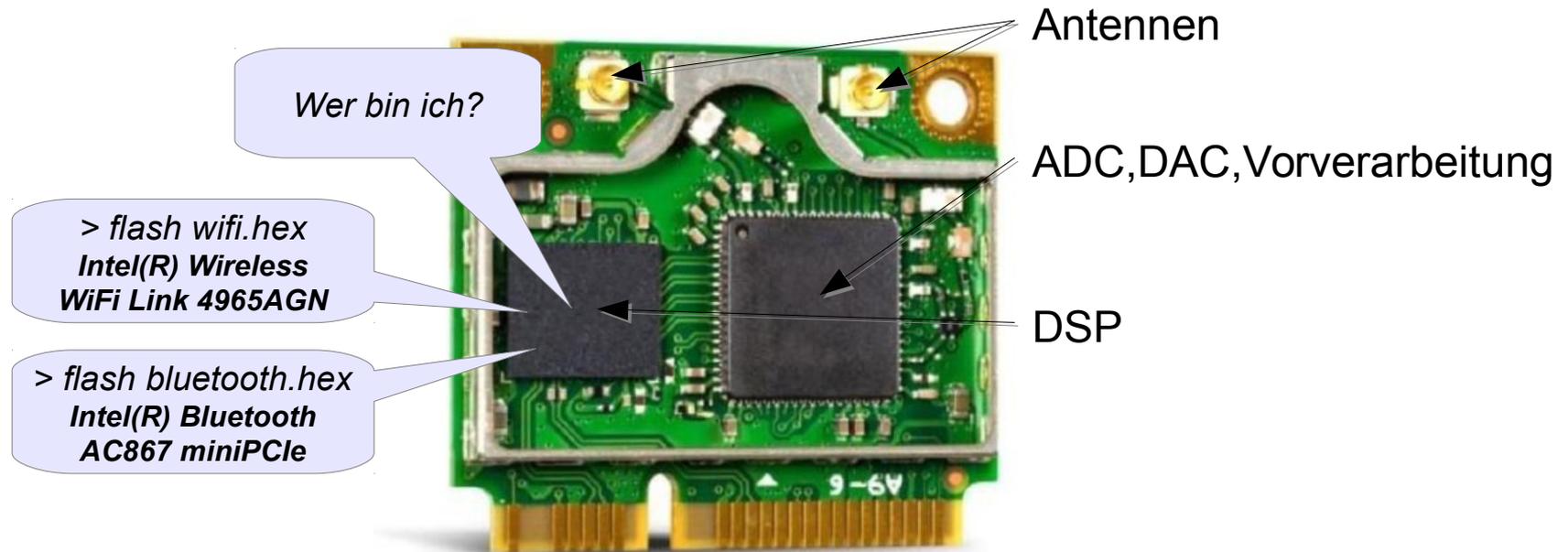


Software Defined Radio

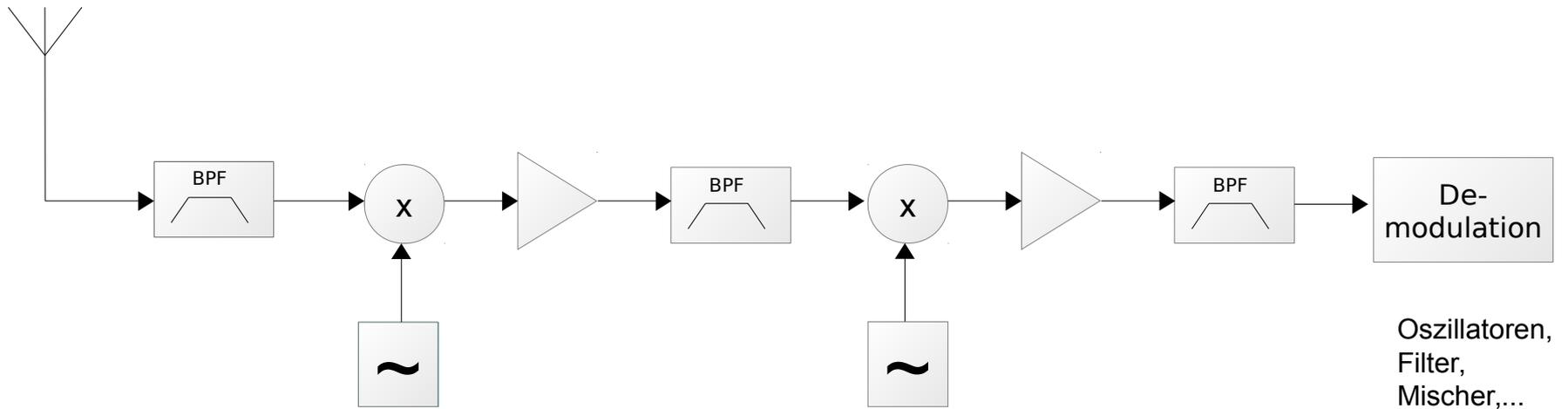
FM-Demodulation per I/Q-Signalverarbeitung

Was ist das?

