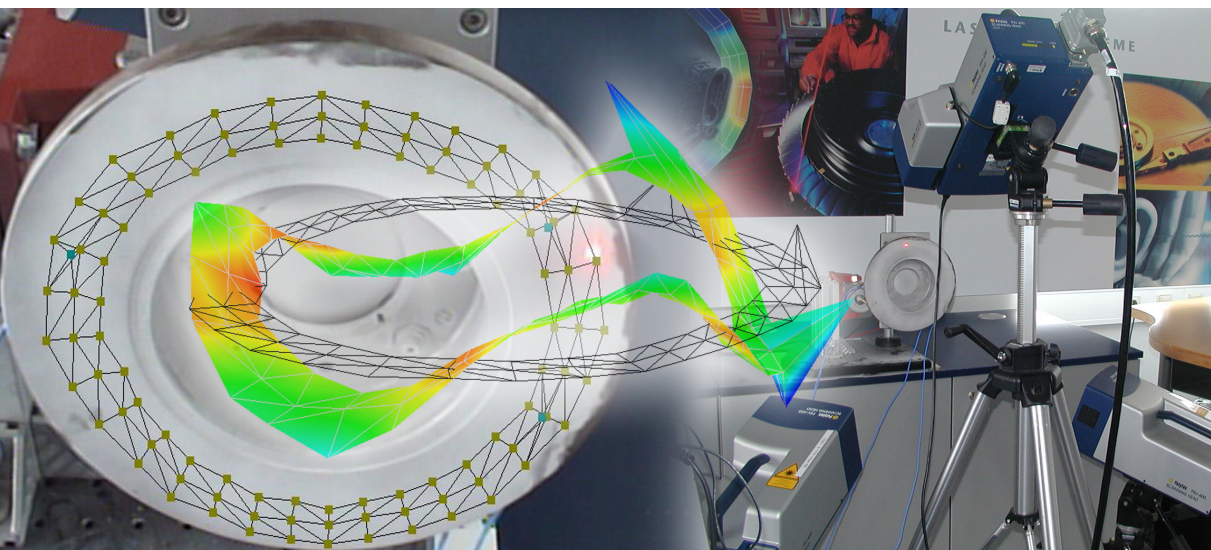


Einbinden externer Sensoren in Scanning Vibrometer-Messungen



Anwendungsgebiete

- A Luft- und Raumfahrt
- B Audio & Akustik
- C Automobilentwicklung
- D Datenspeicher
- G Vibrometrie Allgemein
- M Mikrostrukturen/-systeme
- P Fertigungsprüfung
- S Wissenschaft & Medizin
- T Strukturuntersuchungen
- U Ultraschalltechnik

Mit Beschleunigungsaufnehmern gewonnene Schwingungsmessdaten können Scanning Vibrometer-Messdaten ergänzen, beispielsweise für den Fall, dass eine Messstelle optisch nicht zugänglich ist. Ein solcher Messpunkt kann im Innern des Messobjekts liegen, oder das Scanning Vibrometer lässt sich aus räumlichen Gründen nicht in eine geeignete Position bringen, um bestimmte Punkte zu erreichen. Diese Einschränkung lässt sich umgehen, indem Messdaten von Beschleunigungsaufnehmern in die Scanning Vibrometer-Daten eingebunden und gemeinsam ausgewertet werden. Das Einbinden von externen Daten ist sowohl für 1D-Messungen als auch für 3D-Messungen möglich.

Bedingungen

Die Einbindung wie hier beschrieben erfordert die Version 8.5 der PSV Software, da neue Funktionen im Signalprozessor wie beispielsweise Re-Index benötigt werden. Die 1D- oder 3D-PSV-Schwingungsmessdaten müssen mitsamt der Geometrie vorliegen, d.h. die Geometrie wird entweder importiert (zum Beispiel aus einem FE-Modell) oder sie wird mit der PSV Software definiert und vermessen. Dazu werden die Softwareoption PSV-S-ImpGeo (Datenimport) bzw. die PSV-A-420 Geometrieeinheit benötigt. Beim 1D-PSV muss der Messkopf parallel zu einer Achse des Koordinatensystems ausgerichtet sein.

Für die Beschleunigungsaufnehmer (1D oder 3D) gilt: Die Koordinaten der Messpunkte müssen bekannt sein und in selbem Koordinatensystem vorliegen wie die Geometrie in den PSV-Daten. Die Achsen der Aufnehmer müssen parallel zu den Achsen des Koordinatensystems ausgerichtet werden. Wenn dies nicht möglich ist, müssen die Werte von dem lokalen in das globale Koordinatensystem umgerechnet werden, beispielsweise mit dem Signalprozessor. Dazu muss die Transformationsvorschrift zwischen den Koordinatensystemen bekannt sein.

Polytec GmbH
 Optische Messsysteme
 Applikationsnote
 VIB-G-06
 Februar 2009

Arbeitsschritte

1. Vorbereitung

Die Geometrie des Objekts wird entweder definiert oder importiert. Die Koordinaten der Beschleunigungsaufnehmer werden in der selben Geometrie definiert. Zusätzlich wird der Status der Messpunkte angepasst: die den Beschleunigungsaufnehmern entsprechenden Punkte werden gesperrt.

