

Modalanalyse mit ASM 18

Mithilfe der Modalanalyse können Sie die dynamischen Eigenschaften Ihrer Bauteile untersuchen. Aus den ermittelten Eigenfrequenzen und Dämpfungen mit den dazugehörigen Eigenschwingformen des Testobjektes lassen sich dann gezielt Maßnahmen zur Verbesserung seines Schwingverhaltens und damit auch seines akustischen Verhaltens ableiten.

Um eine Modalanalyse durchführen zu können, müssen die dynamischen Übertragungseigenschaften des Testobjektes messtechnisch erfasst werden, d. h. Sie müssen Übertragungsfunktionen bestimmen. Die ArtemiS SUITE bietet Ihnen die Möglichkeit, diese Messungen auf einfache Weise mithilfe eines Impulshammers und eines Beschleunigungssensors zu realisieren.

Nach dem Export der Messergebnisse in das BLK-Format können die vielfältigen Werkzeuge der Analysesoftware ME'scopeVES™ von Vibrant Technology für die animierte Darstellung der Schwingungsformen sowie für weiterführende strukturdynamische Analysen genutzt werden (siehe Abbildung 1).

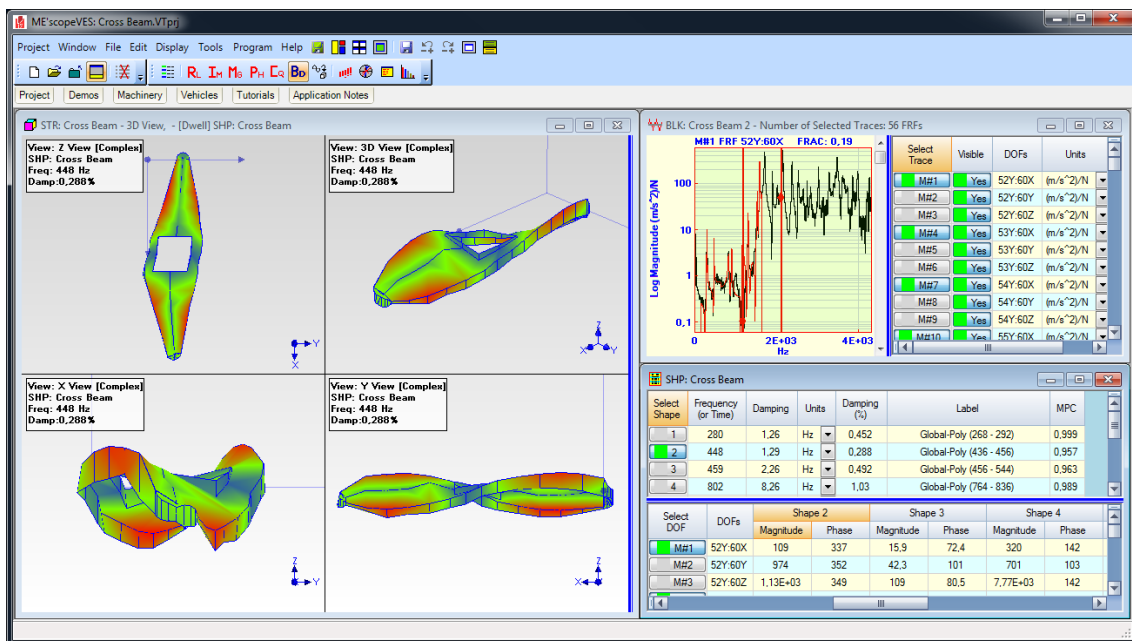


Abbildung 1: Bestimmung der modalen Parameter und Anzeige der animierten Eigenformen in ME'scopeVES™

Voraussetzungen und Einsatzgebiete von ASM 18

Für die schnelle und bequeme Messung der notwendigen Daten steht Ihnen ab der ArtemiS SUITE 5.11 die Funktion *Impulshammer-Messung* zur Verfügung. Diese Funktion ist im *Online Analysis Module* (ASM 18) der ArtemiS SUITE enthalten. Außerdem benötigen Sie ein Frontend sowie Sensoren und einen Impulshammer. Die folgenden Frontends werden durch die *Impulshammer-Messung* der ArtemiS SUITE unterstützt: SQobold, Squadriga, Squadriga II, labCOMPACT12, labCOMPACT24, HEADlab und DATaRec 4.²

