

TECH NOTE :: QuantumX und Mehrkomponenten-Aufnehmer

Version: 2016-07-29

Author: Christof Salcher, Product Manager Test & Measurement, HBM Germany

Status: **public**

Kurzform

Viele Anwendungen im Maschinenbau, Luftfahrt (z.B. Windkanal), Automobil (z.B. Reifenprüfstände) oder Energie setzen Mehrkomponenten-Aufnehmer auf Basis von Dehnungsmessstreifen für die messtechnische Erfassung von Kräften und Momente in den gewünschten Freiheitsgraden ein. Hauptsächlich sind hier 3-, 5- und 6-Komponenten-Aufnehmer gefordert.

HBM baut und vertreibt kunden-spezifische Aufnehmer und kann zudem die komplette Messkette mit Messverstärker wie z.B. dem QuantumX-Modul MX430B und Software anbieten.



Aufnehmer mit bis zu 4 Freiheitsgraden können direkt an MX430B angeschlossen werden. Die Berechnung der Kompensationsmatrix in Echtzeit läuft direkt auf dem Modul. Die dynamischen Signale können direkt über direkte Spannungsausgänge ausgegeben oder eben auf den Systembus mit Ausgabe auf CAN bus (MX471B) oder EtherCAT (CX27B) gelegt werden.

Beim Anschluss von Aufnehmern mit bis zu 6 Freiheitsgraden können Module wie MX430B und MX238B herangezogen werden. Die Berechnung der Kompensationsmatrix in Echtzeit und die Ausgabe über direkte Spannungsausgänge geschieht dann in separaten Ausgabemodulen wie MX878B oder MX879B.

QuantumX im Internet: [LINK](#)

Diese Tech Note beschreibt in aller Kürze die Kompensationsberechnung.

Mehrkomponenten-Aufnehmer und Kompensationsmatrix

Es liegt in der Natur der Sache, dass DMS nicht 100% exakt in der jeweiligen Wirkrichtung appliziert werden können. Daher ist die Kompensation von Querabhängigkeiten (Englisch: cross-talk) und damit der Einfluss parasitärer Effekte auf die jeweilige Messgröße hilfreich, um genaue Resultate zu erzielen. Die Kompensation dieses sogenannten Übersprechens kann in **Echtzeit** mit der HBM Messtechnik QuantumX oder **online** in der Software catmanEasy erfolgen.

Die einzelnen Freiheitsgrade der Mehrkomponenten-Aufnehmer werden in einer entsprechenden Kalibriereinrichtung mit hoch-präzisen Messverstärkern entsprechend kalibriert. Hierbei werden auch die Querabhängigkeiten ermittelt. Die dabei entstehende Kompensationsmatrix dient der mathematischen Kompensation dieser Querabhängigkeiten auf die eigentliche Messgröße, sprich sie kompensiert das sogenannte Übersprechen der anderen Freiheitsgrade, z.B. Y auf X-Achse usw. Wird der gemessene Wert mit dieser Matrix verrechnet, ergeben sich "**saubere**" kompensierte Kraft oder Drehmomentwerte in X, Y, oder Z-Richtung.

Zur mathematischen Kompensation werden wiederum die einzeln gemessenen Größen mit den entsprechenden Koeffizienten der Kompensationsmatrix multipliziert.

Die Kompensationsmatrix – Beispiel 5 x 5:

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ M_x \\ M_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} & K_{14} & K_{15} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} & K_{24} & K_{25} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} & K_{34} & K_{35} \\ K_{41} & K_{42} & K_{43} & K_{44} & K_{45} \\ K_{51} & K_{52} & K_{53} & K_{54} & K_{55} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_{FX} \\ U_{FY} \\ U_{FZ} \\ U_{MX} \\ U_{MY} \end{pmatrix}$$