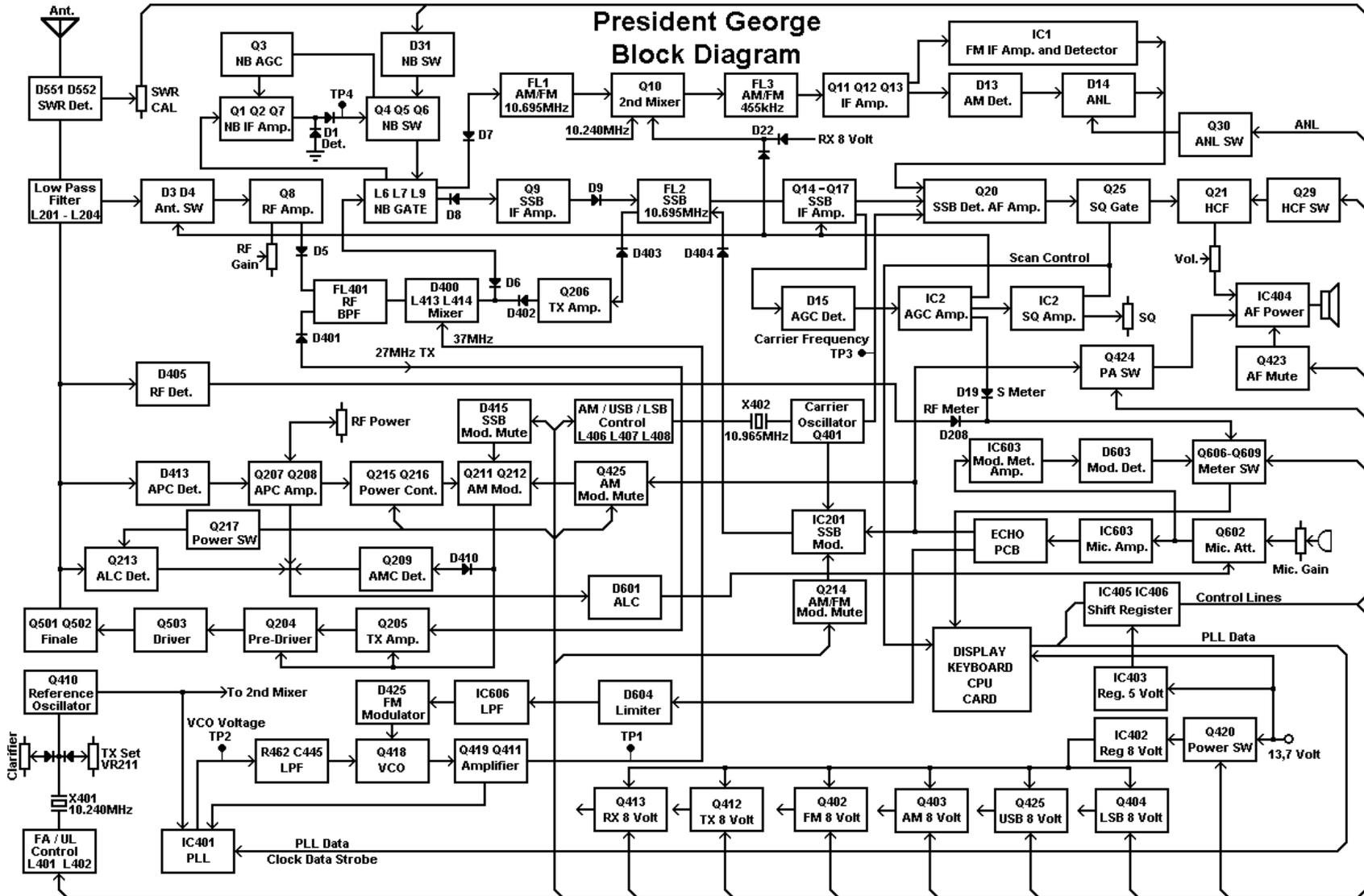
- Funkempfänger und/oder Funksender(Funkgerät, „Radio“)
- digitale Realisierung der gesamten Signalverarbeitung
- Hardware besteht nur noch aus Schnittstellen zur Außenwelt(ADC/DAC, USB/Netzwerk) und rekonfigurierbaren Signalprozessor(FPGA,DSP,PC)
- generische Hardware → Software definiert die Funktionalität



