

Verzerrungsmessungen mit digitalen akustischen Sensoren

Matthias Domke¹, Peter Holstein²

¹ Ingenieurbüro Akustik & Audiotechnik, 06679 Granschütz, Deutschland, Email: domke.matthias@t-online.de

² isw – Institut gGmbH, Technologieforschung, 06120 Halle, Deutschland, Email: holstein@isw-institut.de

Einleitung

Die Analog-Digital-Umsetzung in vielen Messgeräten ist mit einem Dynamikumfang von ca. 110 dB nicht in der Lage, den Dynamikbereich einer elektrostatischen Messmikrofonkapsel von ca. 130 dB umzusetzen. Eine weitere Verringerung des für eine Messung nutzbaren Dynamikbereiches erfolgt durch zwischen Messmikrofon und Messgerät befindliche analoge Signalverarbeitungsstufen wie Vorverstärker und Filter.

Ein Messmikrofon mit integrierter und an den Dynamikbereich der Messmikrofonkapsel angepasster Mehrbereichs-AD-Umsetzung soll für Verzerrungsmessungen, bei denen der hohe Pegel der anregenden Sinusschwingung und der niedrige Pegel der Verzerrungsprodukte gleichzeitig übertragen werden müssen, eingesetzt werden.

Messmikrofonkapseln

Wesentliche Kriterien für die Auswahl von elektrostatischen Messmikrofonkapseln für Verzerrungsmessungen sind das Eigenrauschen, der Grenzschalldruck und der Übertragungsbereich. Ein niedriges Eigenrauschen ist wichtig, um einen möglichst großen Signal-Rausch-Abstand zum niedrigen Pegel der Verzerrungsprodukte zu erhalten. Bei Messobjekten, die einen hohen Schalldruck erzeugen können, ist eine Messmikrofonkapsel mit einem hohen Grenzschalldruck notwendig, damit der hohe Pegel der anregenden Sinusschwingung möglichst unverfälscht übertragen wird. Der Pegelbereich zwischen Eigenrauschen und Grenzschalldruck der Messmikrofonkapseln ergibt deren Dynamikbereich, welcher in den Digitalbereich umzusetzen ist. Der Übertragungsbereich der Messmikrofonkapseln sollte groß genug sein, um möglichst alle Verzerrungsprodukte als Vielfache der anregenden Sinusschwingung bei einer Anregung des Messobjektes bis hin zu dessen oberer Grenzfrequenz zu übertragen.

Messmikrofonkapsel	MK 221	MK 202	MK 301
Eigenrauschen	15 dB	22 dB	35 dB
Grenzschalldruck	146 dB	158 dB	168 dB
Dynamikumfang	131 dB	136 dB	133 dB
obere Grenzfrequenz	20 kHz	40 kHz	100 kHz

Abbildung 1: elektrostatische Messmikrofonkapseln mit günstigen Eigenschaften für Verzerrungsmessungen.

Vom Kooperationspartner dieser Arbeit, der Microtech Gefell GmbH, wurden drei elektrostatische Messmikrofonkapseln ausgewählt, die diese Anforderungen mit jeweils unterschiedlichem Schwerpunkt erfüllen. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über die ausgewählten elektrostatischen Messmikrofonkapseln.

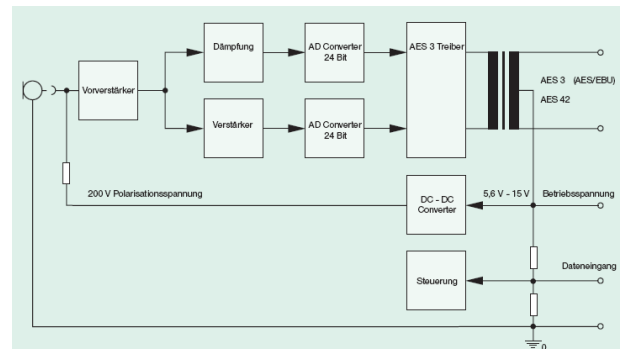


Abbildung 2: Blockschaltbild des Messmikrofonverstärkers MV230digital.

