

# SDR

# Software Defined Radio

Experimente mit Hard- und Software zum Nulltarif



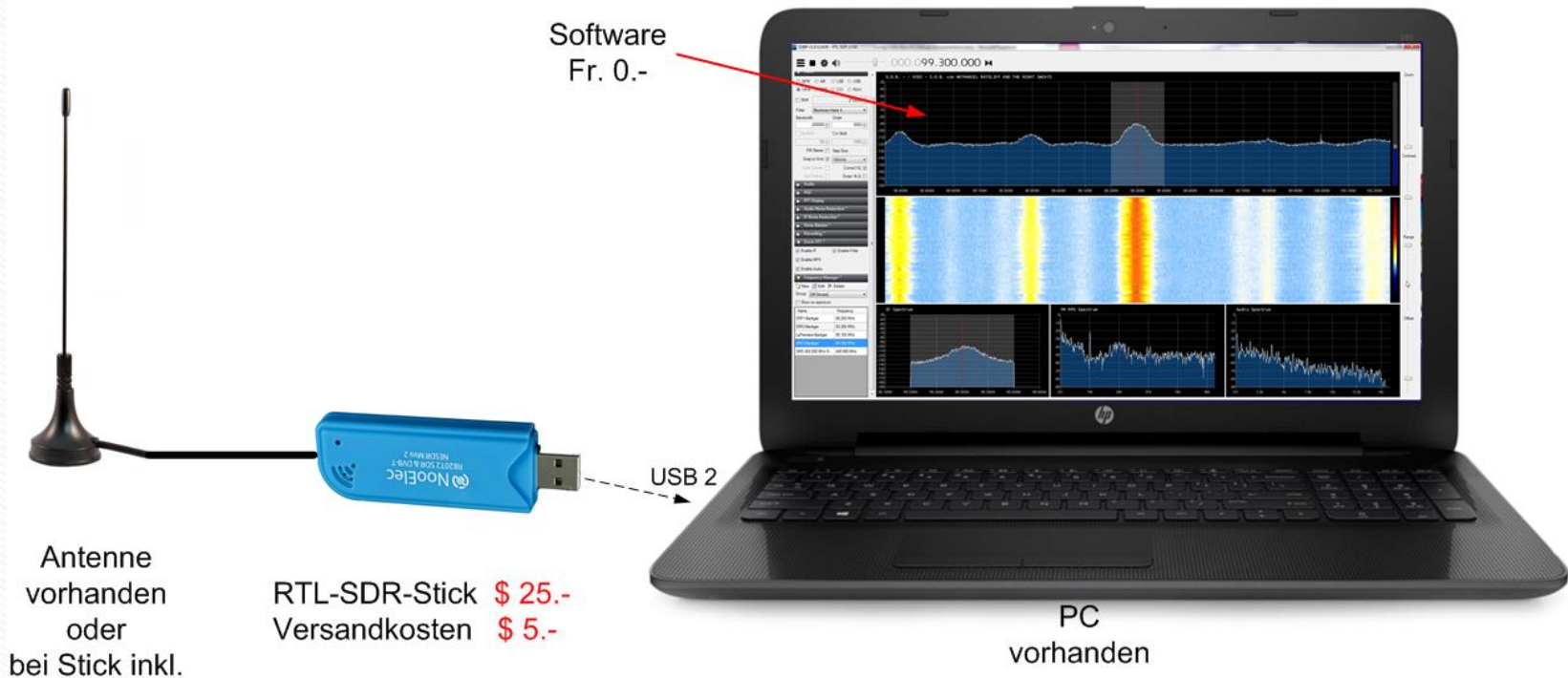
Fritz Dellsperger HB9AJY

USKA Sektion Bern  
Mai 2016

# Inhalt:

<b>System und Kosten</b>	<b>3</b>
<b>Anwendungen</b>	<b>4</b>
<b>Hardware: RTL-SDR-Stick</b>	<b>6</b>
<b>Software for RTL-SDR</b>	<b>13</b>
<b>Technische Daten</b>	<b>18</b>
<b>Erweiterungen für den HF-Bereich</b>	<b>20</b>
<b>More Bits</b>	<b>21</b>
<b>All Digital SDR-SW-Transceiver</b>	<b>24</b>
<b>Web-Links</b>	<b>25</b>

# System und Kosten



Antenne  
vorhanden  
oder  
bei Stick inkl.

RTL-SDR-Stick \$ 25.-  
Versandkosten \$ 5.-

PC  
vorhanden

Opt. Zubehör:  
Koaxkabel MCX – SMA \$ 8.-  
Adapter SMA – BNC \$ 6.-

**Kosten Total : \$=CHF 30.- bis 44.-**

# Anwendungen

## **Keine Wunder erwarten**

### **You get what you pay for:**

- **Zum Experimentieren ein billiger Empfänger mit erstaunlich guten Eigenschaften**
- **Kein Sender**
- **Sehr grosse Auswahl an kostenloser Software für fast alle Anwendungen**

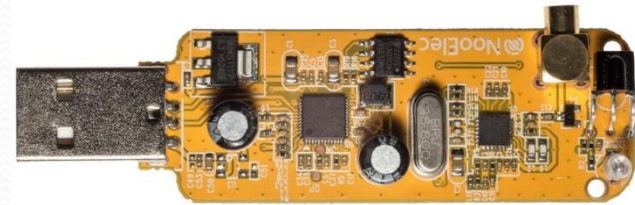
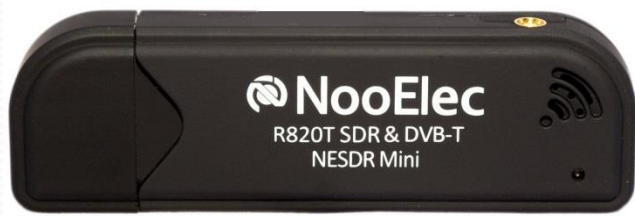
## **Taugt nicht als Stations-RX für QSO's**

# Anwendungen

## Geeignete Anwendungen:

- RX für VHF/UHF/SHF 25 MHz bis ca. 1500 MHz
- Alle gebräuchlichen analogen Modulationsarten (AM, NBFM, WBFM, SSB, CW)
- Digitale Modulationen wie DMR, D-Star, APCO 25, etc.
- FM Stereo mit RDS-Decoder
- Scanner
- ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) Planeplotter (1090 MHz)
- Spektrumanalyzer
- Modulationsmessung / -Kontrolle
- Bandüberwachung
- JT65 und .....

