

Ergänzung zum Beitrag in FA 9/20, S. 744 ff. „SINAD-Messgerät für AM-, CW-, FM- und SSB-Empfänger (1)“

Hier folgt die Korrektur des auf S. 746 veröffentlichten Kastens, da der Durchlassbereich des Aliasing-Filters in Bild 6 nicht wiedergegeben wurde.

Abtastvorgang

Man kann den Abtastvorgang als eine Verallgemeinerung des multiplikativen Mischens zweier Signale betrachten, wie sie auch in jedem Superhet- oder SDR-Empfänger zur Anwendung kommt. Bei einer Abtastung haben jedoch beide Mischkomponenten (grün: Eingangssignal, blau: Abtastsignal) ein Spektrum, sodass nicht nur eine Spiegelfrequenz, sondern unendlich viele periodisch wiederkehrende „Misch“-Spiegel (sogenannte Alias-Bereiche) vorhanden sind (rot in Bild 5 oben). Diese Frequenzbereiche erstrecken sich spiegelsymmetrisch um die unendlich vielen harmonischen Oberschwingungen der Abtastfrequenz (blau).

Jedes Störsignal in den in Bild 5 rot markieren Alias-Bereichen wird durch den Abtastvorgang in das Grundspektrum (grün) rückgefaltet und kann dort nicht mehr von den Nutzsignalen unterschieden und getrennt werden. Ein Aliasing-Filter verhindert diese Faltung unerwünschter diskreter Linien zurück ins Eingangsspektrum. Ohne Aliasing-Filter würde ansonsten ein diskretes Signal mit 7 kHz, 9 kHz, 15 kHz, 17 kHz, 23 kHz ... usw. wie ein 1-kHz-Signal als Nutzfrequenz erscheinen.

Eine andere Betrachtung zeigt die Auswirkungen des gleichen Effekts bei zu breiten Eingangsspektren: Geht es über die halbe Abtastfrequenz hinaus (Bild 5 unten), so entsteht eine Überlappung mit dem rückgefalteten Alias-Spektrum in den schraffierten Bereichen, was sich ebenfalls in Mehrdeutigkeiten auswirkt. Ein Eingangsspektrum zwischen 4 kHz und 5 kHz erscheint dann obendrein in reverser (umgedrehter) Frequenzlage zwischen 3 kHz und 4 kHz im Nutzbereich.

Steile Aliasing-Filter kann man vermeiden, wenn man die Abtastfrequenz auf ein Vielfaches der an sich erforderlichen Abtastfrequenz erhöht (Bild 6). Dadurch entfallen Aliasing-Bereiche, die ganz dicht an der oberen Nutzfrequenz liegen und das erforderliche Aliasing-Filter kann im Sperrbereich einen flacheren Verlauf haben. Bei z. B. achtfachem Oversampling reichen einfache RC-Filter dafür oft schon völlig aus. Es fällt dann zwar eine entsprechend höhere Datenrate an, die man aber problemlos durch Auslassen überflüssiger Abtastwerte oder durch Interpolation dezimieren kann.

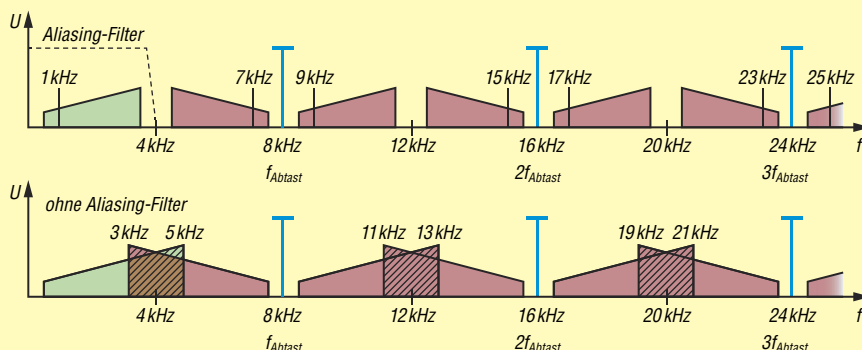


Bild 5: Oben: Nutzspektrum (grün) mit seinen um die Abtastlinien (blau) gefalteten Alias-Bereichen (rot) bei Einhaltung des Abtasttheorems; unten: überlappte Bereiche (schraffiert) bei Verletzung des Abtasttheorems

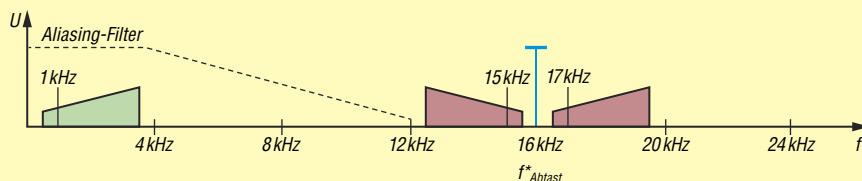


Bild 6: Wirkung von Überabtastung (Oversampling) bei doppelter Abtastrate. Das Aliasing-Filter kann einfacher ausfallen.