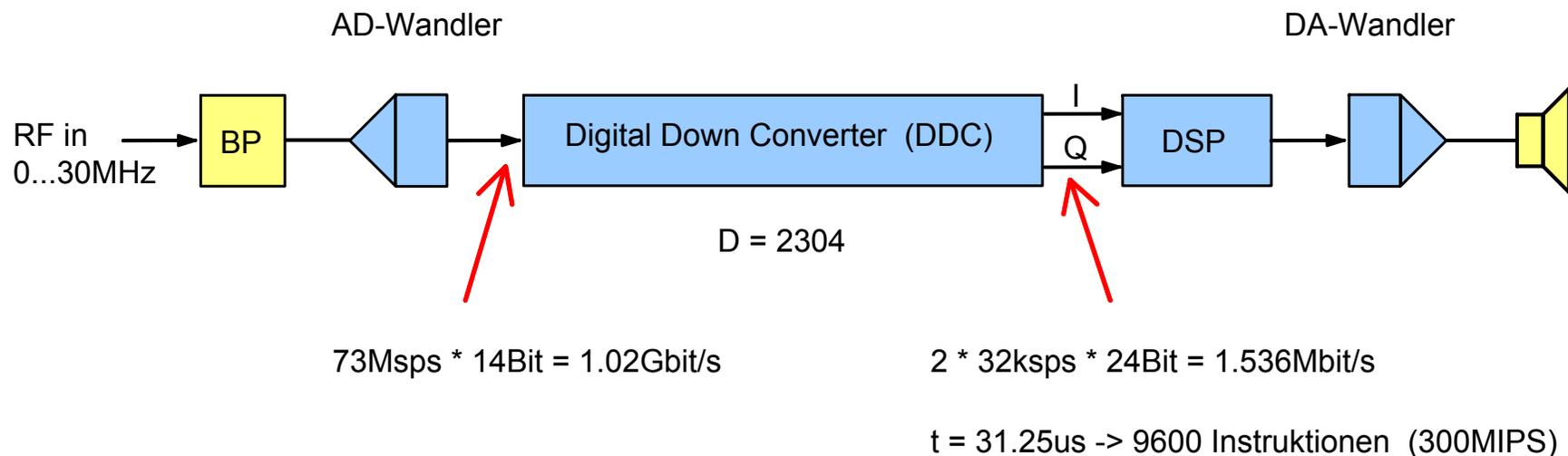


- Das Prinzip der digitalen Empfänger
 - AD-Wandler
 - IP3-Problematik
 - Direct_Conversion Rx
- Die Funktionsblöcke des ADT-200A
 - DSP-Modul
 - PA-Modul
 - Preselector-Modul
- Das Bedienungskonzept des ADT-200A
- Wie weiter?

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)

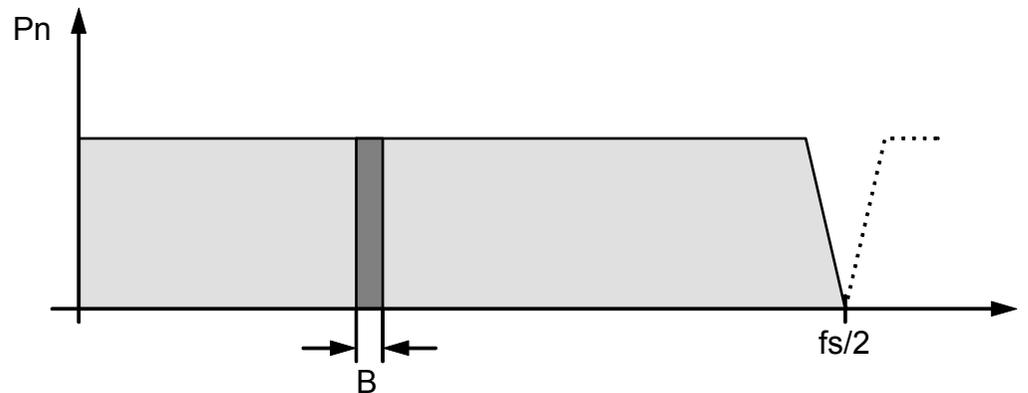
Dynamikbereich (real) = 75dB → 12 effektive Bits (ENOB)

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:

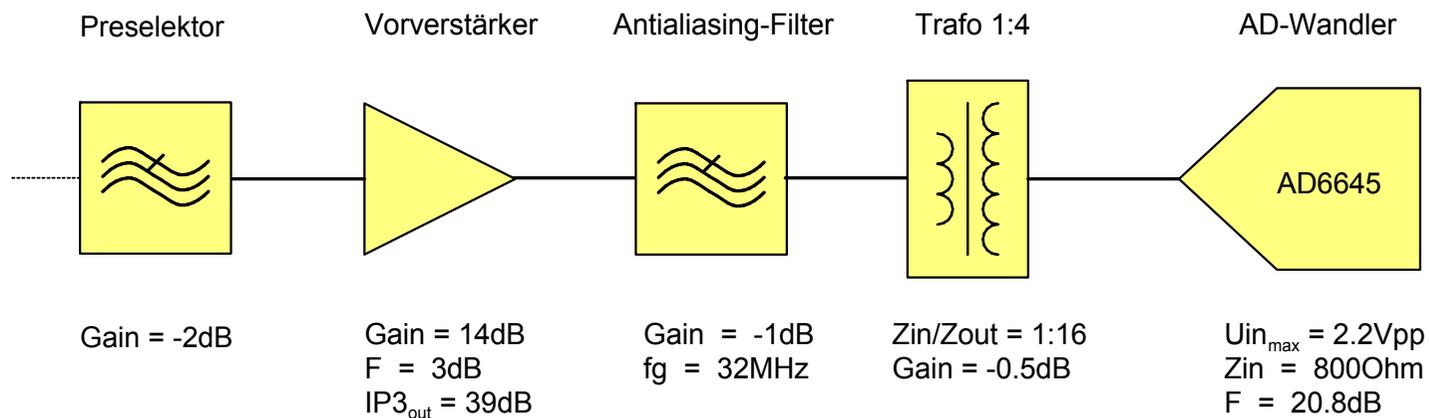
$$G_p = 10 \cdot \text{LOG}_{10} \left(\frac{f_s}{2 \cdot B} \right)$$

Bei B = 2.4kHz und fs = 73Msps folgt:

