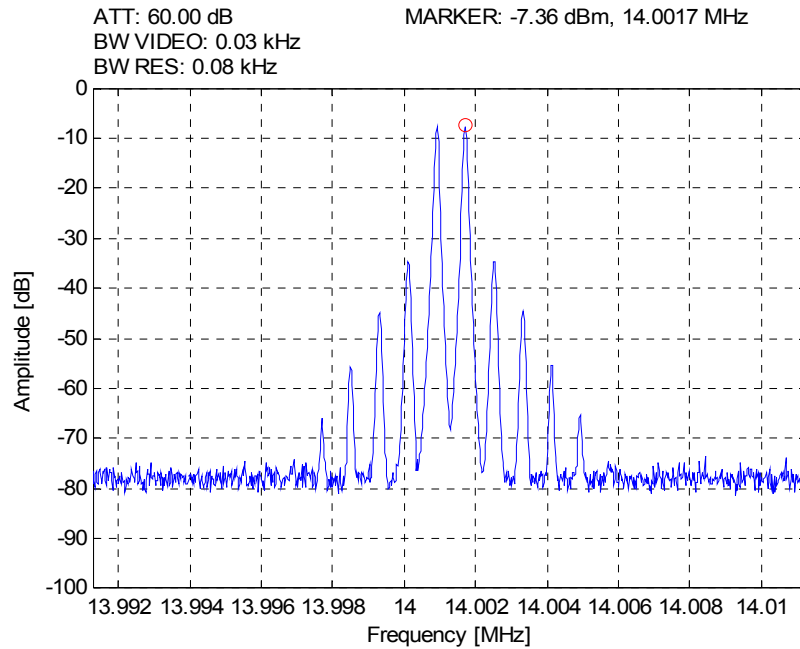
ohne Vorverzerrung



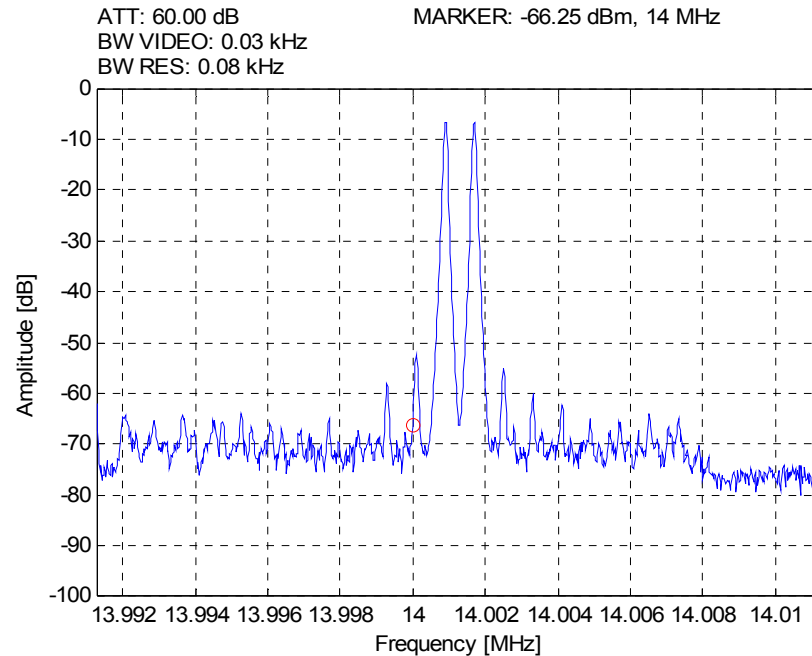
mit schmalbandiger Vorverzerrung

Spektrum der Sender-Endstufe mit adaptiver Vorverzerrung

2-Ton Modulation mit 1100Hz und 1900Hz



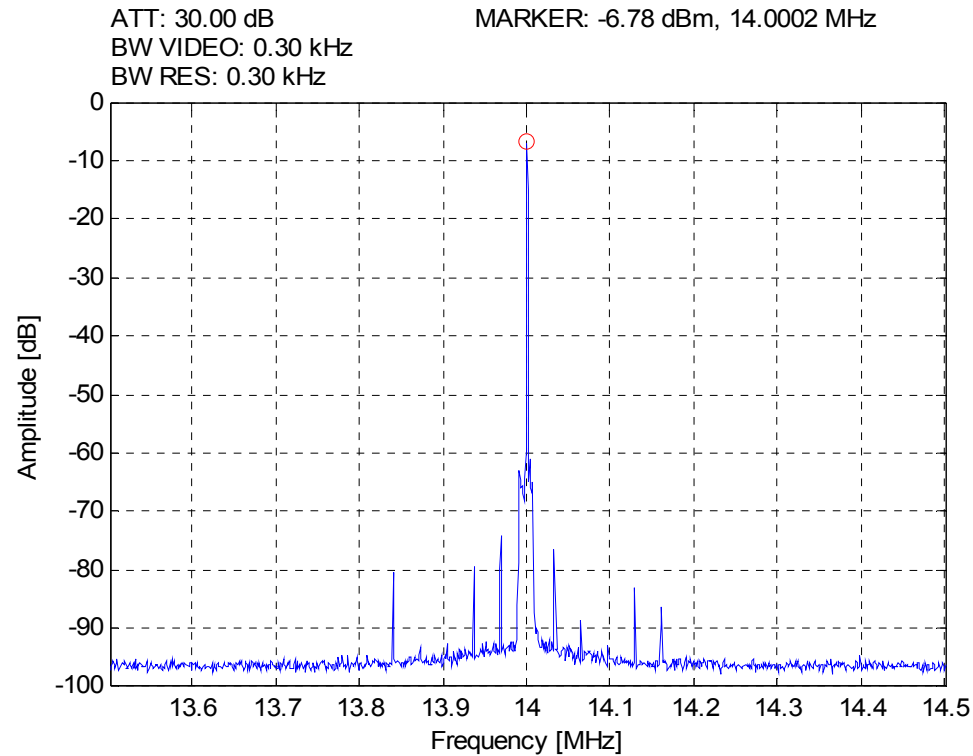
