

ArtemiS SUITE
Project

Code 50420

APR 420 Modal Analysis Project

Modal Analysis Project von ArtemiS SUITE ermöglicht es, dynamisches Verhalten von Simulationen oder Testobjekten ohne umfangreiche Fachkenntnisse interaktiv, einfach und effizient zu untersuchen.

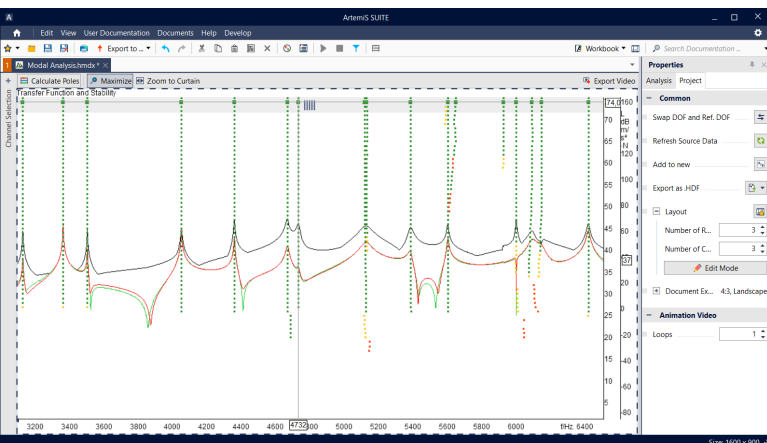
ÜBERBLICK

APR 420 Modal Analysis Project

Code 50420

Modal Analysis Project ist Teil des Strukturanalyse-Pakets von ArtemiS SUITE und ermöglicht das schnelle, interaktive Untersuchen der Eigenschwingungen von Objekten, beispielsweise auf der Basis einer Impulshammer-Messung (APR 430 ist erforderlich). Das Projekt verbindet die übersichtliche, intuitive Benutzeroberfläche mit einem hohen Maß an Funktionalität. Alle notwendigen Bereiche sind in die Oberfläche eingebettet, und alle Analysen bleiben jederzeit im Blick.

Das Herzstück des Projekts ist das Stabilitätsdiagramm. Auf Knopfdruck werden die charakteristischen Pole aus den gemessenen Übertragungsfunktionen ermittelt, das Resultat im Stabilitätsdiagramm dargestellt und die synthetisierten Übertragungsfunktionen mittels Curve Fitting erstellt.



HAUPTMERKMALE

- › Übersichtlich strukturierte Benutzeroberfläche mit intuitiver Bedienung
- › Stabilitätsdiagramm / Curve Fitting
 - › Berechnen der Pole mittels LSCF-Verfahren (Least Squares Complex Frequency)
 - › Automatisches Auswählen der Modellgröße mit künstlicher Intelligenz (Artificial Intelligence, AI)
 - › Darstellen der berechneten Pole als Punkte mittels Farbkodierung zur Bewertung der Polstabilität
 - › Berechnen synthetisierter Übertragungsfunktionen mittels Curve Fitting
 - › Interaktives Optimieren des Stabilitätsdiagramms durch Einstellen der Pole, der Modellgröße sowie der Stabilitätskriterien
- › Interaktives Animieren aller Modellpunkte oder einzelner Messgruppen in 3D- oder 2D-Animationen
- › Erkennen von Mustern und Untersuchen interessanter Frequenzen direkt im Diagramm
- › Berechnen der MAC-Matrix-Werte (Modal Assurance Criterion)
- › Anzeigen der Schwingungsformen-Tabelle (gespeicherte Schwingungsformen) mit MAC- und MPC-Werten (Modal Phase Collinearity)
- › Gruppierte Schwingungsformen-Tabelle zur Erkennung ähnlicher Schwingungsformen
- › Exportieren von animierten Schwingungsformen sowie von gemessenen oder synthetisierten Übertragungsfunktionen (eingestellte Zielgröße: Akzeleranz, Mobilität, dynamische Flexibilität)

ANWENDUNGEN

- › Untersuchung der Schwingungen von Objekten
- › Schnelle Validierung von Simulationsergebnissen und Troubleshooting

DETAILS

Individuelle Bearbeitung

Im Bearbeitungs-Modus wählt der Anwender die Anzahl, die Größe und die Position der während der Analyse sichtbaren Elemente sowie die entsprechenden Inhalte individuell aus.

