

# CQDL

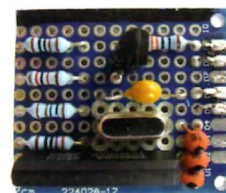


DAS AMATEURFUNKMAGAZIN

5-2020



## Quarzpfeife



Für den  
IC-910

S. 24

**reichelt**  
elektronik - The best part of your project

PeakTech®

### Digital-Multimeter

- mit 1.999 Counts und Dioden-/Durchgangs-Test
- Spannung: bis 300 V AC/DC, Strom bis 10 A DC

**PREIS-TIPP**

Bestell-Nr.: PEAKTECH 1070

**11,95**



**GLEICH  
BESTELLEN!**

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

Mit Empfangsantenne korrekt messen:

## Man-made Noise

Gemeinsam auf Distanz  
Amateurfunk in Corona-Zeiten

## Übersicht

Minimal Art  
Session S. 26

## Raspberry Pi

Flexible  
UTC-Uhr S. 30

## Gerätetest

Anytone  
AT-D578UV S. 39

Interview mit Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. hc. mult. Ulrich L. Rohde

# Mitbegründer der SDR-Technik

Rainer Englert, DF2NU

Die digitale Signalverarbeitung per Software Defined Radio (SDR) ist heute der allgemein akzeptierte Standard bei der Decodierung und Erzeugung von Funksignalen. Auch im Amateurfunk ist SDR nicht mehr wegzudenken. Erstmals in einer wissenschaftlichen Publikation erwähnt wurde die rechnergestützte Signalverarbeitung am 26. Februar 1985 in einem Kongressbeitrag von Prof. Dr. Ulrich Rhode, DJ2LR/N1UL, er gilt somit als einer seiner Erfinder.

**U**li, es freut mich sehr, dass wir dieses Interview führen können. Was ist die Verbindung zwischen Deinem Beruf und dem Amateurfunk?

Das Hobby kam zuerst. Mein Großvater hatte mit Amateurfunk zu tun, mein Vater hatte mit Funk zu tun, und so war es auch unausbleiblich für mich. Die Neugierde, was passiert hier eigentlich war es, und so bin ich gewissermaßen hineingeschlittert in dieses faszinierende Fachgebiet.

**Das heißt also, zuerst Funkamateure und dann als Konsequenz, dass man sich auch beruflich mit entsprechenden Fragestellungen beschäftigt?**

Ja, so war es. Logisch, dass man da weitermacht, wo einen der Vater hingeführt hat.

**Du gilst als einer der Pioniere der SDR-Technik, also der Signalverarbeitung per Software. Was genau ist unter „SDR“ eigentlich zu ver-**



RADIO DARC-Chefredakteur Rainer Englert, DF2NU, im Gespräch mit Prof. Ulrich Rohde, DJ2LR (Bild: DL4TTB)

**stehen, von der wissenschaftlichen Sicht her?**

Wenn man so will, war schon das erste aktive Tiefpassfilter software-mäßig. Das Kernproblem bestand ja schon immer darin, dass auf ZF-Ebene von Empfängern, da, wo die ganzen Selektionen stattfinden, mechanische Bauteile wie Quarzfilter eingesetzt wurden. Es gibt in der Physik das so genannte Gibbs-Phänomen. (Auftreten von Überschwüngen bei abgebrochenen Fourier-Reihen und an Sprungstellen – d.R.). Dieses bewirkt, dass Filter „nachklingen“. Zwar kann man alle möglichen Schaltungs-Designs aufsetzen wie Cauer, Bessel, Tschebyscheff oder Butterworth, die sich hier etwas unterschiedlich verhalten. Aber allen gemeinsam ist, das schmale Filter immer „klingeln“ und breite Filter über eine nicht befriedigende Selektion verfügen. Wenn ich aber von der Mechanik weggehe und Filter mathematisch beschreibe, kann man ein so genanntes

Composite-Filter definieren. In dem kann ich die Koeffizienten so legen, dass das Gibbs-Phänomen gar nicht erst auftritt. Das alles wird dann in einem RAM abgespeichert und das zu filternde Frequenzband nach einer Digitalisierung mit einem Algorithmus bearbeitet. Damit kann man praktisch alle gewünschten Filtercharakteristiken definieren. Dieses Signal-Processing war eigentlich der Grundgedanke und die Geburtsstunde der SDR-Technik.