# Hardware: RTL-SDR-Stick



## Ursprüngliche Verwendung:

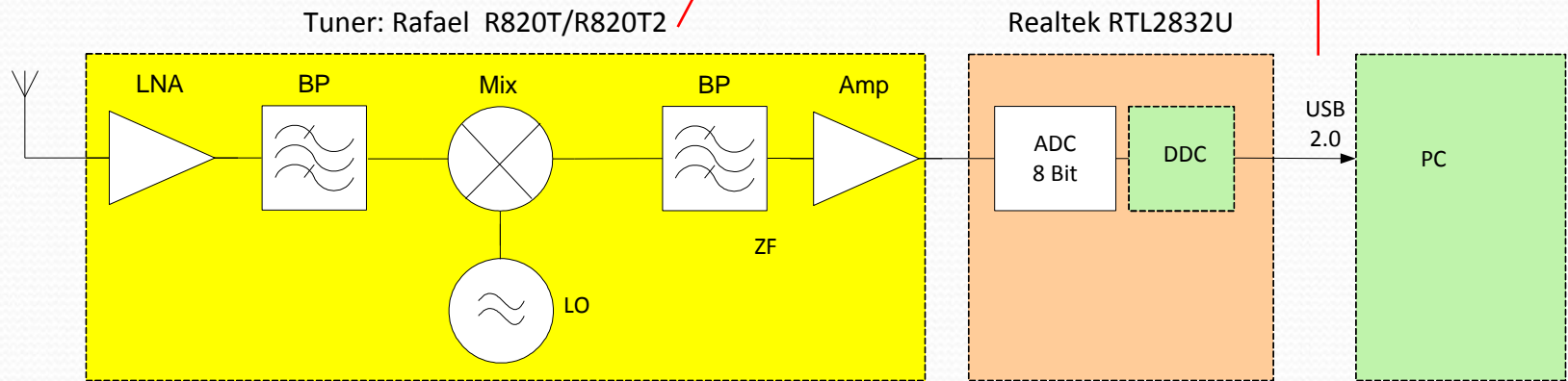
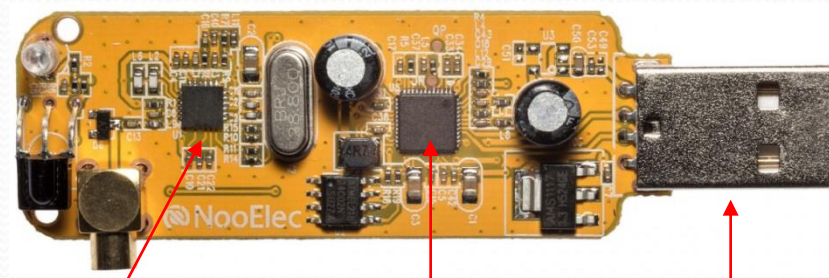
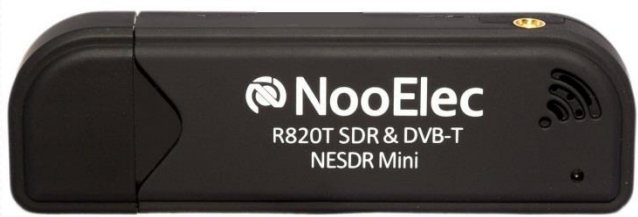
- USB-Stick für FM-, DAB- und DVB-T Empfang auf dem PC/Notebook

Billige Massenfertigung

## Verwendung für SDR mit speziellem USB-Treiber:

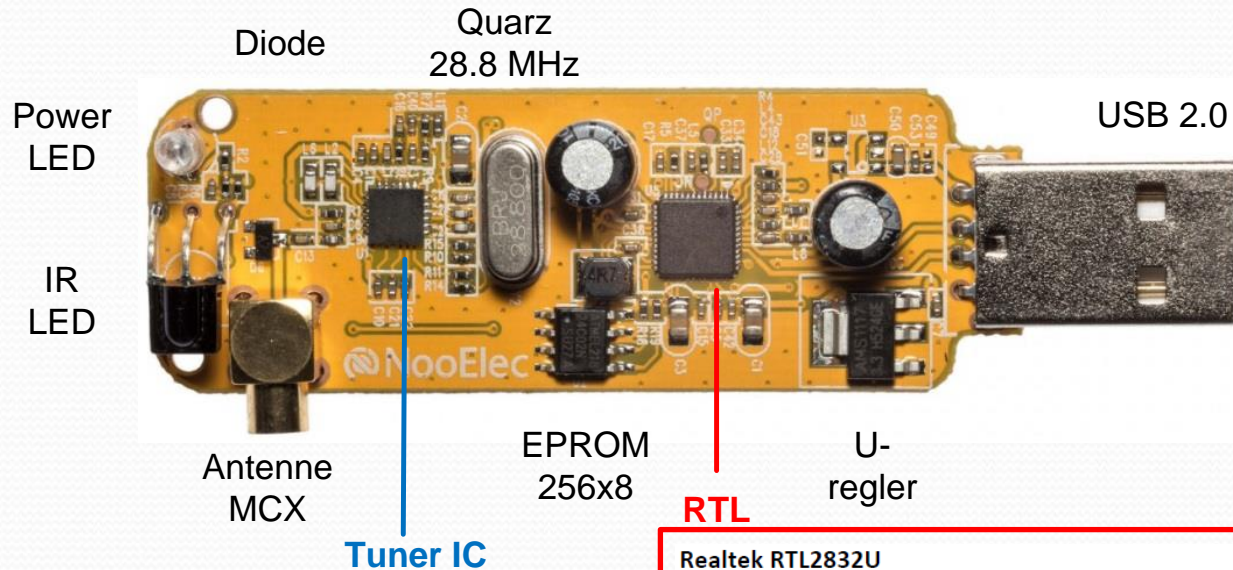
- Auslesen der Daten des Analog-Digital-Wandlers
- Verarbeitung der Daten im PC

# Hardware: RTL-SDR-Stick



**Digitalisierung ab ZF**

# Hardware: RTL-SDR-Stick



## Rafael Micro R820T

### Features

- Support all digital TV standards: DVB-T, ATSC, DTMB and ISDB-T.
- Low cost Single-In Digital TV Application
- 2-wired I2C interface
- 24-pin 4x4 QFN lead-free package

### Quick Reference Data, Typical figures

- Frequency range: 42 to 1002 MHz
- Noise figure : 3.5 dB @ RF\_IN
- Phase noise: -98 dBc/Hz @ 10 kHz
- Current consumption: < 178 mA @ 3.3V power supply
- Max input power: +10 dBm
- Image rejection: 65 dBc

## Realtek RTL2832U

The RTL2832U is a high-performance DVB-T COFDM demodulator that supports a USB 2.0 interface.