Die einzelnen Formel stellen sich wie folgt dar:

$$\begin{aligned}
 F_x &= K_{11} \cdot U_{fx} + K_{12} \cdot U_{fy} + K_{13} \cdot U_{fz} + K_{14} \cdot U_{mx} + K_{15} \cdot U_{my} \\
 F_y &= K_{21} \cdot U_{fx} + K_{22} \cdot U_{fy} + K_{23} \cdot U_{fz} + K_{24} \cdot U_{mx} + K_{25} \cdot U_{my} \\
 F_z &= K_{31} \cdot U_{fx} + K_{32} \cdot U_{fy} + K_{33} \cdot U_{fz} + K_{34} \cdot U_{mx} + K_{35} \cdot U_{my} \\
 M_x &= K_{41} \cdot U_{fx} + K_{42} \cdot U_{fy} + K_{43} \cdot U_{fz} + K_{44} \cdot U_{mx} + K_{45} \cdot U_{my} \\
 M_y &= K_{51} \cdot U_{fx} + K_{52} \cdot U_{fy} + K_{53} \cdot U_{fz} + K_{54} \cdot U_{mx} + K_{55} \cdot U_{my}
 \end{aligned}$$

Alle Mehrkomponenten-Aufnehmer von HBM werden mit dieser Kompensationsmatrix im Microsoft Excel-Format ausgeliefert:

Koeffizienten-Kompensationsmatrix-Protokoll
matrix coefficient certificate

Typ	: MPZ1206012	Meßgröße	Meßbereich
<i>type</i>		<i>measurant</i>	<i>measuring range</i>
Auftrag	: 811010416	Fx	60 kNm
<i>job</i>		Fy	250 kN
		Fz	100 kN

Ident.Nr.	17124xxxx	Datum:	04.04.2013	<input type="button" value="Speichern"/>
<i>ident.no.</i>		<i>date</i>		

Matrix Kompensation Übersprechen
Matrix compensation cross talk

		UMx	Ufy	Ufz
Fx	[kNm]	63,2010	5,5875	2,7406
Fy	[kN]	-3,8680	554,8543	1,9671
Fz	[kN]	-3,5274	5,6568	96,4837

Matrix Kompensation Übersprechen (für MX878)
Matrix compensation cross talk (MX878)

		UMx	Ufy	Ufz
Mx	[V]	0,1663	0,0017	0,0047
Fy	[V]	-0,0024	0,0400	0,0008
Fz	[V]	-0,0056	0,0010	0,0999

* Das Ausgangssignal am MX878 ist bei der jeweiligen Nennlast 10V

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} U_{fx} \\ U_{fy} \\ U_{fz} \end{pmatrix}$$

Prüfer	Dummy	Anlage/Meßgerät	: Mobile 3in1	ML30B
<i>examiner</i>		<i>installation / amplifier</i>	Customer	

Bemerkungen:
remarks

Allgemeine Zusatzinformationen:
Alle weiteren metrologischen Eigenschaften der Aufnahme sind durch Typprüfungen und laufende Produktaudit der Qualitätszone abgedeckt.
All other metrological characteristics of the transducer are verified by type testing.

HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK
Postfach: 100 151
D-64201 Darmstadt

0
DIN ISO 9001 certified by DQS
DATech akkreditiertes EMV-Prüflaboratorium

Kompensationsmatrix (Kunde) Tabelle1

Bereit Mittelwert: 0,0340 Anzahl: 9 Summe: 0,3064 85 %

QuantumX – Matrixberechnung in Echtzeit

Das Messverstärkersystem QuantumX stellt entsprechende DMS-Brückenkanäle zur Erfassung der einzelnen Messgrößen und Freiheitsgrade zur Verfügung. Als mögliche Messverstärker wären hier z.B. die Typen MX430B, MX238B, MX840B oder auch MX1615B genannt.

Bei Verwendung von MX430B und einem 3- oder 4-Komponentenaufnehmer können die Messgrößen in Echtzeit erfasst, berechnet und direkt über das Modul kompensiert ausgegeben werden.