2. Datenerfassung

Mit dem Scanning Vibrometer wird die Messung wie üblich durchgeführt. Der Geometriepunkt des Aufnehmers wird mit erfasst. Die Signale eines bzw. zweier Aufnehmer können ebenfalls mit erfasst werden, falls am PSV freie Kanäle zur Verfügung stehen. Im anderen Fall werden die Messungen mit den Beschleunigungsaufnehmern nachträglich, jedoch mit den gleichen Einstellungen durchgeführt: dieselbe Bandbreite, dieselbe Anzahl FFT-Linien und dasselbe Mittelungsverfahren. Zur gemeinsamen Auswertung und Animation von Vibrometer- und Sensordaten muss die Phasenbeziehung zwischen den Messpunkten verfügbar sein, die mithilfe eines mitgemessenen Referenzsignals berechnet werden kann.

Die Signale der Aufnehmer können grundsätzlich auch mit einer Fremdsoftware erfasst werden, wenn die selben Parameter wie in der PSV Software verwendet werden (mehr dazu im letzten Abschnitt des Dokuments). Hier werden üblicherweise FRF-Signale (Frequenzgang) kombiniert.

3. Kombination der Messwerte

Die Messdaten des Scanning Vibrometers und aller Aufnehmer werden zu einem gemeinsamen Datensatz (UDDF) kombiniert und können dann ausgewertet und animiert werden.

Beispiel: Einbindung von externen, mit der PSV Software erfassten Messdaten

1. Vorbereitung

Voraussetzung für die Messung ist ein gültiger 2D- und 3D-Abgleich. Im vorliegenden Beispiel wurde eine Bremscheibe mit dem PSV-400-3D gemessen (Bild 1). Die Anregung erfolgte mit einem Shaker (Bild 2).

An der Anregungsstelle war ein Kraftaufnehmer angebracht. Zusätzlich wurden auf die Rückseite der Bremscheibe drei Beschleunigungsaufnehmer aufgeklebt.

Zunächst wird die Geometrie für die Scanpunkte im Standard- und Punktmodus definiert (oder importiert). Danach wird ein Geometrie-Scan durchgeführt.

Für jeden Sensor wird nun ein zusätzlicher Messpunkt definiert. Falls noch nicht geschehen, muss dazu unter Messpunkt definieren in den Punktmodus gewechselt werden. Im vorliegenden Beispiel wurden drei Beschleunigungsaufnehmer, ein uniaxialer und zwei triaxiale, verwendet und auf der Rückseite der Bremscheibe angebracht. Die drei zusätzlichen Messpunkte wurden zunächst auf der

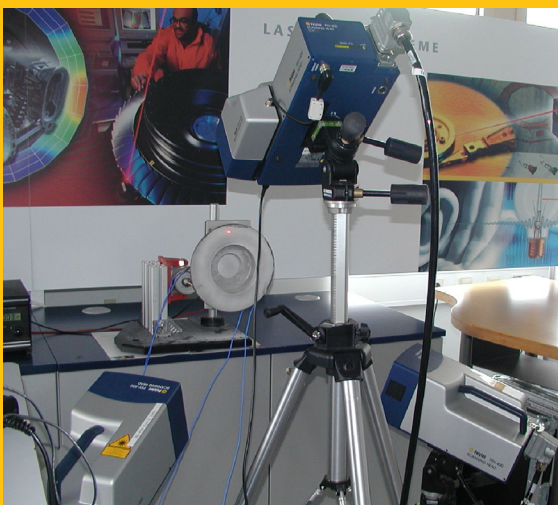


Bild 1: Messobjekt und Aufbau der Messköpfe

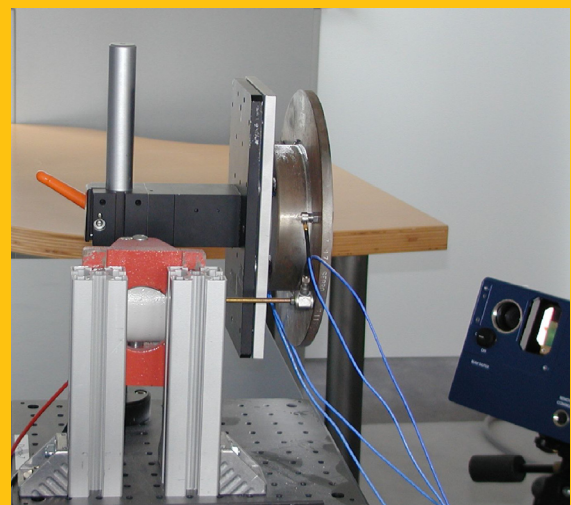


Bild 2: Ansicht des Messobjektes und der Anregungsstelle

Vorderseite definiert, jeweils in der Nähe des zugehörigen Beschleunigungsaufnehmers. Mit Hilfe der Funktion Punkte verbinden werden die zusätzlichen Messpunkte ins Messgitter integriert.

