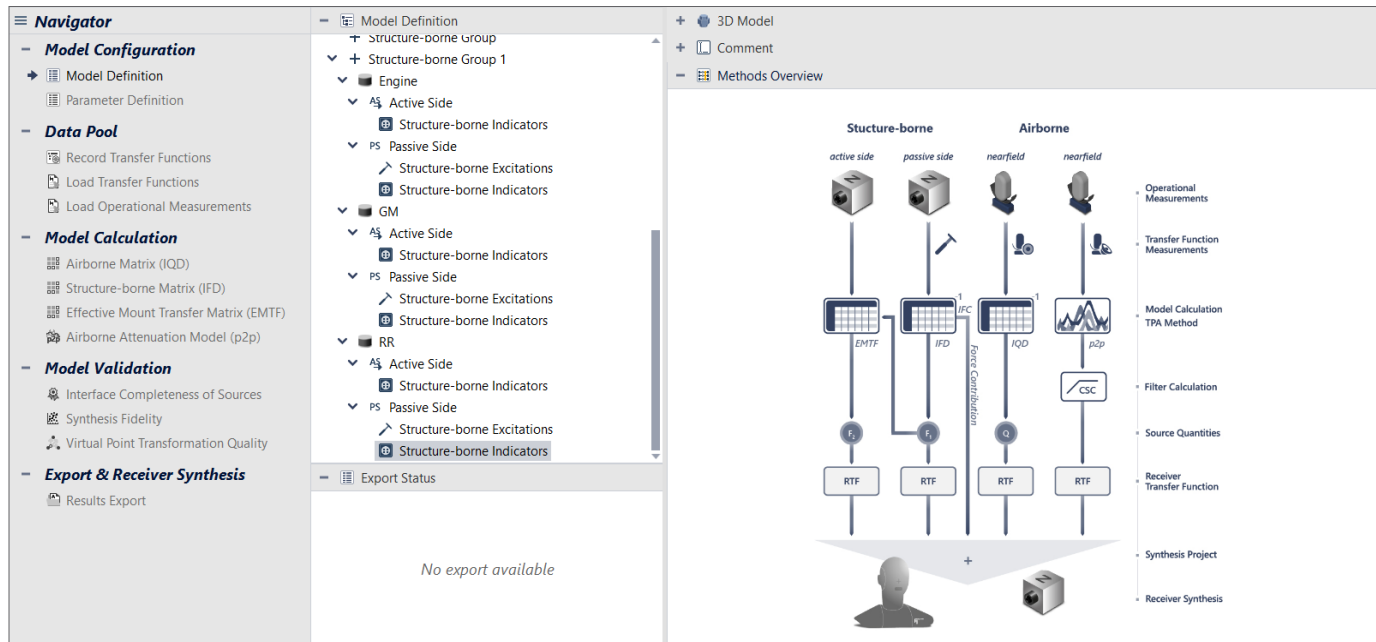




ArtemiS SUITE
Project

Code 50600

APR 600 TPA Project

TPA Project bildet den Kern und den Workflow des TPA-Pakets von ArtemiS SUITE und ermöglicht das Durchführen einer klassischen oder In-Situ-TPA. In Kombination mit weiteren Modulen führt es durch den vollständigen TPA-Prozess, von der Datenerfassung über die Modellberechnung, einschließlich der Bestimmung der Blocked Forces für einen standardisierten Ergebnisaustausch, bis hin zur Modellsynthese, der -validierung und dem abschließenden Export.

ÜBERBLICK

APR 600 TPA Project

Code 50600

Das TPA-Projekt ermöglicht das Durchführen einer vollständigen TPA einschließlich der Bestimmung der Blocked Forces nach ISO 20270:2019. Der Workflow führt strukturiert und schrittweise durch alle erforderlichen und optionalen Prozessschritte und integriert dabei die Vorteile messtechnischer und numerischer Methoden.