ohne Vorverzerrung



mit breitbandiger Vorverzerrung

Spektrum der Sender-Endstufe mit adaptiver Vorverzerrung

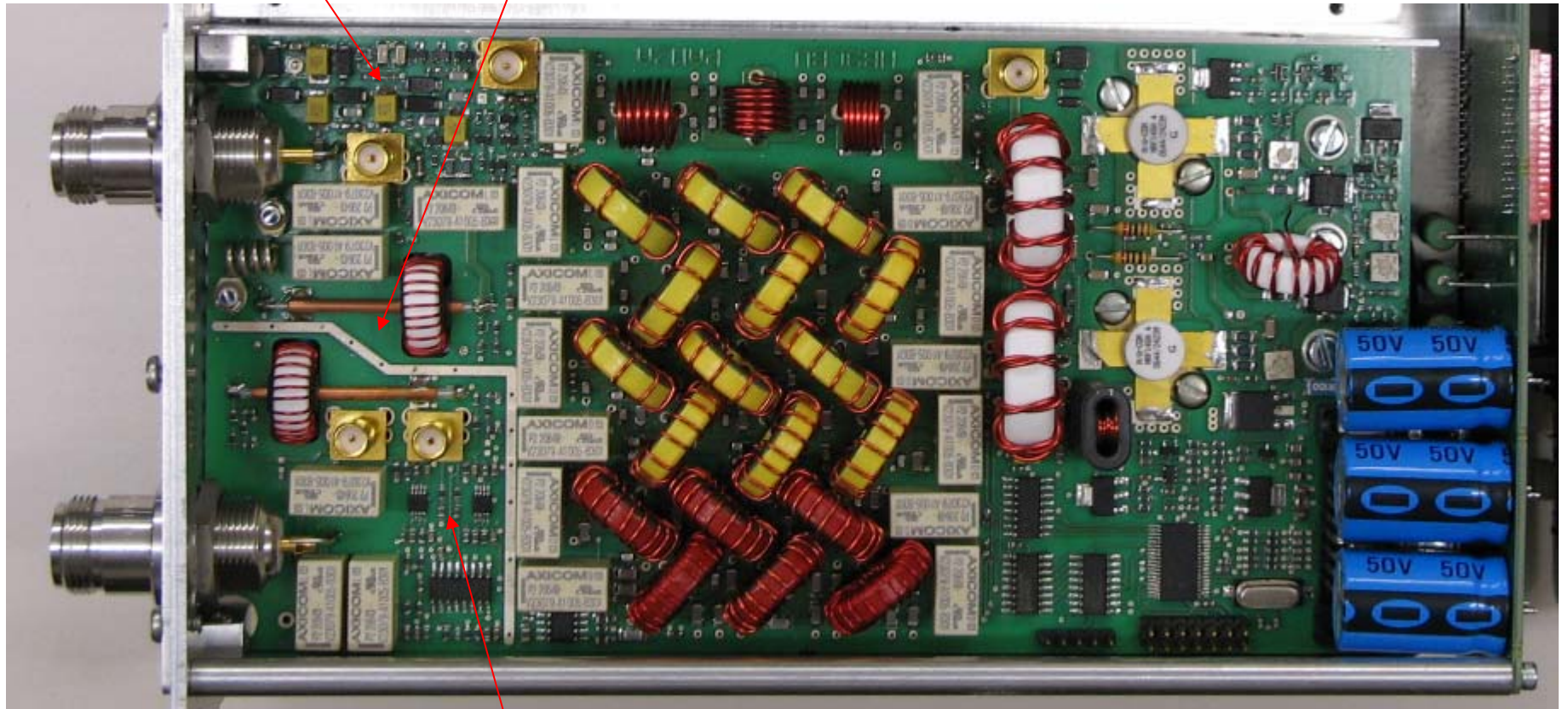
Sendespektrum über 1MHz gemessen



Aufbau der Endstufe

electronic Rx/Tx-Switch

Directional Coupler



Daten der Endstufe:

Max. Ausgangsleistung	50W
Min. Ausgangsleistung	100mW
Nebenwellenabstand	>70dBc

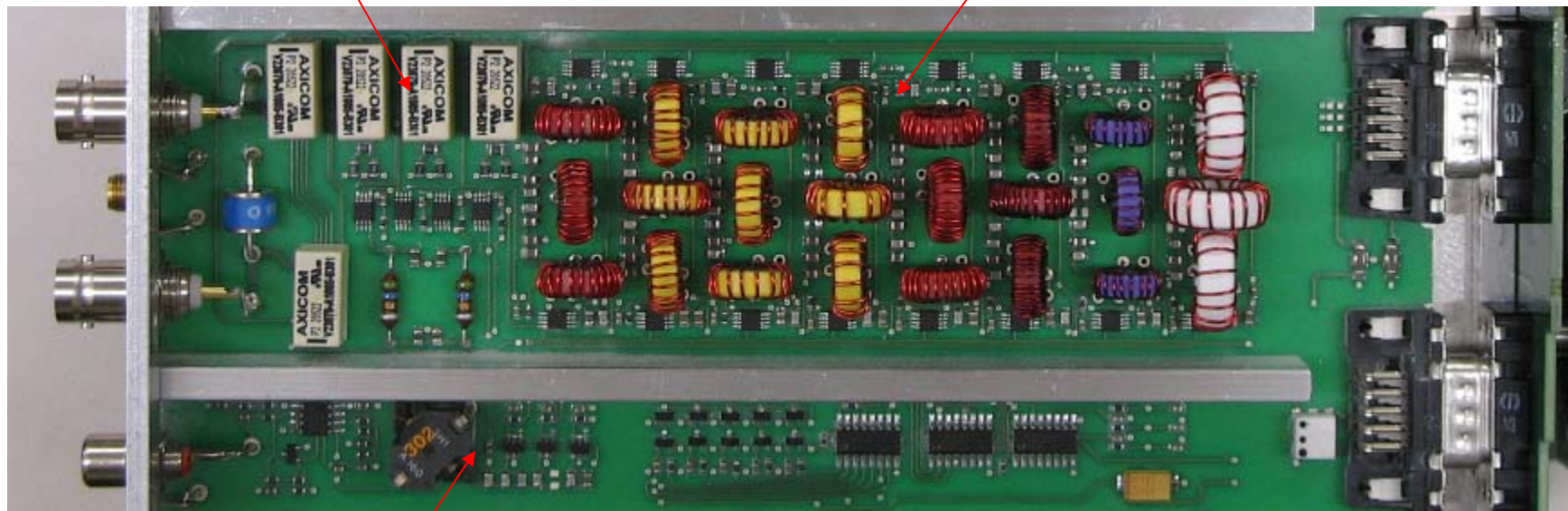
Besonderheiten:

- Adaptive Predistortion
- Power-Meter für den Bereich 0.1 ... 50W
- VSWR-Meter mit hoher Dynamik, misst ab 0.1W
- Antennascope zur Bestimmung der komplexen Impedanz direkt am TRX oder am Fusspunkt der Antenne als Option