Die Koordinaten dieser Punkte werden mit der Geometrie-Scaneinheit gemessen. Da die Beschleunigungsaufnehmer auf der Rückseite der Scheibe sind, muss noch die Z-Koordinate angepasst werden, die Z-Komponente des verwendeten Koordinatensystems steht senkrecht zur Oberfläche der Bremsscheibe. Vom Z-Wert der Koordinaten wird nun die Dicke der Scheibe, sowie die halbe Dicke der Beschleunigungsaufnehmer abgezogen. Hierzu wird die Funktion 3D-Koordinaten Modifizieren verwendet:

- Messpunkt selektieren und mittels Rechtsklick 3D-Koordinaten Modifizieren auswählen (Bild 4)
- Im neuen Fenster 3D-Koordinaten Modifizieren die X-, Y- und Z-Koordinaten eingeben (Bild 5)

Die Punkte erhalten dann den Status modifiziert.

Die halbe Dicke des Beschleunigungsaufnehmers wird berücksichtigt, weil der eigentliche Messpunkt nicht auf der Kontaktfläche, sondern im Zentrum des Beschleunigungsaufnehmers liegt. Mit dieser Methode passen man die Ergebnisse besser zusammen.

Falls gewünscht, können auch die Indizes der Messpunkte geändert werden. Im Beispiel bekommt der uniaxiale Beschleunigungsaufnehmer den Index 163 und die zwei triaxialen Sensoren bekommen die Indizes 161 und 162 (Bild 7). Dies wird wie folgt gemacht:

- Messpunkt selektieren und mit dem Rechtsmausklick Indizes Ändern auswählen (Bild 6).
- Im neuen Fenster Indizes Ändern die neuen Indizes eingeben (Bild 7).

Vor der Messung müssen die Messpunkte der Beschleunigungsaufnehmer gesperrt werden. So liegt in der Ergebnisdatei die komplette Geometrie vor, aber für die Geometriepunkte der Beschleunigungsaufnehmer sind noch keine Schwingungsmessdaten vorhanden.

Wie in Bild 8 gezeigt, ist es möglich, die 3D-Geometrie mit den Beschleunigungsaufnehmern zu visualisieren. Die den Beschleunigungsaufnehmern entsprechenden Messpunkte sind gesperrt (dieser Status ist in Braun dargestellt), während die anderen, mit dem Scanning-Vibrometer gemessenen Punkte in Blau dargestellt sind.

Die Beschleunigungsaufnehmerpositionen sind für den Scan gesperrt. Im Signalprozessor können die entsprechenden Messdaten diesen Punkten zugeordnet werden. Falls die Positionen der Beschleunigungsaufnehmer nicht in der Vibrometer-Messdatei vorhanden sind, kann nachträglich eine

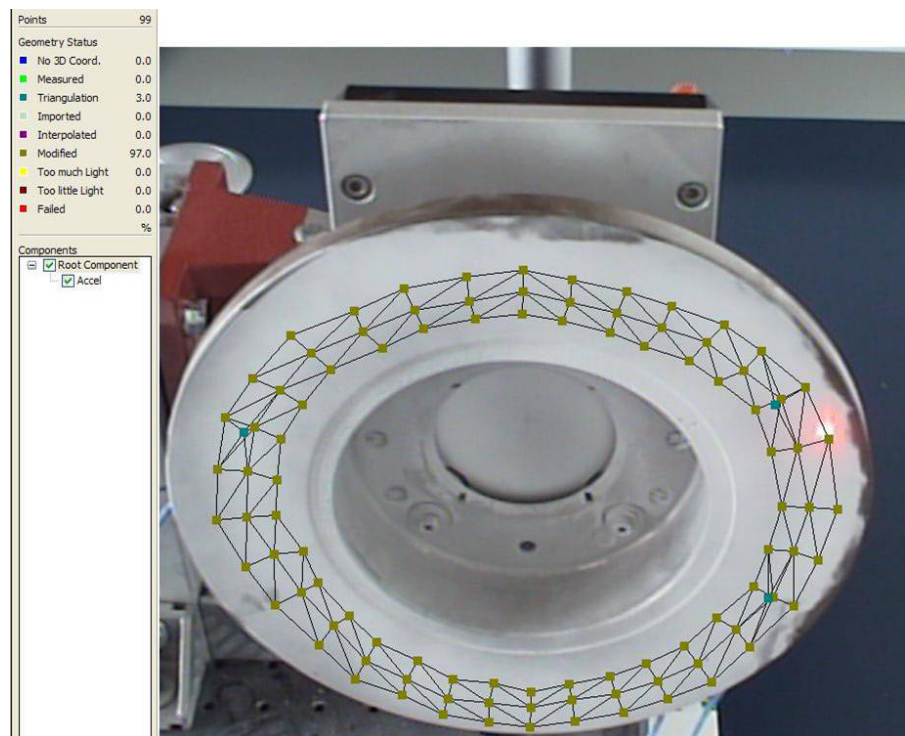


Bild 3 : Geometrie der Bremsscheibe und Dummy-Messpunkte für die drei Beschleunigungsaufnehmer (dunkelgrün)