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

Minimale Eingangsspannung an 50Ω = 0.22μV

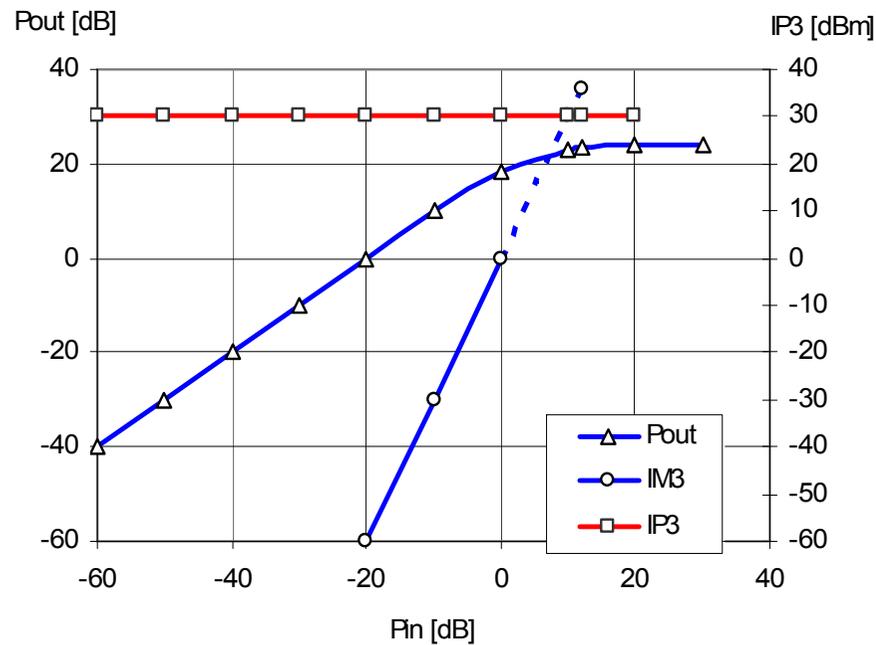
Die Berechnung der Empfängerdaten



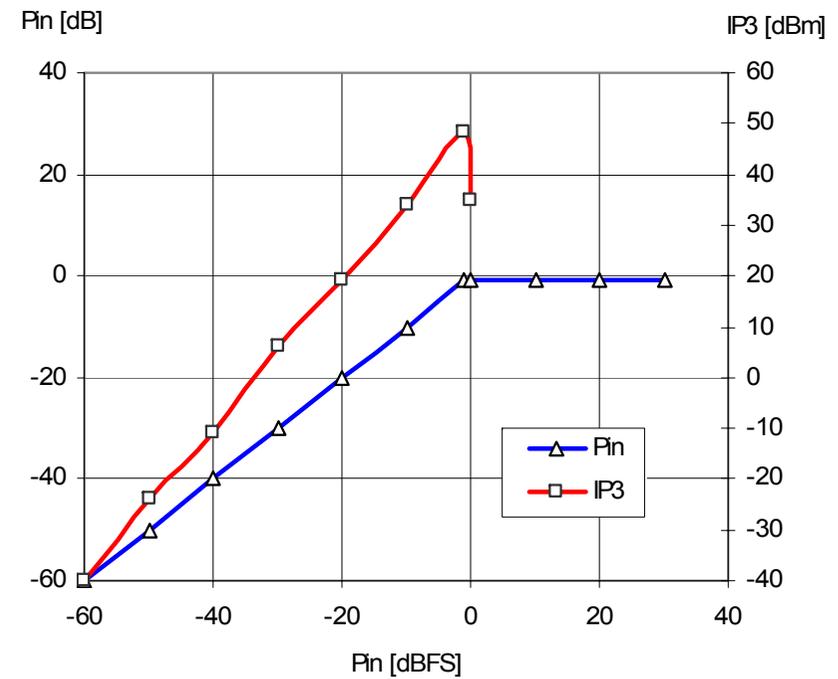
Rauschmass	$F_{ges} = 11.4dB$
Empfindlichkeit	MDS = -129dBm @ B=2.4kHz (0.08uV)
Dynamik-Bereich	DR = 117dB
IM3 freie Dynamik	DR3 = 101dB
Max. Input Power	$P_{max} = -11.4dBm$

