Vorwort

Software Defined Radios (SDR) gewinnen zunehmend an Bedeutung, vor allem in Bereichen, in denen der Einsatz von speziellen Hardware-Lösungen aus Kostengründen nicht möglich ist. Zu diesen Bereichen gehört auch die *Funktelemetrie*, auf die das vorliegende Buch in erster Linie abhebt. Aufgabe von Telemetrie-Systemen ist das Einsammeln von Sensordaten, z. B. von Strom-, Gas- und Wasserzählern oder *Umweltsensoren* für Wind, Regen und Emissionen. Diese mehr oder weniger intelligenten Sensoren werden auch als *Smart Sensors* bezeichnet. In diesem Bereich werden in den Sensoren häufig spezielle Hardware-Lösungen eingesetzt – das ist aufgrund der hohen Stückzahlen *möglich* und aufgrund der Stromversorgung mit Knopfzellen auch *nötig* –, während die zugehörigen Basisstationen als *Software Defined Radios* ausgeführt werden. Dies führt zu Verhältnissen, wie sie aus der Mobilkommunikation bekannt sind. Allerdings sind die Datenübertragungsraten in der Regel etwa um den Faktor 1000 geringer.

Während sich im Bereich der Mobilkommunikation und im Bereich des stationären, drahtlosen Internetzugangs mit GSM, UMTS/LTE und IEEE 802.11 (WLAN) bereits internationale Standards durchgesetzt haben, wird eine entsprechende Standardisierung von Funktelemetrie-Systemen zur Zeit (2016) gerade in Angriff genommen. Mobilkommunikations- und die WLAN-Anbieter versuchen, diesen Bereich zu besetzen.

Wie in der Mobilkommunikation kommt den Basisstationen auch in Telemetrie-Systemen eine zentrale Rolle zu, die eine Ausführung als *Software Defined Radio* nahelegt. Es ist nämlich zu erwarten, dass sich mehrere Standards entwickeln und anschließend auch weiterentwickeln werden, so dass die Basisstationen mehrere, zum Zeitpunkt ihrer Installation eventuell noch nicht bekannte Funkübertragungsprotokolle beherrschen sollten. Dies lässt sich unter der Voraussetzung, dass eine entsprechende Rechenleistung vorhanden ist, als *Software Update* realisieren. Im Falle einer erforderlichen Erhöhung der Rechenleistung könnten Basisstationen mit austauschbarem Prozessor-Modul eine kostengünstigere Lösung bieten als der Komplett-Tausch. Hier bleibt die technische Entwicklung abzuwarten.

Software Defined Radio-Systeme stellen in ihrer Gesamtheit ein interdisziplinäres Feld dar, das von der Antennenentwicklung bis zur Schnittstelle für die Nutzerdaten

reicht. Dies umfasst in erster Linie die Fachgebiete *Hochfrequenztechnik*, *technische Elektronik*, *digitale Signalverarbeitung* und *Nachrichtentechnik*, aber auch die Fachgebiete *Regelungstechnik*, *Embeded Systems*, *Signalprozessoren* und *Programmierung*. Die Vorlesung *Kommunikationselektronik*, aus der dieses Buch hervorgegangen ist, trägt deshalb auch den Untertitel *Von der Antenne bis zum Bit-Ausgang*.

Die Interdisziplinarität bringt es mit sich, dass die erforderlichen Kenntnisse im Curriculum der universitären Ausbildung über zahlreiche verschiedene Vorlesungen verstreut sind und nur selten *kohärent* vermittelt werden. Diese Lücke versucht das vorliegende Buch zu schließen. Darüber hinaus gibt es einige Teilbereiche, die in der universitären Ausbildung nur unzureichend abgedeckt werden. Dazu gehört vor allem der Teilbereich Abtastraten-Konversion und Abtastraten-Regelung, aber auch der Teilbereich Präambel-Korrelation und Präambel-Detektion bei Paket-Sendungen. Diese Teilbereiche bilden die Schwerpunkte des Buchs.

Für die universitäre Ausbildung, aber auch für das Selbststudium, ist die praktische Anwendung für das Verständnis von zentraler Bedeutung. Etwas überspitzt könnte man sagen: *Was man nicht selbst programmiert hat, hat man auch nicht verstanden*. Wir versuchen dem mit zwei Maßnahmen gerecht zu werden. Zum einen machen wir umfangreichen Gebrauch von *MathWorks Matlab* bzw. dem Open-Source-Äquivalent *GNU Octave*, und zwar nicht nur in separaten Beispielen, sondern auch im Zusammenhang mit sämtlichen Abbildungen von Signalverläufen, Spektren und Kurven jeglicher Art, die allesamt mit *Matlab/Octave*-Skripten erzeugt wurden, die über die begleitende Web-Seite `www.sdr-ke.de` zum Download angeboten werden. Wir haben dabei darauf geachtet, dass die Skripten sowohl unter *Matlab* als auch unter *Octave* verwendet werden können. Für spezielle Funktionen – die sogenannten *mex*-Funktionen – stellen wir beide Varianten bereit.

Zum anderen möchten wir unsere Leser auch animieren, mit einer echten Telemetrie-Übertragung zu experimentieren und die Algorithmen zur Detektion und Demodulation von Paket-Sendungen unter Echtzeitbedingungen zu testen. Auf der Empfangsseite stehen dazu USB-Miniaturempfänger zur Verfügung, die zum Teil für unter 20€ angeboten werden und für die es bereits Software für eine Vielzahl von Anwendungen gibt. Stichwort für eine Internet-Recherche ist `rtl-sdr`. Die Web-Seiten `www.rtl-sdr.com` und `rtlsdr.org` bieten einen Einstieg. Wir stellen Funktionen für *Matlab* und *Octave* zur Verfügung, mit denen die Empfangssignale dieser Empfänger in Echtzeit unterabgetastet, gefiltert und verarbeitet werden können. Zur Realisierung einer eigenen Telemetrie-Übertragung wird zusätzlich ein Sender benötigt. Hier steht mit der Funk-Armbanduhr *EZ430-Chronos* von *Texas Instruments* (siehe `processors.wiki.ti.com/index.php/EZ430-Chronos`) ebenfalls eine sehr preisgünstige Lösung zur Verfügung, die einschließlich des benötigten USB-Programmiermoduls zur Zeit (2016) zu einem Preis von 58 $ angeboten wird. Wir stellen diese Komponenten hier nicht weiter vor, sondern verweisen auf die begleitende Web-Seite `www.sdr-ke.de`, auf der wir zusätzlich auch noch auf weitere preisgünstige

Komponenten zum Aufbau und Betrieb einer eigenen Telemetrie-Übertragungsstrecke hinweisen.

Wir danken Herrn Gerd Kilian und Herrn Jörg Robert für ihre Unterstützung bei der Konzeption des Buchs und ihre zahlreichen Hinweise. Darüber hinaus danken wir Frau Eva Hestermann-Beyerle und Herrn Michael Kottusch vom Verlag für die freundliche Aufnahme des Buchs.

Erlangen und Ebermannstadt im August 2016, Albert Heuberger
Eberhard Gamm

http://www.springer.com/978-3-662-53233-1

Software Defined Radio-Systeme für die Telemetrie
Aufbau und Funktionsweise von der Antenne bis zum Bit-Ausgang

Heuberger, A.; Gamm, E.

2017, XIII, 383 S. 288 Abb., Hardcover
ISBN: 978-3-662-53233-1