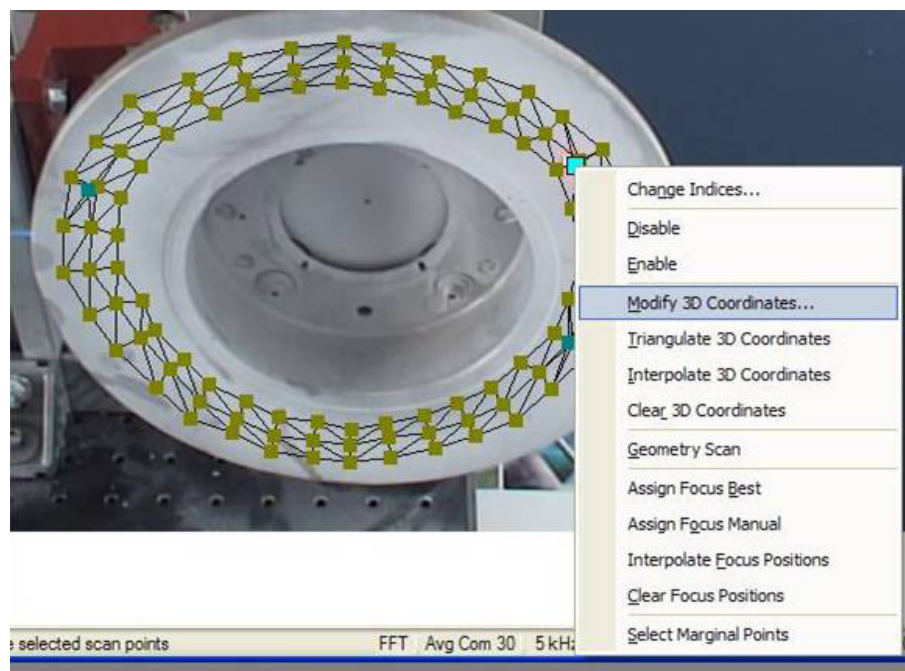


Bild 4: Änderung der 3D-Koordinaten des ausgewählten Sensormesspunkts (Schritt 1)

separate Messdatei mit diesen Positionen erzeugt werden und diese mit der Vibrometer-Messdatei zusammengesetzt werden.

2. Datenerfassung

Zuerst werden die Vibrometer Messdaten aufgenommen. Falls noch freie Referenzkanäle vorhanden sind, können die Signale des Beschleunigungsaufnehmers als Referenzsignale mit erfasst werden. Im vorliegenden Fall stand ein PSV-400-3D Scanning Vibrometer mit 8 Kanälen zur Verfügung. Drei

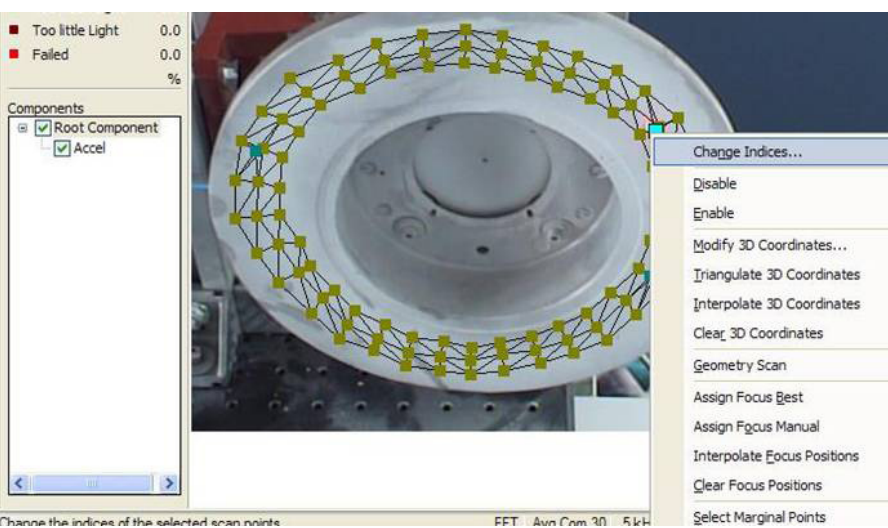


Bild 6: Änderung der Indices des ausgewählten Sensormesspunkts (Schritt 1)

Kanäle (Vib Top, Vib Links & Vib Rechts) sind mit den drei Vibrometersignalen Top, Links und Rechts belegt. Ein Kanal ist mit dem Referenzsignal, in diesem Fall dem Kraftsignal der Anregung, belegt (Ref1).

Es bleiben also vier freie Kanäle zur Verfügung, die wie folgt belegt werden:

- Ref21: Uniaxialer Beschleunigungsaufnehmer, Index 163
- Ref22: Triaxialer Beschleunigungsaufnehmer, Index 161, X-Richtung
- Ref23: Triaxialer Beschleunigungsaufnehmer, Index 161, Y-Richtung
- Ref24: Triaxialer Beschleunigungsaufnehmer, Index 161, +Z-Richtung

Der zweite triaxiale Aufnehmer musste separat in einer zweiten Messung erfasst werden.

