

ANTI-ALIASING

Der Alias-Effekt (Aliasing) tritt auf, wenn Frequenzanteile, welche höher als die Nyquist-Frequenz sind, im abgetasteten Signalverlauf sichtbar werden. Durch Störeinflüsse auf die Messhardware verursacht kann es gravierende Folgen haben, da im Engineering falsche Interpretationen des Signals herangezogen werden können. Unter **Anti-Aliasing** wird die Reduzierung dieses Phänomens verstanden, da dieses aus signaltheoretischen Umständen nicht komplett verhindert werden kann. Dieses White Paper soll den Einsatz entsprechender Anti-Aliasing-Filter erklären.

Grundlagen

Es ist ein verbreitetes Missverständnis, dass man Anti-Aliasing durch eine **Überabtastung**, d. h. ein Abtasten des Signals mit einer zu hoch angesetzten Abtastrate (im Sinne des Shannon'schen Abtasttheorems), vorbeugen kann. In der Akustik könnte man beispielsweise argumentieren, dass eine 50 - 100 kHz Abtastung hinreichend hoch sein müsste, um alle NVH-relevanten Komponenten zu erfassen. Allerdings ist nicht garantiert, dass die Sensoren bzw. deren Verkabelung kein Rauschen (aufgrund von elektromagnetischer Interferenz) beim Betrieb im Mega- oder Gigahertz-Bereich aufnimmt. Werden diese sehr hohen Frequenzen aufgenommen, treten sie als Scheinfrequenzen im FFT-Spektrum auf und verfälschen somit die Analyse.

Was müssen also Messfrontends leisten können, um den Effekt von Aliasing zu minimieren? Die Antwort darauf findet sich nicht auf der digitalen, sondern auf der analogen Seite: Die Anwendung / Verwendung eines angemessenen **analogen Tiefpass-Filters**. Wurde das analoge Signal in den digitalen Bereich umgewandelt, lässt sich der **Aliasing-Effekt** von dem „reinen“ Signal nicht mehr unterscheiden. Deshalb lässt sich dieses Problem nur in der analogen Welt lösen.

Ein Tiefpass-Filter (in diesem Kontext auch **Anti-Aliasing-Filter** genannt) kann als einfacher Schaltkreis aus Widerständen und Kondensatoren realisiert werden. Der Schaltkreis stellt sicher, dass die Amplituden der Frequenzen oberhalb der maximalen zu untersuchenden Frequenz (vgl. **Nyquist-Frequenz**) stark gedämpft werden (z. B. um eine Größenordnung von 10^6). Obwohl der **Aliasing-Effekt** noch vorhanden ist, ist sein Einfluss auf das FFT-Spektrum nur minimal.

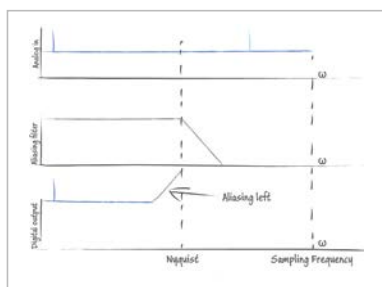


Abbildung 1:
Anti-Aliasing-Filter



Ein typisches Anti-Aliasing-Filter ist in Abbildung 1 dargestellt. Es weist eine flache, lineare Antwort unterhalb der Nyquist-Frequenz ohne Verstärkung auf. Jenseits der Nyquist-Frequenz setzt das Filter ein und senkt jegliche Frequenzanteile ab. Dabei ist zu beachten, dass es stets einen „Graubereich“ gibt (wenn man sich der Nyquist-Frequenz nähert), bei der das Signal noch nicht vollständig abgeschwächt ist. Das Tiefpass-Filter kann aus physikalischen Gründen keinen direkten Abfall an der Nyquist-Frequenz realisieren. Die PAK-Signaturanalyse verwendet daher einen Frequenzfaktor, der kleiner ist als der vom Abtasttheorem geforderte (z. B. 1/2 der Abtastfrequenz). Dieser Sicherheitsfaktor von 2,56 wird angewendet, um sicherzustellen, dass die Hardware die Spezifikationen über die gesamte Bandbreite erfüllt.