Der Preselector

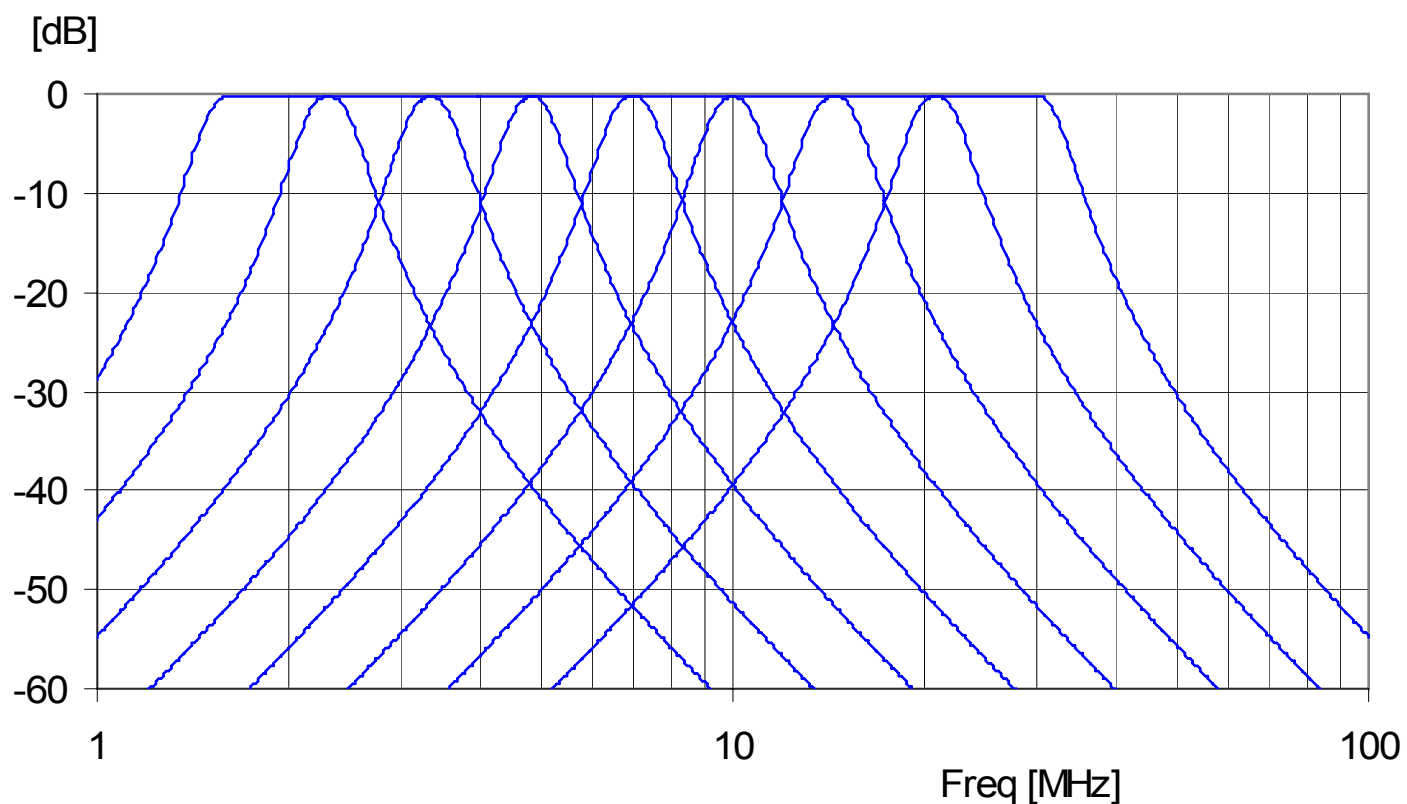
Attenuator, 0...35dB
in 5dB-Schritten

Halboktavfilter, mit
Hochstrom-FET's
geschaltet



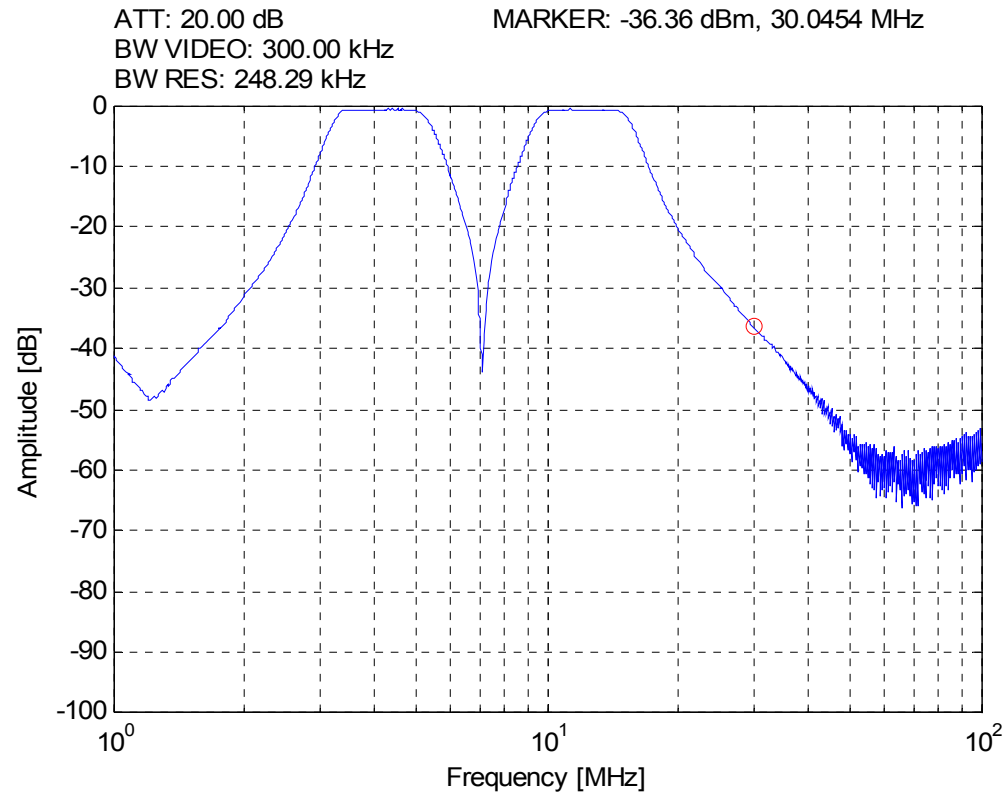
VLF-Frontend, für 60, 75,
77.5 und 137kHz schaltbar