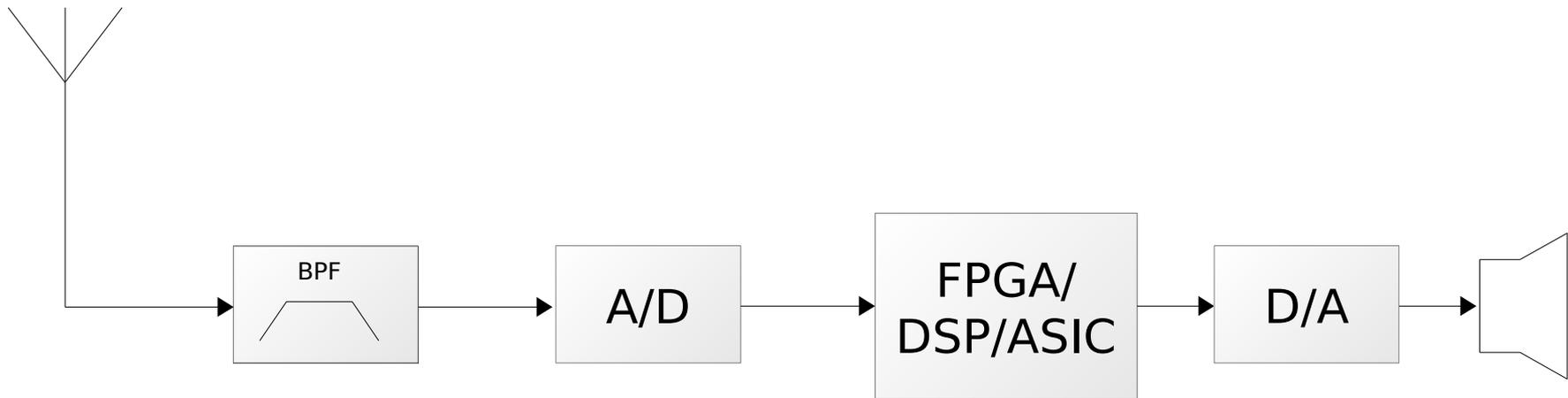
Konventioneller Empfänger



... komplett analog

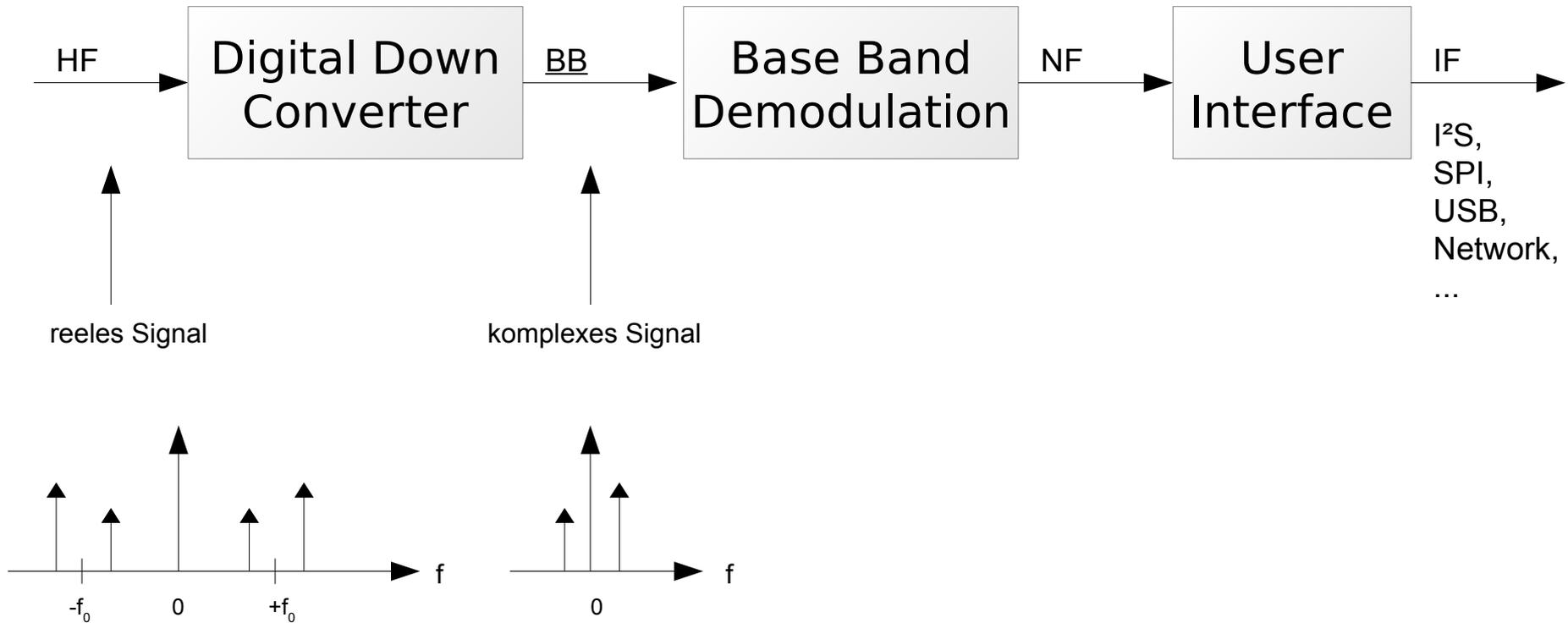


Idealer SDR-Empfänger



→ Direct Sampler

Architektur



→ Vorteil komplex: Information über Vorzeichen der Frequenz

I/Q-Signalverarbeitung

Ein komplexes Signal entspricht einem komplexen Zeiger

$$X(j\omega) = A \cdot e^{j\phi} = A \cdot e^{j\omega t}$$

mit aktueller Phase und Amplitude.