In Bild 9 ist die Belegung der Kanäle wiedergegeben. In der Spalte Index kann der Index der Messpunkte, die den Beschleunigungsaufnehmern zugeordnet sind, eingegeben werden.

Für die gesondert gemessenen Aufnehmer (in diesem Fall nur einer) müssen nicht alle

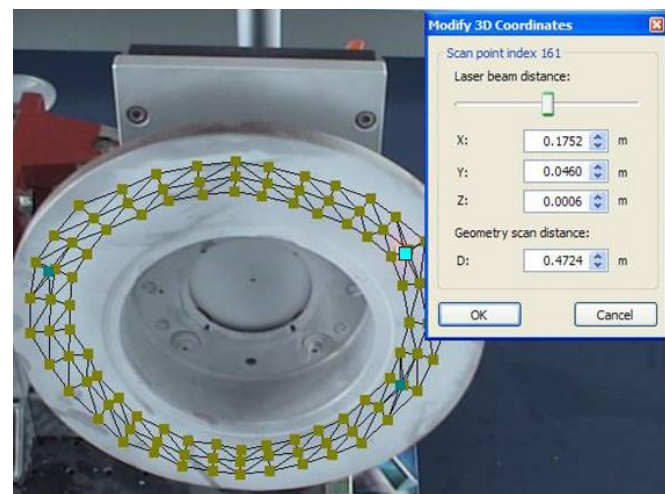


Bild 5: Änderung der 3D-Koordinaten des ausgewählten Sensormesspunkts (Schritt 2)

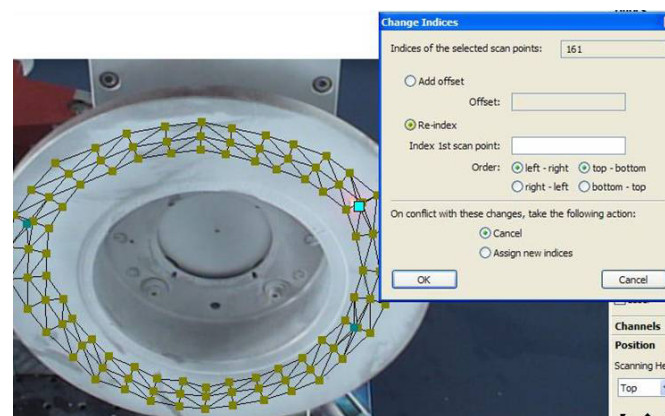


Bild 7: Änderung der Indices des ausgewählten Sensormesspunkts (Schritt 2)

Scanpunkte nochmals gemessen werden. Es gibt zwei Möglichkeiten:

1. Die Messwerte des/der Beschleunigungsaufnehmer(s) werden als Einzelpunktdatei gespeichert (*.pvd-Datei). Um die Daten später besser zuordnen zu können, kann in den Acquisition Settings der Index des Aufnehmers eingegeben werden, wie in Bild 9 für die Scanning-Messung dargestellt.
2. Die Messwerte des/der Beschleunigungsaufnehmer(s) werden als Scanning-Daten gespeichert (*.svd-Datei), wobei nur die entsprechenden Punkt aktiv und alle anderen Punkte gesperrt sind.

Im vorliegenden Beispiel wurde die zweite Möglichkeit gewählt. Die Kanalbelegung bleibt für die Kanäle Ref1, Vib Top, Vib Links, Vib Rechts und Ref 21 unverändert. Für die drei restlichen Kanäle gilt nun folgende Belegung:

Beide Möglichkeiten haben Vor- und Nachteile:

Methode	Vorteile	Nachteile
1	Status der Messpunkte muss nicht geändert werden	Im Signalprozessor (s.u.) muss die Indexnummer der Messpunkte geändert werden
2	Keine Indexänderung im Signalprozessor notwendig	Status der Messpunkte (sperrern/entsperren) muss vor der Messung geändert werden

- Ref22: Triaxialer Beschleunigungsaufnehmer, Index 162, X-Richtung
- Ref23: Triaxialer Beschleunigungsaufnehmer, Index 162, -Y-Richtung
- Ref24: Triaxialer Beschleunigungsaufnehmer, Index 162, +Z-Richtung

In der Geometrie wurde der Punkt mit dem Index 162 entsperrt und alle anderen Punkte wurden gesperrt.

Dieser Schritt muss ggf. wiederholt werden, bis alle Aufnehmer erfasst sind. Dann können die Messwerte der Vibrometers und der Beschleunigungsaufnehmer kombiniert werden. Dies wird im Auswertungsmodus mit Hilfe des Signalprozessors (SigPro) durchgeführt.

3. Kombination der Dateien

Im vorliegenden Beispiel werden die Geschwindigkeitssignale betrachtet. Die Tabelle in Bild 10 zeigt eine Beispielberechnung im Signalprozessor. Zuerst müssen alle Messsignale in den Signalprozessor überführt werden. In Zelle C2 wurden dazu die Spektren aller Scanning-Punkte (Vibrometerdaten) kopiert und in Zelle C6 die Daten des 1D-Beschleunigungsaufnehmers (Z-Richtung). In die Zellen C10 bis C12 und C16 bis C18 wurden die Daten der Triaxial-Aufnehmer kopiert, davon jeweils die X-, Y- und Z-Richtung. Die Beschleunigungsaufnehmer waren so ausgerichtet, dass die -Y Richtung erfasst wurde, was bedeutet, dass die Daten der Y-Koordinate mit -1 multipliziert werden müssen, damit die Phase stimmt.