Verschiedene Module, die nahtlos miteinander kombiniert werden können, bilden das TPA-Paket:

- › APR 600 TPA Project
Kern und Workflow des TPA-Pakets
 - › Verfügbar sind die Modell-Konfiguration sowie Teile der Modell-Berechnung, der -Validierung und der elementaren Exportoptionen
- › APR 610 TPA - Data Acquisition
Durchführen der benötigten Messungen mit
 - › Körperschall-Messungen mit Shaker und Impulshammer
 - › Schalldruck- und Volumenfluss-Messungen
 - › Messung der Betriebszustände
- › ASP 601 TPA - Virtual Point Transformation
Berechnen von Kräften, Momenten, Beschleunigungen und Winkelbeschleunigungen an physisch nicht messbaren Stellen
- › ASP 602 TPA - Structure-Borne Analysis
Verfahren und Analysen für Körperschall-Beiträge
- › ASP 603 TPA - Airborne Analysis
Verfahren und Analysen für Schalldruck- und Volumenfluss-Beiträge

HAUPTMERKMALE

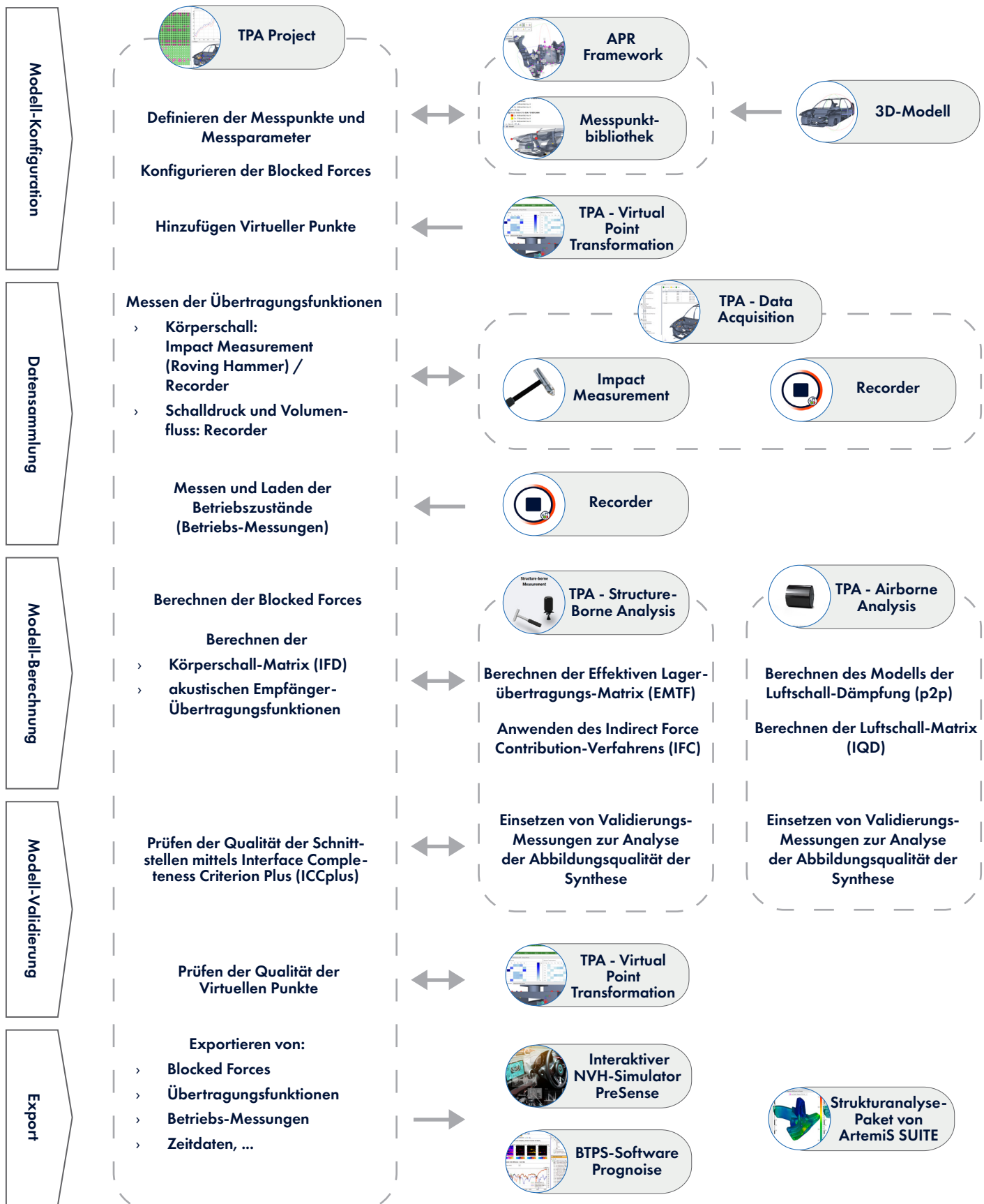
Transferpfad-Analyse für Körperschall mit schrittweiser Führung durch den Prozess