Frequenz des Signals entspricht der Phasenänderung pro Zeit

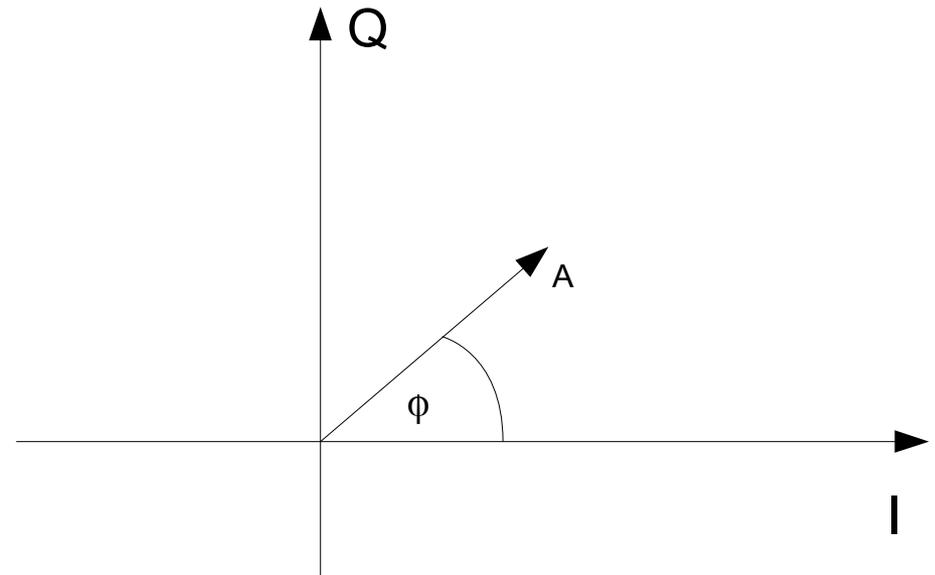
$$f = \frac{d\phi}{dt}$$

Signal mit positiver Frequenz:

→ Zeiger dreht sich in math. positive Richtung

Signal mit negativer Frequenz:

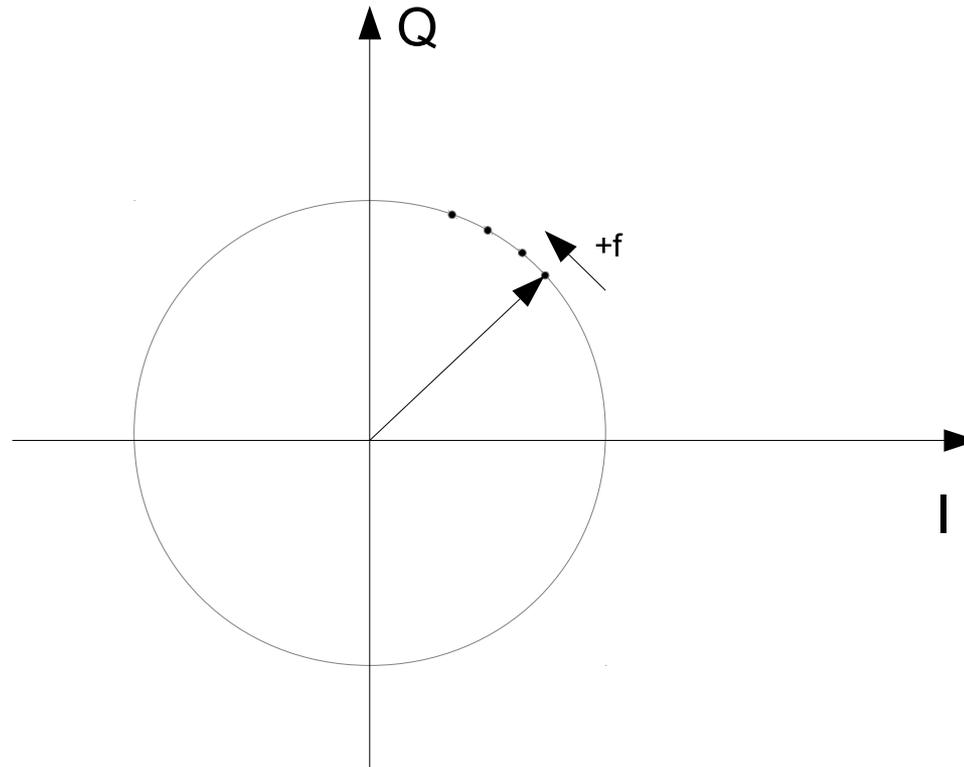
→ Zeiger dreht sich in math. negative Richtung