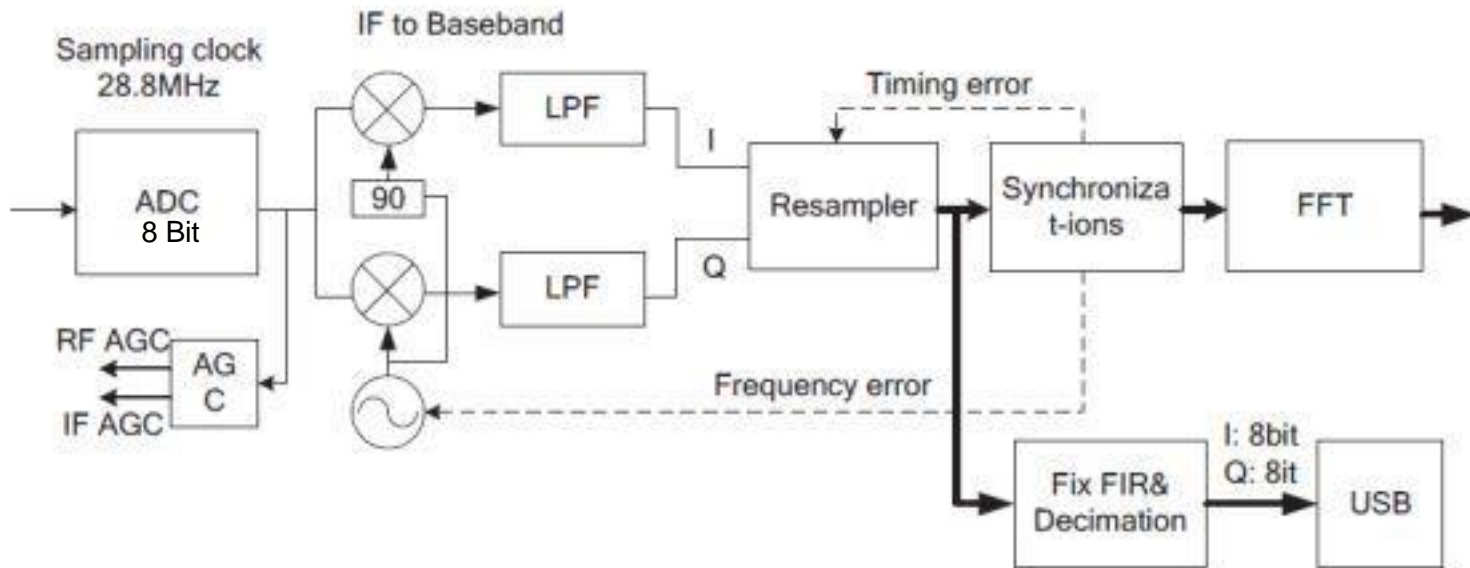
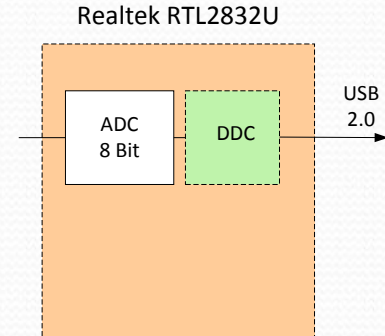
### Features

- DVB-T COFDM complying with Nordig Unified 1.0.3, D-book 5.0, and ETSI 300-744, supports 2K or 8K mode with 6, 7, and 8MHz bandwidth
- Supports multiple IF frequencies (4.57MHz or 36.167MHz) and spectrum inversion
- Supports Zero-IF input
- Includes Radio Support (FM/DAB/DAB+)
- Single low-cost crystal 28.8 MHz for clock generation ( $\pm 100$ ppm)
- Automatic transmission mode and guard interval detection
- Automatic carrier recovery over a wide range offset ( $\pm 800$ KHz)
- Infra-red port for remote control and wake-up
- USB 2.0 Interface
- Single 3.3V external power is required
- 48-pin QFN (6x6 mm<sup>2</sup>) Green



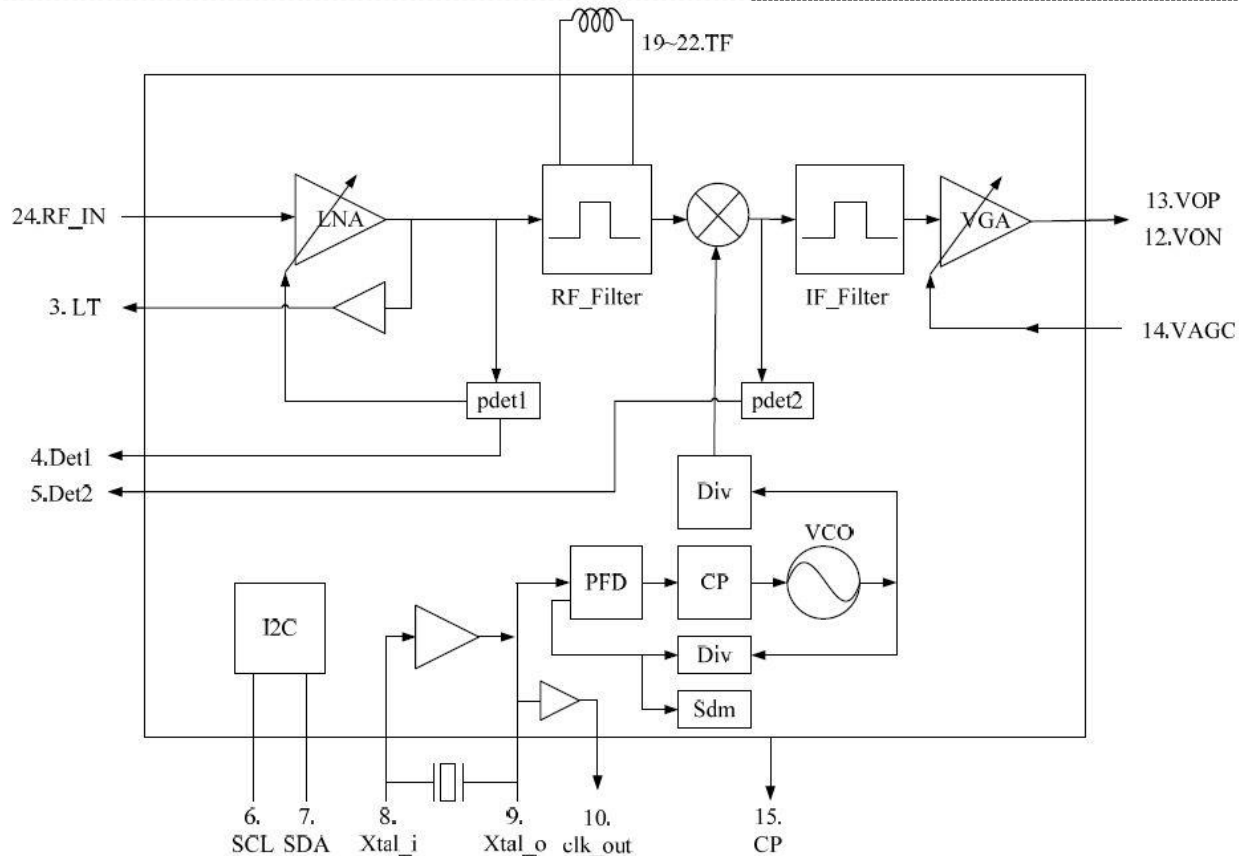
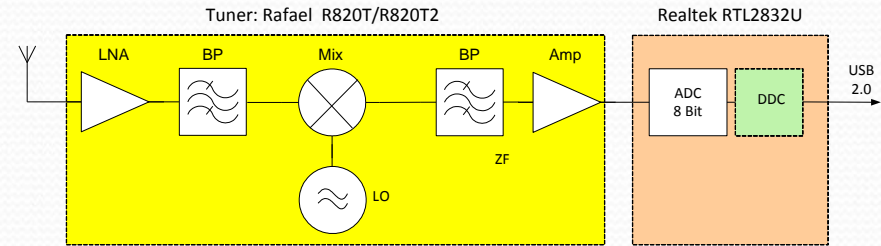
# Hardware: RTL-SDR-Stick