- › Definieren des TPA-Modells mit der Messpunktbibliothek und einem (optionalen) 3D-Modell
- › In APR 600 enthaltene Methoden zur Modell-Berechnung und -Validierung:
 - › Blocked Forces nach ISO 20270:2019
 - › Indirekte Kraft-Bestimmung mit Matrix-Inversion (Indirect Force Determination, IFD)
 - › Prüfung der Qualität der Schnittstellen (Interface Completeness Criterion Plus, ICCplus)
- › Berechnen und Anzeigen von Übertragungsfunktionen, Kohärenzen, Impulsantwort und Anregungsspektrum
- › Exportieren von Daten für Prognose-Projekte und das Strukturanalyse-Paket von ArtemiS SUITE
- › Weitere Methoden und Exportoptionen sind zusammen mit ASP 601, ASP 602 und ASP 603 verfügbar

ANWENDUNGEN

- › Automatisierte Berechnung der Blocked Forces und der Dokumentation nach ISO 20270:2019 für den Austausch von Ergebnissen in einem standardisierten Format
- › Nutzen der Kombination von simulierten Übertragungsfunktionen mit gemessenen Anregungen für einen hybriden TPA-Ansatz
- › Detailliertes Benchmarking auf Komponentenebene
- › Definieren von Zielen auf Pfadebene
- › Export der Ergebnisse für den interaktiven NVH-Simulator PreSense (mit ASP 602 und ASP 603)
 - › Auralisieren und Erleben virtueller Probefahrten

ÜBERSICHT: TPA-WORKFLOW



DETAILS

TPA-Projekt (APR 600)

Das TPA-Projekt ist prozessorientiert aufgebaut und führt schrittweise durch den Workflow – beginnend bei der Modell-Konfiguration bis hin zum abschließenden Export der Ergebnisse. Ergänzend zu den in APR 600 zur Verfügung stehenden Prozessschritten stehen weitere optionale, lizenzpflichtige TPA-Module zur Verfügung, die zusätzliche Methoden, Analyseverfahren und Exportoptionen bereitstellen. Alle Module sind im TPA-Workflow integriert.

Schritt 1: Modell-Konfiguration

Im ersten Schritt werden die Messpunkte für Körperschall, Schalldruck und Volumenfluss definiert sowie relevante Messparameter und Blocked Forces festgelegt. Hierzu dient die Messpunktbibliothek (in APR 000 enthalten), mit der Messpunkte den jeweiligen Krafteinleitungspunkten, Empfängern und weiteren relevanten Positionen des Messobjekts zugeordnet werden.