Die Halboktav-Filter des Preselektors



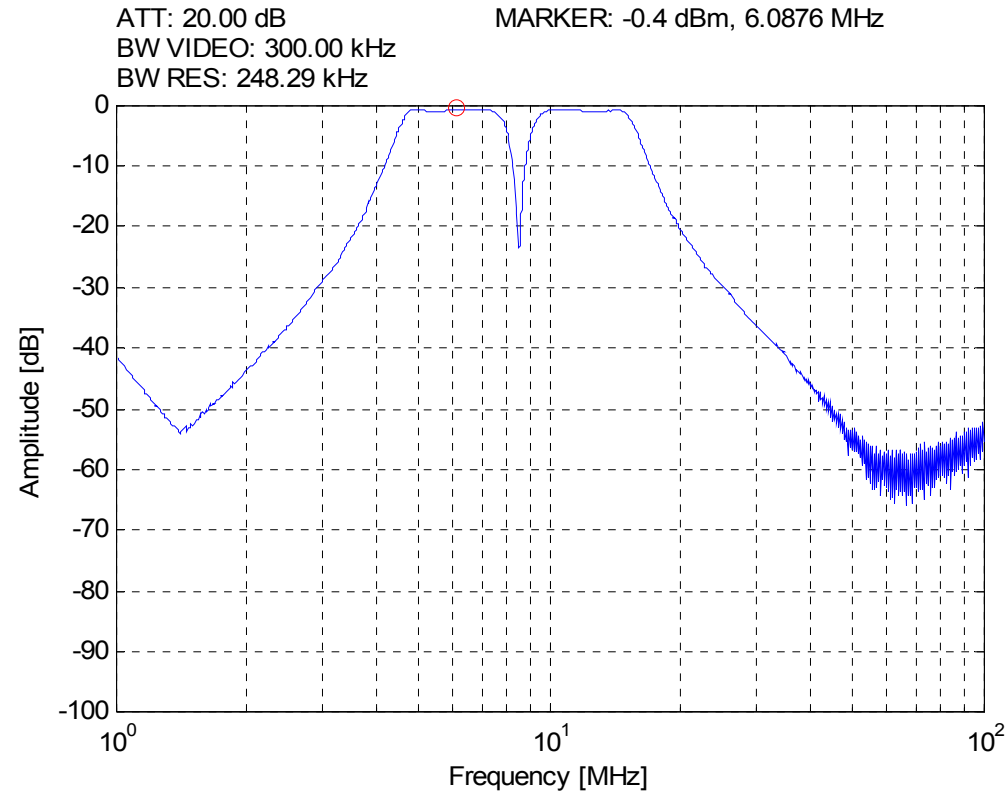
Der Preselektor

gleichzeitiger Empfang auf dem 80m- und 30/20m-Band

