



# Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg informiert

## Technische, betriebliche und taktische Zusammenhänge des Digitalfunks

### Vorteile digitaler Übertragung

In den letzten Beiträgen wurde erläutert, wie digitale Übertragung prinzipiell funktioniert. Diesmal soll gezeigt werden, wo die wesentlichen technischen und physikalischen Vorteile (die taktischen Vorteile werden später beleuchtet) gegenüber einer analogen Übertragung liegen. Neben dem Vorteil, dass die Übertragung eines digitalisierten Signals weniger durch Störungen von außen beeinflusst werden kann (siehe vorigen Beitrag), gibt es noch eine Reihe weiterer Vorteile, die sich z. T. aus der binären Struktur, z. T. aus dem Übertragungsverfahren selbst ergeben. Als wichtigste seien angeführt:

#### 1. Redundanz

Redundanz bedeutet, allgemein formuliert „man hat mehr, als man braucht“. Also etwa ein zweites Funkgerät, das man einsetzen kann, wenn das erste defekt ist. Bei der Codierung binärer Signale bedeutet es, dass ein Code mehr Zeichen enthält als benötigt werden. Codiert man – wie im obigen Beispiel – die Zahlen  $0_{dez}$  bis  $9_{dez}$  mit einem 4 Bit breiten Code (Fachausdruck **Codewort**), bleiben die Codewörter für die Zahlen  $11_{dez}$  bis  $15_{dez}$  unbenutzt. Tritt bei der Übertragung ein Fehler auf, so besteht eine recht hohe Wahrscheinlichkeit, dass ein nicht benutztes Codewort entsteht, woraus der Empfänger sofort erkennen kann, dass ein Fehler aufgetreten ist.

#### 2. Parität

Fügt man jedem Codewort ein zusätzliches Bit an, das dafür sorgt, dass die Anzahl der  $1_{bin}$ en geradzahlig („gerade Parität“) oder ungeradzahlig („ungerade Parität“) ist (das **Paritätsbit**), kann auf der Empfängerseite ohne Zutun des Senders erkannt werden, ob ein Codewort falsch oder richtig empfangen wurde:

Codewort	Paritätsbit	Übertragen wird:
1011	1	10111
1010	0	10100
1111	0	11110
0111	1	01111

Tabelle 1

Wird nun anstelle **10111**

**10011**

empfangen, ist klar, dass dieses Codewort falsch übertragen wurde, weil die geradzahlige Parität nicht stimmt.

Bei folgendem ausgesendeten Telegramm

**01100 00110 11101 01001** kommt beim Empfänger an:

**01100 00110 11111 01001**

Aus der falschen Parität des dritten Codewortes ergibt sich, dass ein Übertragungsfehler vorliegt, der Empfänger kann vom Sender erneut das dritte Codewort anfordern, es muss nicht nochmals das ganze Telegramm übertragen werden (spart Übertragungskapazität). Schreibt man alle Codewörter untereinander, sieht man, dass auch „senkrechte Parität“ berechnet werden kann:

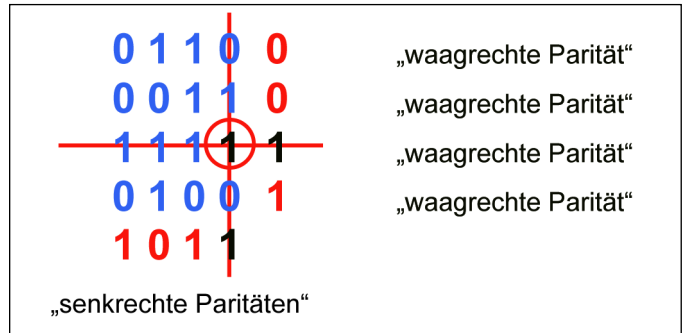


Abb. 1

Mit dieser Parität lässt sich nicht nur feststellen, welches Codewort falsch übertragen wurde, sondern auch, welches Bit falsch ist. Da es nur zwei Zustände gibt, kann jetzt der Fehler nicht nur erkannt werden, sondern auch empfängerseitig korrigiert werden. Der Sender muss hierzu nicht beteiligt werden. Es gibt noch eine Reihe weiterer mathematischer Algorithmen und Codierverfahren, mit denen die Übertragungssicherheit erhöht werden kann, die an dieser Stelle leider nicht beschrieben werden können.