I: In-Phase
Q: Quadrature

I/Q-Signalverarbeitung

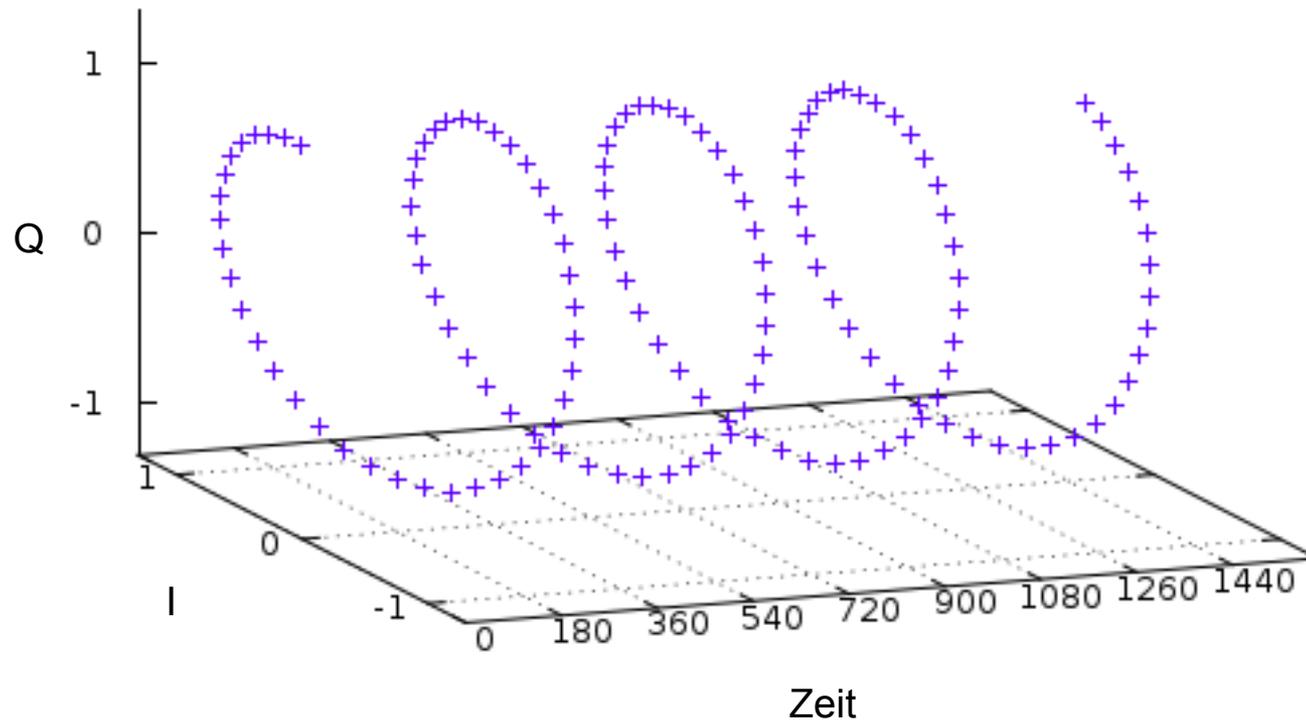
Signal mit konstanter Amplitude und Frequenz