Für jeden Aufnehmer wurden drei 1D-Datensätze zu einem 3D-Datensatz kombiniert. Dies erfolgt mit der Funktion Make3D unter Auswahl der Zellen mit den entsprechenden Datensätzen, zum Beispiel:
C13 = Make3D (C10, C11, C12).

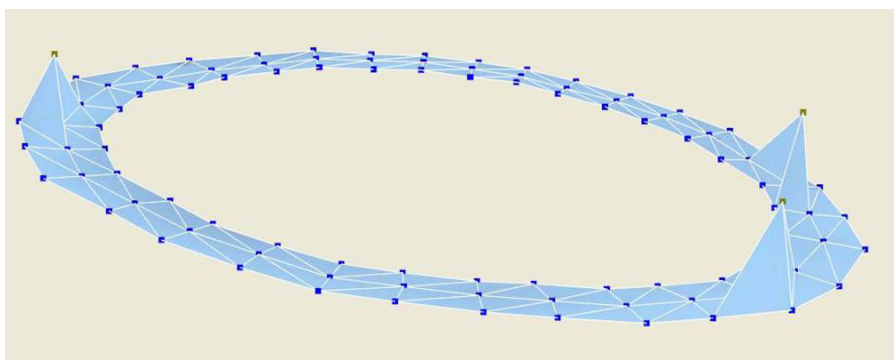


Bild 8: Ansicht der 3D-Geometrie und des Messpunkte-
status vor der Messung

	A	B	C
1	Sensor Typ	Berechnung	Signaltyp: Geschwindigkeit
2	Scanning Datei		=CopyVibData("D:\Bremse_B61_1107_2.svd","FFT","Vib 3D","Geschwindigkeit",1,1)
3			
4	1D Beschleunigungsaufnehmer	originale Daten Index 163: +X	
5		originale Daten Index 163: +Y	
6		originale Daten Index 163: +Z	=Point(CopyVibData("D:\Bremse_B61_1107_2.svd","FFT","Ref21","Geschwindigkeit",1,0),(123))
7		Wandelt Unix in Triax	=Make3D(...,C6)
8		Index auf 163 setzen	=ReIndex(C7,123,163)
9			
10	3D Beschleunigungsaufnehmer	originale Daten Index 161: +X	=Point(CopyVibData("D:\Bremse_B61_1107_2.svd","FFT","Ref22","Geschwindigkeit",1,0),(123))
11		originale Daten Index 161: +Y	=1*Point(CopyVibData("D:\Bremse_B61_1107_2.svd","FFT","Ref23","Geschwindigkeit",1,0),(123))
12		originale Daten Index 161: +Z	=Point(CopyVibData("D:\Bremse_B61_1107_2.svd","FFT","Ref24","Geschwindigkeit",1,0),(123))
13		Wandelt Unix in Triax	=Make3D(C10,C11,C12)
14		Index auf 161 setzen	=ReIndex(C13,123,161)
15			
16	3D Beschleunigungsaufnehmer	originale Daten Index 162: +X	=CopyVibData("D:\B67_1207.svd","FFT","Ref22","Geschwindigkeit",1,0)
17		originale Daten Index 162: +Y	=1*CopyVibData("D:\B67_1207.svd","FFT","Ref23","Geschwindigkeit",1,0)
18		originale Daten Index 162: +Z	=CopyVibData("D:\B67_1207.svd","FFT","Ref24","Geschwindigkeit",1,0)
19		Wandelt Unix in Triax	=Make3D(C16,C17,C18)
20			
21	Gesamte Signale	Kombiniert die Datensätze	=PointUnion(C2,C8,C14,C19,...)
22	Beschreibung Kombinierte Daten		=Scale(C21,...,"FFT / Geschwindigkeit")
23			=statmean(c22)

Bild 10: Berechnung im Signalprozessor

Zuerst müssen alle Messsignale in den Signalprozessor überführt werden. In Zelle C2 wurden dazu die Spektren aller Scanning-Punkte (Vibrometerdaten) kopiert und in Zelle C6 die Daten des 1D-Beschleunigungsaufnehmers (Z-Richtung). In die Zellen C10 bis C12 und C16 bis C18 wurden die Daten der Triaxial-Aufnehmer kopiert, davon jeweils die X-, Y- und Z-Richtung. Die Beschleunigungsaufnehmer waren so ausgerichtet, dass die -Y Richtung erfasst wurde, was bedeutet, dass die Daten der Y-Koordinate mit -1 multipliziert werden müssen, damit die Phase stimmt.

Für jeden Aufnehmer wurden drei 1D-Datensätze zu einem 3D-Datensatz kombiniert. Dies erfolgt mit der Funktion Make 3D unter Auswahl der Zellen mit den entsprechenden Datensätzen, zum Beispiel:
C13 = Make3D (C10, C11, C12).