Hieraus folgt, dass auch verstümmelte Nachrichten auf der Empfängerseite wieder komplett hergestellt werden können, ohne den Sender zu beteiligen. Dies gilt – wie im nächsten Beitrag beschrieben werden wird – auch für digital übertragene Sprache. Betrachtet man dies im Zusammenhang mit der Übertragungsqualität wird klar: Die Sprachqualität bleibt auch bei zunehmender Entfernung zwischen Sender und Empfänger im Digitalfunk gleich!

Im Analogfunk wird die Übertragungsqualität mit zunehmender Entfernung des Empfängers zu einem Sender schlechter, da das Empfangssignal ja immer schwächer wird und somit der Einfluss von Störungen größer (Abb. 2).

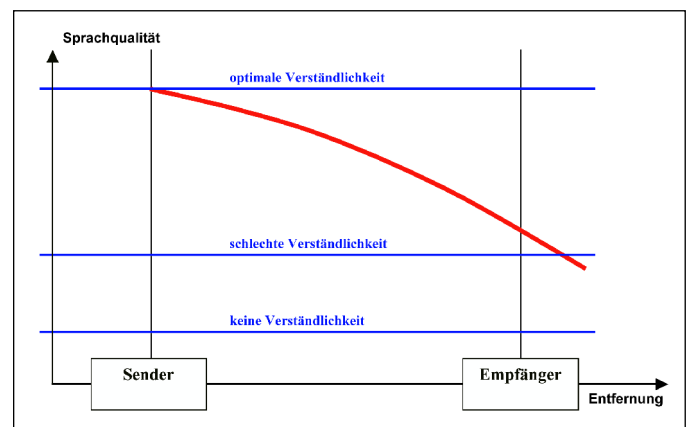


Abb. 2

Im Digitalfunk interessiert nur das Datentelegramm, in dem alle Informationen stecken, auch die Sprache. Dieses Datentelegramm kann – selbst wenn es verstümmelt empfangen wird – im Empfänger wieder in seine ursprüngliche Form gebracht werden. Dies geht natürlich nur bis zu einer bestimmten Grenze.

Die Anzahl fehlerhafter Bits bezogen auf die Gesamtzahl der übertragenen Bits heißt **Bitfehlerrate**, die Grenze bis zu der ein Datentelegramm noch in seine ursprüngliche Form zurückgebracht werden kann, zulässige Bitfehlerrate. Wird diese überschritten, ist die gesamte Übertragung fehlerhaft, d. h. auch eine Sprachverständigung ist nicht mehr möglich.

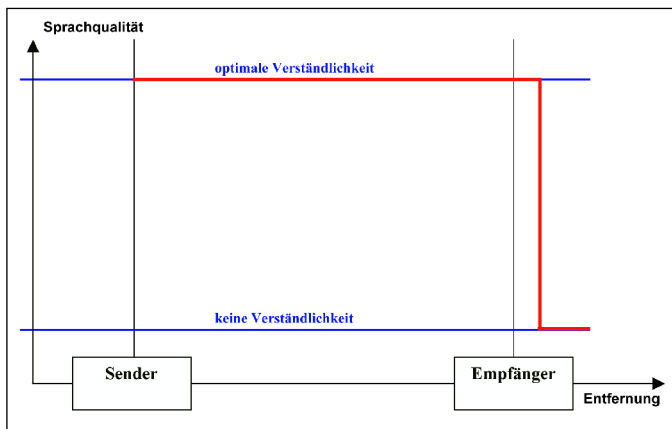


Abb. 3

Dipl.-Ing. (BA) Stefanie Heck und  
Dipl.-Ing. (FH) Michael Melioumis,  
Ausbilder an der Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg

**Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg**  
im Internet: [www.lfs-bw.de](http://www.lfs-bw.de)