Realtek RTL2832U



# Hardware: RTL-SDR-Stick

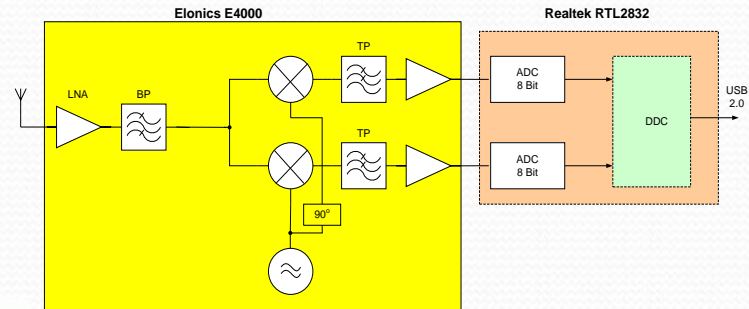
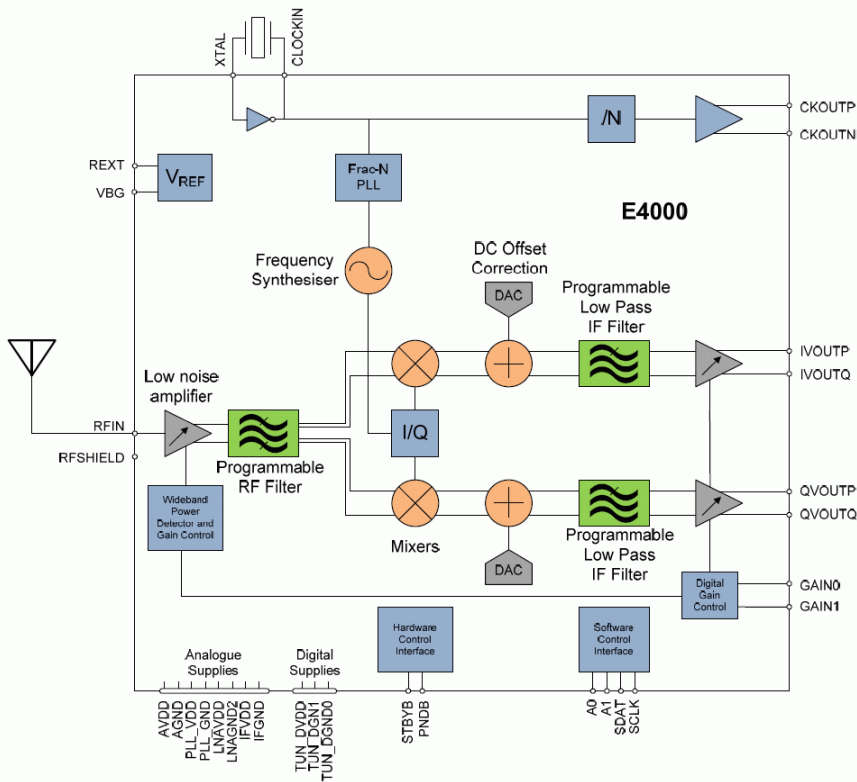
## Rafael R820T/R820T2



# Hardware: RTL-SDR-Stick

## Elonics E4000

Wird nicht mehr hergestellt



## Elonics E4000

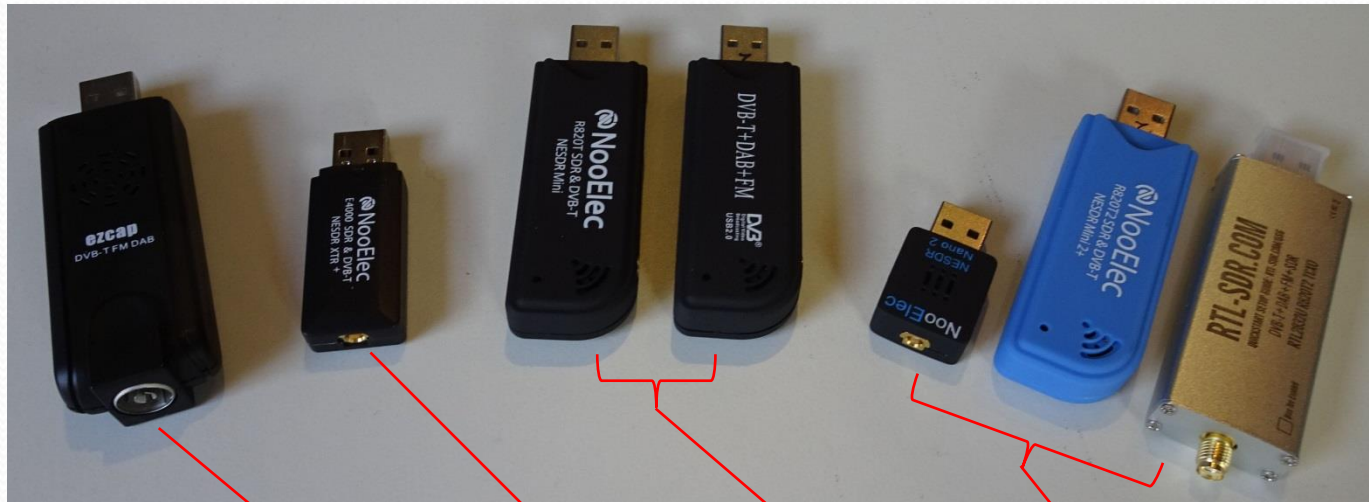
### Features

- Support all digital TV standards: DVB-T, DVB-H, CMMB, D-TMB and ISDB-T.
- Low cost Single-In Digital TV Application
- 2-wired I2C interface
- 32-pin 5x5 QFN lead-free package