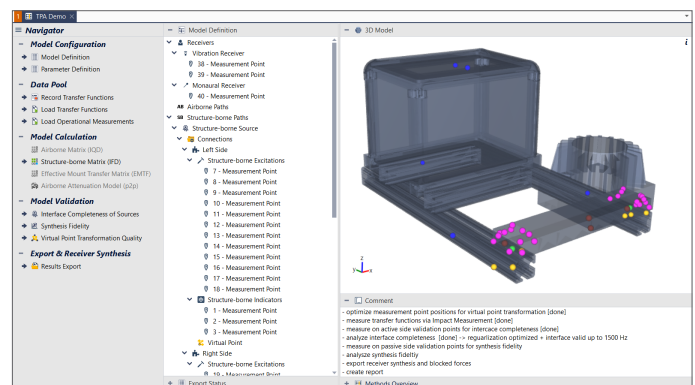
Durch das Laden eines 3D-Modells lässt sich das TPA-Modell effizienter und übersichtlicher erstellen. Alle Visualisierungsansichten sind miteinander verknüpft: Wird ein Messpunkt im 3D-Modell ausgewählt, werden sofort die entsprechenden Elemente im Modellbaum angezeigt. Diese Verknüpfungen werden später von den Matrizen übernommen, da eine automatische Interaktion zwischen Modellbaum und 3D-Modell erfolgt.

Schritt 2: Virtuelle Punkte

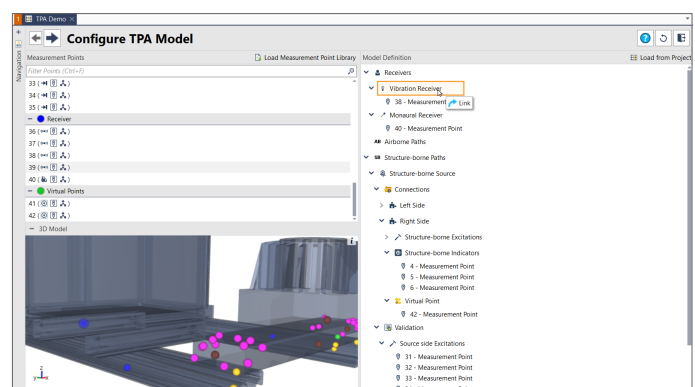
ASP 601 TPA - Virtual Point Transformation ist erforderlich.

TPA - Virtual Point Transformation ist ein optionales Erweiterungsmodul, das die Definition virtueller Messpunkte an Bauteilen oder Baugruppen ermöglicht. Auf dieser Basis können resultierende Kräfte, Momente sowie translatorische und rotatorische Beschleunigungen an Positionen berechnet werden, an denen eine direkte Anregung oder Messung mittels Sensoren, Hämmern oder Shakern nicht möglich ist. Virtuelle Punkte lassen sich insbesondere bei hybriden Modellen zum Vernetzen von numerischen Simulationsmodellen und den realen Messergebnissen nutzen.

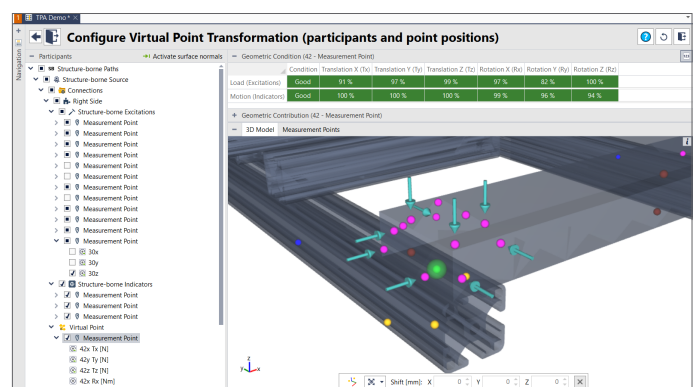
Weitere Informationen finden sich im Datenblatt zu ASP 601.



Übersichtlich aufgebautes TPA-Projekt



Modell-Definition



Konfiguration der Virtuellen Punkte

Schritt 3: Datenerfassung

APR 610 TPA - Data Acquisition ist erforderlich

Für die erforderlichen Messungen der Übertragungsfunktionen führt der Workflow des TPA-Modells zu TPA - Data Acquisition.