Die Funktion wurde speziell für Anwender entwickelt, die sich hauptsächlich mit akustischen Aufgabenstellungen (Sound Quality, Sound Design) beschäftigen, die aber immer wieder mit Fragestellungen zum Übertragungsverhalten von Messobjekten konfrontiert werden. Für Anwender, die

¹ Die Beschreibungen in dieser Application Note beziehen sich auf die ArtemiS SUITE 9.0. Die allgemeine Vorgehensweise ist auch für andere Versionen gültig. Allerdings können sich Änderungen im Funktionsumfang und in der Benutzeroberfläche ergeben.

² Bitte beachten Sie die Fußnoten im Kapitel „Zusammenfassung“ bzgl. möglicher Einschränkungen sowie der nötigen ArtemiS-SUITE-Versionen und -Lizenzen für die verschiedenen Frontends.

bereits über eine ArtemiS-SUITE-Lizenz und z. B. ein SQuadriga II verfügen und die für kleinere Strukturanalyse-Aufgaben kein zusätzliches Mess- und Analysesystem anschaffen wollen, ist dieses Tool besonders geeignet.

Ein Einsatzgebiet findet sich z. B. im Bereich der Automobil-Zulieferer, da diese zunehmend von den Automobilherstellern dazu verpflichtet werden, entsprechende Ausgangsparameter der anzubindenden Struktur eines Aggregates zu gewährleisten. Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass Bauteile im eingebauten Zustand kein ungünstiges Schwingungsverhalten aufweisen.

Darüber hinaus eignet sich die Funktion für alle Anwender, die im akustischen Troubleshooting arbeiten und die ein mobiles sowie einfach zu bedienendes Messsystem benötigen. Diese Anwender können mit den Software- und Hardware-Produkten von HEAD acoustics Voruntersuchungen durchführen, um schnell potenzielle Probleme zu identifizieren. Danach können Strukturanalytiker gezielt mit einer umfangreicheren Untersuchung beauftragt werden. Da diese Voruntersuchungen oft auf der Messstrecke oder in der Produktion durchgeführt werden müssen, bieten hier die mobilen Messsysteme wie SQobold oder SQuadriga II mit ihrer kompakten Bauweise und dem integrierten Akku viele Vorteile.

Mit der klaren Führung durch alle notwendigen Schritte und mit der Möglichkeit, nahezu alle Parameter automatisch bestimmen und überprüfen zu lassen, ermöglicht die Funktion *Impulshammer-Messung* auch dem unerfahrenen Anwender, mit wenig Aufwand und geringer Fehleranfälligkeit eine Strukturanalyse schnell und effizient durchzuführen. Der Fokus der Funktion liegt auf der einfachen und zielgerichteten Bedienung, so dass die Benutzeroberfläche übersichtlich und kompakt gehalten werden konnte.

Überblick über die Funktion

Die Funktion *Impulshammer-Messung* können Sie über **Start** -> **Datenakquise** -> **Impulshammer-Messung** aufrufen (engl. Oberfläche **Start** -> **Data Acquisition** -> **Impact Measurement**). Seit der Version 9.0 der ArtemiS SUITE stehen Ihnen für die Impulshammer-Messung zwei Methoden zur Verfügung: *Roving Hammer* und *Roving Accelerometer*.




Impact Measurement (Roving Hammer)



Impact Measurement (Roving Accelerometer)



Für die *Methode Roving Hammer* definieren Sie zu Beginn einen oder mehrere statische Referenzkanäle und regen die Struktur dann mit dem Impulshammer Punkt für Punkt an. Dieses Vorgehen bietet sich im Rahmen eines Troubleshooting an. Bei der *Methode Roving Accelerometer* haben Sie nur einen festen Anregungspunkt, den Sie z. B. mit einem Automatik-Hammer anregen können. Die Sensoren (Accelerometer) werden nach jeder Messung neu positioniert. Dieses Vorgehen bietet sich an, wenn die Anregung durch einen Impulshammer aufgrund von Platzmangel an mehreren der zu untersuchenden Positionen nicht möglich ist.

