

Kontinuierliche Digitaltechnik

Die heutige Digitalisierung kontinuierlicher Signale erfolgt in zwei Schritten: Festlegung des Abtastaktes und anschließende Festlegung der Amplitudenstufen auf vorgegebene äquidistante Amplitudenstufen (Bild 1a). Bereits Shannon zeigte, dass aus den Abtastwerten mittels der Whittaker-Funktion $\text{sin}(\alpha)/\alpha$ (Fourier-Transformation des idealen Tiefpasses) fehlerfrei das kontinuierliche Signal zurückzugewinnen ist. Die Festlegung auf die Amplitudenstufen ist dagegen bis heute nicht rücknehmbar und führt trotz sehr vieler Stufen (z.B. 16 Bit $\approx 65\,536 \approx 75$ dB) zu dem stark störenden Sampling-Rauschen. Dies ist eigentlich nicht einzusehen, denn generell kann aus wenigen diskreten Werten mit einer passenden Funktion immer ein Kontinuum erzeugt werden: So erzeugen zwei Punkte und die Geradengleichung alle Punkte der Geraden. Ebenso genügen drei Punkten und die Kreisgleichung für den Kreis. Daher müsste es auch eine Lösung gegen das Quantisierung-Rauschen geben. Hierbei tritt natürlich die Heisenbergsche Unschärfe-Beziehung einschränkend auf $\Delta t \cdot \Delta E \leq h/2$ (h Planck-Konstante, t Zeit, E Energie entspricht der Spannung u). Doch ihre Begrenzung ist um viele Zehnerpotenzen von allen technischen Anwendungen entfernt und kann daher vernachlässigt werden. Mit der hier vorgestellten Kontinuierlichen Digitaltechnik ist die fehlerfreie Rücknahme beider Diskretisierungen (Amplitude *und* Zeit) in einem Schritt möglich. Hierzu wird gemäß Bild 1b um das Signal ein Fehlerbereich gelegt und in ihm – mittels Approximation – nach einer möglichst einfachen Funktion gesucht. Mit ihren Parametern (diskreten Koeffizienten) ist dann mit einem linearen Zeitsignals (Sägezahn) wieder ein kontinuierliches Signal herzustellen. Wenn der Fehlerbereich hinreichend klein gewählt wird, dann sind die Abweichungen gegenüber dem Original beim Empfänger nicht feststellbar. Für die höchstmögliche akustische Dynamik von 140 dB genügen dann nur 325 statt etwa 10 000 000 Amplitudenstufen, bzw. 150 statt 65 536.