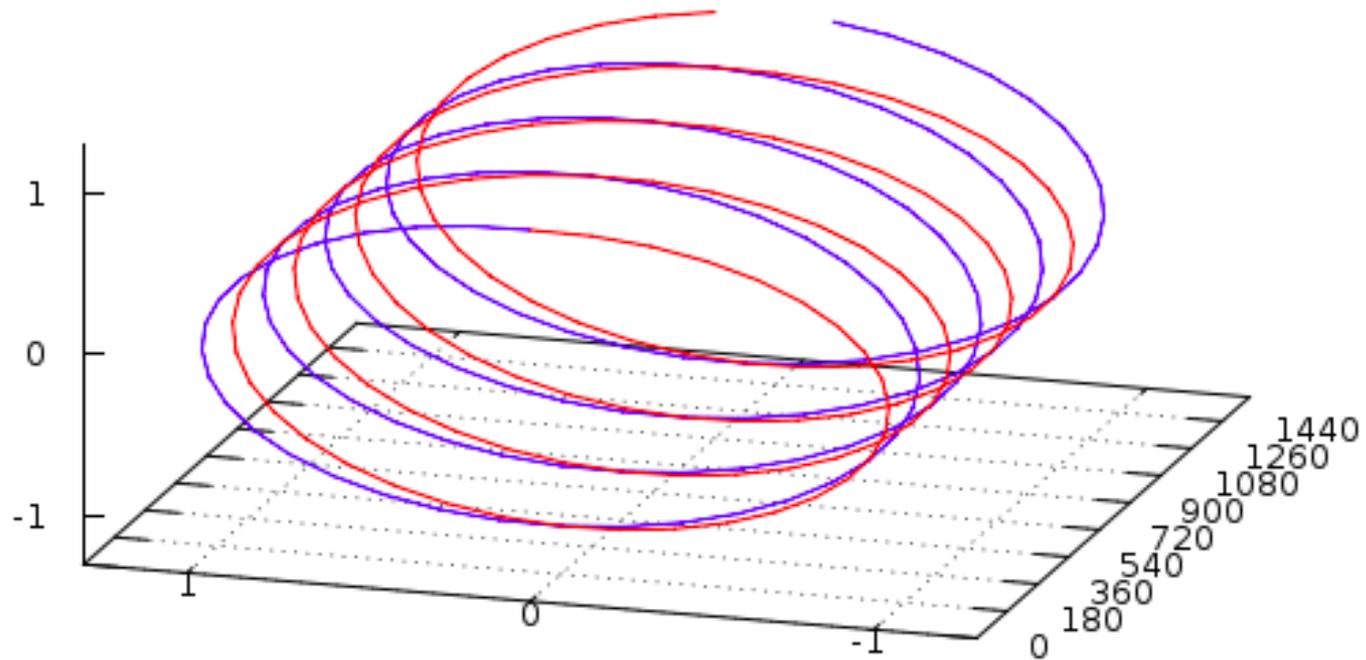
I/Q-Signalverarbeitung

Signal mit konstanter Amplitude und Frequenz



I/Q-Signalverarbeitung

Positive und negative Frequenzen
Drehrichtung!



Modulation

Nutzsignal verändert Trägersignal

Amplitudenmodulation:

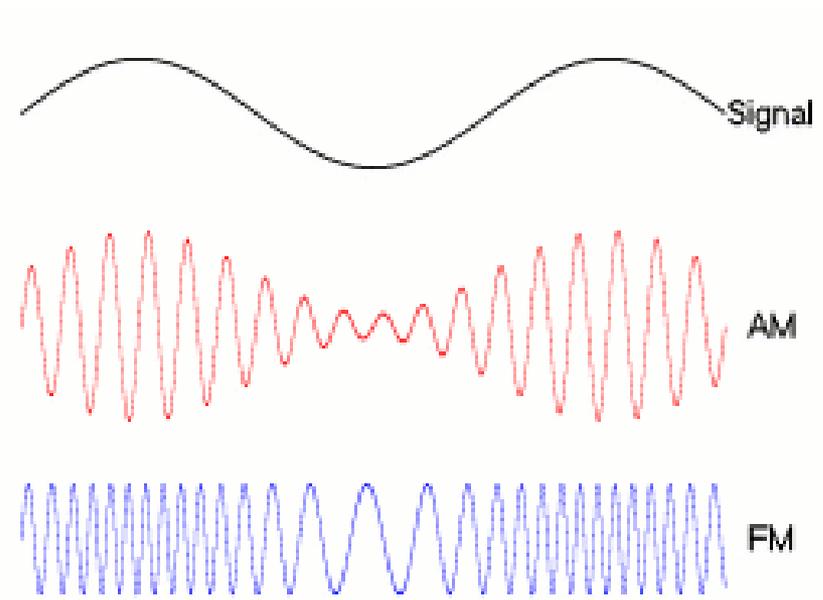
- Nutzsignal verändert Amplitude
- konstante Frequenz

Frequenzmodulation

- Nutzsignal verändert Frequenz
- konstante Amplitude

Vorteil FM:

