

Negative Laufzeit – gibt's die wirklich?

Manfred Zollner

Im "Bode-Diagramm" stellt man das Übertragungsverhalten eines Systems durch den Betrags- und den Phasenfrequenzgang dar. Aus der Phase können die Phasen- und die Gruppenlaufzeit abgeleitet werden. Bei einer Reihe von Signalen beschreiben diese beiden Größen sehr anschaulich die vom System hervorgerufene zeitliche Verzögerung. Dies gelingt aber nicht bei allen Signalen gleich gut, und insbesondere die negative Laufzeit bereitet Verständnisprobleme. Anhand der folgenden Beispiele werden die o.a. Systemgrößen vorgestellt und in ihrem Bezug zur Zeitfunktion verdeutlicht.

Die Nachrichtentechnik beschreibt die Übertragung eines Signals von einer **Quelle** (Sender) durch einen **Kanal** zu einer **Senke** (Empfänger). Der Kanal kann eine Funkstrecke sein, ein Kabel, ein Verstärker, ein Lautsprecher, letztlich alles, was zwischen Quelle und Senke die Signalübertragung ermöglicht. Stehen die Veränderungen, die das Signal bei der Übertragung erfährt, im Vordergrund, übernimmt die Systemtheorie: Der Kanal wird zum **System**, das Signale aufeinander abbildet. Die signalbeschreibenden Größen sind Zeitfunktion ($\underline{x}(t)$, $\underline{y}(t)$) und zugehöriges Spektrum ($\underline{X}(j\omega)$, $\underline{Y}(j\omega)$), die systembeschreibenden Größen sind Impulsantwort $\underline{h}(t)$ und Übertragungsfunktion $\underline{H}(j\omega)$. Die verschiedenen Teilgebiete der Systemtheorie sind umfangreich, jedoch in der Literatur gut dokumentiert [z.B. 1]. Im Folgenden soll nur ein kleiner Ausschnitt daraus beleuchtet werden: Die **Verzögerung**, die ein Signal auf seinem Weg von der Quelle zur Senke erfährt.

Im allgemeinen Fall sind Signal- und Systemgrößen komplexwertig, was durch Unterstreichen dargestellt wird, z.B. $\underline{x}(t) = \text{Re}\{\underline{x}(t)\} + j\text{Im}\{\underline{x}(t)\}$. Mit Re wird der Realteil bezeichnet, mit Im der Imaginärteil, $j = \sqrt{-1}$ ist die imaginäre Einheit, in der Mathematik auch i genannt. Die Beschränkung auf reelle Zeitfunktionen (z.B. $x(t)$) stellt zunächst keine Beeinträchtigung dar, es muss aber betont werden, dass die zugehörigen Spektralfunktionen trotzdem komplexwertig sein können. In **Abb. 1** ist ein reeller Rechteckimpuls dargestellt. Der Begriff **Puls** sollte hierfür nicht verwendet werden, ein Puls ist ein periodisches Signal. Das rechte Bild zeigt den gleichen Impuls, aber zeitlich um 2 ms verschoben. Nach *rechts* verschoben, d.h. verzögert. Das Leben lehrt, dass Wirkungen nicht vor der Ursache kommen können, dass Signalabbildungen in der Realität deshalb **kausal** sein müssen. Und sie können auch niemals so

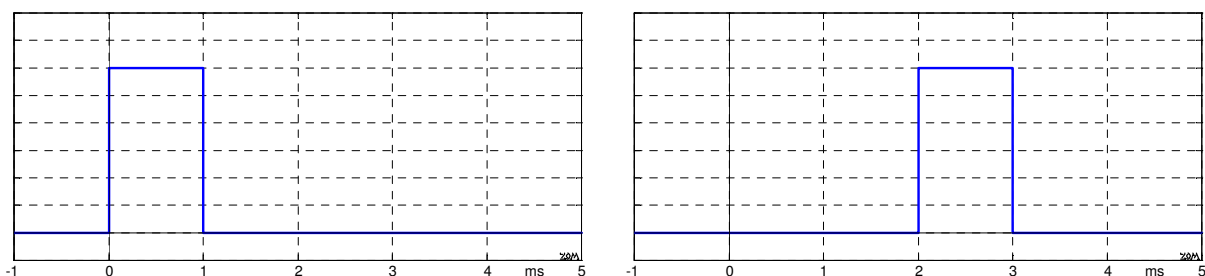


Abb. 1: Rechteckimpuls am Eingang (links) und Ausgang (rechts) eines Systems, Laufzeit = 2 ms.

Die restlichen Seiten sind als PDF downloadbar: www.gitec-forum.de