Stabilitätsdiagramm / Curve Fitting / AI (Artificial Intelligence)

Das Stabilitätsdiagramm, das auf dem mithilfe der AI erweiterten LSCF-Algorithmus (Least Squares Complex Frequency) beruht, bildet das Herzstück des Modalanalyse-Projekts. Auf Knopfdruck werden die Übertragungsfunktionen in einem mehrstufigen Iterationsverfahren aus unterschiedlich vielen Polen (Eigenfrequenz und die zugehörige modale Dämpfung) approximiert. Der Anwender kann entscheiden, ob die Auswahl der Modellgröße manuell oder automatisch mithilfe von künstlicher Intelligenz (AI) vorgenommen werden soll.

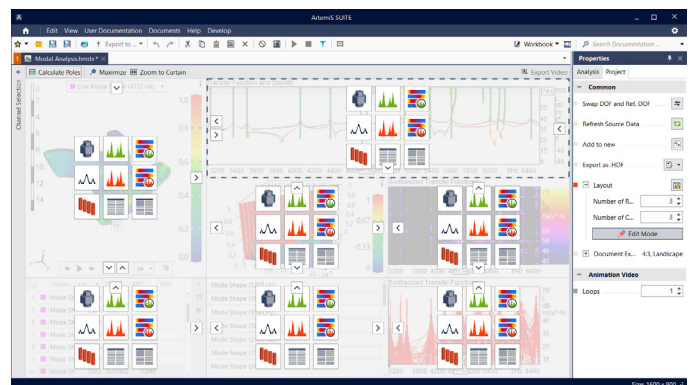
Auf der Basis stabiler Pole, die die geringsten Abweichungen von den jeweils über allen Iterationen gemittelten Frequenzen zeigen, synthetisiert der Algorithmus mittels Curve Fitting die Übertragungsfunktionen.

Nach dem Curve Fitting sind manuelle Anpassungen im Stabilitätsdiagramm schnell ausgeführt. Zur besseren Übersicht wird jeder Pol als farbkodierter Punkt angezeigt, wobei die Farben den Grad der Pol-Stabilität (rot, gelb, grün) symbolisieren.

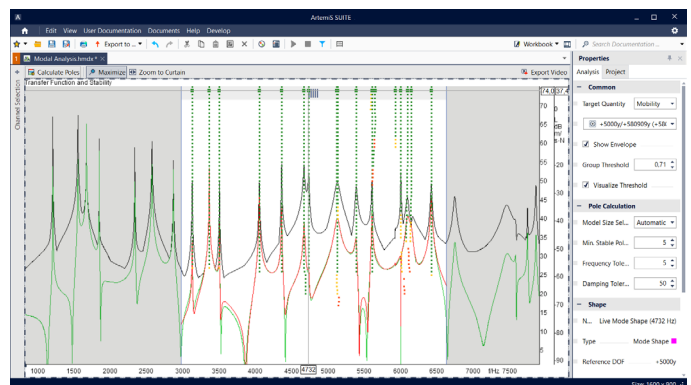
Die Auswahl der Pole kann bei Bedarf geändert werden, wobei auch eine Kombination von Polen aus unterschiedlichen Iterationen möglich ist. Pole können per Klick deaktiviert oder aktiviert werden, um auch synthetisierte Übertragungsfunktionen interaktiv zu optimieren.

Darüber hinaus ist es möglich, die maximale Anzahl der Iterationen, die minimale Anzahl stabiler Pole pro Schwingungsform sowie die Frequenz- und Dämpfungstoleranz individuell einzustellen. Die Einhüllende der Übertragungsfunktionen lässt sich ein- oder ausschalten.

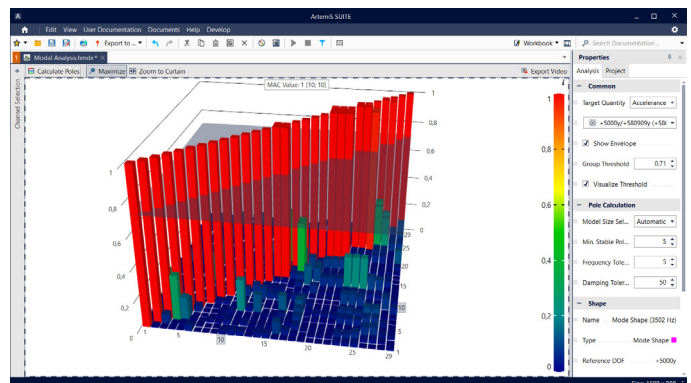
Nach der Berechnung der Pole werden die meisten Anpassungen live umgesetzt, ohne dass eine Neuberechnung notwendig ist.