unempfindlich auf
Amplitudenänderungen

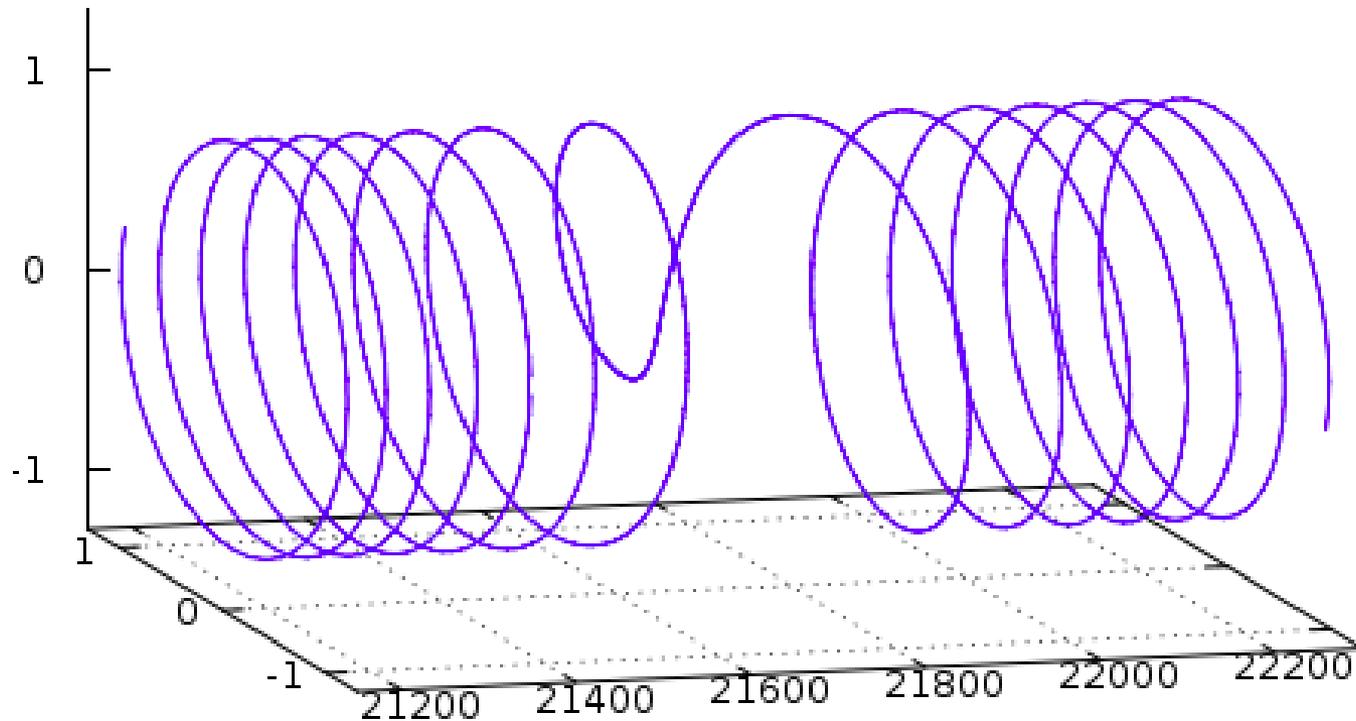


Frequenzmodulation

Beispiel...