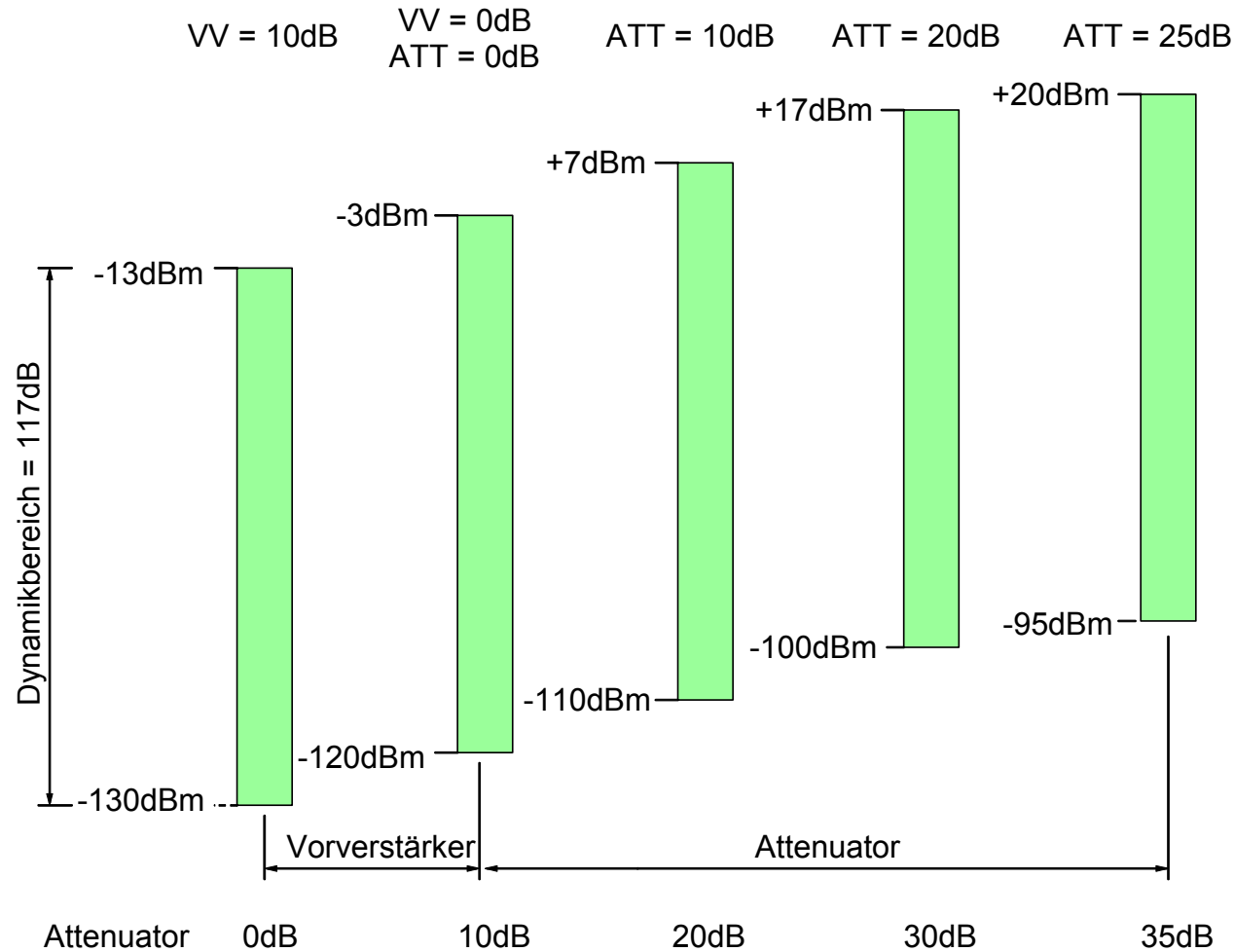


Der Preselektor

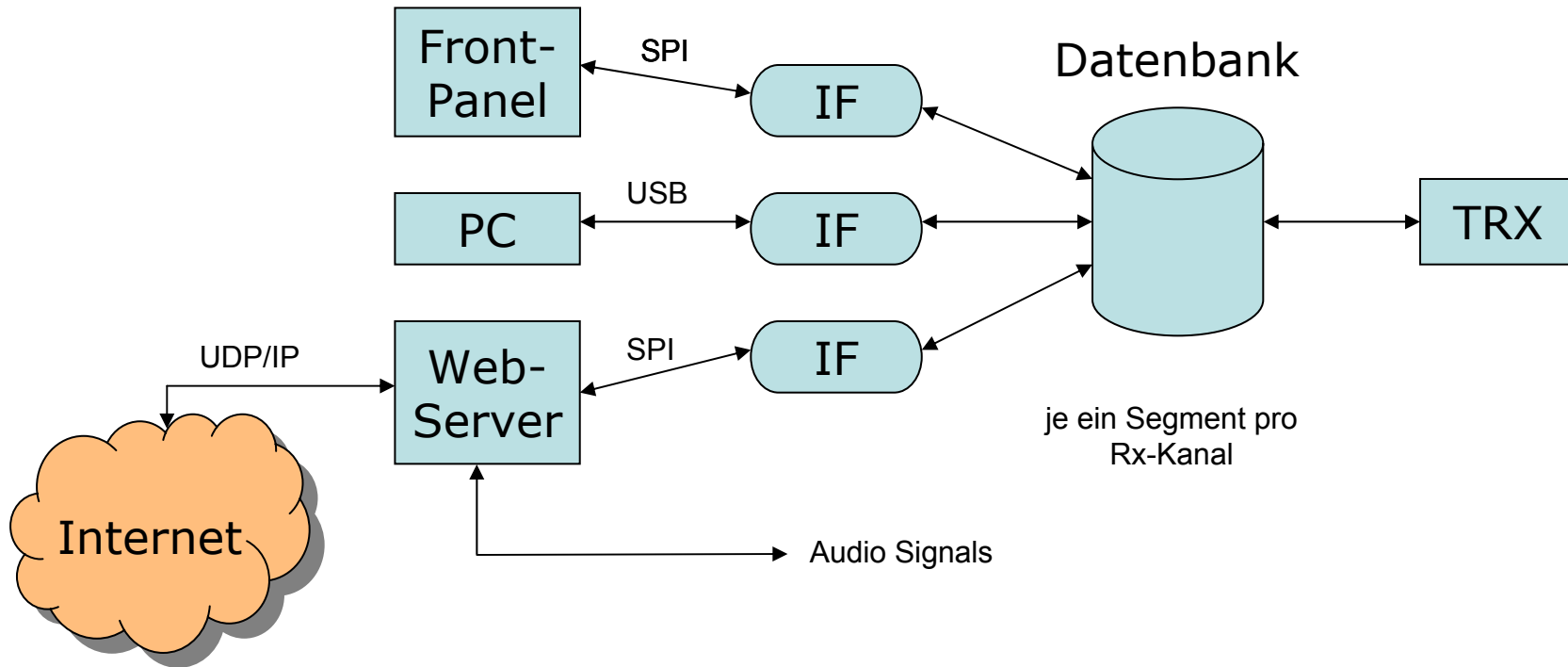
gleichzeitiger Empfang auf dem 40m- und 30/20m-Band