Bearbeitungs-Modus: Die Anzahl und der Inhalt der Elemente lassen sich individuell konfigurieren, und es ist möglich, ein ausgewähltes Element zu maximieren.



Stabilitätsdiagramm: Im Stabilitätsdiagramm lassen sich die Grenzfrequenzen mit der Maus einstellen, wodurch der für das Curve Fitting zu berücksichtigende Datenbereich festgelegt wird.



Über die integrierte AutoMAC-Matrix erhält der Anwender einen schnellen Überblick über die Ähnlichkeit der Schwingungsformen aller gespeicherten Formen.

3D- und 2D-Animation

Die Animation visualisiert die in der gewählten Messpunktbibliothek enthaltenen Messpunkte und ein optional vorhandenes Modell, wobei auch mehrere Referenzen gleichzeitig berücksichtigt und animiert werden können. Dabei stehen verschiedene Optionen zur Animation zur Verfügung.

Wahlweise können alle Messpunkte eines bestehenden Modells oder nur die Modellpunkte, die zu derselben Messgruppe gehören, global interpoliert werden.

Um interessante Bereiche gezielt hervorzuheben, steht zusätzlich das Werkzeug Animationsschweif zur Verfügung. Während der Animation visualisiert es die Bewegung jedes in der Kanalauswahl gewählten Messpunkts in Form eines verblassenden Schweifs. Dies erleichtert es, die Bewegungsverläufe einzelner Messpunkte nachzuvollziehen.

Haben Anwender ihre Oberfläche so gewählt, dass mehrere Animations-Elemente angezeigt werden, können diese gekoppelt oder unabhängig voneinander wiedergegeben werden.

Die Animationen können als AVI (Video), PowerPoint, PDF oder als Bild (PNG, JPEG, TIFF, GIF) exportiert werden.

Schwingungsformen-Tabelle

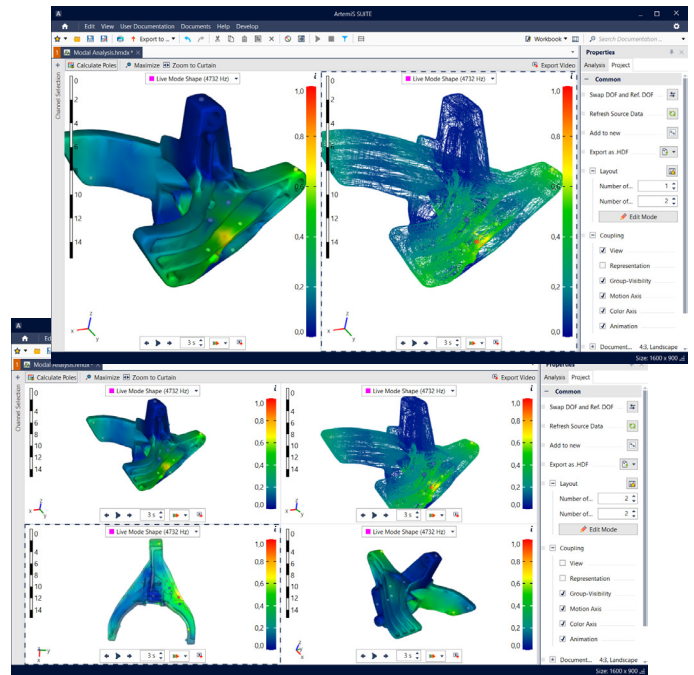
Mit der Schwingungsformen-Tabelle lassen sich interessante Schwingungsformen speichern und vergleichen. Die Farbkodierung zeigt an, ob es sich um eine Schwingungsform auf der Basis der gemessenen oder synthetisierten Übertragungsfunktionen handelt oder um eine modale Schwingungsform.

Zu jeder Schwingungsform werden der MPC-Wert, die zugehörige Frequenz und bei Moden die zugehörige Dämpfung angezeigt. Mit dem MPC-Wert erhalten Anwender eine aussagekräftige Bewertung der Kollinearität der modalen Phasen aller enthaltenen Kanäle.