Die Problematik bei der Messung des IP3

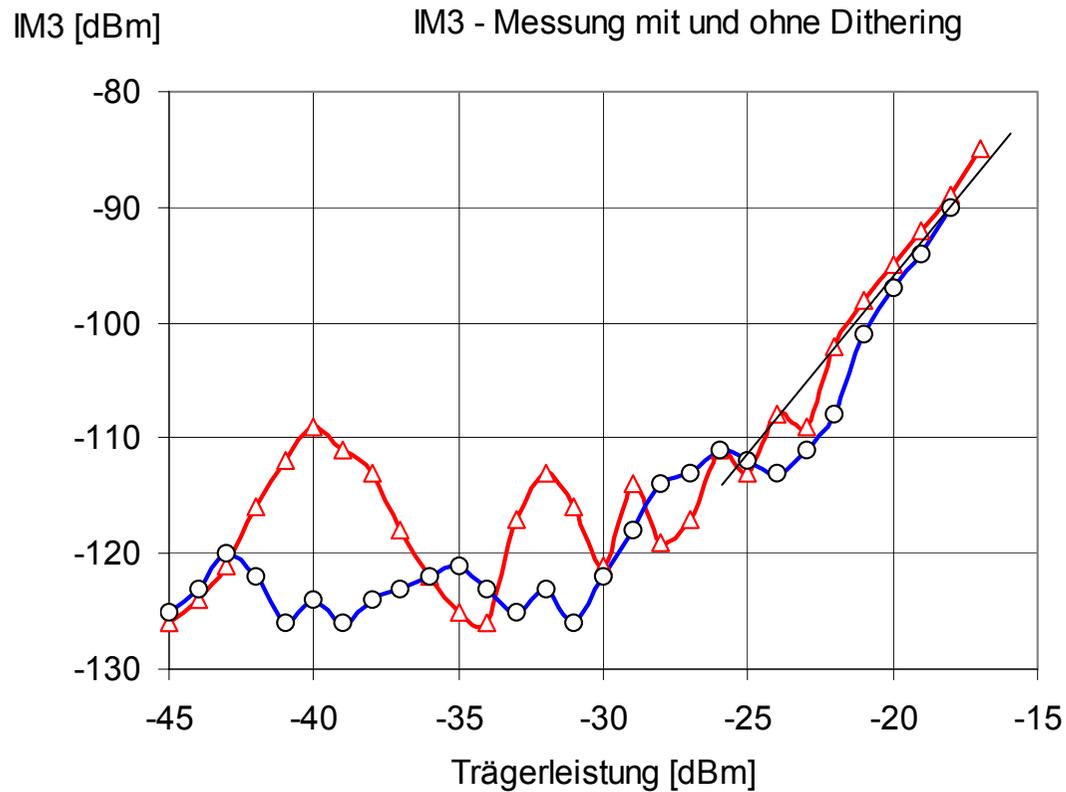
IP3 vom analogen Verstärker



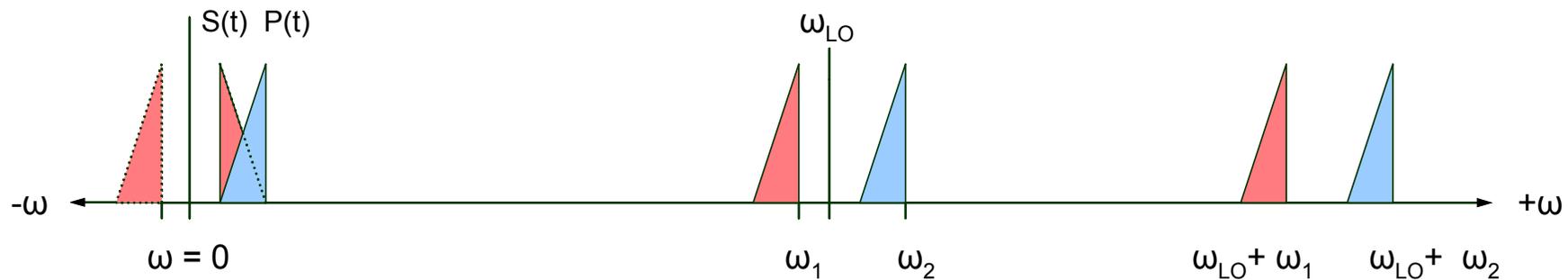
IP3 vom AD-Wandler AD6645



Die Problematik bei der Messung des IP3

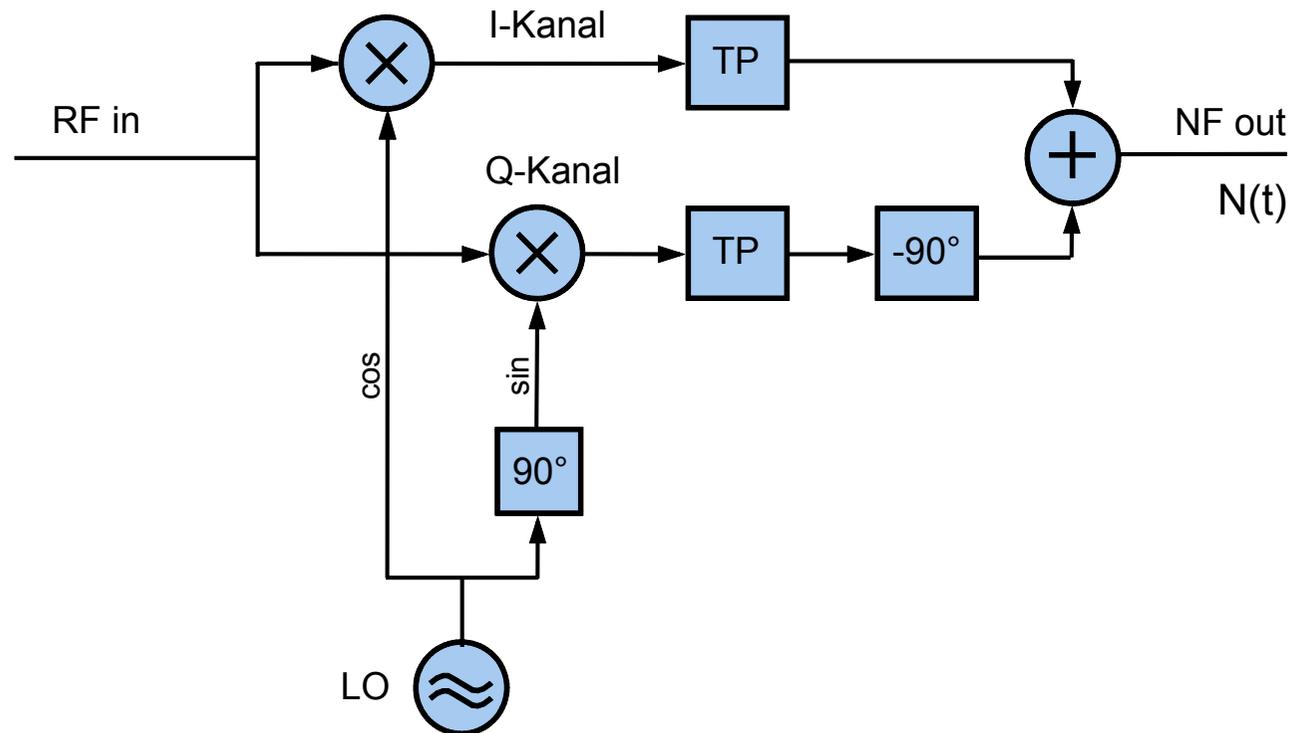


Prinzip des Direct Conversion Empfängers



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

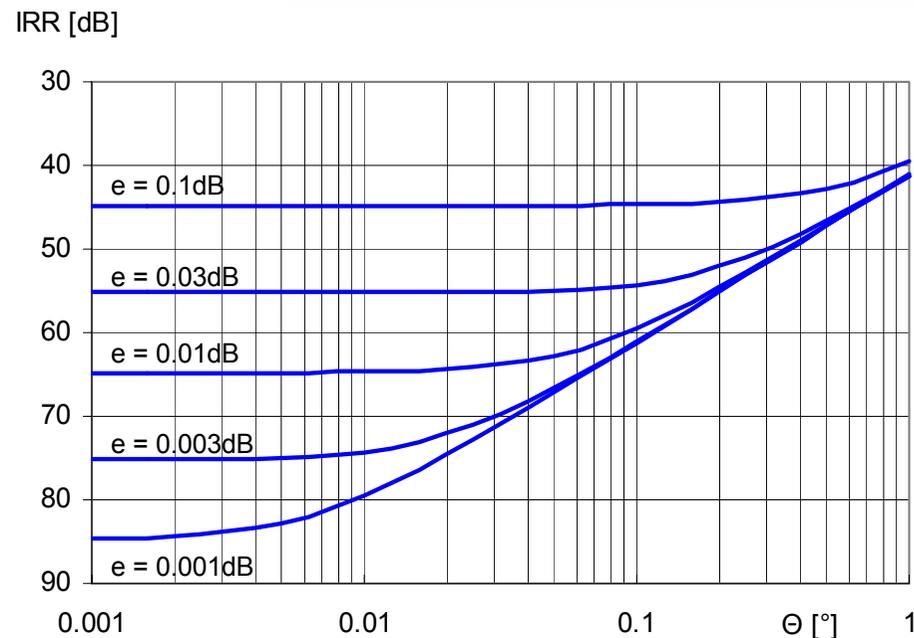
Prinzip des Direct Conversion (Quadratur-) Empfängers



Prinzip des Direct Conversion Empfängers

Image Rejection Ratio (IRR)

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



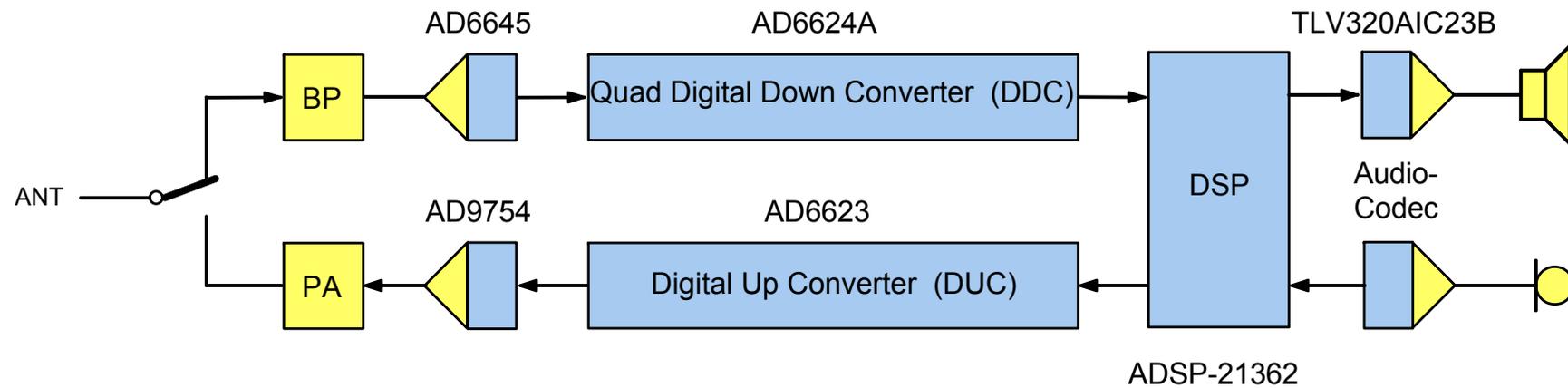
ϵ : Gain Error [-]