**Das heißt, der Ausgangspunkt von SDR war eigentlich, die ZF-Filtertechnik zu optimieren?**

Ja, korrekt, das war der allererste Versuch, an die Sache heranzugehen. Viele Entwickler sind aber an dieser Aufgabenstellung zunächst gescheitert. Das Problem waren die Signal-Laufzeiten und die ALC-Regelungen. Es gibt eine gewisse Verzögerung zwischen dem Eingangssignal und dem eigentlichen Detektor, der sich „weiter hinten“ in

**Über RADIO DARC**  
RADIO DARC ist die vereinseigene Rundfunksendung. In diesem wöchentlichen Kurzwellen-Magazin speziell für Funkamateure erfahren Sie jeden Sonntag ab 11 Uhr MESZ auf 6070 kHz interessante Neuigkeiten aus der Welt des Amateurfunks. In der Sendung am 26. April hören Sie eine spezielle Themensendung zu 35 Jahre SDR-Technik, inklusive dem vollständigen Original-Interview mit Prof. Dr.-Ing. Ulrich L. Rohde, DJ2LR. Sendepplätze: [www.darc.de/nachrichten/radio-darc](http://www.darc.de/nachrichten/radio-darc).

## DJ2LR im Porträt

Der Unternehmer, Hochfrequenz-techniker und Wissenschaftler Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. hc. mult. Ulrich L. Rohde zählt zu den Pionieren der Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik. Als Inhaber mehrerer Firmen in den USA und Teilhaber des bekannten Münchner Elektronik-Unternehmens Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG hält er zahlreiche Patente und wissenschaftliche Auszeichnungen. Dieser Technologiekonzern mit über 10 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist weltweit tätig. Die Unternehmensbereiche sind u.a. Messtechnik, Broadcast- und Medientechnik, Cybersicherheit, sichere Kommunikation sowie Monitoring und Network Testing. Zudem ist Ulrich Rohde Autor diverser Fachpublikationen. An nicht weniger als vier Universitäten in Deutschland, Rumänien und den USA lehrt er als Professor für Elektrotechnik und Mikrowellentechnik. Er ist wohl einer der bekanntesten Funkamateure Deutschlands und besitzt die Rufzeichen DJ2LR bzw. N1UL, ist Mitglied im OV München-Süd (C18) und feiert am 20. Mai seinen 80 Geburtstag.



(Bild: Wikipedia)

Quelle: DF2NU, DL4TTB

der Schaltungskette befindet. Wenn die Signal-Laufzeit zu lange ist, ist dieser übersteuert, bevor man in der Vorstufe gegenregeln kann. Dem Problem war nur beizukommen durch so genannte „Look-Ahead“ Algorithmen, die sozusagen den zu erwartenden Signalverlauf mathematisch vorausberechnen konnten. Davon ausgehend, hat sich die SDR-Technik schrittweise nach vorne getastet, immer mehr hin bis zum Antennen-Eingang.

### Was waren dann die Treiber, welche den rasanten Siegeszug der SDR-Technik befeuert haben? Kostenreduzierung, Performance-Verbesserung oder bessere Filter?

Ich glaube, es waren alle drei Faktoren. Hauptsächlich war es aber ein marktgetriebenes Phänomen, getrieben von den Kosten, aber auch von den Leistungsmerkmalen und der Wiederkehrgenauigkeit, die man für eine bestimmte Geldsumme bereitstellen kann. Jedes Gerät hat einen bestimmten Marktpreis, den es zu beachten gilt. Da bot der SDR-Ansatz einfach unschlagbare Vorteile.

### Was waren die größten Schwierigkeiten, die zu überwinden waren?

Zwei Bereiche. Es war einmal die unzureichende Leistung der Prozessoren, die man damals zur Verfügung hatte. In den 80er Jahren wurde SDR mit CA3028 oder mit COSMAG-Prozessoren in 8-Bit-Technik mit vielen Parallelprozessen bewerkstelligt. Damit konnte man 25...30 kHz breite Frequenzbänder bearbeiten. Zweitens waren das die noch fehlenden mathematischen Grundlagen. Mal ein Beispiel. Am Anfang wurden SSB-Signale decodiert, indem man in einer Korrelationsanalyse die Lage des amerikanischen 60-Hz-Netzbrumms in der Modulation ermittelte. Damit konnte man die richtige Frequenz des fehlenden Trägers rekonstruieren. All diese mathematischen Verfahren mussten erst entwickelt werden. Heute decodiert man SSB natürlich komplett anders.

### Bei der SDR-Technik wird ja nun Hardware schrittweise durch immer mehr Software ersetzt. Wird dann nicht an irgendeinem Punkt die Hardware fast überflüssig?

Nein. Auch die SDR-Technik hat Ihre Grenzen. Prinzipiell ist ja, dass man einen Analog/Digital-Wandler hat, der ein analoges Signal über ein Sampling-Verfahren in einen digitalen Datenstrom verwandelt. Dieser Vorgang hat ein Eigenrauschen von 20 dB. Mit so einer Empfindlichkeit kann keiner zufrieden

sein, man wird also immer einen (analogen) Vorverstärker brauchen. Ein zweites Problem ist, dass mathematisch gesehen ein AD-Wandler ein Integrator ist. Er summiert die Pegel eines gesamten Frequenzbandes auf.