Für beide Methoden müssen zur Bestimmung der Übertragungseigenschaften mehrere Schritte für die Konfiguration und die eigentliche Messung durchgeführt werden. Die ArtemiS SUITE führt Sie durch diese Schritte. Ist ein Schritt erfolgreich beendet, kann über einen Klick auf die -Schaltfläche zum nächsten Schritt gewechselt werden. Dieses Konzept hebt sich bewusst vom freien Arbeiten z. B. mit einem Pool-Projekt ab.

Die einzelnen Schritte

Im Folgenden sind die einzelnen Schritte für die *Methode Roving Hammer* kurz beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung z. B. der möglichen Einstellungen im Eigenschaften-Fenster finden Sie im Hilfesystem der ArtemiS SUITE. Außerdem finden Sie im Hilfesystem eine Beschreibung der Schritte für die *Methode Roving Accelerometer*, die sich an einigen Stellen von den hier beschriebenen Schritten unterscheiden.

Sie beginnen im **ersten Schritt** mit der Spezifikation des Projektnamens und des Speicherorts. Wenn Sie bereits mit einer Messung begonnen haben, können Sie hier auch den Namen eines bestehenden Projektes auswählen und die Messung fortsetzen.

Im **zweiten Schritt** können Sie die Anwender-Dokumentation für das Projekt eintragen. Sie können hierfür die vorgeschlagene Standard-Vorlage oder eine eigene Dokumentations-Vorlage verwenden. Falls Sie die Anwender-Dokumentation später eintragen möchten, überspringen Sie diesen Schritt zunächst mit einem Klick auf die -Schaltfläche. Wenn Sie für dieses Projekt überhaupt keine Anwender-Dokumentation benötigen, können Sie die angezeigte Dokumentations-Vorlage mit einem Klick auf die -Schaltfläche entfernen und zum nächsten Schritt wechseln.

Im **dritten Schritt** wählen Sie das für Ihr Messobjekt passende Koordinatensystem (*kartesisch*, *zylindrisch* oder *sphärisch*). Statt der Raumrichtungen (z. B. X, Y, Z) können auch Trivialbezeichnungen (z. B. *links*, *oben*, *hinten*) verwendet werden (siehe Abbildung 2). Dies erleichtert später die Ausrichtung von Sensoren (speziell bei triaxialen Beschleunigungsaufnehmern) und Impulshammer. Außerdem legen Sie in diesem Schritt eine Liste der anzuschlagenden Messpunkte mit den entsprechenden Anregungsrichtungen fest.