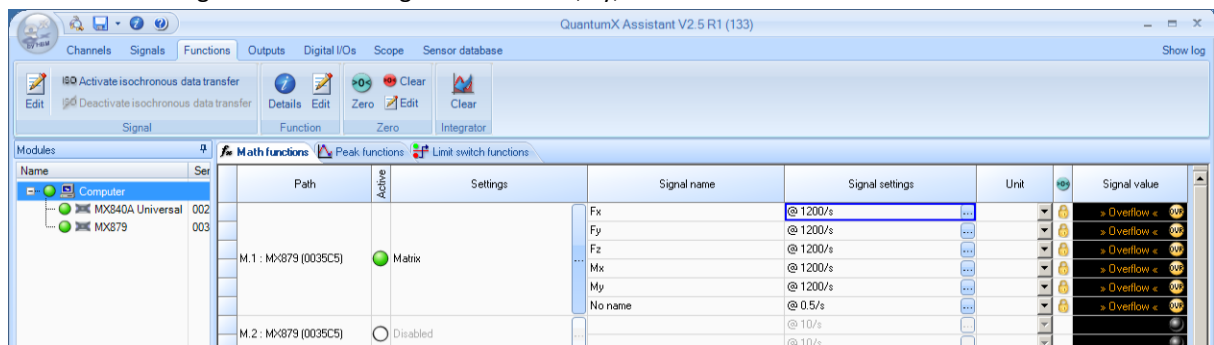
Bei Verwendung von 5- und 6-Komponentenaufnehmern können Module wie MX430B oder MX238B verwendet werden und die Messsignale in Echtzeit über den Systembus an ein entsprechendes Modul mit Echtzeit-Funktionsberechnung und Analogausgängen weitergeleitet werden, z.B. MX878 oder MX879. MX879 bietet hier neben der Echtzeitmathematik und den 8 Analogausgängen auch noch 32 digitale Ein- oder Ausgänge.

Die Verrechnung und Ausgabe in Echtzeit hat den Vorteil, dass die Vorgänge Messung, Weiterleitung und Regelung deterministisch abgebildet werden können. Dadurch dass kein PC „dazwischen“ ist, können sehr kurze Latenzzeiten von ca. 1 ms eingehalten werden. Die kompensierten Ausgangssignale können wiederum auf einen Standardregler mit Analogeingang geführt werden, damit die Prüfanlage auf die gemessene Größe Drehmoment oder Kraft in Echtzeit geregelt werden kann. Die kompensierten Signale können auch auf die Feldbusse CAN (MX471B) oder EtherCAT (CX27B) ausgegeben werden.

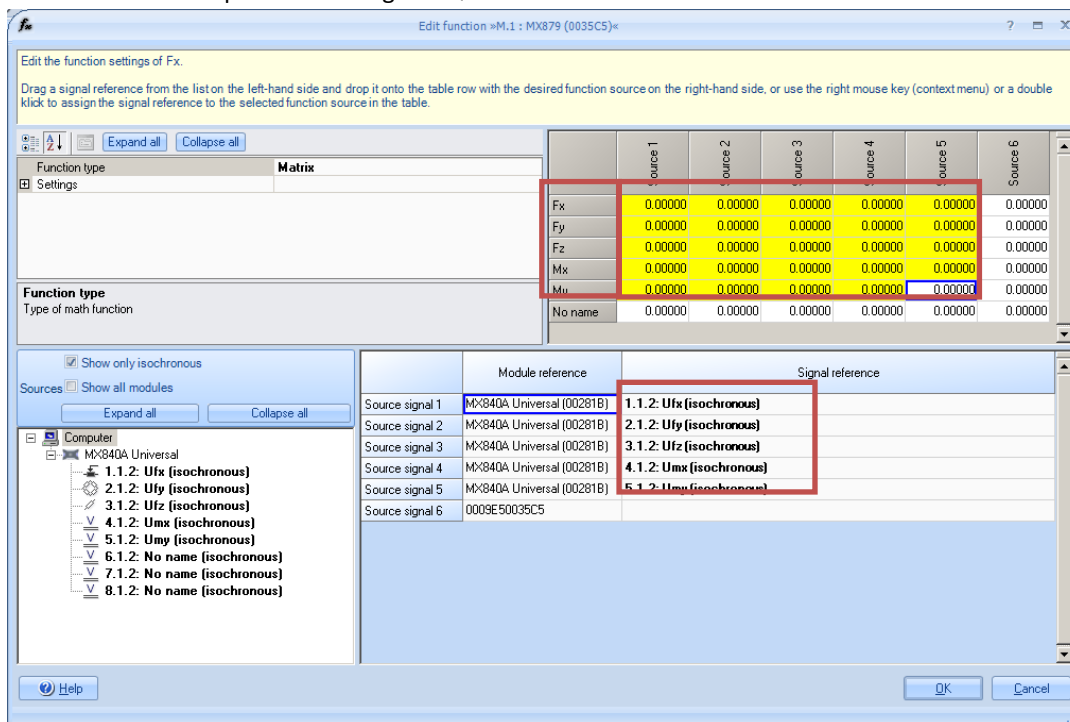
Natürlich können die Rohsignale sowie die kompensierten Kraft- und Drehmomentsignale parallel in der PC-Software catmanEasy ganz individuell analysiert und visualisiert werden.