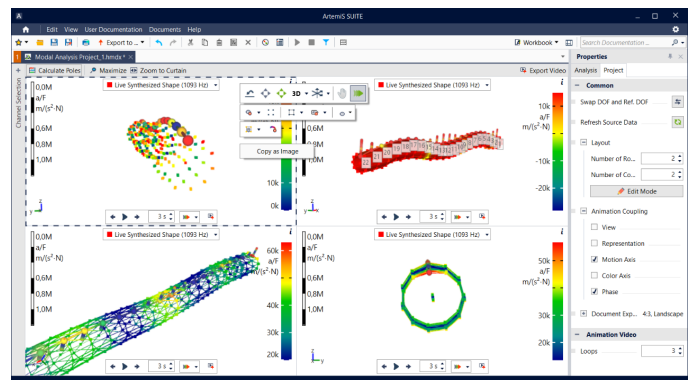
Zusätzlich wird der MAC-Wert berechnet, um die Ähnlichkeit von Schwingungsformen bewerten zu können.

Für die Untersuchung des aufgenommenen Signals kann der Anwender zwischen den Schwingungsformen hin- und herwechseln und so die entsprechenden Animationen direkt betrachten.

Darüber hinaus kann die Schwingungsformen-Tabelle exportiert werden, um verschiedene Schwingungsformen aus unterschiedlichen Projekten mithilfe des Shape Comparison Project direkt zu vergleichen (APR 410 ist erforderlich).



3D- und 2D-Animation: Hier stehen verschiedene Darstellungsmodi zur Auswahl.



3D- und 2D-Animation: In der Animation lassen sich Farben über die Farbachse auf der rechten Seite einstellen. Darüber hinaus hat der Anwender die Möglichkeit, die Auslenkung der Schwingungsform zu skalieren. Die Geschwindigkeit der Animation ist über das Eingabefeld Schleifendauer anpassbar.

Mode	Frequency [Hz]	Damping	MPC
Measured Shape 0580 [Hz]	588		0.7600
Measured Shape 0334 [Hz]	334		0.0001
Measured Shape 0118 [Hz]	118		0.0066
Measured Shape 0887 [Hz]	887		0.0714
Measured Shape 0723 [Hz]	470		0.1707
Measured Shape 0020 [Hz]	420		0.0194
Measured Shape 0030 [Hz]	30		0.1219
Measured Shape 0044 [Hz]	244		0.0460
Measured Shape 0643 [Hz]	563		0.0518
Measured Shape 0139 [Hz]	139		0.0111
Measured Shape 0131 [Hz]	131		0.1021
Measured Shape 0440 [Hz]	340		0.0740
Measured Shape 0217 [Hz]	217		0.0300
Measured Shape 0155 [Hz]	155		0.0408
Measured Shape 0180 [Hz]	180		0.0679
Measured Shape 0146 [Hz]	146		0.0564
Mode Shape 0889 [Hz]	766	0.2077	0.0490
Mode Shape 0857 [Hz]	857	0.1024	0.0707
Mode Shape 0775 [Hz]	675	0.2405	0.0532
Mode Shape 0888 [Hz]	888	0.1903	0.0931
Mode Shape 0716 [Hz]	716	0.1901	0.0161
Mode Shape 0112 [Hz]	112	0.1243	0.0602
Mode Shape 0477 [Hz]	477	0.1343	0.2359
Mode Shape 0719 [Hz]	719	0.1861	0.0518
Mode Shape 0020 [Hz]	420	0.0814	0.1780
Mode Shape 0030 [Hz]	30	0.1187	0.0379
Mode Shape 0044 [Hz]	244	0.0668	0.0020
Mode Shape 0045 [Hz]	245	0.2201	0.0209
Mode Shape 0118 [Hz]	118	0.1187	0.0379
Mode Shape 0131 [Hz]	131	0.1011	0.0819
Mode Shape 0440 [Hz]	340	0.0601	0.0796

Die Schwingungsformen-Tabelle stellt die Informationen in tabellarischer Form dar. Zu jeder Schwingungsform werden die Frequenz, die Dämpfung und der MPC-Wert angezeigt. Für weitere Schwingungsform-Vergleichs-Analysen stehen auch die MAC-Werte zur Verfügung.