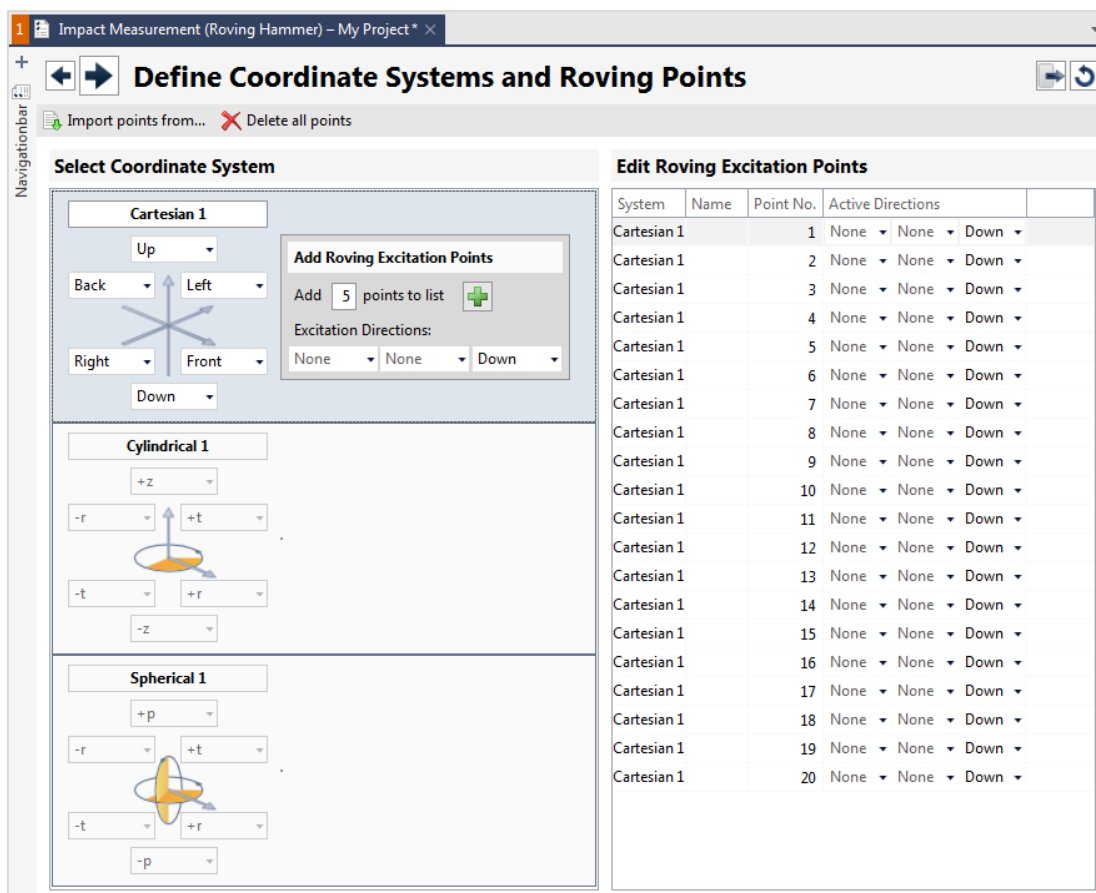



Abbildung 2: Wahl des Koordinatensystems und der Trivalbezeichnungen sowie Definition der Messpunkte

Wenn Sie bereits ein Strukturmodell, z. B. in einem ME'scope-Projekt, erzeugt haben, können Sie dieses über die -Schaltfläche importieren. Dann werden die im Modell definierten Punkte in der Liste angezeigt und die oben beschriebene manuelle Spezifikation der Messpunkte entfällt. Die verschiedenen Dateiformate für den Import und weitere Voraussetzung sind im Hilfesystem der ArtemiS SUITE beschrieben.

Im **vierten Schritt** wählen Sie das Frontend und spezifizieren die Kanäle für Impulshammer und Referenzen. Um den verschiedenen Kanälen Sensoren zuweisen zu können, müssen Sie Ihre Sensoren zuvor in einer Sensorbibliothek definieren. Informationen zum Anlegen und Verwalten von Sensorbibliotheken finden Sie im Hilfesystem der ArtemiS SUITE. Wenn Sie im vorherigen Schritt ein Strukturmodell importiert haben, können Sie sich dieses nun über den Kartenreiter **3D-Modell**

einblenden lassen. Neben dem Modell werden durch die ArtemiS SUITE auch die verbundenen Sensoren visualisiert, um Ihnen deren korrekte Positionierung und Ausrichtung zu erleichtern.

Der **fünfte Schritt** führt Sie auf einfache Art und Weise zu den richtigen Parametern für die Anschlagmessungen, d. h. Abtastrate, Fensterlänge und Fensterfunktion, Pretrigger für den Hammer, Grenzwert für die Triggerung des Hammers sowie die richtigen Messbereiche werden festgelegt. Hierzu führen Sie mehrere Schläge auf einen Messpunkt aus, z. B. den ersten. Farbige Statusanzeigen zeigen an, ob die Parameter korrekt erfasst werden konnten (siehe Abbildung 3).