Für die eigentlichen Messungen stehen Impulshammer-Messung (APR 430 ist erforderlich) und der Rekorder von ArtemiS SUITE (APR 040 ist erforderlich) zur Verfügung; beide sind nahtlos in den Prozess integriert. Auch in diesem Schritt können die Messpunkt-bibliothek und das 3D-Modell genutzt werden, um sämtliche Aufgaben effizient und reproduzierbar auszuführen. Messungen mit APR 430 eignen sich nicht nur aufgrund der akustischen und visuellen Feedback-Meldungen bei der Überprüfung der Qualität der Hammerschläge, sie können auch direkt für das Modalanalyse-Paket von ArtemiS SUITE genutzt werden. Betriebs-Messungen zur späteren Synthese müssen mithilfe des Rekorders, beispielsweise auf Prüfständen, erfasst werden.

Weitere Informationen zu TPA - Data Acquisition, Impact Measurement und Recorder finden sich in den Datenblättern zu APR 610, APR 430 und APR 040.

Schritt 4: Modell-Berechnung und -Synthese

Die Summe aller gemessenen Geräuschanteile (körperschall- und luftschallinduziert) ergibt das Gesamtgeräusch, das automatisch vom TPA-Projekt zur Erstellung des TPA-Modells zusammengeführt wird.

In Kombination mit ASP 602 und ASP 603 werden alle Übertragungsfunktionen automatisch berechnet:

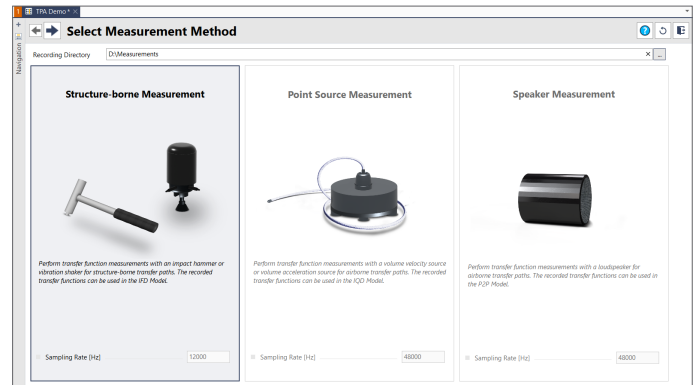
- › Körperschall-Übertragungsfunktionen: Inertanzen, vibroakustische Übertragungsfunktionen
- › Luftschall-Übertragungsfunktionen: akustische Impedanzen und akustische Übertragungsfunktionen

Anschließend erfolgt eine Matrix-Inversion der Inertanzen und der akustischen Impedanzen.

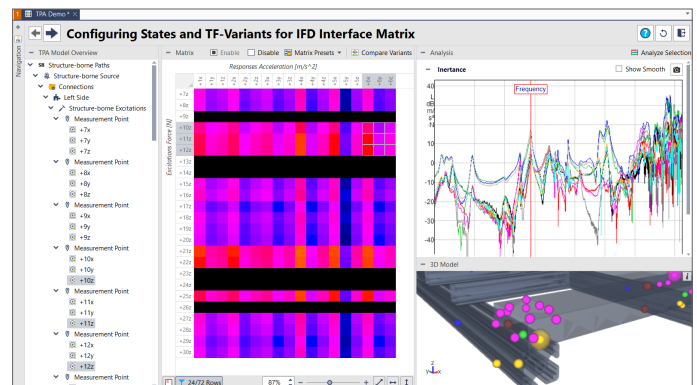
Zur Analyse stellt das TPA-Projekt u.a. Übertragungsfunktionen, Kohärenzen, Impulsantworten, Empfänger-Anregungsspektren und akustische Massen übersichtlich und kompakt dar.

Blocked Forces (ISO 20270:2019)

Auf der Basis von In-Situ-Messungen und Betriebs-Messungen bestimmt das TPA-Projekt Blocked Forces nach ISO 20270:2019. Dadurch können vibroakustische Eigenschaften von Anregungsquellen unabhängig von ihrer Einbausituation charakterisiert werden. Eine Voraussetzung hierfür ist eine hohe Qualität und Vollständigkeit der Schnittstellen-Modelle. Zu deren Bewertung setzt das TPA-Projekt im nächsten Schritt das Interface Completeness Criterion Plus (ICCplus) ein.