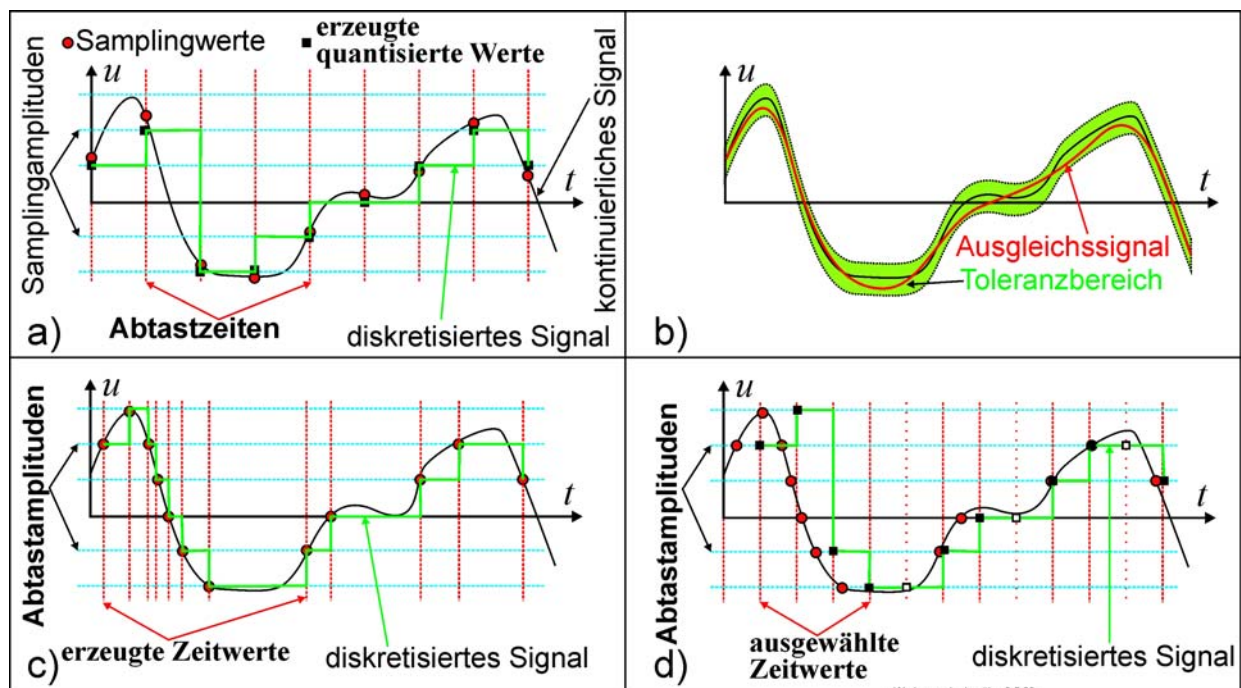


Bild 1. Zu einigen Methoden der Kontinuierlichen Digitalisierung: a) heute übliche Variante, b) Approximation des Signals innerhalb des grünen Toleranzbereiches, c) Erzeugung von Zeitwerten bei festgelegten Amplitudenstufen, d) Möglichkeiten des Weglassens überflüssiger Wertepaare.

Mögliche Lösungen

Für die Approximation bei der Kontinuierlichen Digitalisierung müssen lediglich n passende Wertepaare u_i und t_i aus dem kontinuierlichen Signal gewonnen werden. Prinzipiell könnten dazu die noch nicht in der Amplitude diskretisierten heutigen Sampling-Werte benutzt werden. Doch dann müsste aber die Bit-Tiefe zwischenzeitlich deutlich vergrößert werden. Es ist daher sinnvoller von für den Empfänger unterscheidbaren Amplitudenstufen auszugehen. Für alle unsere Sinne sind sie entsprechend dem Weber-Fechnerschen Gesetz logarithmisch abgestuft, wodurch sowohl in der Akustik, als bei Sehen (Helligkeit und Farbe) nur sehr wenige Stufen existieren. Sie werden festgelegt und immer dann wenn das Signal eine Stufe erreicht wird die Nummer i und die Zeit t_i gespeichert und später für die Approximation benutzt (Bild 1c). Dabei entstehen eventuell mehr Samples als es das Sampling-Theorem fordert. Sie können entsprechend Bild 1d entfallen. Lediglich der zeitliche Fehler muss hierbei so klein bleiben, dass er später auch nicht wahrnehmbar wird (z.B. Hören 10^{-3}). Um diese i, t_i wird als Fixpunkte dann der Fehlerbereich mit $\frac{1}{2}$ Amplitudenstufe festgelegt. Anschließend ist nur noch die Approximation vorzunehmen und ihre Paarmeter werden gespeichert. Es werden also nicht mehr Signale, sondern stattdessen Koeffizienten in der Datei gespeichert bzw. übertragen.

Vorhandenen Vorteile

Die Kontinuierliche Digitalisierung ermöglicht erstmalig die weitgehend exakte Rückgewinnung des Original-Signals. Die zulässigen Abweichungen sind dabei sehr genau vorgebar und beliebig klein zu halten. Insbesondere ergeben sich folgende Vorteile gegenüber der heute üblichen Digitalisierung.

- Die Kontinuierliche Digitalisierung ist **auf alle kontinuierlichen Signale** vorteilhaft anzuwenden.
- Bei der Wiedergabe entsteht (ohne aufwendigen Tiefpass) **unmittelbar** ein (quasi-) **kontinuierliches Signal**.
- Es tritt kein störendes **Quantisierung-Rauschen** auf.
- Es werden immer Signale mit extrem großer **Ähnlichkeit zum Original** erzeugt. Insbesondere gibt es **keine Phasenfehler**. Dies hat vor allem in der Video- und Messtechnik große Vorteile.
- Mittelbar tritt immer eine erhebliche **Komprimierung** auf. Für die 140 dB der Akustik sind z.B. nur etwa 9 Bit und eine mittlere Taktfrequenz von wenigen kHz erforderlich.
- Es lassen sich leicht **Normungen** so durchführen, dass die gleichen Apparaturen, Schaltungen, Signale usw. für alle Ansprüche von **low-end** bis **high-end** verwendbar sind.
- Die Kontinuierlich Digitalisierung kann auch **nachträglich auch verlustbehaftete Signale**, z.B. MP3, angewendet werden. Dabei wird eine zusätzliche (quasi-) verlustfreie Komprimierung erreicht.
- Alle vom Autor entwickelten Varianten lassen sich als **komplette Hardware**, mittels **Signalprozessor, Software** oder in verschiedenen Kombinationen realisieren.

Weitere Details erhältlich bei

Erfinder:

Prof. Dr. rer. nat. habil. Horst Völz

Koppenstr. 59, 10243 Berlin

Tel/Fax 030 296 31 07

voelz@zedat.fu-berlin.de

Patentinhaber:

Sennheiser electronic GmbH

Am Labor 1

30900 Wedemark