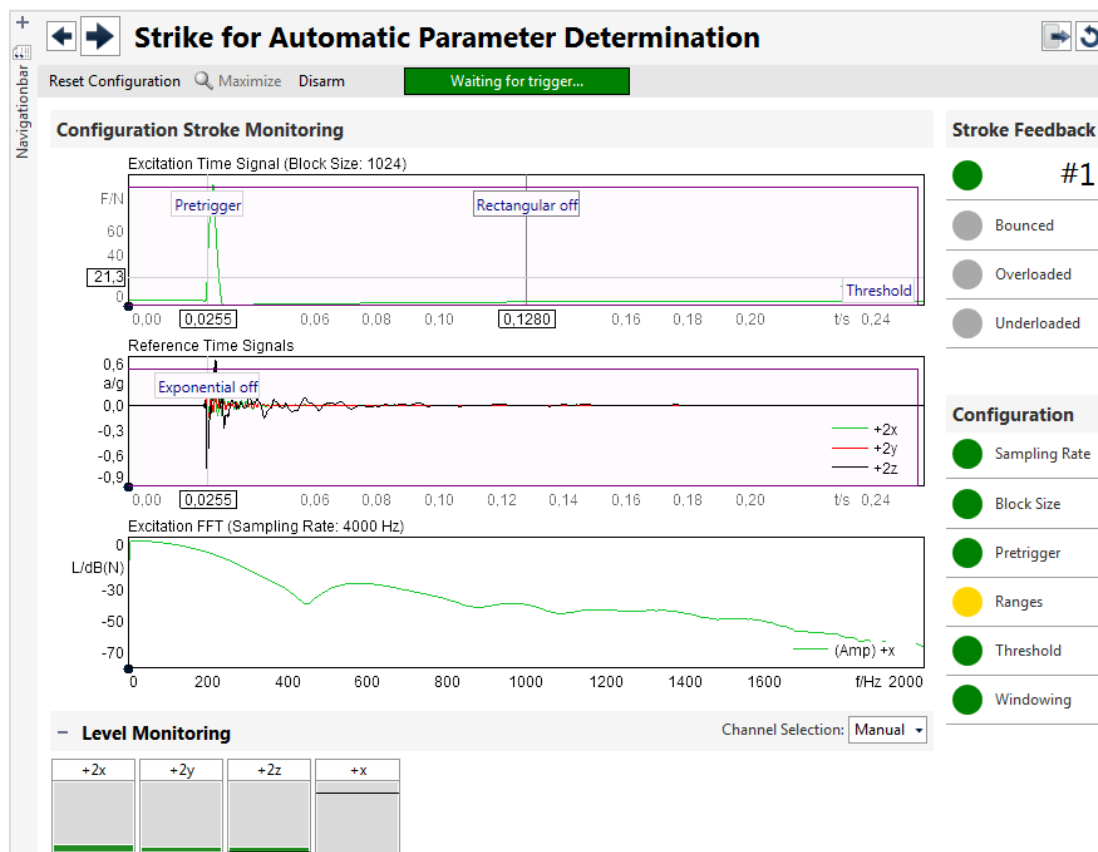


Abbildung 3: Bestimmung der Parameter für die Anschlagmessung; angezeigt werden das Zeitsignal des Impulshammers, die Zeitsignale der Referenzen und das FFT-Spektrum des Impulshammers sowie die Statusanzeigen für die verschiedenen Parameter

Während des Konfigurationsschritts findet eine Qualitätskontrolle der Schläge statt. So wird z. B. geprüft, ob ein Doppelschlag vorlag. In diesem Fall muss der Schlag wiederholt werden. Stehen alle Parameter-Statusanzeigen auf grün, erhalten Sie ein akustisches und visuelles Feedback.

Fortgeschrittene Anwender können die Parameter auch im Eigenschaften-Fenster teilweise oder vollständig manuell eingeben. Wenn Sie einen Parameter (z. B. die Abtastrate) manuell festlegen, wird dieser von der Automatik nicht mehr berücksichtigt. Im Bereich **Konfiguration** des Anzeigebereichs wird die Statusanzeige für diesen Parameter dann grau dargestellt.

Im Eigenschaften-Fenster dieses Schritts können Sie außerdem die Option **Reziprozitäts-Prüfung durchführen** aktivieren und einen zusätzlichen Überprüfungsschritt in den Ablauf einfügen.