Parametrierung der Echtzeitfunktion mit der kostenlosen Software MX Assistent

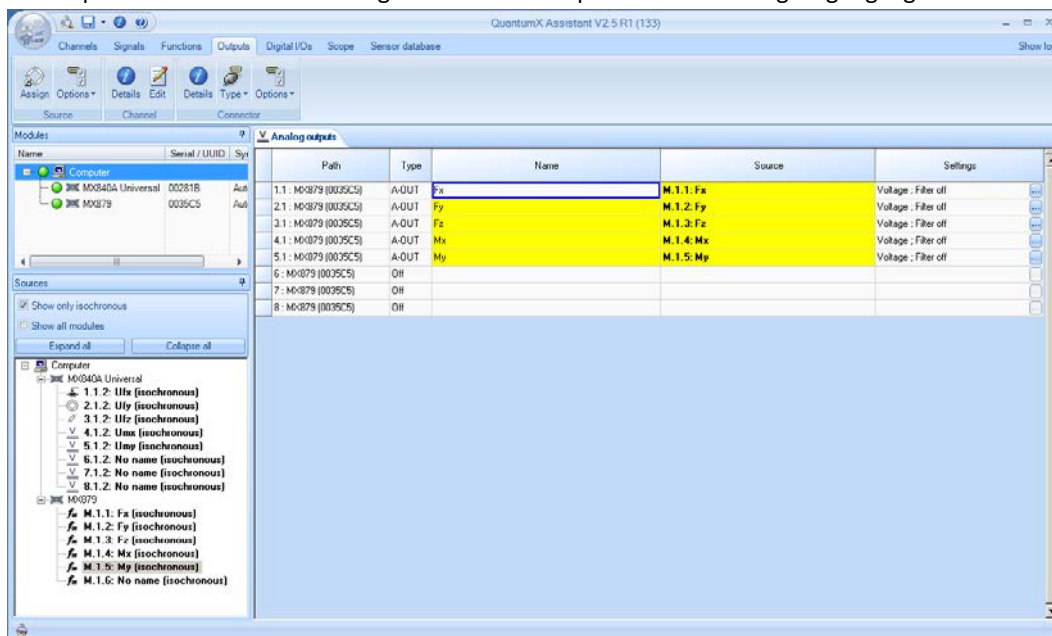
1. Channels Tab: parametrieren Sie alle Eingangskanäle
2. Signals Tab: Jeder QuantumX-Kanal erzeugt zwei Signale – machen Sie die 2. Signalebene sichtbar. Schalten Sie das zweite Signal aller relevanten Messeingänge auf „isochronen Betrieb“, damit diese Signale in Echtzeit auf dem Systembus zur Verfügung stehen.
3. Functions Tab: Wählen Sie die Funktion „MATRIX“. Vergeben Sie entsprechende Signalnamen für die aus der Matrixberechnung resultierenden Signale wie z.B. Fx, Fy, ...



4. Falls Sie die Kompensationsmatrix im Microsoft Excel-Format vorliegen haben, kopieren Sie den relevanten Teil daraus in die Matrixparametrierung des QuantumX Assistenten.



5. Tab Outputs: Die Resultate der Matrixberechnung können Sie nun auf die entsprechenden Analogkanäle legen.
 - a. Aktivieren Sie dazu den isochronen Datentransfer im Tab Functions
 - b. Im Output Tab können Sie diese Signale auf den entsprechenden Analogausgang legen.



Sind Echtzeit und Regelung oder Automatisierung kein Thema, können die parasitären Einflüsse aus den Signalwerten auch einfach in catmanEasy berechnet werden.