Messmikrofonverstärker mit AD-Umsetzung

Die Abbildung 2 zeigt ein Blockschaltbild des verwendeten Messmikrofonverstärkers MV230digital. In diesem durchläuft das Signal der Messmikrofonkapsel zunächst einen hochohmigen Impedanzwandler. Danach wird es verzweigt, wobei einer der Zweige verstärkt, der andere gedämpft wird. Anschließend wird jeder der Zweige einem separaten 24Bit Sigma-Delta AD-Umsetzer zugeführt. Nach der AD-Umsetzung werden die beiden nun digital vorliegenden Zweige in den beiden Kanälen des AES3- bzw. AES42- Datenformates zum Messgerät übertragen.

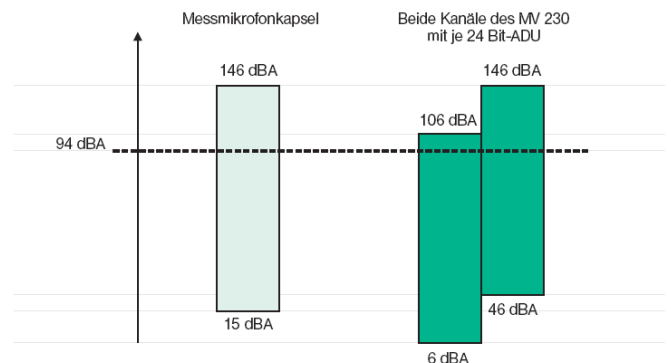


Abbildung 3: Gegenüberstellung der Dynamikbereiche von Messmikrofonkapsel MK 221 und den beiden Kanälen des AD-Umsetzers im Messmikrofonverstärker MV230digital.

Im Diagramm in Abbildung 3 ist der Dynamikbereich der Messmikrofonkapsel MK 221 dem Dynamikbereich der beiden Kanäle des AD-Umsetzers im Messmikrofonverstärker MV230digital gegenübergestellt. Es ist zu erkennen, dass die beiden Kanäle des AD-Umsetzers in der Lage sind, den gesamten Dynamikbereich der Messmikrofonkapsel in den Digitalbereich zu überführen. Dabei liegt auch ein dem Eigenrauschen äquivalentes Signal noch deutlich oberhalb der Auflösungsgrenze der zweikanaligen AD-Umsetzung. Im Gegensatz dazu könnte mit einem üblichen 24Bit AD-Umsetzer nur ein Dynamikfenster von ca. 110 dB übertragen werden.

Messaufbau und Dynamikverhältnisse

Das Blockschaltbild der Messanordnung und die Darstellung der Dynamikverhältnisse in Abbildung 4 verdeutlichen, dass bei der Verwendung eines analogen Messmikrofons der AD-Umsetzer in aller Regel das bestimmende Element für die Dynamik der gesamten Messkette ist.

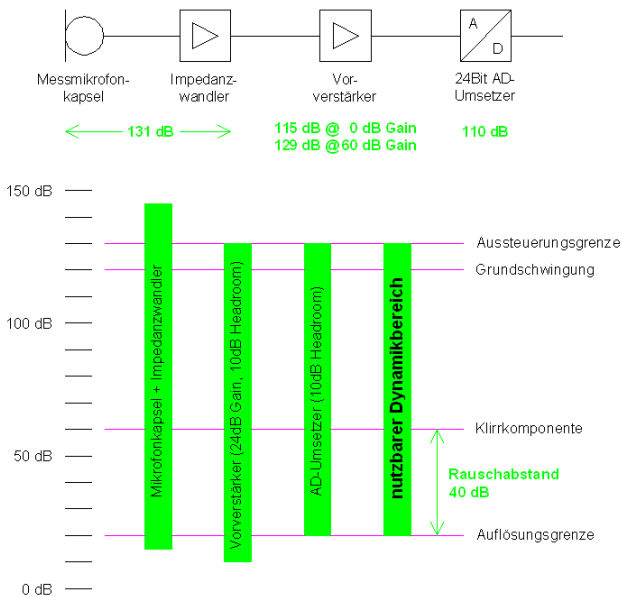


Abbildung 4: Messaufbau und Dynamikverhältnisse bei Verzerrungsmessungen mit analogem Messmikrofon.