Θ : Phase Error [°]

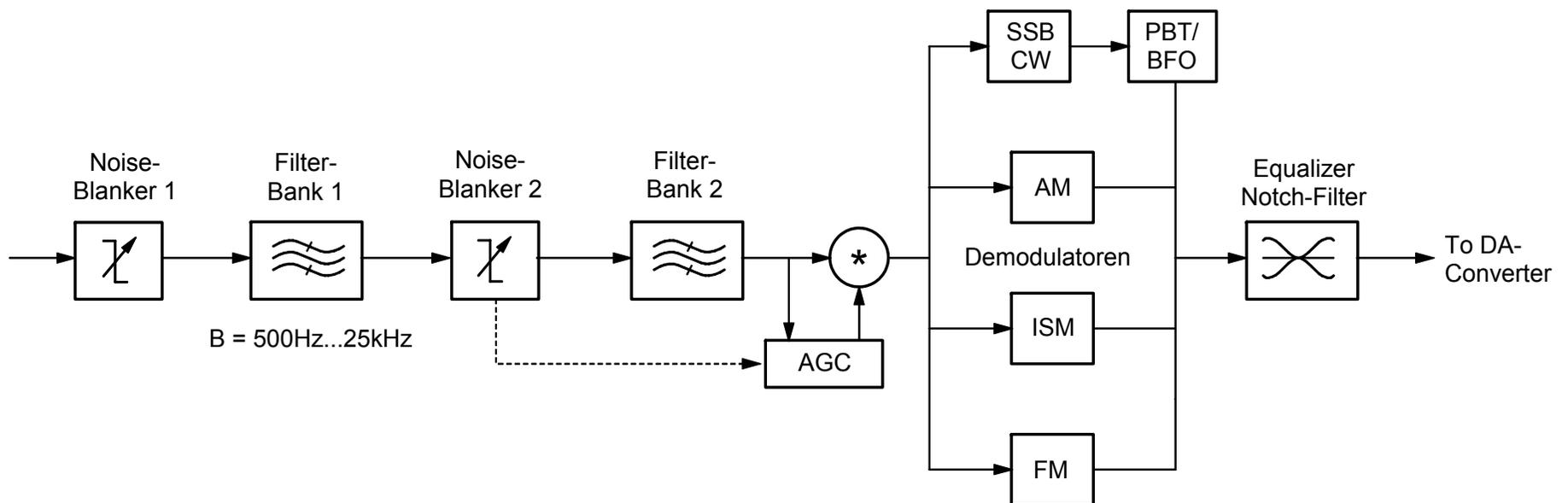
$$e = 20 * \log(\epsilon)$$

Welchen Wert bringt diese 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



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 */

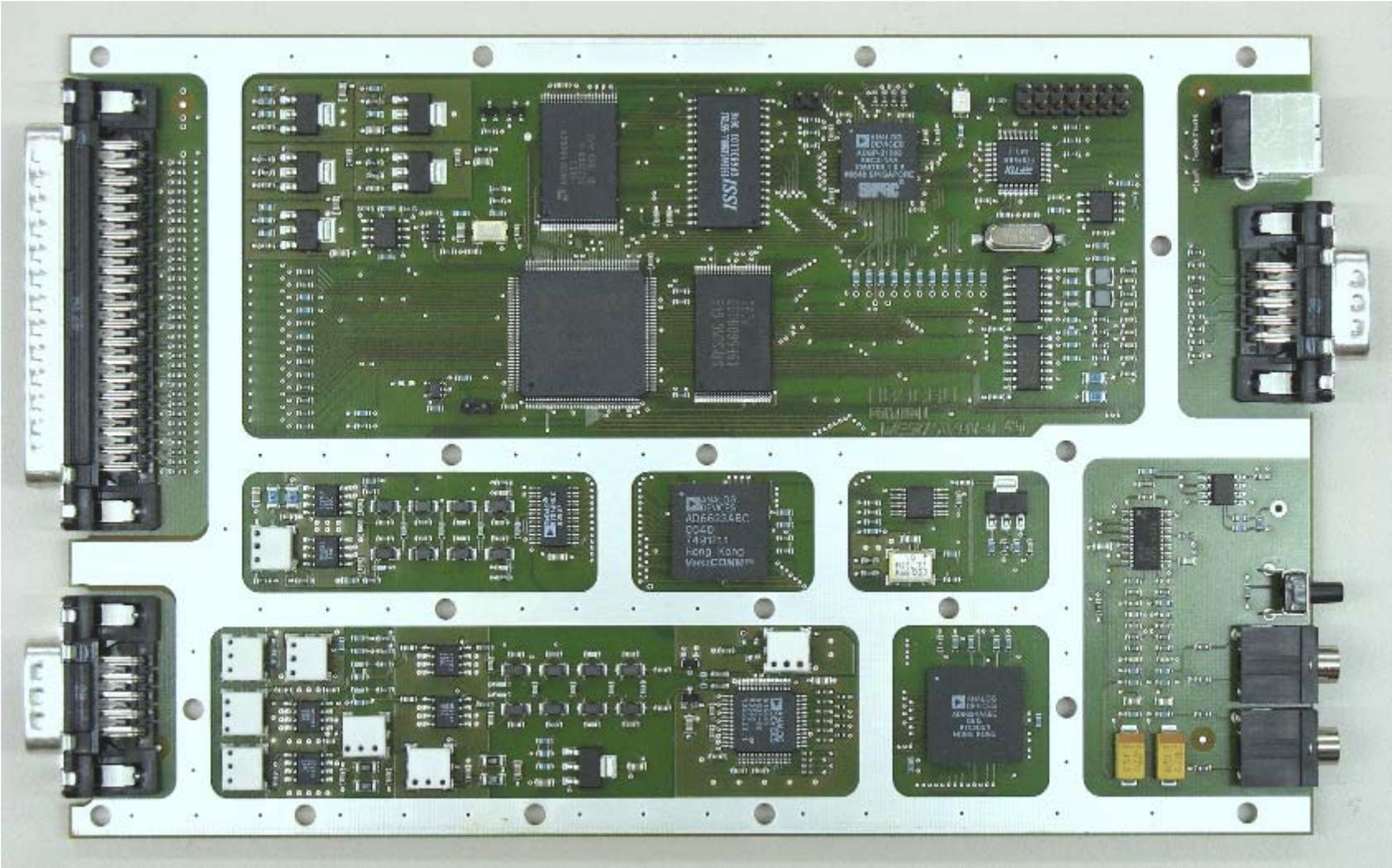
    F6 = DM(last_Q);
    F6 = F2 - F6;          /* build d/dt -> Q'      */
    F6 = F6 * F1;          /* product      -> Q' * I */

    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;