### Quick Reference Data, Typical figures

- Frequency range: 64 to 1700 MHz (Gap 1080 – 1260 MHz)
- Noise figure : 4.5 dB
- Phase noise: -80 dBc/Hz @ 10 kHz
- Current consumption: < 80 mA @ 1.5V power supply
- Max input power: +10 dBm

# Hardware: RTL-SDR-Stick



Tuner		FC0013	E4000	R820T	R820T2
Frequenzbereich (Herstellerangaben)	MHz	22 - 1100	55 - 2300 Gap 1080 - 1260	25 - 1750	25 - 1750
	MHz	21 - 860	55 - 2160 Gap 1080 - 1260	25 - 1300	25 - 1400

Typenpalette mit verschiedenen Tuner-IC

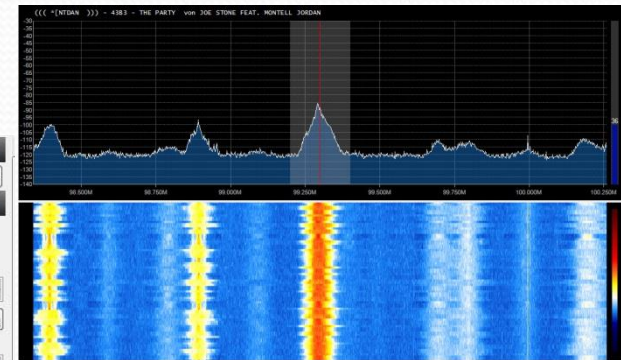
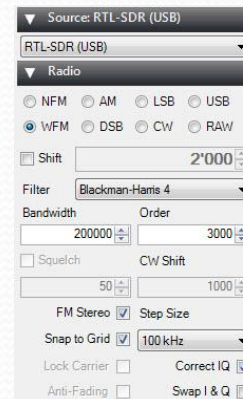
# Software for RTL-SDR

Auf dem Internet sind verschiedene Softwarepakete zum gratis Download

Alle enthalten mindestens:

- Spektrumanalyse Display (Amplitude in Funktion der Frequenz)
- Wasserfall Diagramm (Frequenzbelegung über die Zeit)
- Wahl der Modulationsart
- Wahl der Bandbreite

Es lohnt sich, verschiedene Programme zu testen um die eigenen Bedürfnisse zu erfüllen.



SDR# (SDR Sharp)

# Software for RTL-SDR

Die populärsten sind:

- SDR# (SDR Sharp) [www.airspy.com](http://www.airspy.com)

Windows,

Installationsanleitung: [http://fritz.dellsperger.net/USKA\\_Bern/](http://fritz.dellsperger.net/USKA_Bern/)

- HDSDR

Windows

[www.hdsdr.de](http://www.hdsdr.de)

- SDR-Radio

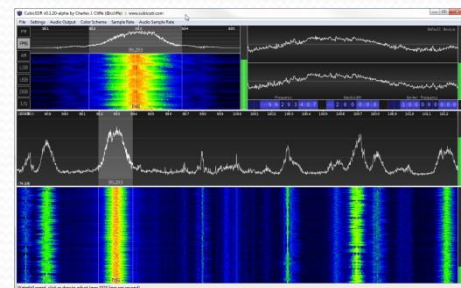
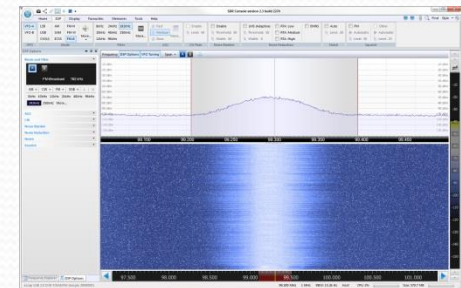
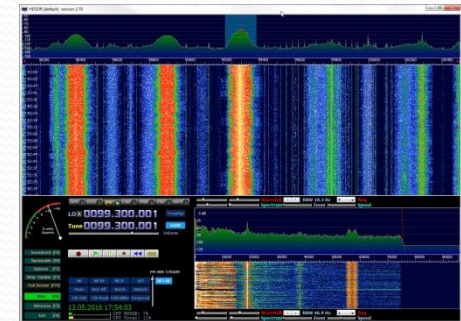
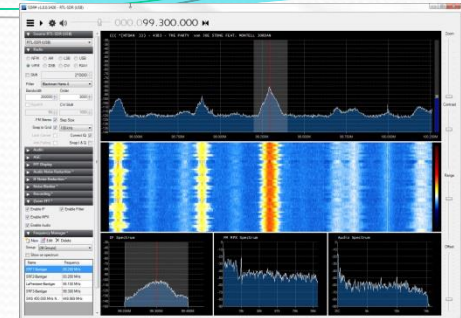
Windows

[www.sdr-radio.com](http://www.sdr-radio.com)

- Cubic

Windows, Linux, Mac

[www.cubicsdr.com](http://www.cubicsdr.com)



# Software for RTL-SDR

## Plugins:

Integrierbare Zusatzsoftware für alle möglichen und unmöglichen Anwendungen. Googlesuche: rtl-sdr plugin

Beispiele:

- Frequenzmanager mit Scanner und Timer
- CTCSS Detektor
- Telemetriedekoder
- Remotecontrol
- Satellie Tracker (Korrektur Dopplershift)
- Decoder für fast alle digitalen Standards (DMR, D-Star, APCO 25, etc.)
- RDS Datalogger
- Und viele mehr .....