Die Raumrichtungen sind den Datensätzen wie folgt zugeordnet:

1. Datensatz: X-Richtung
2. Datensatz: Y-Richtung
3. Datensatz: Z-Richtung

Für den 1D-Beschleunigungsaufnehmer werden die fehlenden Signale (X- und Y-Richtung) mit 0 ergänzt und sind entsprechend in der Anweisung Make 3D frei gelassen. Die Kombination von 1D- zu 3D-Datensätzen findet in den Zellen C7, C13 und C19 statt. Im Fall von Messungen mit dem 1D-PSV ist dieser Schritt mit der Funktion Make 3D nicht notwendig.

Die Daten des dritten Beschleunigungsaufnehmers mit dem Index 162 wurden separat erfasst und haben schon den richtigen Index (s. Seite 5: Vorteile der 2. Methode). Die Signale der beiden anderen Aufnehmer wurden während des Vibrometer-Scans erfasst; d.h. für jeden Messpunkt sind die Signale vorhanden. Hier wurden die Signale von dem Punkt 123 kopiert; deshalb muss der Index noch angepasst werden. Dies wird mit der Funktion ReIndex bewerkstelligt, in die der ursprüngliche Index und der neue Index eingegeben werden müssen. Der Eintrag =ReIndex(C7, 123, 163) in Zelle C8 bewirkt beispielsweise, dass die Datensätze mit dem Index 123, die sich in Zelle C7 befinden, nun den Index 163 bekommen.

Die Werte müssen aus einem einzelnen Spektrum kopiert werden (in unserem Fall das Spektrum von Punkt 123); es ist nicht möglich das gemittelte Spektrum zu kopieren, weil es keine Phaseninformation enthält.

Nun müssen die Datensätze nur noch mit PointUnion kombiniert werden, dies erfolgt in Zelle C21. Das Ergebnis ist ein Datensatz mit den Punkten bis 159 (Vibrometermessung) sowie 161, 162 und 163 (Beschleunigungsaufnehmer). Für jeden Punkt

sind die Spektren mit den kompletten Informationen, Amplituden, Phasen, Real- und Imaginärteil in X-, Y- und Z-Richtung vorhanden. In Zelle C22 wird die Beschreibung des zusammengesetzten Datensatzes geändert. Die Zelle C22 muss nun mit einem rechten Mausklick kopiert und mit Einfügen in die ursprüngliche Datei eingefügt werden. Ein benutzerdefinierter Kanal (Usr-Kanal) wird automatisch erzeugt, dieser enthält das benutzerdefinierte Signal FFT/Geschwindigkeit.

Die Daten des benutzerdefinierten Signals können wie üblich animiert werden, wobei die Auswahl der Frequenz mit dem Cursor erfolgt. Bild 11 zeigt beispielhaft eine Schwingform der zusammengesetzten Messung. Das gemittelte Spektrum ist in der Datei nicht vorhanden. Falls gewünscht, kann es mit dem Signalprozessor berechnet werden. In der Zelle C23 wird das gemittelte Spektrum mit Hilfe der Funktion Statmean berechnet. Mit Kopieren/Einfügen kann dieses Signal ebenfalls in die Ursprungsdatei integriert werden. Das benutzerdefinierte Signal FFT/Geschwindigkeit enthält nun das gemittelte Spektrum über alle Messpunkte sowie alle Einzelspektren.