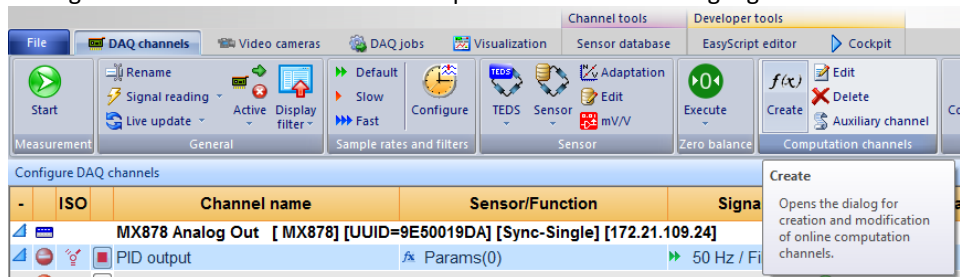
catman – Matrixberechnung auf dem PC

Als Beispiel sei hier die Berechnung der kompensierten Kraft F_x eines 3-Komponenten-Aufnehmers dargestellt:

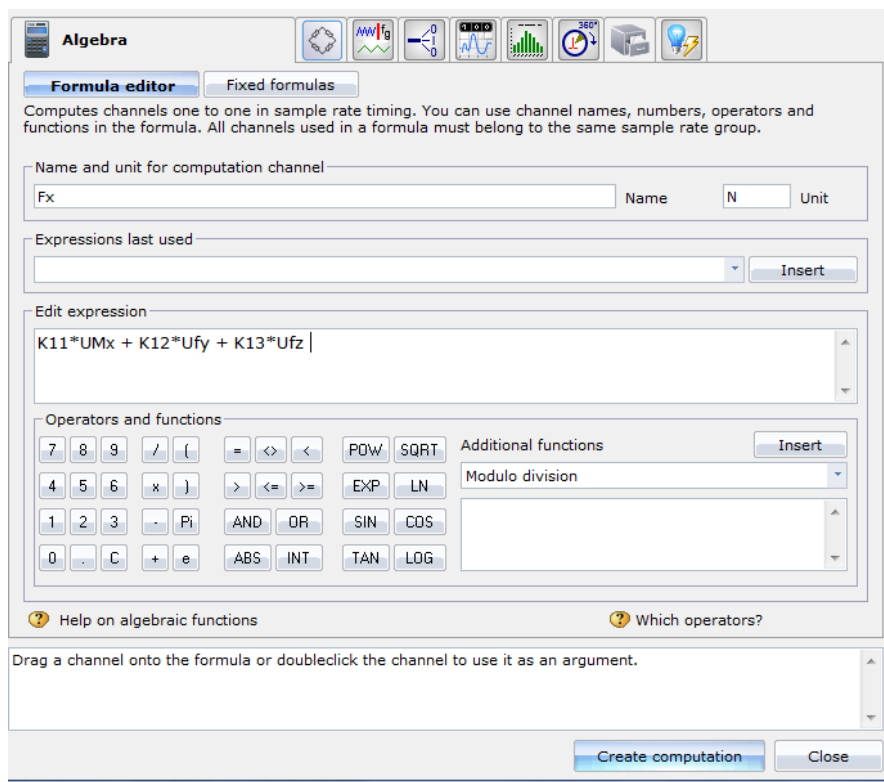
$$F_x = K_{11} * U_{Mx} + K_{12} * U_{fy} + K_{13} * U_{fz}$$

Arbeiten mit catmanEasy

1. Parametrieren Sie alle Kanäle Ihres Messverstärkers
2. Erzeugen Sie im Anschluss daran die entsprechenden Berechnungssignale:



Der Editor erlaubt die Erstellung beliebiger algebraischer Berechnungen:



3. Diese neu entstandenen virtuellen Signale werden auf dem PC online während der laufenden Messung berechnet und können wie ein realer Messkanal entsprechend visualisiert und analysiert werden – und das im Zeit-, Frequenz-, Winkelbereich oder in Bezug auf eine andere Messgröße wie z.B. Weg.

Beide Ansätze können auch parallel verfolgt werden.

--end

Legal Disclaimer: TECH NOTEs are designed to provide a quick overview. TECH NOTEs are continuously improved and so change frequently. HBM assumes no liability for the correctness and/or completeness of the descriptions. We reserve the right to make changes to the features and/or the descriptions at any time without prior notice.