# Software for RTL-SDR

## Anforderungen an den PC:

Da die ganze digitale Signalverarbeitung mit Filterung, Fast Fourier Transformation (FFT), Demodulation, grafische Darstellung und Steuerung der HW im PC vorgenommen wird, sind die Anforderungen an die Rechenleistung beträchtlich. Zu kleine Prozessorleistung und gleichzeitig hohe Abtastraten führen zu Aussetzern.

Prozessor	I3 oder höher
RAM	min. 8 MB
USB	USB 2.0 (USB 3.0 ist nicht immer kompatibel)
Windows	7, 8, 10



# Software for RTL-SDR

## Build your own software:

- GnuRadio**      Open-Source-Software-Entwicklungs-Toolkit in grafischen Blöcken für Signalverarbeitung und Software-Radios.  
(Linux, Windows)
- LabView, NI**      Kommerzielles Software-Entwicklungs-Tool in grafischen Blöcken für die Messtechnik, Signalverarbeitung und SR.  
(Windows, Eval-Versionen erhältlich, verbreitet in Industrie und Hochschulen)
- Matlab/Simulink**      Kommerzielle Mathematik-Software für numerische Berechnungen, Simulationen und Datenanalyse.  
Skriptsprache und umfangreiche Funktionsbibliotheken (Toolboxen).  
Simulink ist in grafischen Funktionsblöcken organisiert.  
(Linux, Windows)  
Sehr gutes ebook mit Theorie und praktischen Beispielen:  
„Software-Defined Radio Using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR“

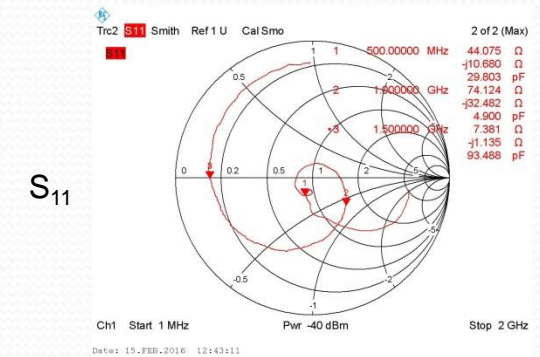
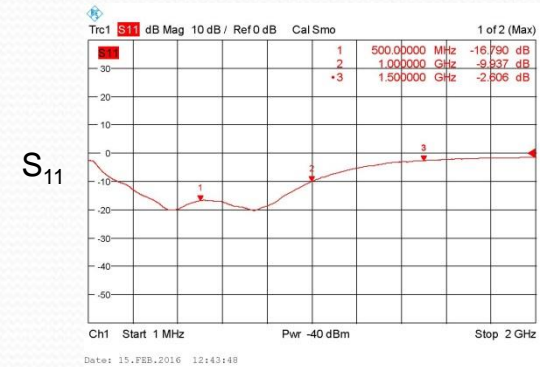
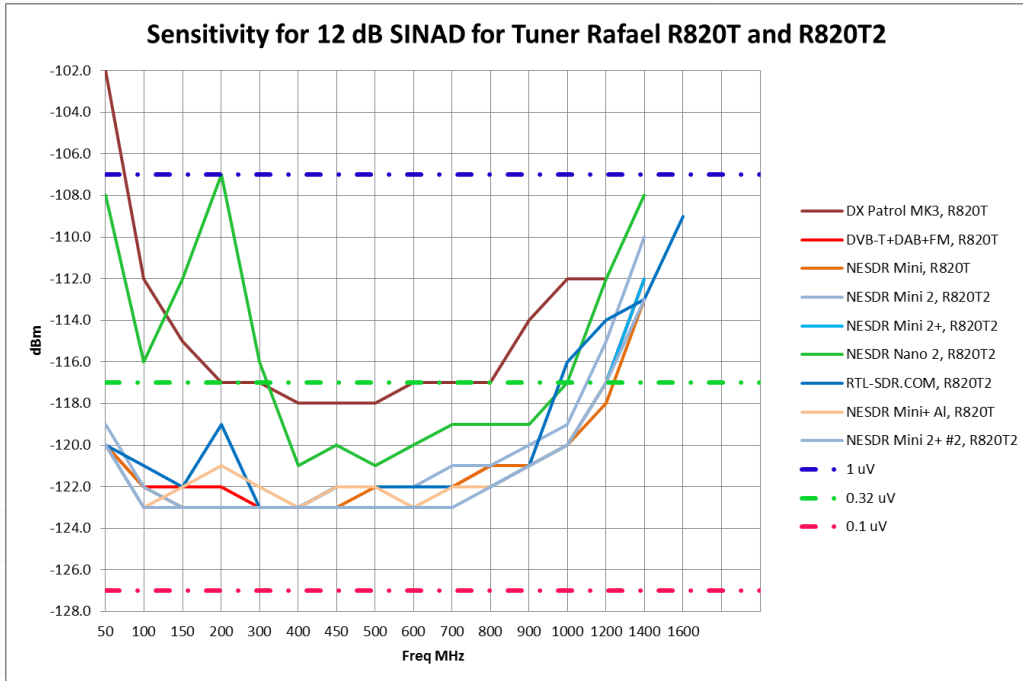
# Technische Daten



Typ NESR		XTR	XTR +	Mini	Mini +	Mini 2	Mini 2+
Tuner		E4000		R820T		R820T2	
Frequenzbereich (Herstellerangaben)	MHz	55 - 2300 Gap 1080 - 1260		25 - 1750		25 - 1750	
Frequenzbereich (Messungen)	MHz	55 - 2160 Gap 1080 - 1260		25 - 1300		25 - 1400	
TCXO	ppm	No	0.5	No	0.5	No	0.5
Sensitivity 1)	dBm	-119		-122		-122	
Max. Inputpower 2)	dBm	-58		-69		-67	

Measurement frequency: 500 MHz	Einstellungen SDR Sharp						
	Filter BW	Order	Filter Typ	Sample Rate	Gain	Audio Filter	FFT Resolu
	Hz			MSPS			
1) P_in für 12 dB SINAD NBFM	15'000	1'000	Black-Har 4	2.4	max	ein	262'144
2) Max. Eingangssig. ohne Übersteuerung	15'000	1'000	Black-Har 4	2.4	max		262'144