Wenn man eine Energie vom 1  $\mu\text{V}/\text{Hz}$  annimmt, da kommt bei 1 MHz Sampling-Bandbreite schon 1 V Summenspannung heraus. Dann kommt der Wandler an seine Grenze. In rauscharmen UKW-Bändern mit 1 nV/Hz kriegt man vielleicht noch 100 MHz Bandbreite hin, aber auch dann ist Schluss. Also, da muss man immer irgendwelche Vorselektionen betreiben, will man nicht massiv Dynamikumfang und/oder Empfindlichkeit verlieren. Man wird also eine Kombination von analoger und digitaler Schaltungstechnik brauchen und wenn man SDR ernst nimmt, wird es richtig teuer.

### Wie geht es Deiner Meinung nach in der SDR-Technik weiter, welche Entwicklungen werden noch kommen?

Nun, ein großes Einsatzgebiet von SDR ist der 5G-Mobilfunk. Hier werden aber HF-Bandbreiten von 2 GHz und mehr benötigt, und hier stehen wir noch vor schier unlöslichen Problemen. Durch die hohen erforderlichen Prozessorleistungen mit vielen parallelen Vorgängen braucht man Unmengen an Strom in jeder Basis-Station, die sehr viel Hitze produzieren. Hier wird es noch einiger Entwicklungsarbeit auf dem Gebiet der Halbleiterphysik bedürfen, um entsprechend leistungsfähige AD-Wandler für dieses Einsatzgebiet zu entwickeln, beispielsweise auf Basis von Gallium-Nitrit oder Aluminium-Nitrit.

### Vielleicht noch einen Blick auf den Markt für Amateurfunk-Geräte. Keiner der großen Hersteller bietet heute noch rein Analoges an. Was denkst Du über die Zukunft der Afu-Geräte?

Ich warne vor einem Trugschluss. Nämlich dem, dass reine SDR-Konzepte die Afu-Geräte der Zukunft sind. Das wird man im Low-Cost-Bereich verfolgen. Viel besser sind aber Hybrid-Konzepte, wie sie derzeit beispielsweise in einigen High-End-Geräten realisiert sind. Und da geht auch die Reise hin. Wir brauchen eine mitlaufende Vorselektion und einen extrem guten analogen Mischer, der eben nicht Integrator ist, um auf eine hochliegende ZF zu kommen. Wenn ich da anfangs zu digitalisieren und per Software weiterzuver-

## DARC würdigt 35 Jahre SDR-Technik mit Sonderstation

Erstmals beschrieben wurde die SDR-Technik vor 35 Jahren in einem Kongressbeitrag von Prof. Ulrich Rohde für die „Third International Conference on HF Communication Systems and Techniques“ in London. Um die hohe Bedeutung der digitalen Signalverarbeitung für die Kommunikationstechnik im Allgemeinen und den Amateurfunk im Besonderen zu würdigen, ist während des gesamten Jahres 2020 die Sonderstation DL35SDR aus dem Großraum München aktiv. Für sie wurde der Sonder-DOK 35SDR vergeben.



QSL-Karte von DJ2LR

arbeiten, dann habe ich das Beste aus beiden Welten kombiniert. Jedes Konzept für sich alleine hat Nachteile.

### Der zunehmende Wandel hin zur SDR-Technik bedeutet doch auch: Rasch sich verändernde Anforderungen an das Wissen der Entwickler, der Ingenieure und an uns Funkamateure. Welche Kenntnisse braucht man heute?

Da sehe ich drei Felder. Einmal ist es das fundierte Wissen über die im Markt verfügbare Hardware, die sehr komplex ist und sich rasend schnell verändert. Zweitens muss man die Fähigkeit mitbringen, FPGAs zu programmieren, die ja üblicherweise zur SDR-Signalverarbeitung eingesetzt werden. Und drittens muss man nach wie vor klassische HF-Technik beherrschen, also das Wissen über Vorverstärker, Mischer und Oszillatoren – und all diese Bereiche miteinander kombinieren können. Es ist heute wesentlich komplexer als früher.

Uli, ich danke herzlich für das Gespräch.



## Literatur und Bezugsquellen

- [1] [https://de.wikipedia.org/wiki/Ulrich\\_L.\\_Rohde](https://de.wikipedia.org/wiki/Ulrich_L._Rohde)
- [2] [https://de.wikipedia.org/wiki/Software\\_Defined\\_Radio](https://de.wikipedia.org/wiki/Software_Defined_Radio)
- [3] [https://de.wikipedia.org/wiki/Filter\\_\(Elektrotechnik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Filter_(Elektrotechnik))