Im optionalen **sechsten Schritt** prüfen Sie, ob sich Ihre Struktur reziprok verhält. Dazu vermessen Sie zwei (möglichst weit voneinander entfernte) Punkte Ihrer Struktur: Zuerst regen Sie Punkt A an und messen an Punkt B, danach setzen Sie den Beschleunigungsaufnehmer um, regen Punkt B an und messen an Punkt A. Im Anzeigebereich werden nun die gemittelten Kurvenverläufe (gemittelte Übertragungsfunktionen, berechnete Kohärenzen und Autospektren des Impulshammers) für beide Richtungen gemeinsam dargestellt. Mithilfe dieser überlagerten Kurven können Sie ein nichtlineares

Verhalten Ihres Messaufbaus erkennen und entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen. Anhaltspunkte zur Interpretation der Ergebniskurven finden Sie im Hilfesystem der ArtemiS SUITE.

Der **siebte Schritt** umfasst die eigentliche Messung der Übertragungsfunktionen. Sie werden Punkt für Punkt durch die von Ihnen zuvor definierte Liste von Messpunkten geführt. Der aktuelle Messpunkt, der mit dem Hammer angeschlagen werden muss, sowie die Anschlagsrichtung werden gut sichtbar im Anzeigebereich angezeigt. Die Anzahl der Schläge, d. h. die Anzahl der Mittelungen, die zur Bestimmung der Übertragungsfunktion herangezogen werden soll, kann im Eigenschaften-Fenster dieses Schrittes eingestellt werden.

Auch bei diesem Schritt wird eine automatische Qualitätskontrolle durchgeführt. Geprüft wird auf Doppelschlag, Übersteuerung, zu niedrige Aussteuerung des Zeitsignals des Impulshammers und Kohärenz zwischen Impulshammer und Referenzsignal. Im Auto-Modus wird eine Messung verworfen, wenn ein Qualitätskriterium verletzt wurde. Die Verletzung der Kriterien wird über farbige Statusanzeigen im oberen Anzeigebereich visualisiert. Fortgeschrittenen Anwendern steht es frei, die verschiedenen Qualitätskontrollen im Eigenschaften-Fenster so zu konfigurieren, dass nur eine Warnung erscheint und die Messung nicht automatisch verworfen wird oder dass die Qualitätskontrolle vollständig deaktiviert ist. In diesen Fällen entscheidet der Anwender, ob Schläge verworfen und wann eine gemittelte Übertragungsfunktion gespeichert werden soll.

Im Messschritt werden vier Diagramme angezeigt: das Zeitsignal des Impulshammers, die Zeitsignale der Referenzkanäle, die Kohärenzen zwischen Anregung und Referenzen und die gemittelten Übertragungsfunktionen (siehe Abbildung 4).