Diagramme zur Darstellung von Übertragungsfunktionen

Die gemessenen und die synthetisierten Übertragungsfunktionen lassen sich jeweils in 2D-Diagrammen und in Farbband-Diagrammen darstellen. Dies ermöglicht eine detailliertere Betrachtung des Signals und die Erkennung von Mustern bei relevanten Schwingungsformen.

Bei den synthetisierten Übertragungsfunktionen basiert die Synthese auf den im Stabilitätsdiagramm ausgewählten Polen.

Der Anwender kann die für die Animation gewünschte Frequenz mit dem Werte-Cursor oder über ein Eingabefeld auswählen.

- Die gemessenen und die synthetisierten Übertragungsfunktionen der aktivierten Kanäle lassen sich in 2D-Diagrammen darstellen. Dies erleichtert die Erkennung von Mustern relevanter Schwingungsformen, die sich dadurch auszeichnen, dass sich die Kurven vieler Kanäle überlagern und insgesamt einen ähnlichen Verlauf haben.
- Die Farbband-Diagramme zeigen die Übertragungsfunktionen aller in der Kanalauswahl aktivierten Kanäle als einzelne Farbbänder über einer gemeinsamen Abszisse an.

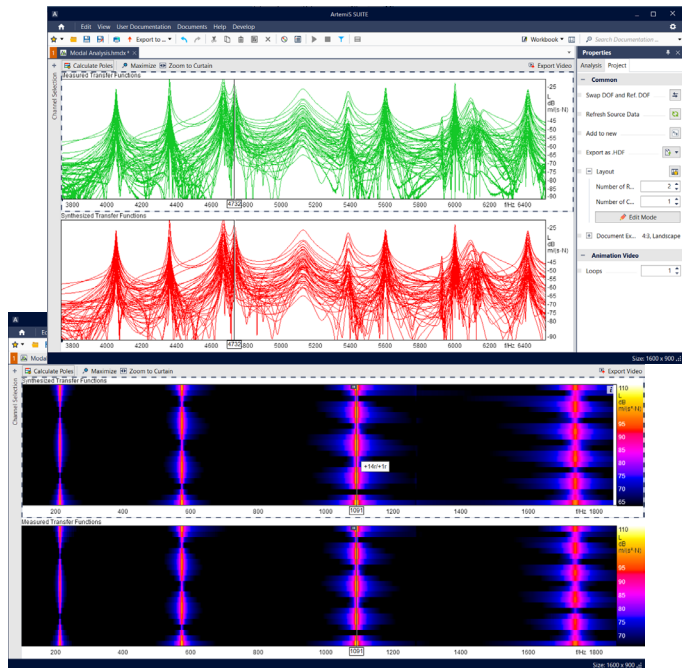
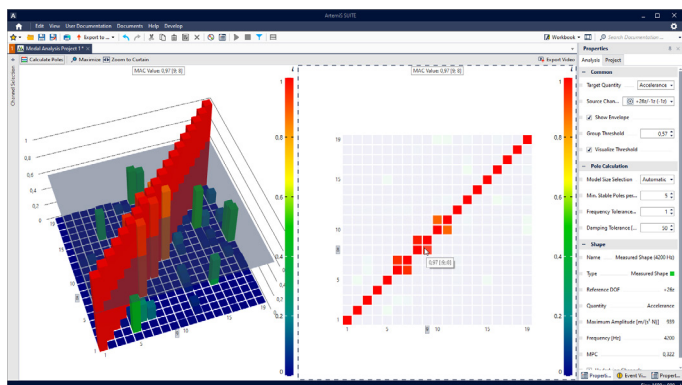


Diagramme: Gemessene und synthetisierte Übertragungsfunktionen lassen sich jeweils in 2D- und Farbband-Diagrammen darstellen. Per Mausrad kann der Anwender auf der x- und der z-Achse zoomen und mit gedrückter linker Maustaste den dargestellten Bereich verschieben.

MAC-Matrix

Die MAC-Matrix zeigt die MAC-Werte aller möglichen Vergleiche zwischen allen in der Schwingungsformen-Tabelle enthaltenen Schwingungsformen in einem 3D- oder 2D-Diagramm an. Dabei werden die MAC-Werte über die Höhe der Säulen und deren Farbe repräsentiert.

Mithilfe des Gruppen-Schwellenwerts, der als teiltransparente Ebene eingeblendet wird, erhält der Anwender eine optische Gruppierung der relevanten MAC-Werte.