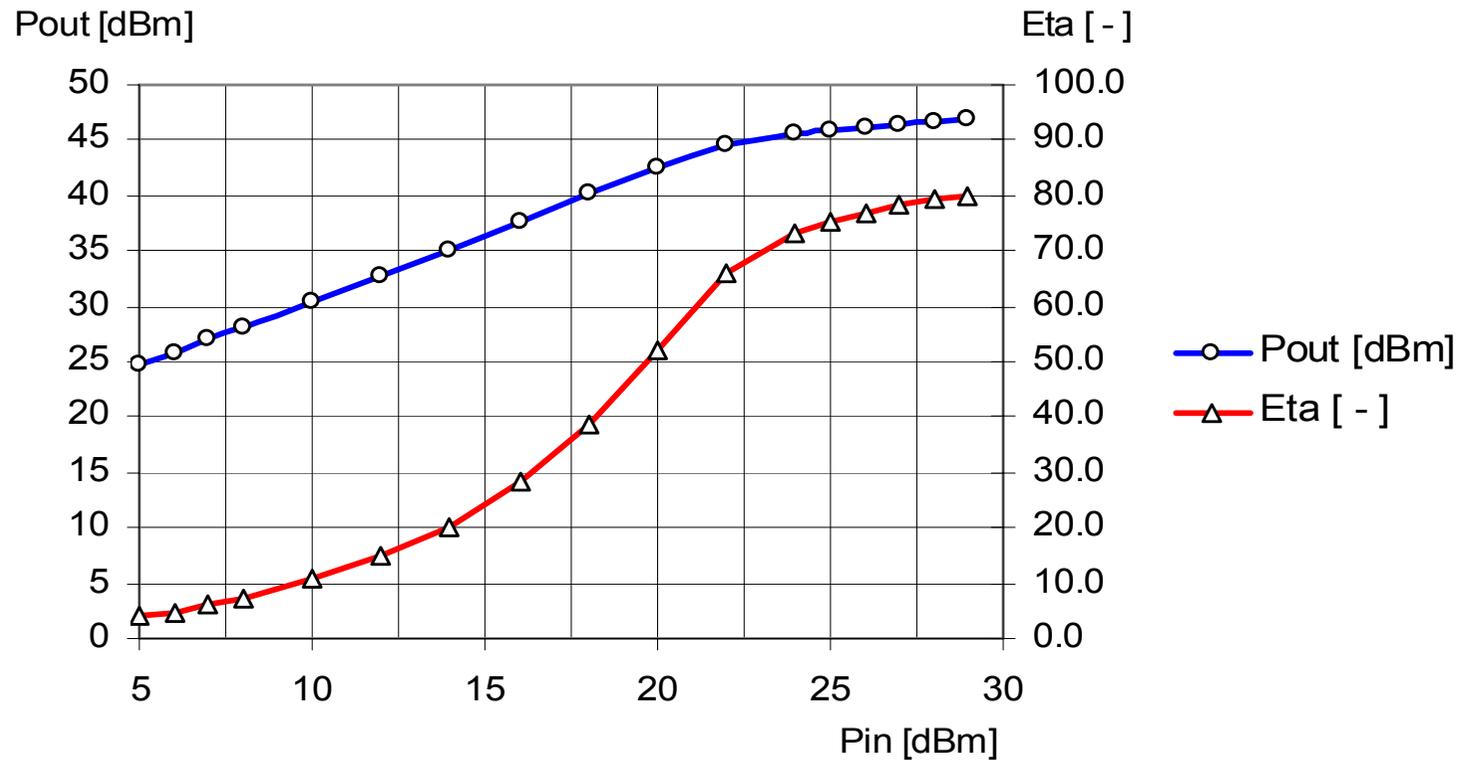
```

Das DSP-Modul TRX3C



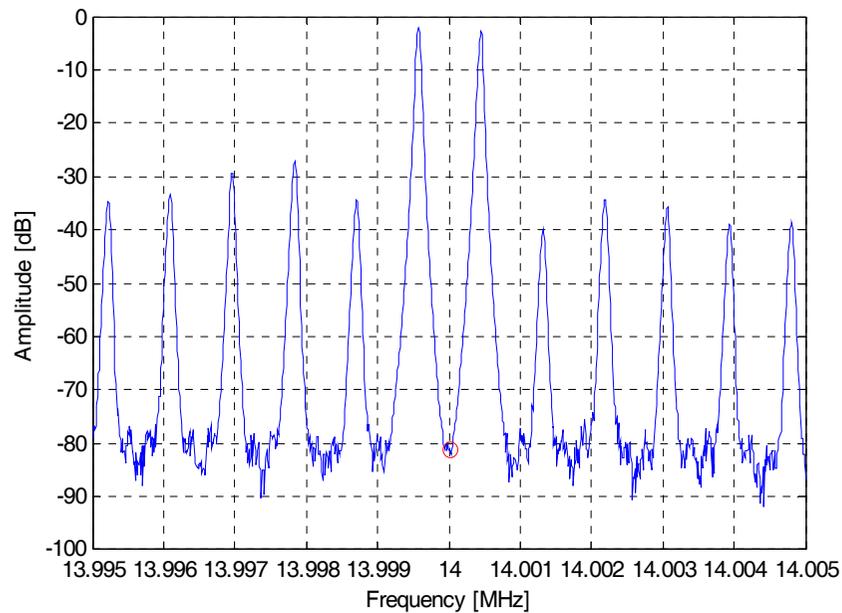
Die Sender-Endstufe

Linearität bei $f = 7\text{MHz}$

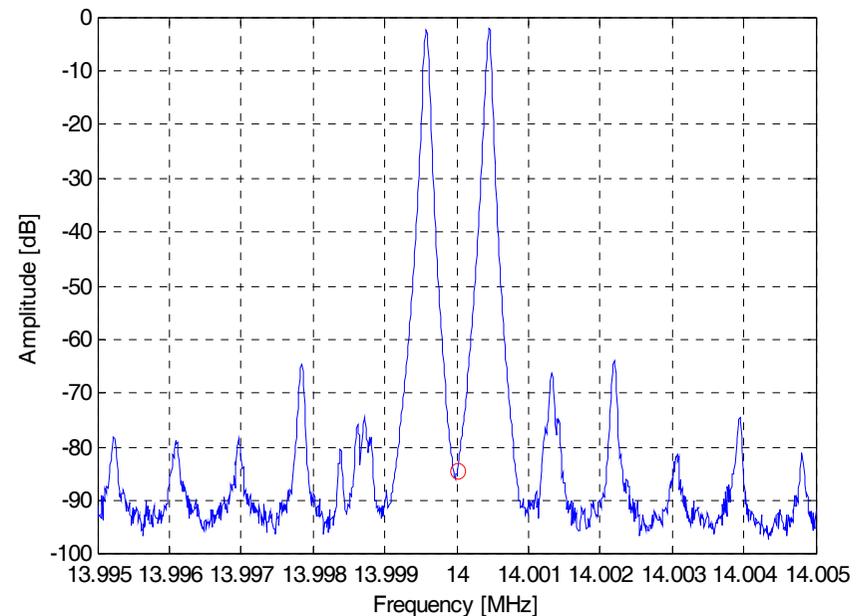


Spektrum der Sender-Endstufe mit adaptiver Vorverzerrung

2-Ton Modulation mit 1100Hz und 1900Hz