Auswahl der Verfahren bei der Datenakquise



IFD-Matrix: Mosaik-Ansicht

Vorteile der Blocked Forces

Die in der Norm ISO 20270:2019 definierten Blocked Forces werden auf Grundlage von Übertragungsfunktionen und Betriebs-Messungen ermittelt. Durch die Bestimmung der Beiträge verschiedener Übertragungswege zu einer Zielgröße – unabhängig von den spezifischen Einbaubedingungen – ermöglichen Blocked Forces einen reibungslosen Austausch standardisierter, komponentenbezogener TPA-Modelle zwischen OEMs, Zulieferern und weiteren beteiligten Parteien. Darüber hinaus können sie als Basis für hybride Simulationsansätze sowie für die Erstellung digitaler Zwillinge dienen.

Indirekte Kraft-Bestimmung mit Matrix-Inversion, IFD

Im TPA-Projekt können mit der IFD-Methode die Betriebskräfte durch Inversion der Inertanz-Transferfunktions-Matrix bestimmt werden. Hierfür nutzt das TPA-Projekt

- › die gemessenen Inertanzen (resultierende Beschleunigung zu eingeleiteter Kraft) aller relevanten Krafteinleitungspunkte und
- › die passivseitig gemessenen Betriebs-Beschleunigungen.

Durch zusätzliche Beschleunigungs-Signale wird die Inertanz-Matrix überbestimmt. Dies dient dazu, Messrauschen zu reduzieren und so stabilere Berechnungsergebnisse zu erhalten. Die Inertanz-Matrix berücksichtigt das Übersprechen zwischen den Übertragungspfaden durch die Elemente außerhalb der Matrix-Diagonalen.

Verfahren zur Modell-Berechnung und -Synthese in ASP 602 und ASP 603

- › TPA - Structure-Borne Analysis (ASP 602)
Verfahren für Körperschall-Anteile
 - › Effektive Lagerübertragungsfunktionen EMTF (Effective Mount Transfer Function)
 - › IFC-Verfahren (Indirect Force Contribution)
- › TPA - Airborne Analysis (ASP 603)
Verfahren für Luftschall-Anteile
 - › Luftschalldämpfungs-Bestimmung p2p (Airborne Attenuation)
 - › Indirekte Volumenfluss-Bestimmung mit Matrix-Inversion IQD (Indirect Q-Source Determination)
 - › Akustische Empfänger-Übertragungsfunktionen

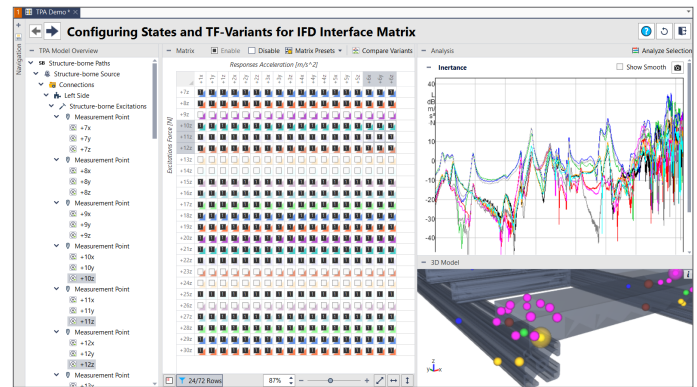
Weitere Informationen finden Sie in den Datenblättern zu ASP 602 und ASP 603.