In der Vergangenheit wurden Tiefpass-Filter hoher Ordnungen, bestehend aus vielen elektronischen Bauteilen, entwickelt, um einen möglichst steilen Abfall an der Nyquist-Frequenz zu erreichen. Dies führte dazu, dass diese Filter extrem teuer, groß und temperaturempfindlich wurden. Anwender mussten häufig warten, bis sich Ihr Datenerfassungssystem wieder auf Betriebstemperatur abgekühlt hat, um es wieder einsetzen zu können.

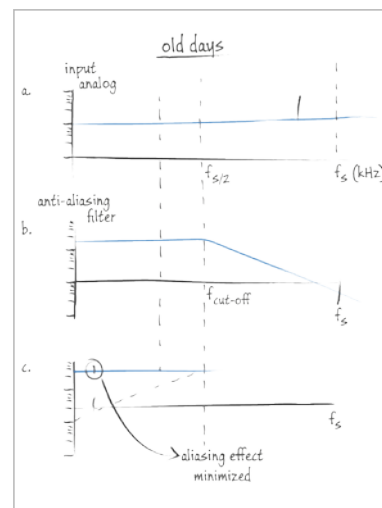


Abbildung 2a:
Filtercharakteristik der Vergangenheit

Abbildung 2a zeigt die Charakteristik eines Filters, wie es in der Vergangenheit oft benutzt wurde. Das Filter schaltet sich ungefähr nach der halben Abtastfrequenz ein. Aliasing-Effekte, die durch Frequenzanteile nahe an der Abtastrate verursacht werden, sind allerdings nur zu einem bestimmten Grad minimiert.

Multi-Abtaststraten-Methoden

Heutzutage werden diese Probleme umgangen, indem sogenannte **Multi-Abtaststraten-Methoden** eingesetzt werden. Anstatt des Abtastens mit „ein wenig mehr“ als dem doppelten Frequenzbereich (in einer Größenordnung von kHz), wird das analoge Signal wesentlich höher abgetastet (in einer Größenordnung von MHz oder GHz).

Infolgedessen werden nur Frequenzanteile nahe an der hohen Abtastrate in den interessierenden Frequenzbereich „gespiegelt“. Dies erlaubt es, Tiefpass-Filter mit nicht so steil abfallendem Verlauf (Filter niedriger Ordnung) einzusetzen. Es benötigt weniger elektronische Bauteile und erlaubt daher eine weit einfachere Verschaltung. Dieses Prinzip ist in Abbildung 2b veranschaulicht. Ein einfaches Filter reduziert den gespiegelten Anteil des Signals.

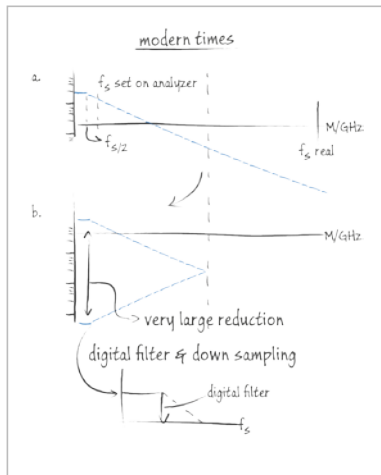


Abbildung 2b:
Abtastratenreduzierung

In Folge wird ein Signal mit einer hohen Abtastrate aufgezeichnet, von dem aber nur ein kleiner Frequenzbereich von Interesse ist. Daher muss eine Abtastratenreduzierung (**Downsampling**) im kHz-Bereich durchgeführt werden.