Dagegen zeigen das Blockschaltbild der Messanordnung und die Darstellung der Dynamikverhältnisse in Abbildung 5, dass bei der Verwendung des Messmikrofonverstärkers MV230digital der Dynamikbereich des AD-Umsetzers größer ist als der Dynamikbereich von Messmikrofonkapsel und Impedanzwandler. In diesem Fall ist es somit möglich, den gesamten Dynamikbereich der Messmikrofonkapsel zu übertragen und für die durchzuführende Verzerrungsmessung zu nutzen. Dabei liegt das Eigenrauschen der verwendeten Messmikrofonkapsel MK 221 immer noch ca. 10 dB über der Auflösungsgrenze des AD-Umsetzers.

Der Signal-Rausch-Abstand der Klirrkomponente liegt bei der Verwendung des digitalen Messmikrofons mit 50 dB um 10 dB höher als bei der Verwendung des analogen Messmikrofons mit 40 dB. Dabei beträgt der Abstand der Klirrkomponente zur Auflösungsgrenze des AD-Umsetzers beim

digitalen Messmikrofon sogar 60 dB im Gegensatz zu 40 dB beim analogen Messmikrofon.

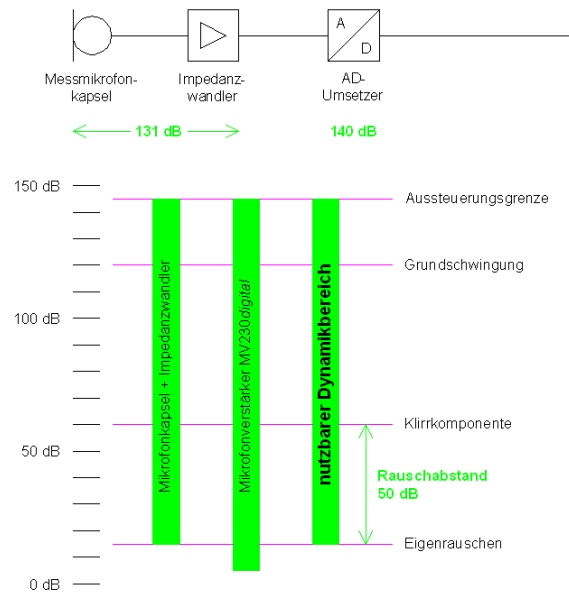


Abbildung 5: Messaufbau und Dynamikverhältnisse bei Verzerrungsmessungen mit digitalem Messmikrofon.

Vergleichsmessungen

Für Vergleichsmessungen wurde ein Messobjekt mit einem Sinussignal mit einer Frequenz von 1 kHz angeregt und die Antwort des Messobjektes entsprechend den Blockschaltbildern in den Abbildungen 4 und 5 mit einem analogen bzw. digitalen Messmikrofon gemessen. Die Messdiagramme der Vergleichsmessungen in Abbildung 6 zeigen einen erwarteten geringeren Rauschanteil bei der Verwendung des digitalen Messmikrofons gegenüber dem analogen Messmikrofon.

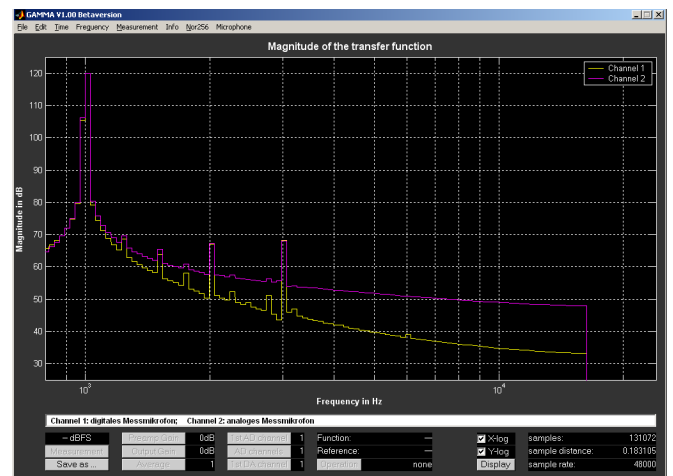


Abbildung 6: Verzerrungsmessungen mit digitalem (Channel 1) und analogem (Channel 2) Messmikrofon im Vergleich. Die Messung mit digitalem Messmikrofon weist einen geringeren Rauschanteil auf.