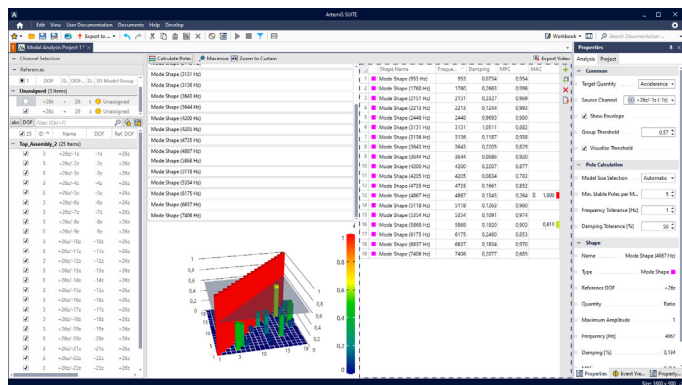
MAC-Matrix: In der MAC-Matrix zeigen Tooltips die MAC-Werte und die Nummern der beteiligten Schwingungsformen an. Beim Wechsel von der 3D- zur 2D-Darstellung wird ein mögliches Verdecken von weiter hinten liegenden Säulen vermieden.

Gegliederte Schwingungsformen-Tabelle

Die Gegliederte Schwingungsformen-Tabelle fasst alle Schwingungsformen der Schwingungsformen-Tabelle zusammen, die einen MAC-Wert oberhalb des eingestellten Gruppen-Schwellenwerts haben. So fällt es dem Anwender leichter, ähnliche oder gleiche Schwingungsformen zu finden.

Kanalauswahl

In der Kanalauswahl wählt der Anwender die zu verwendenden Kanäle aus. Die tabellarische Anordnung der Kanäle sowie zusätzliche Informationen, wie beispielsweise die Nummer des Messpunkts, der Name des Kanals und der Freiheitsgrad (DOF), erleichtern das Filtern, Sortieren, Auswählen usw.



Kanalauswahl: Die Kanalauswahl ermöglicht die Filterung der Kanalliste über das Eingabefeld. Ausgewählte Kanäle lassen sich durch Mehrfachauswahl aktivieren oder deaktivieren. Die Gegliederte Schwingungsformen-Tabelle erleichtert es dem Anwender, ähnliche oder gleiche Schwingungsformen zu erkennen.

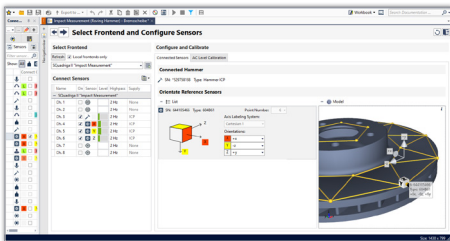
STRUKTURANALYSE

Modal Analysis Project ist Teil des leistungsstarken und perfekt abgestimmten Strukturanalyse-Pakets von ArtemiS SUITE, das ein intuitives Untersuchen und Verstehen der komplexen Beziehung zwischen Anregung und Struktur ermöglicht.

MESSEN / VORBEREITEN

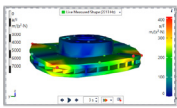
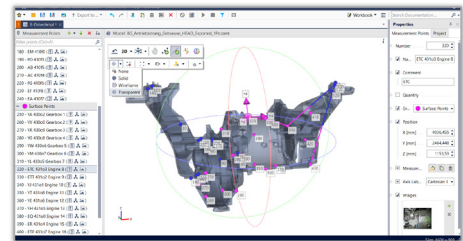
IMPACT MEASUREMENT (APR 430)

Impact Measurement ermöglicht Strukturanalyse-Untersuchungen mit den Methoden Roving Hammer und Roving Accelerometer.



MESSPUNKTBIBLIOTHEK (APR 000)

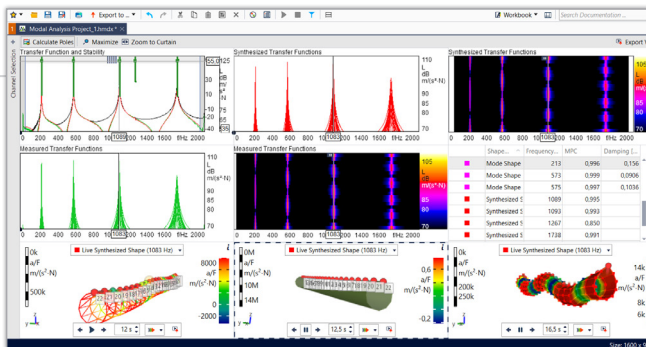
Mit der Messpunktbibliothek kann der Anwender sehr leicht ein 3D-Gittermodell erstellen und ein entsprechendes CAD-Modell importieren.