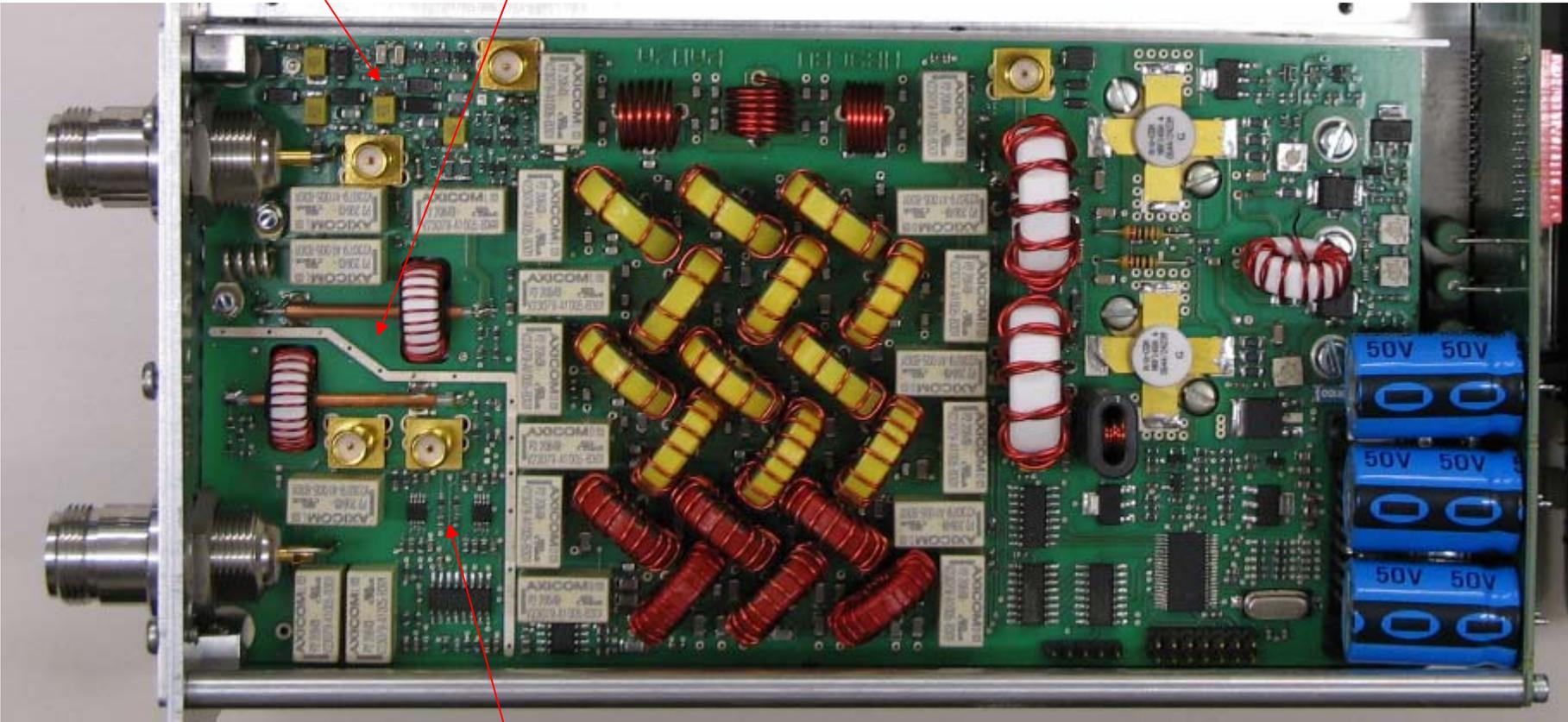
ohne Vorverzerrung



Vorverzerrung optimal eingestellt

Aufbau der Endstufe

electronic Rx/Tx-Switch Directional Coupler



Daten der Endstufe:

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

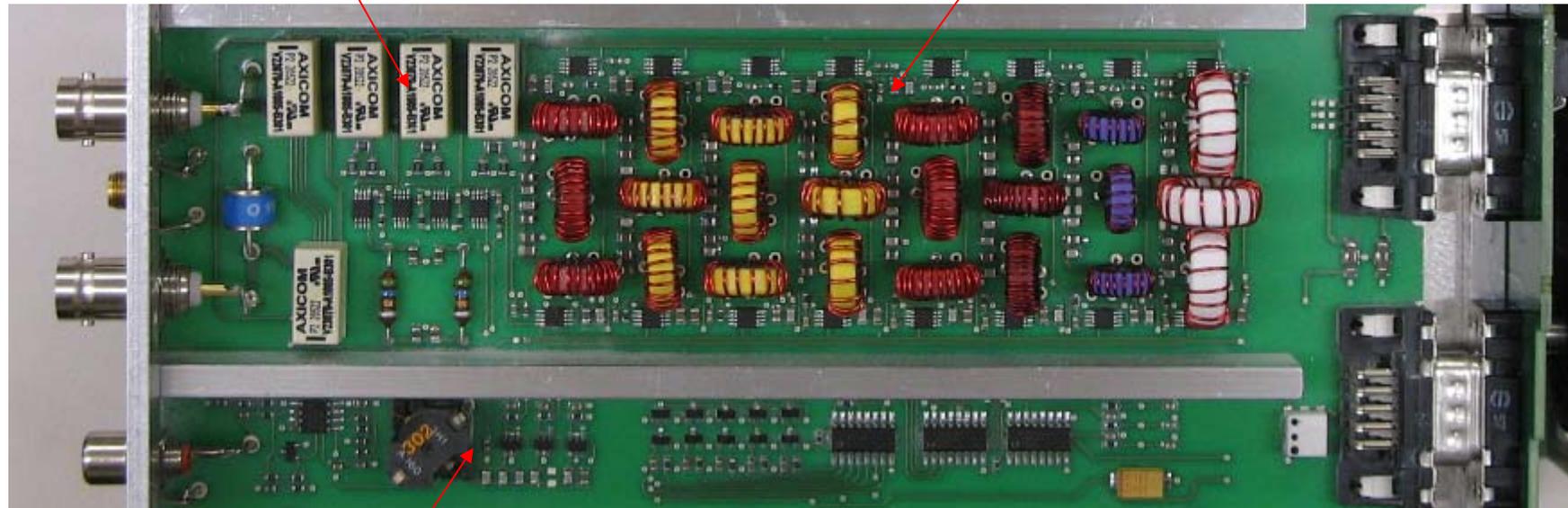
Besonderheiten:

- 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

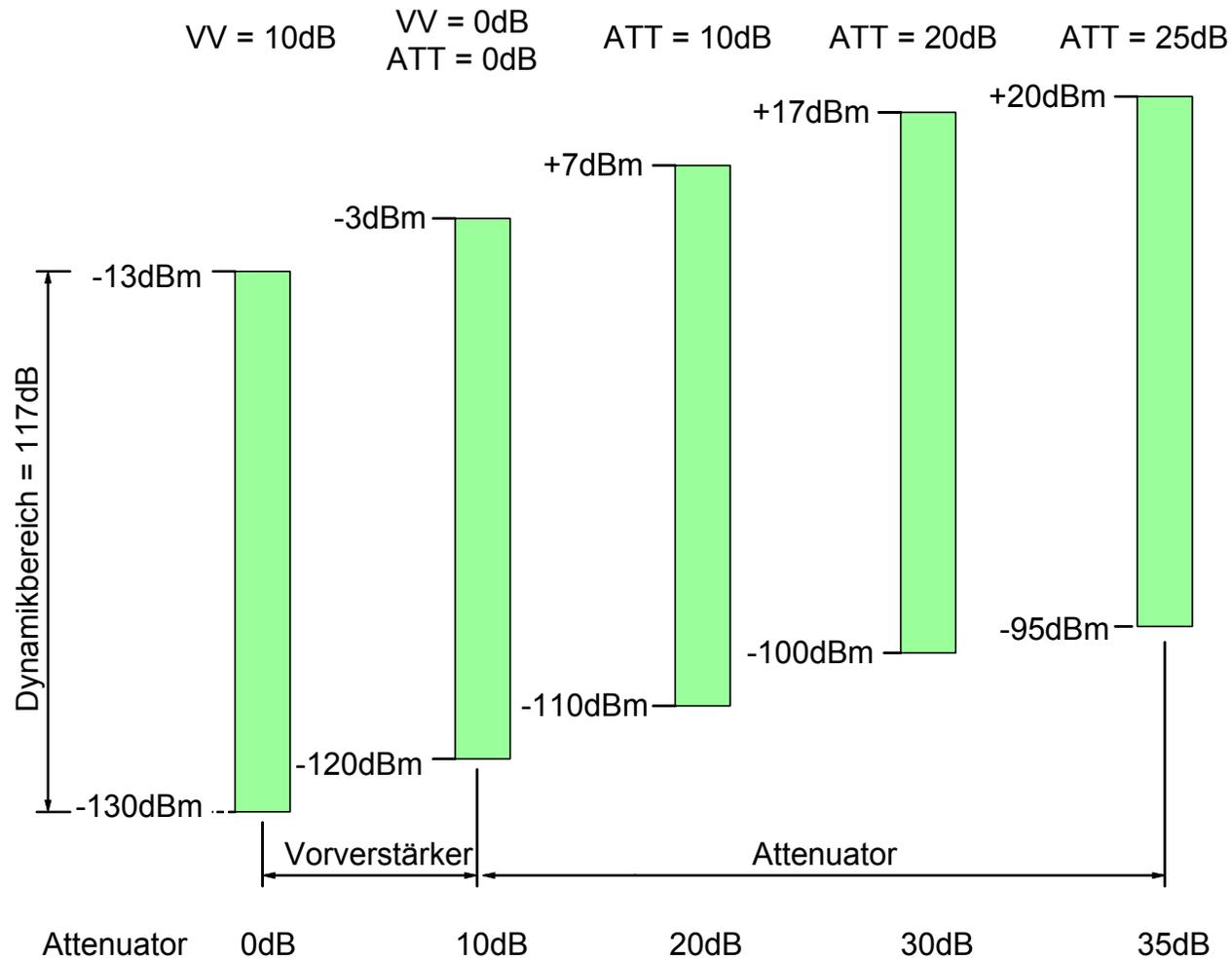
Attenuator, 0...35dB
in 5dB-Schritten

Halboktavfilter, mit
Hochstrom-FET's
geschaltet

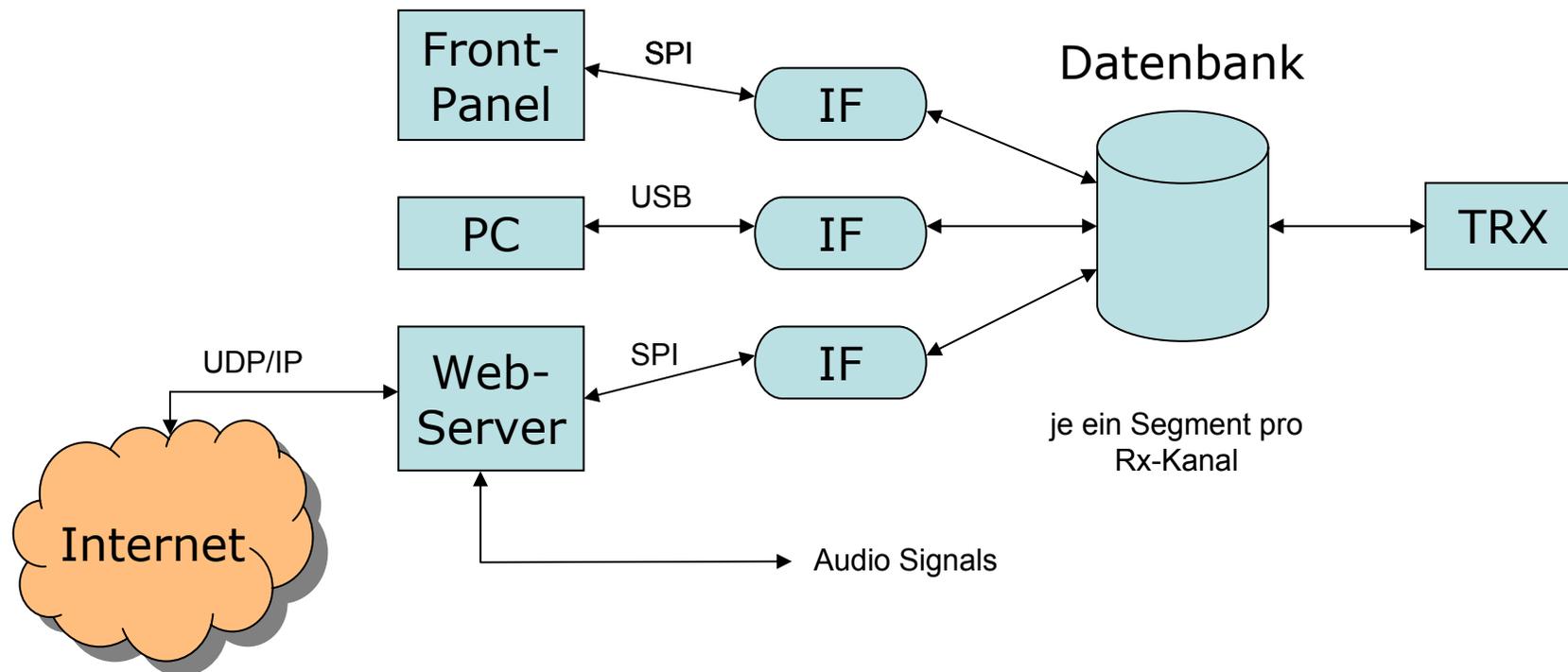


VLf-Frontend, für 60, 75,
77.5 und 137kHz schaltbar

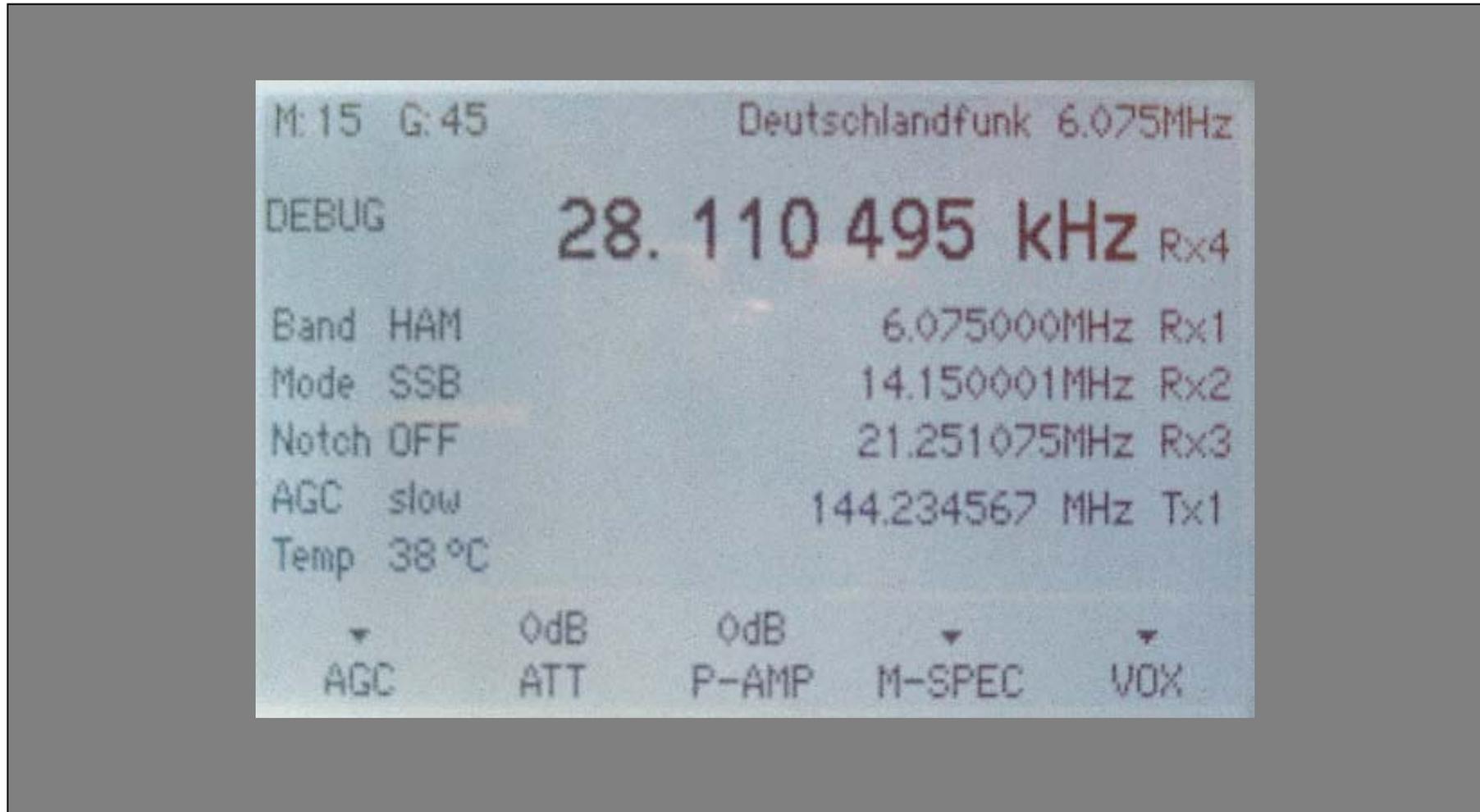