Frequenzdemodulation

Problemstellung



Frequenzdemodulation

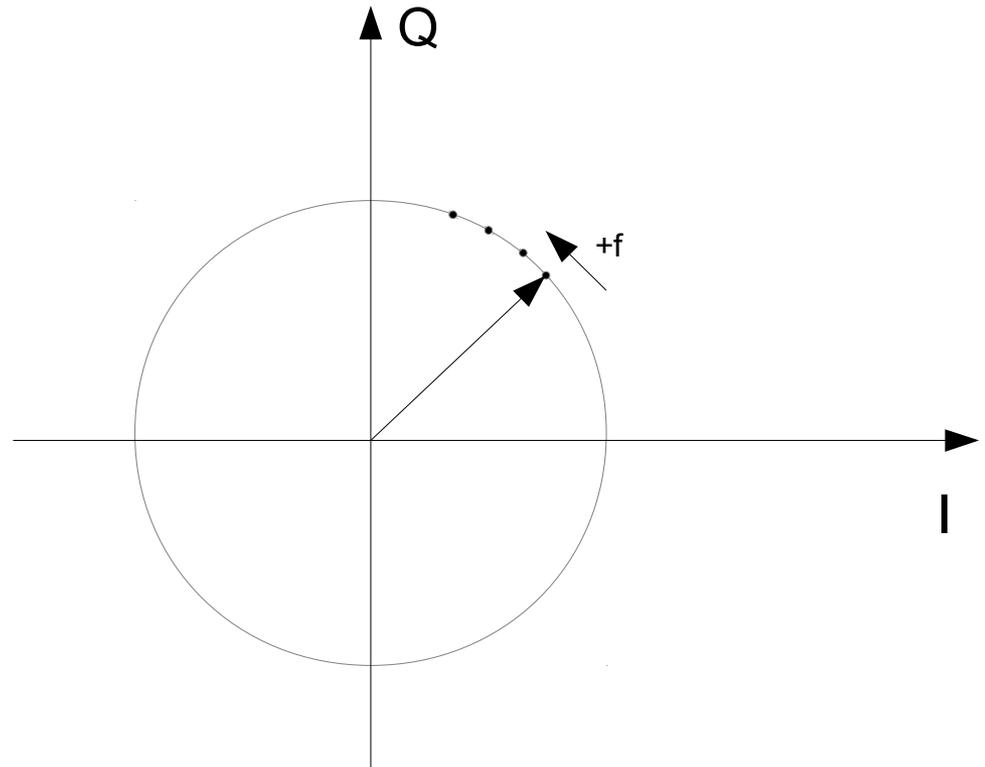
Problemlösung trivial

$$f = \frac{d\phi}{dt}$$

→ Bestimmung der Phasenlage

$$\phi = \arctan\left(\frac{Q}{I}\right) \text{ (4 Quadranten)}$$

→ Ableitung der Phasenlage

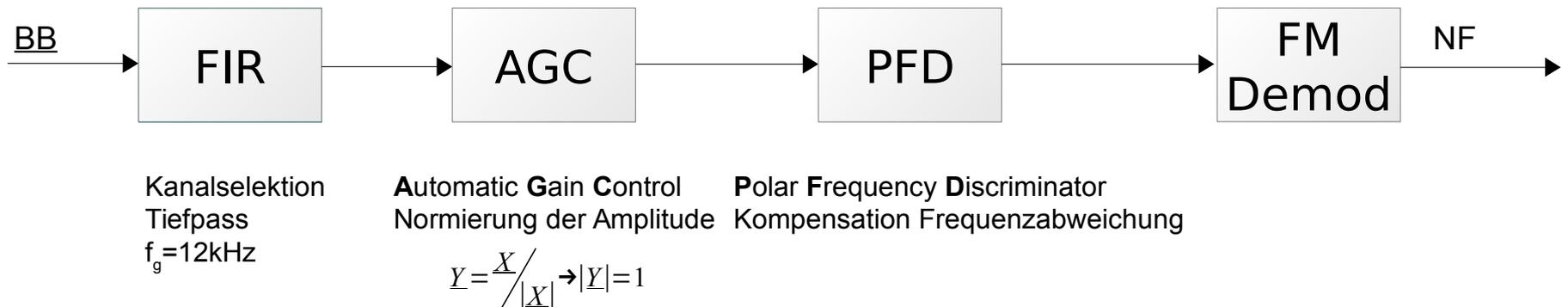


Frequenzdemodulation

Probleme aus der Realität:

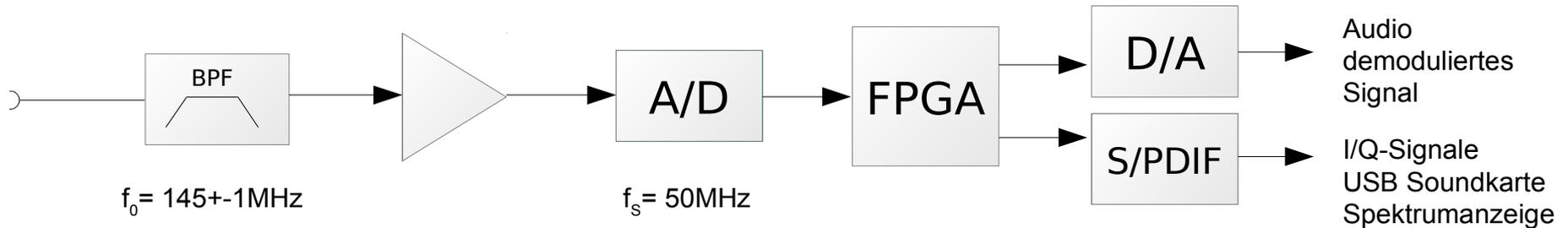
- Unterdrückung von Nachbarkanälen
- Frequenzabweichung zwischen Sender und Empfänger
- Amplitudenänderungen (Störungen, Bewegung...)

realisierte Struktur:

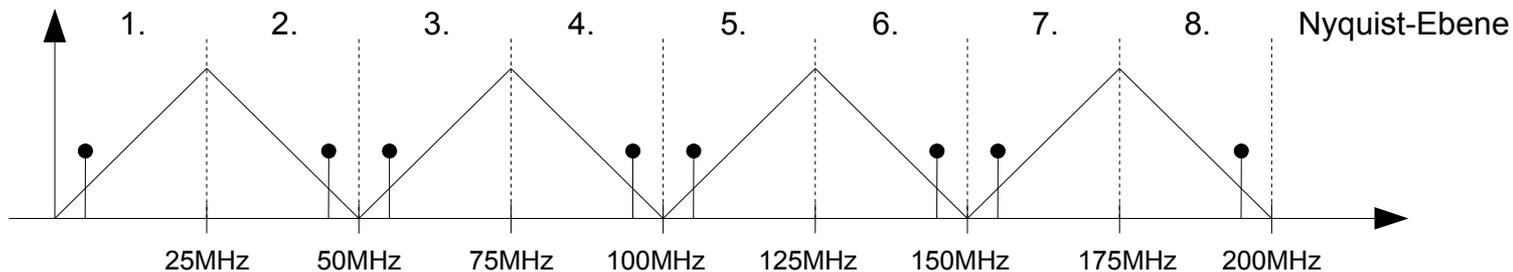


Vorführung

Empfang bei 144,5MHz



$f_s \ll f_0 \rightarrow$ Verletzung des Nyquist-Kriteriums?



\rightarrow Empfang in der 6. Nyquist-Ebene!