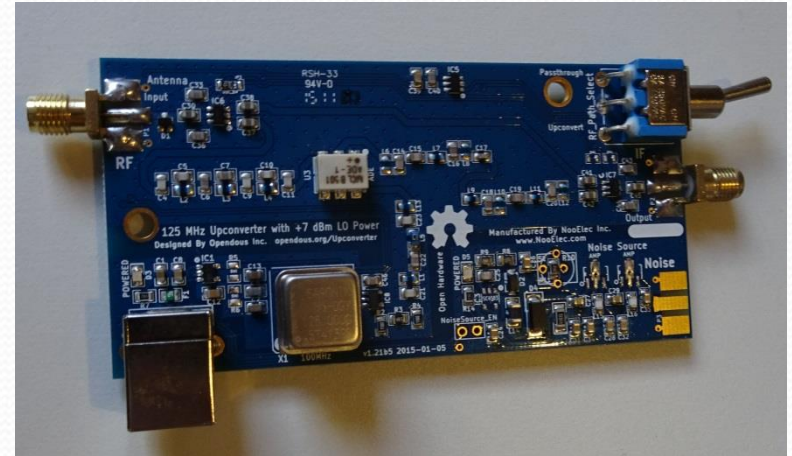
# Technische Daten



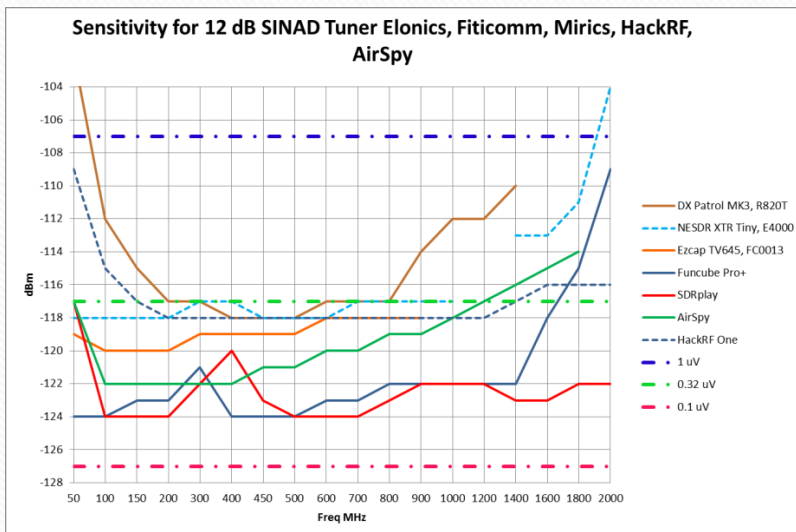
## Sample Rate and Spectrumalyzer Span for SDR#

Typ NESR		all										
Sample Rate	MSPS	3.2	2.8	2.56	2.4	2.048	1.92	1.8	1.4	1.024	0.9	0.25
Spectrumalyzer Span in SDR#	MHz	2.56	2.24	2.048	1.92	1.638	1.536	1.44	1.12	0.819	0.72	0.2

# Erweiterung für den HF-Bereich 0 – 30 MHz



HamItUp-converter von NooElec  
Umsetzung auf 125 MHz – 155 MHz  
US\$ 45



DXPatrol MK3 (CT1FFU)  
R820T + RTL2832U + Converter  
Umsetzung auf 40 MHz – 70 MHz  
CHF 95  
Schlechte Empfindlichkeit auf >30 MHz

# More Bits

## Die Anzahl Bit des Analog-Digital-Wandlers bestimmen seinen Dynamikbereich:

- **Signal to Noise Ratio SNR**

Das maximale SNR beträgt  $SNR_{max} = (6.02 n + 1.76) \text{ dB}$      $n = \text{Anzahl Bit}$

- Bsp. RTL2832U:  $SNR_{max} = (6.02 \times 8 + 1.76) \text{ dB} = 49.92 \text{ dB}$

Messung:  $SNR_{meas} = 45 \text{ dB}$

Dies entspricht einer ENOB (effective number of bit) von

$ENOB = (SNR_{meas} - 1.76)/6.02 \text{ dB} = 7.2 \text{ Bit}$

- **Spurious-free Dynamic Range SFDR**

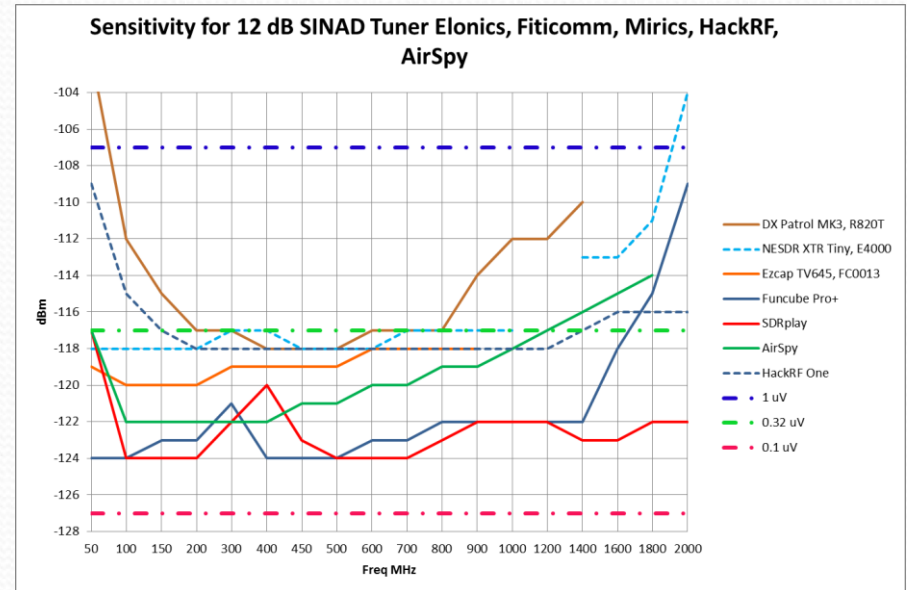
Der maximale SFDR beträgt  $SFDR_{max} = (9n - 6) \text{ dBc}$

- Bsp. RTL2832U:  $SFDR_{max} = (9 \times 8 - 6) \text{ dB} = 66 \text{ dBc}$

Messung:  $SFDR_{meas} = 58 \text{ dBc}$

		$U_{Fullscale} = 1 \text{ Volt}$					
Anzahl Bit	Anzahl Stufen	1 LSB	dB Fullscale	dB $SNR_{ideal}$	dB $SNR_{typ}$	$ENOB_{typ}$	
8	256	3906.3 uV	-48.2	49.9	45.1 ... 47.5	7.2 ... 7.6	
10	1024	976.6 uV	-60.2	62.0	55.9 ... 59.0	9.0 ... 9.5	
12	4096	244.1 uV	-72.2	74.0	63.2 ... 69.2	10.2 ... 11.2	
14	16384	61.0 uV	-84.3	86.0	71.0 ... 75.2	11.5 ... 12.2	
16	65536	15.3 uV	-96.3	98.1	78.2 ... 83.0	12.7 ... 13.5	