Konzept des Attenuators



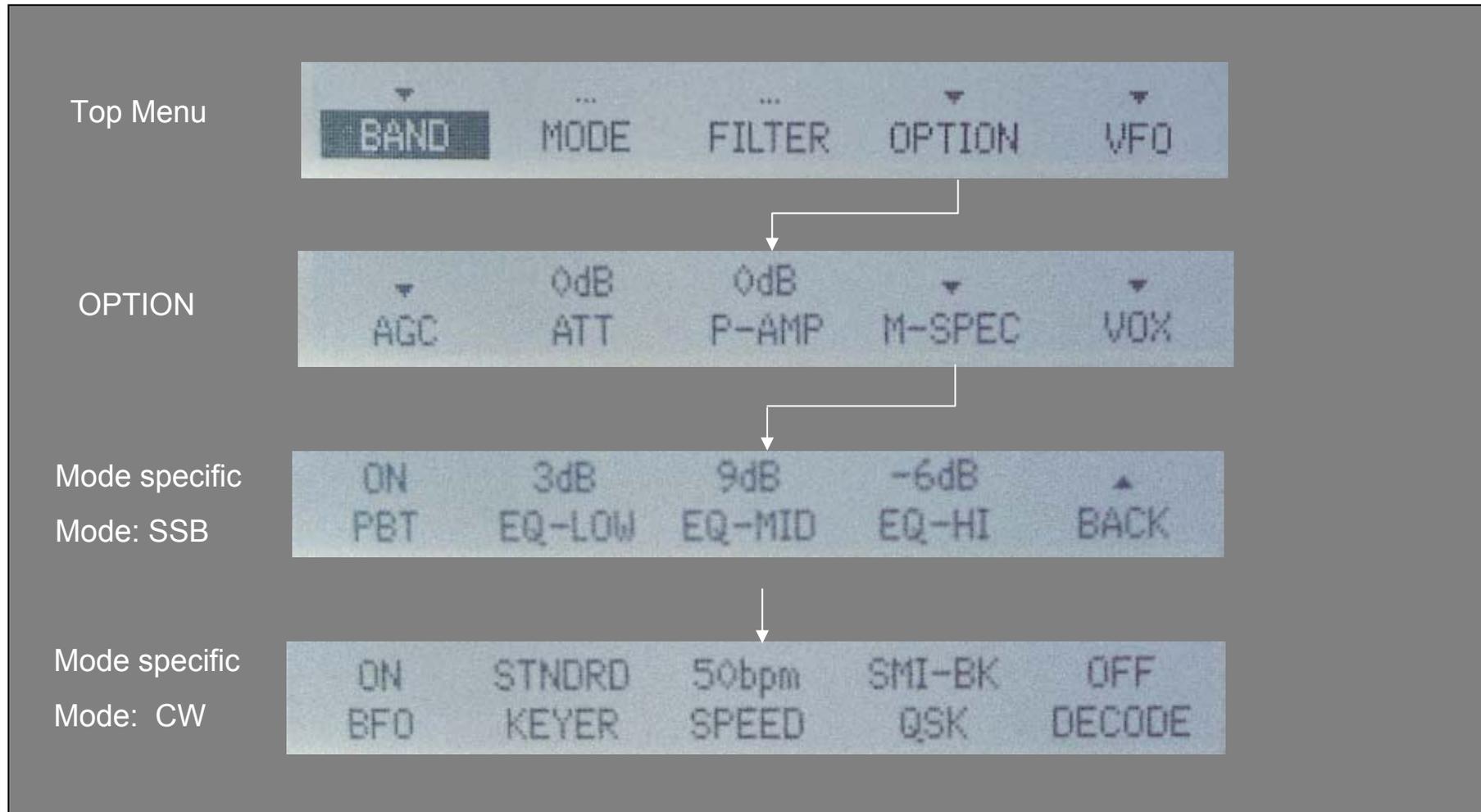
Konzept der Transceiver-Steuerung



Konzept der Transceiver-Steuerung



Die Menu-Struktur



Wie geht es weiter?

Verfügbarkeit der ersten Geräte: ab Oktober 07

Preis des ADT-200A : ca. CHF 4200

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