LIVE-KOPPLUNG (APR 430 & APR 420)

Während der Messung kann die Analyse der aufgezeichneten Daten mittels Live-Kopplung mit dem Modal Analysis Project durchgeführt werden.

ANALYSIEREN

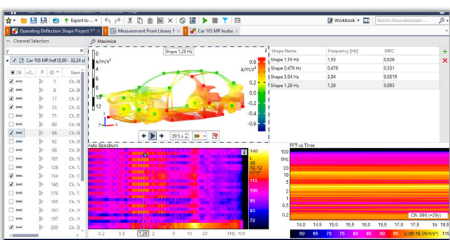


MODAL ANALYSIS PROJECT (APR 420)

Das einfach zu bedienende Modal Analysis Project ermöglicht es, auffällige Frequenzbereiche einfach zu erkennen und beispielsweise mit Referenzmessungen zu vergleichen. Alternativ kann der Anwender auf diese Weise Simulationsergebnisse validieren.

ODS PROJECT (APR 400)

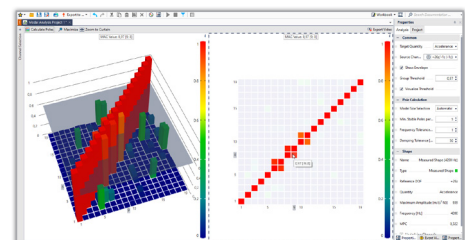
ODS Project beinhaltet auch das Zeitbereich-Animations-Projekt (TDA) und wird zur Animation und Analyse von Strukturen in einem definierten stationären Betriebszustand sowie zeitlich veränderbarer Bewegungen verwendet.



LIVE-KOPPLUNG EINER MAC-MATRIX (APR 410 mit APR 420 & APR 400)

SHAPE COMPARISON PROJECT (APR 410)

Shape Comparison Project dient der Analyse und dem Vergleich von Schwingungsformen.



VORAUSSETZUNG

- › Messpunktbibliothek (*.hmdl) mit Messpunkten
- › Eine zur Messpunktbibliothek passende Messdatei mit Übertragungsfunktionen (*.hdf), die idealerweise mit Impact Measurement (APR 430 ist erforderlich) oder dem Rekorder von ArtemiS SUITE (APR 040 ist erforderlich) aufgezeichnet wurde.

Kompatibilitätskriterien:

- › Jede Kombination aus gemessenem Freiheitsgrad und Referenz-Freiheitsgrad darf nur einmal vorhanden sein.
- › In den Kanälen müssen
 - › die Akzeleranz (Beschleunigung/Kraft, auch Inertanz genannt),
 - › die Mobilität (Geschwindigkeit/Kraft, auch Admittanz genannt)
 - › oder die dynamische Flexibilität (Verschiebung/Kraft) abgelegt sein.
- › Die Abtastrate und die Blockgröße müssen in allen Kanälen gleich sein.
- › Das Modalanalyse-Projekt prüft, ob die Dateien die Voraussetzungen erfüllen und zueinander passen. Anschließend kann sofort mit der Analyse begonnen werden.
- › Bei der Überwachung von Impulshammer-Messungen (Roving Hammer oder Roving Accelerometer) mit dem Projekt Impact Measurement (APR 430) spezifiziert der Anwender
 - › den Pfad zu der zu überwachenden Impulshammer-Messung oder
 - › den Ordner mit einem gemessenen Projekt von Impact Measurement.

EMPFEHLUNG

- › Impact Measurement (APR 430 erforderlich)
- › ODS Project (APR 400 ist erforderlich)
- › Shape Comparison Project (APR 410 ist erforderlich)
- › Recorder (APR 040 ist erforderlich)

Voraussetzung: APR Framework (Code 50000)



Kontaktinformationen

Ebertstraße 30a
52134 Herzogenrath, Deutschland
Telefon: +49 2407 577-0
E-Mail: sales@head-acoustics.com
Website: www.head-acoustics.com