# More Bits

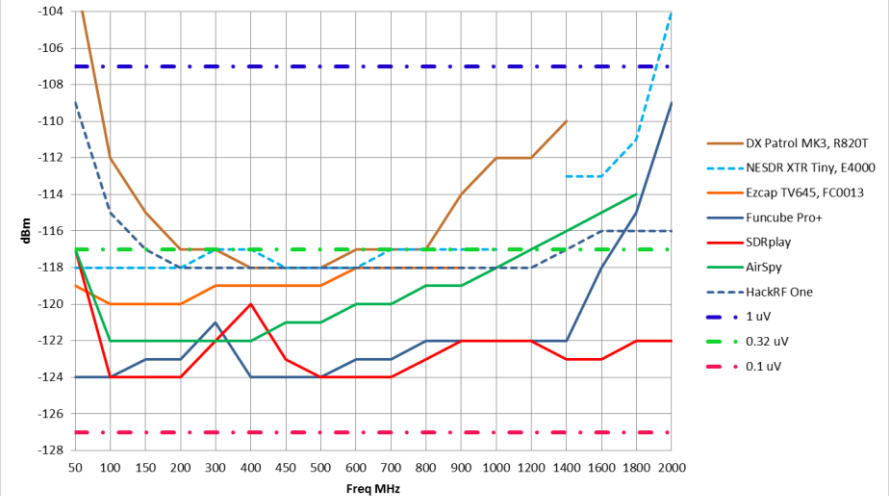


Typ		SDRPlay	Airspy
Preis	US\$	149	199
Tuner		Mirics	R820T2
ADC	Bit	12	12
ADC ENOB	Bit	10.4	10.4
Frequenzbereich (Messungen)	MHz	0.1 - 2000	24 - 1850
TCXO	ppm	0.5	0.5
Sensitivity 1)	dBm	-124	-121
Max. Samplerate	MSPS	8	10
Max. Spec.Span	MHz	6.4	8

# More Bits



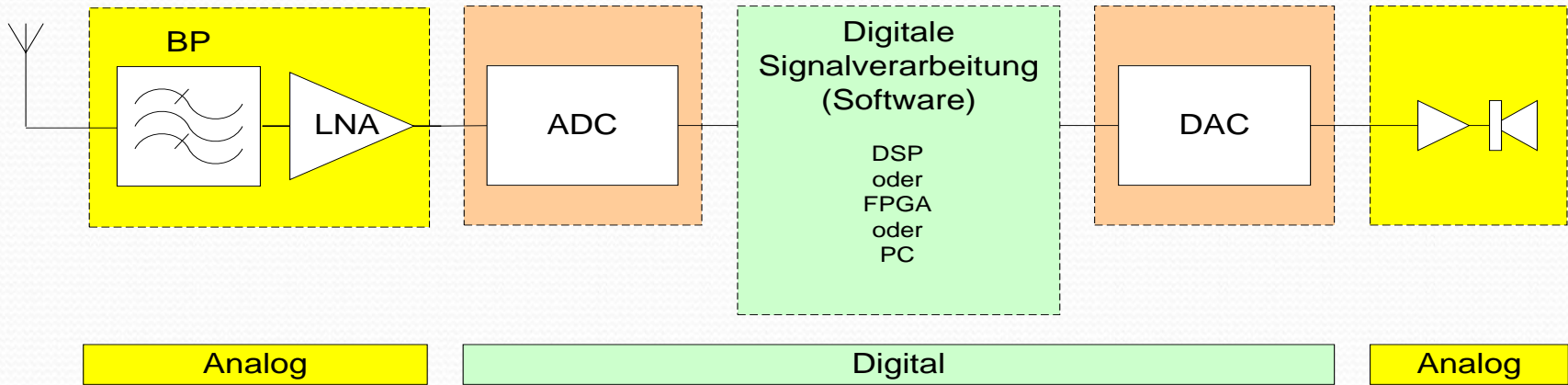
Sensitivity for 12 dB SINAD Tuner Elonics, Fiticomm, Mirics, HackRF, AirSpy



Typ		Funcube Pro +	HackRF One
Preis	US\$	205	290
Tuner		E4000	MAX2837
ADC	Bit	16	8
ADC ENOB	Bit	12.9	7.4
Frequenzbereich (Messungen)	MHz	0.15 - 240 400 - 2000	1 - 6000
TCXO	ppm	0.5	0.5
Sensitivity 1)	dBm	-124	-118
Max. Samplerate	MSPS	0.192	16 (20)
Max. Spec.Span	MHz	0.152	12.8 (16)
TX Power	dBm	--	+15 (f<2750 MHz) +5 (2750<f<4000 MHz) 0 (4000 - 6000 MHz)

# All Digital SDR Transceiver

Standalone ohne PC



Idealer SDR-Empfänger

Markt 5.2016:

ADAT ADT-200A

2009



CHF 4700 Hans Zahnd HB9CBU

EXPERT MB1

2016



CHF 6000

ICOM IC-7300

2016



CHF 1490



# Web Links

## Hardware:

<http://www.nooelec.com/store/sdr.html>  
<http://www.rtl-sdr.com/buy-rtl-sdr-dvb-t-dongles/>  
<http://www.dxpathrol.pt/index.php/products>  
<http://www.funcubedongle.com/>  
<http://airspy.com/>  
<http://www.sdrplay.com/>

## Software:

[SDRSharp](#)  
<http://www.hdsdr.de/>  
<http://sdr-radio.com/>  
<http://cubicsdr.com/>  
<http://www.sm5bsz.com/linuxdsp/linrad.htm>  
<http://www.rtl-sdr.com/big-list-rtl-sdr-supported-software/>  
<http://www.rtl-sdr.com/sdrsharp-plugins/>  
<http://ch.mathworks.com/hardware-support/rtl-sdr.html>  
<https://ch.mathworks.com/campaigns/products/offer/download-rtl-sdr-ebook.html>  
<http://www.ni.com/sdr/d/>  
<http://gnuradio.org/redmine/projects/gnuradio/wiki>  
<http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr>  
<http://rtlsdr.org/softwarelinux>  
<http://www.coaa.co.uk/planepLOTter.htm>  
<http://www.moetronix.com/svdownload.htm>  
<http://www.audiotester.de/>

## Weitere Dokumente:

[http://fritz.dellsperger.net/USKA\\_Bern/](http://fritz.dellsperger.net/USKA_Bern/)