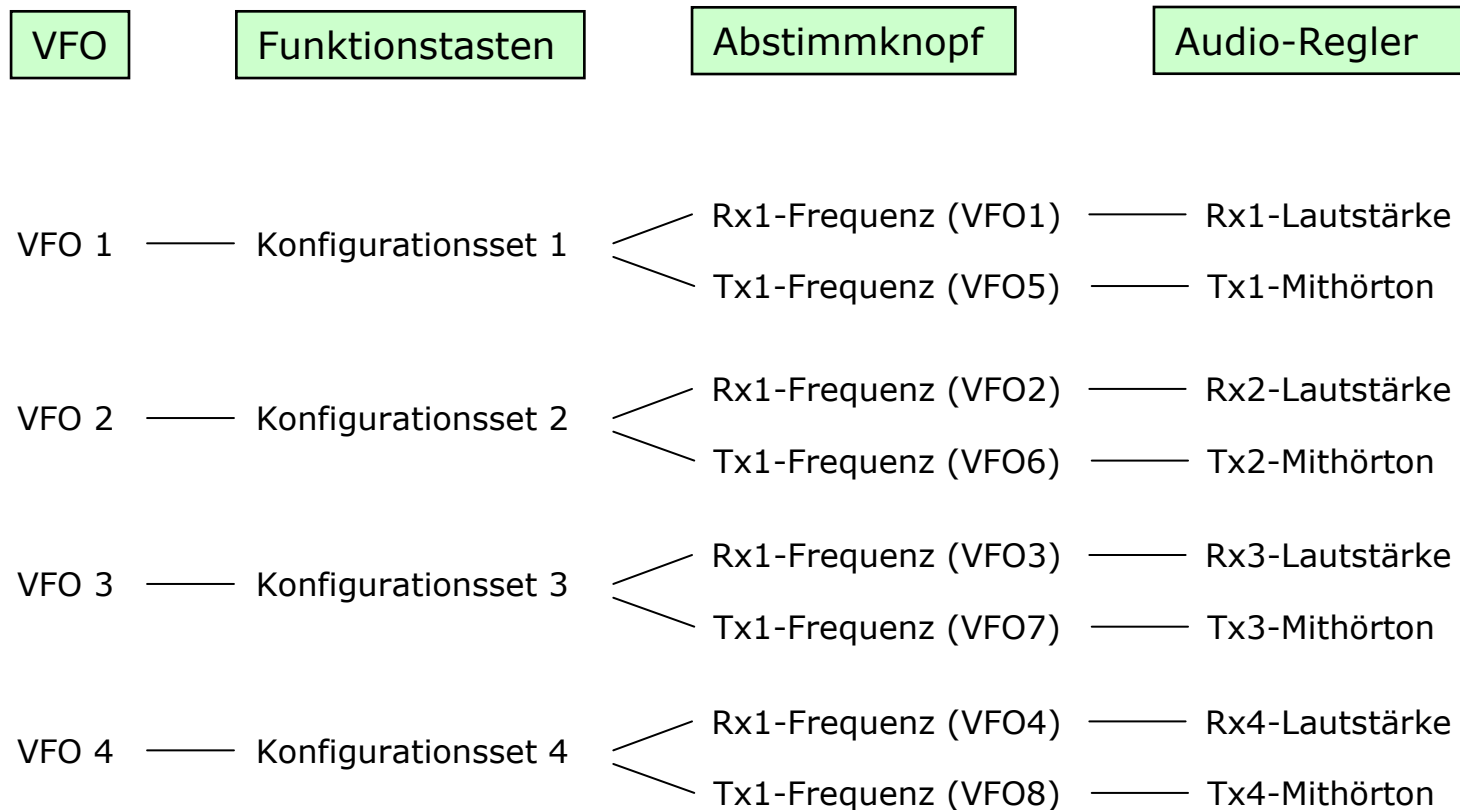
Konzept des Attenuators



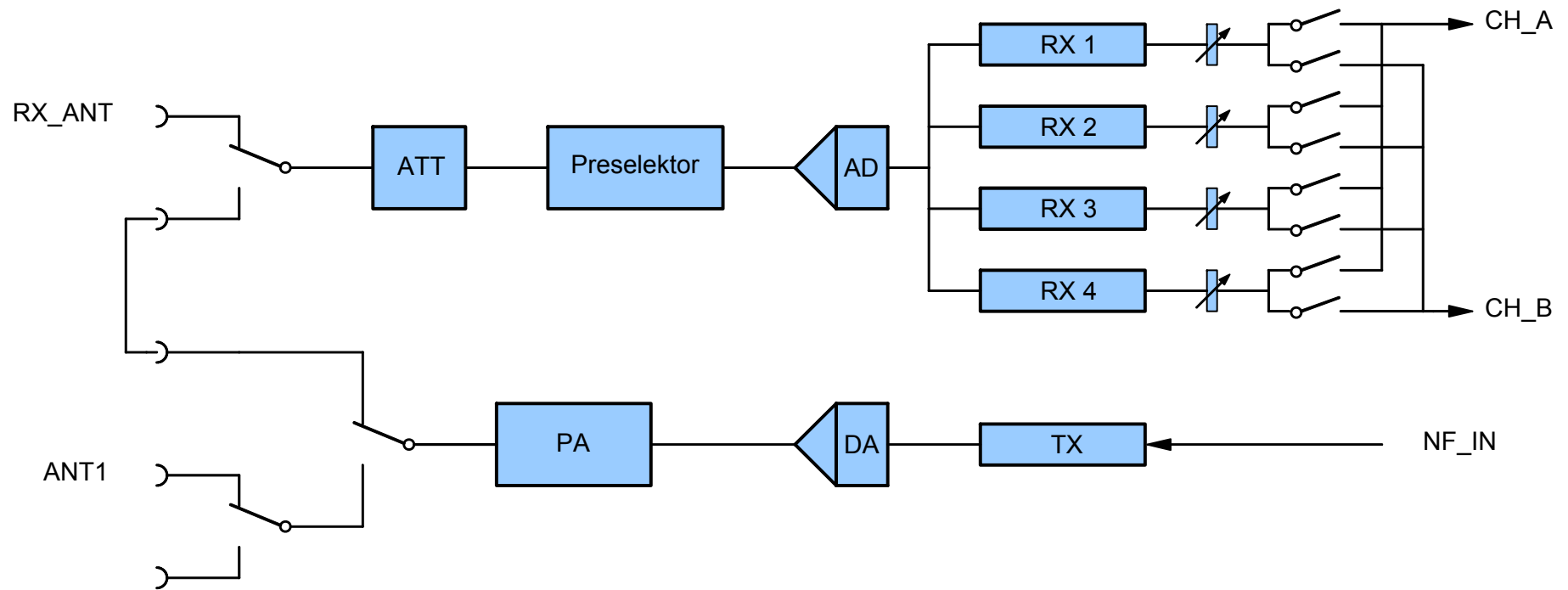
Konzept der Transceiver-Steuerung



Konzept der Transceiver-Steuerung



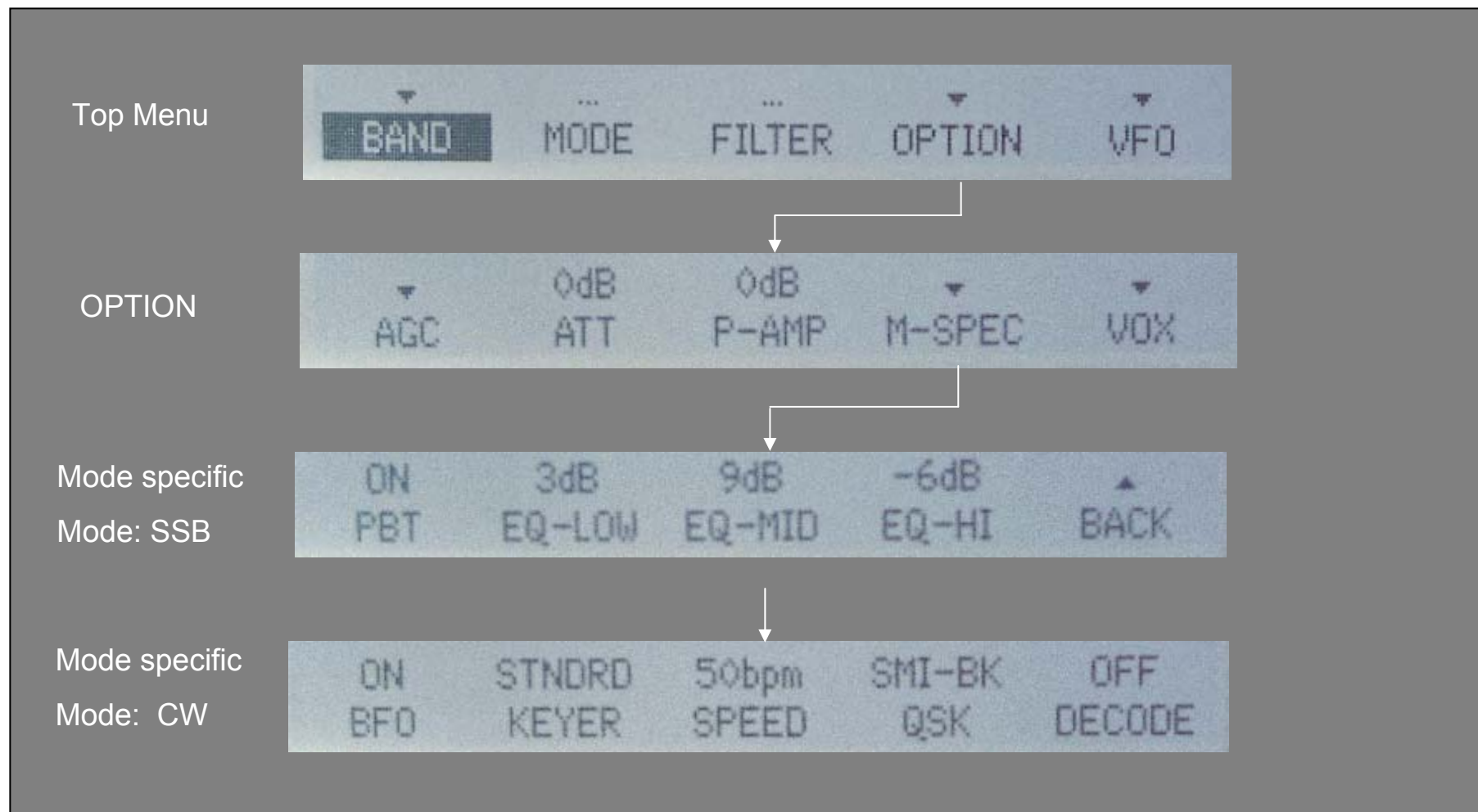
Konzept der Transceiver-Steuerung



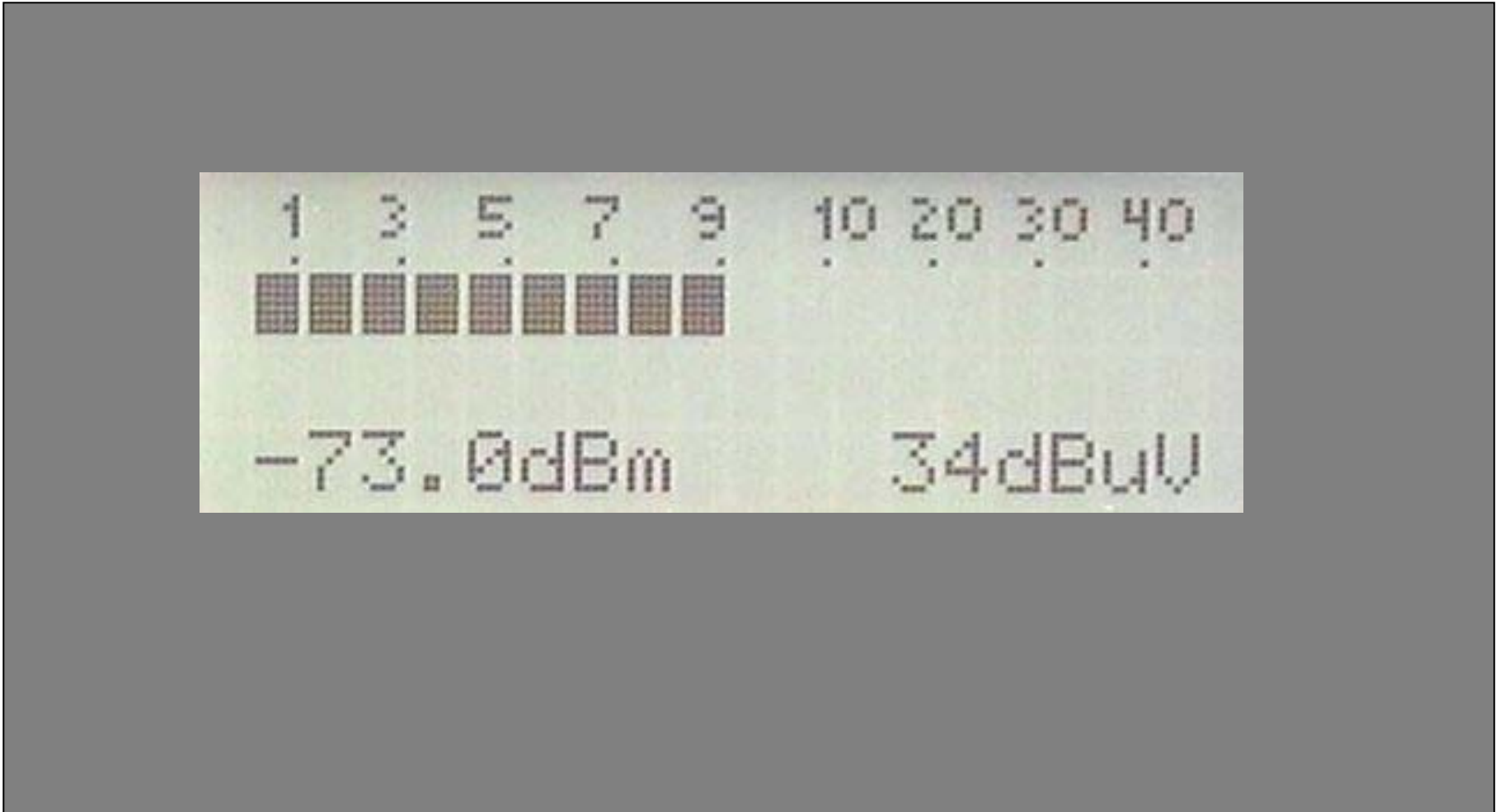
Konzept der Transceiver-Steuerung



Die Menu-Struktur



Die Menu-Struktur



Wie geht es weiter?

Verfügbarkeit der ersten Geräte: ab Januar 07

Preis des ADT-200A : ca. CHF 4500

Weitere Ausbauten (Optionen):

- Antennascope
- Web-Server Modul für den Fernbetrieb eines ADT-200A
- Benutzeroberfläche für Steuerung durch einen PC
- Spektrumanalyse
- 2m/70cm Transceiver Modul mit je ca. 10W Ausgangsleistung
- Diversity - Empfang