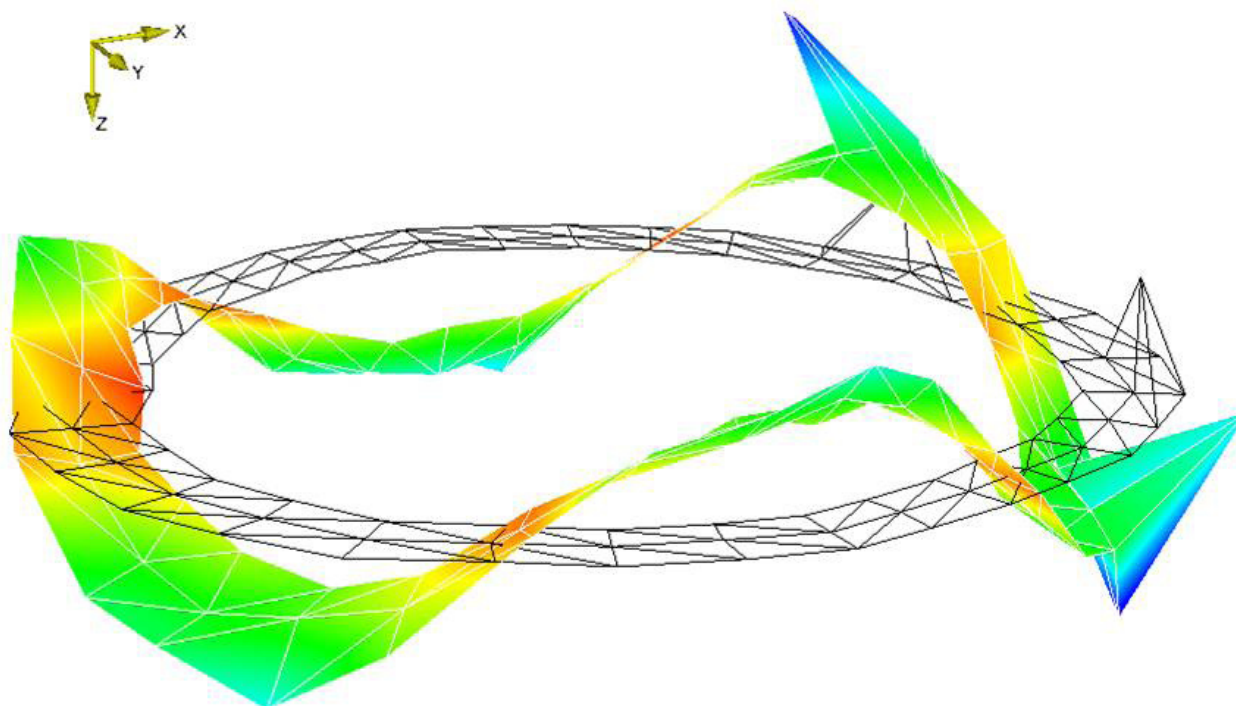


Bild 11: Zusammengesetzte Messung: Schwingform, 1935 kHz

Es besteht die Möglichkeit, mehrere benutzerdefinierte Signale zu bilden. Falls weitere Signale benötigt werden, zum Beispiel Beschleunigung oder FRF, müssen die Schritte mit dem Signalprozessor wie beschrieben erneut durchgeführt werden. Alle benutzerdefinierten Signale können auch als UFF-Signale exportiert und in ME'scope- oder LMS-Software eingelesen werden. Dieser Export kann auch direkt aus dem Signalprozessor erfolgen.

Parameter für die Einbindung von externen, nicht mit der PSV Software erfassten Daten

Es ist auch möglich die Daten von Aufnehmern, die mit einer externen Software (wie zum Beispiel LMS) erfasst sind, mit der Scanningdatei zu kombinieren. Wichtig ist, dass das externe Programm und die PSV-Software mit der selben Frequenzauflösung und der selben Bandbreite arbeiten. Ab Version 8.5 verfügt die PSV Software über zusätzliche Bandbreiten um eine solche Kombination zu erleichtern. Zusätzlich ist es notwendig in beiden Programmen mit der selben Referenz zu arbeiten, deshalb werden üblicherweise FRF-Funktionen kombiniert.

Beispiel: Wahl der Parameter in der LMS- und PSV Software

In der LMS-Software ist die Bandbreite als die Hälfte der Abtastfrequenz definiert. Eine Abtastfrequenz von 10 kHz entspricht daher einer Bandbreite von 5 kHz. Wenn man 1024 Linien auswählt, ergibt sich eine Frequenzauflösung von $5000/1024 = 4,882$ Hz.

In der PSV Software müssen die Parameter so gewählt werden, dass die gleiche Frequenzauflösung erreicht wird. Die Bandbreite ist hier als die Abtastfrequenz geteilt durch 2,56 definiert. Mit einer Abtastfrequenz von 20 kHz ergibt sich eine Bandbreite von 7,8125 kHz. Mit 1600 Linien erhält man eine Frequenzauflösung von $7812,5/1600 = 4,8828$ Hz.

Damit ist die selbe Frequenzauflösung wie bei LMS erreicht. Um auch die gleiche Bandbreite zu bekommen, muss in A/D-Settings-Fenster zusätzlich die Einstellung Frequenz von/bis genutzt werden. Mit einer Bandbreite von 0 bis 5 kHz erreicht man die selbe Bandbreite wie mit der LMS Software.

Nun kann die Erfassung der Schwingungsmessdaten mit dem PSV und den Beschleunigungsaufnehmern erfolgen. Um die Datei zu kombinieren, müssen zuerst die Beschleunigungsaufnehmerdaten in

das *.svd-File importiert werden. Dies erfolgt über Datei>Importieren, die externen Daten müssen als Universal File vorliegen. Die Signale werden als benutzerdefinierte Signale in die PSV-Datei importiert; dafür wird automatisch ein neuer Kanal „Usr“ erzeugt.

Anschließend können die benutzerdefinierten Signale in den Signalprozessor kopiert werden. Die Kombination mit den Vibrometerdaten erfolgt wie oben beschrieben.

Weitere Informationen zum PSV-400 Scanning Vibrometer und zur PSV Software finden Sie auf unserer Homepage unter **www.polytec.de/psv400**, oder lassen Sie sich durch unsere Applikationsingenieure beraten: **oms@polytec.de**.

Polytec GmbH

Polytec-Platz 1-7
76337 Waldbronn
Tel. + 49 (0) 7243 604-0
Fax + 49 (0) 7243 69944
info@polytec.de

Polytec GmbH

Vertriebs- und
Beratungsbüro Berlin
Schwarzschildstraße 1
12489 Berlin
Tel. + 49 (0) 30 6392-5140
Fax + 49 (0) 30 6392-5141