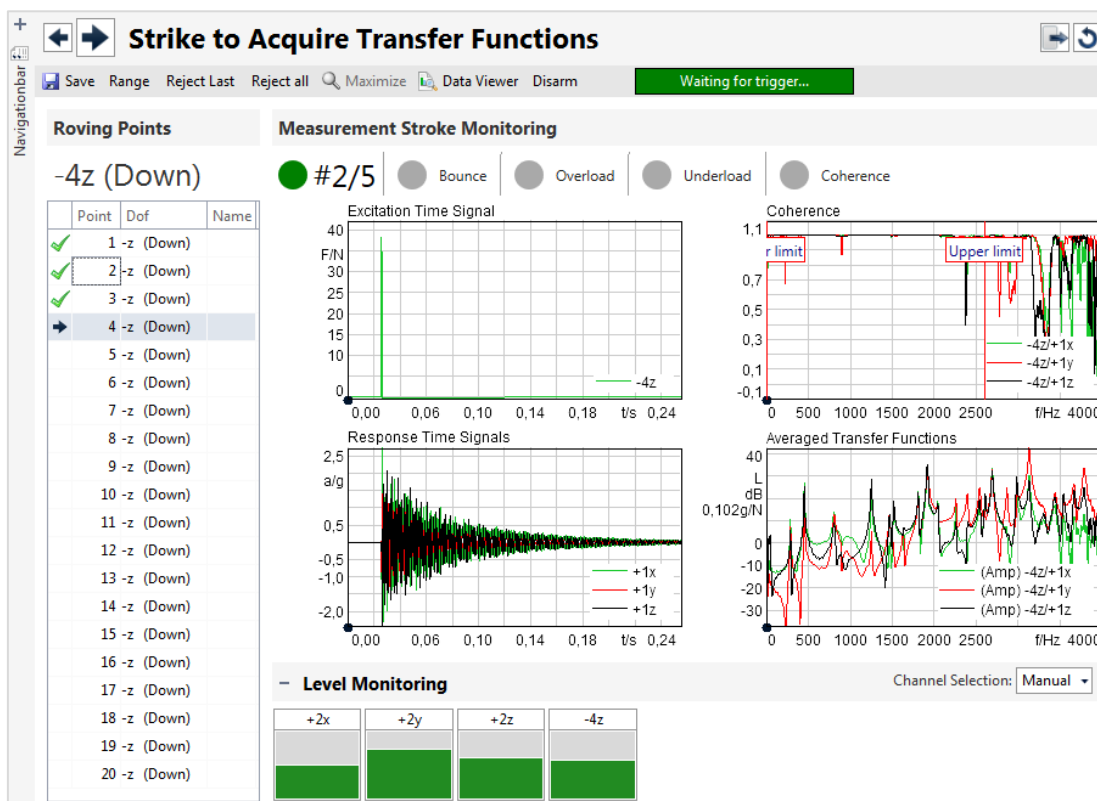


Abbildung 4: Anzeige des Zeitsignals des Impulshammers, der Zeitsignale der Referenzen und der Kohärenz sowie der über die einzelnen Schläge gemittelten Übertragungsfunktionen im Messschritt

Sobald Sie alle Schläge für einen Messpunkt durchgeführt haben, wird eine HDF-Datei abgespeichert. Für jeden Anschlagpunkt wird eine Datei mit jeweils einer gemittelten Übertragungsfunktion für jeden Referenzkanal angelegt. Weiterhin können Sie im Eigenschaften-Fenster festlegen, dass zusätzlich weitere Daten als HDF-Dateien abgelegt werden. Sie können die Zeitsignale des Impulshammers und

aller Referenzpunkte, die gemittelten Kohärenzen zwischen dem Anregungssignal und den Referenzsignalen und das gemittelte Autospektrum des Anregungssignals abspeichern lassen.

Im **achten** und letzten **Schritt** bestimmen Sie, wie Sie Ihre Daten im Folgenden analysieren möchten. Es besteht die Möglichkeit, die Übertragungsfunktionen in einem Data Viewer oder in einem Report (siehe Abbildung 5) direkt in der ArtemiS SUITE zu visualisieren. Oder Sie exportieren die gemittelten Übertragungsfunktionen mit einem Mausklick in das BLK-Format und nutzen für die Weiterverarbeitung die Analysesoftware ME'scopeVES™ von Vibrant Technology (siehe Abbildung 1). Zusätzlich stehen Ihnen UFF und XLS als Export-Formate zur Verfügung.