Das Downsampling besteht aus zwei Schritten:

1. Tiefpass-Filterung
2. Reduzierung der Abtastpunkte

Letzteres beinhaltet einfach nur das Überspringen eines großen Teiles der Abtastpunkte. Um Signalanteile im Mega- oder Gigahertz-Bereich aus dem reduzierten Datenstrom zu eliminieren, wird eine Tiefpass-Filterung im ersten Schritt durchgeführt. Genau wie das analoge Signal vor der Abtastung gefiltert werden muss, um Alias-Effekte zu vermeiden, muss das digitale Signal vor der Abtastratenreduzierung gefiltert werden.

Downsampling lässt sich so verstehen, dass jedes Zeit-Sample eine De-facto-Summe aller beitragenden Frequenzanteile ist. Werden Abtastpunkte lediglich verworfen (z. B. eine einfache Dezimierung), würden hohe Frequenzanteile nicht verworfen werden und könnten weiterhin zu Alias-Effekten im abtastrategewandelten Signal führen. Der digitale Tiefpass-Filter, welcher vor der Abtastratenreduzierung eingesetzt wird, kann wesentlich besser implementiert werden als sein Pendant im analogen Bereich. Die Genauigkeit hängt von der Prozessor-Genauigkeit ab, was auch als ‚**Floating Point Accuracy**‘ bezeichnet wird. Temperatureinflüsse spielen hier keine Rolle und machen den Einsatz der **Multi-Abtastraten-Methode** wesentlich günstiger als die analogen Lösungen der Vergangenheit.

Zusammenfassung

Um Aliasing zu vermeiden, werden verschiedene Anti-Aliasing-Methoden angewendet. In der Vergangenheit hat man sich dabei auf reine Tiefpass-Filter verlassen, welche einen möglichst steilen Abfall an der Nyquist-Frequenz aufweisen mussten. Da diese Filter sehr teuer und anfällig sind, wird heutzutage ein anderes Verfahren angewendet, welches auf einer einfacheren Tiefpass-Filterung im analogen **und** digitalen Bereich beruht:

- Analoge Tiefpass-Filterung zur Minimierung des Aliasing im analogen Signal
- Überabtastrung im MHz- oder GHz-Bereich
- Digitale Tiefpass-Filterung
- Downsampling zurück in den Ursprungsfrequenzbereich

Dieses Verfahren bietet einige Vorteile im Vergleich zur herkömmlichen Überabtastrung

- Aufwändige Tiefpass-Filter mit steiler Flanke nicht notwendig
- Einfaches Downsampling durch vorherige digitale Tiefpassfilterung möglich
- Akkurate Ergebnisse

Die PAK-Software bietet umfangreiche Möglichkeiten der Datenakquise und -analyse insbesondere bei Akustik-, Schwingungs-, Struktur- oder Rotationsanalysen. PAK liefert für alle Anwendungen ein flexibles, effizientes und kompaktes Werkzeug und ist erfolgreich im Einsatz bei hochstandardisierten, genormten Aufgaben, der Qualitätsprüfung oder dem Troubleshooting.

Einen vertiefenden Einblick in die Signalanalyse und weitere Themen rund um die Analysewerkzeuge von Müller-BBM VibroAkustik Systeme erhalten Sie im Rahmen eines von uns angebotenen Praxistrainings. Weitere Informationen finden Sie unter <http://www.muellerbbm-vas.de/service/training/>.

Müller-BBM VibroAkustik Systeme ist einer der führenden Anbieter für vibroakustische Messtechnik. Wir sind Know-how-Träger für die Interpretation dynamischer oder physikalischer Daten, insbesondere in den Bereichen NVH, Festigkeit und Komfort. Im Fokus unserer Systemkompetenz stehen innovative Lösungen, die sich nahtlos in gegebene Systemumfelder integrieren.

Kontaktdaten

Müller-BBM VibroAkustik Systeme GmbH
 Robert-Koch-Straße 13, 82152 Planegg
 Tel. +49-89-85602-400
 Fax +49-89-85602-444
 E-Mail: sales@MuellerBBM-vas.de
 www.MuellerBBM-vas.de | www.MuellerBBM-vas.com