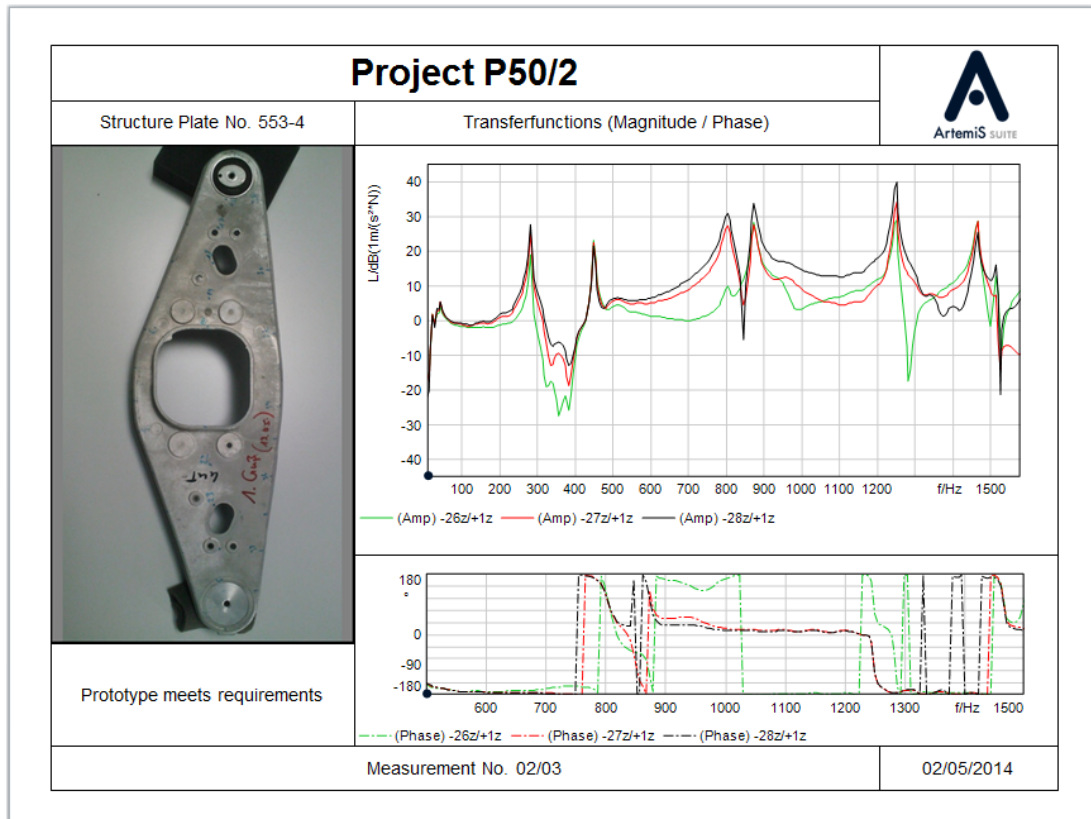


Abbildung 5: Report mit Übertragungsfunktionen

Anwendungsbeispiele

- Übertragungsverhalten von Anbindungspunkten einer Rohrleitung auf die Rohrleitung
- Übertragungsverhalten von Anbindungspunkten von Heckklappen bei Anregung der Karosserie
- Schwingungen einer Felge (Biegung oder Torsion)
- Akustische Empfindlichkeit eines Getriebelagers (Mikrofon Innenraum zu Hammerschlägen am Lager)

Zusammenfassung

Benötigte Softwareversion	ArtemiS SUITE ab Version 5.1
Benötigte Lizenzen	ASM 00, ASM 18
Empfohlene Lizenzen	ASM 02 (Ergebnisanzeige im Report), ASM 23 (für UFF-Export)
Unterstützte Frontends	HEAD <i>lab</i> ³ , <i>lab</i> COMPACT12 ⁴ , <i>lab</i> COMPACT24 ⁴ , SQuadriga II ⁵ , SQuadriga ⁶ , SQobold ³ und DATaRec 4 ⁷
Benötigte Hardware	Impulshammer, Beschleunigungsaufnehmer
Zielgruppe	Einsteiger, Gelegenheitsanwender, Mobiles Troubleshooting

Haben Sie Fragen an den Autor? Schreiben Sie uns an:

imke.hauswirth@head-acoustics.de.

Wir freuen uns auf Ihre Rückmeldung!

³ Die Nutzung eines HEAD/*lab*-Systems wird ab ArtemiS SUITE 6.0 unterstützt. Die Kanalzahl ist nicht beschränkt. Mit einem Computer, der die im Datenblatt der ArtemiS SUITE beschriebenen Mindestanforderungen erfüllt, ist z. B. die Verwendung von 60 Kanälen möglich (bei folgenden Parametereinstellungen: 24 kHz Abtastrate, 32.768 Samples Fensterlänge, 10 Mittelungen). Je nach Leistungsstärke Ihres Computers und tatsächlich verwendeter Parameter können im Einzelfall mehr oder weniger Kanäle verwendet werden.

⁴ Dieses Frontend wird ab ArtemiS SUITE 7.0 unterstützt.

⁵ Die Kanalzahl bei der Verwendung eines SQuadriga II ist auf 6 Line/ICP®-Eingänge beschränkt.

⁶ Bei der Nutzung eines SQuadriga (I) können nur die Kanäle 1+2 oder die Kanäle 3+4 verwendet werden.

⁷ Für Messungen mit einem DATaRec 4 benötigen Sie zusätzlich die Lizenz ASM 28 (ArtemiS SUITE Data Acquisition Support for DATaRec 4). Die Nutzung eines DATaRec 4 wird ab ArtemiS SUITE 7.0 unterstützt.