Schritt 5: Modell-Validierung

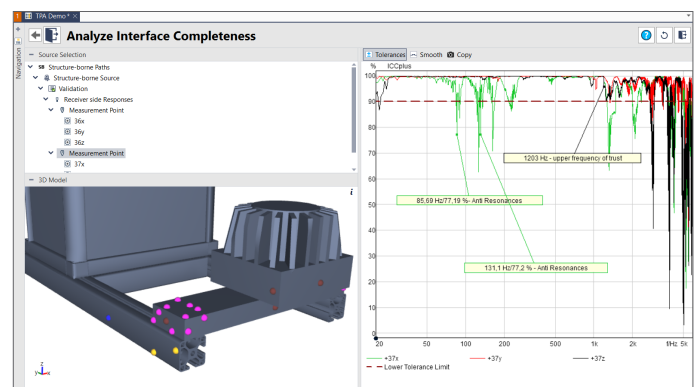
ICCplus (Interface Completeness Criterion Plus)

In diesem Schritt wird die Vollständigkeit der Quellen-Schnittstelle bewertet und der Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Übertragungsfunktionen durchgeführt.

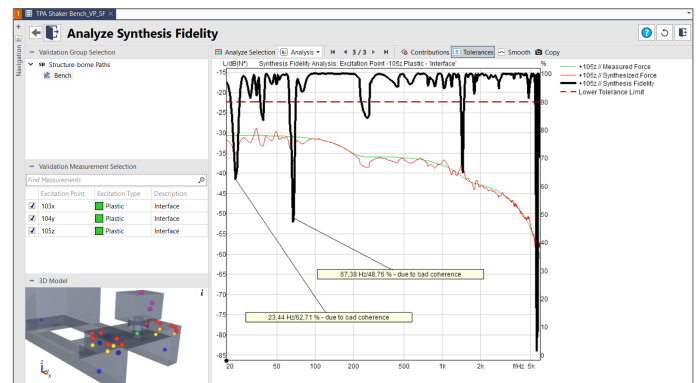
ICCplus ermöglicht eine hochpräzise Bewertung, indem gemessene Übertragungsfunktionen von verschiedenen Anregungspunkten auf der Körperschall-Quelle zu einem Empfänger auf der Empfängerstruktur mit den rekonstruierten Übertragungsfunktionen verglichen werden. Erweist sich die Quellen-Schnittstelle als vollständig, sind die ermittelten Kräfte weitgehend unabhängig von der Empfängerstruktur und somit auf andere Strukturen übertragbar – ein entscheidendes Qualitätsmerkmal für Blocked Forces. Bei Unvollständigkeit können zusätzliche Validierungs-Messungen durchgeführt oder die Schnittstellen-Matrix angepasst werden.



IFD-Matrix



Analyse der Vollständigkeit der Quellen-Schnittstelle



Abbildungsqualität der Synthese

Abbildungsqualität der Synthese

ASP 602 TPA - Structure-Borne Analysis
und / oder

ASP 603 TPA - Airborne Analysis sind erforderlich

Die beiden optionalen Module des TPA-Pakets können eingesetzt werden, um mittels Validierungs-Messungen zu prüfen, wie präzise das TPA-Modell auf unbekannte Schnittstellenanregungen reagiert. Die Analyse basiert auf dem Vergleich zwischen gemessener (Kraft oder Volumenfluss) und synthetisierter Anregung auf Basis des TPA-Modells. Bei zu geringer Abbildungsqualität können beispielsweise die Schnittstellen-Matrix und die Übertragungsfunktionen angepasst werden.

Qualität der Virtuellen Punkt-Transformation

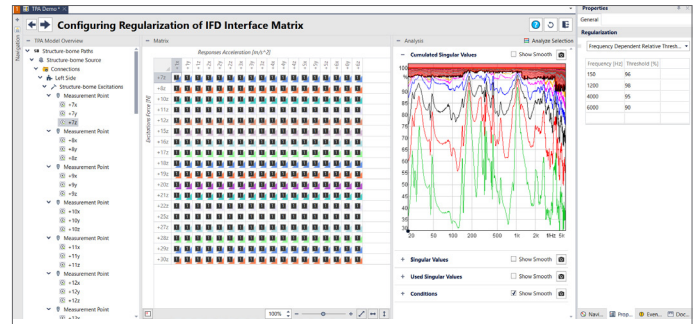
ASP 601 TPA - Virtual Point Transformation ist erforderlich.

In diesem Schritt werden die geometrische Kondition und die Konsistenz der Virtuellen Punkte bewertet. Die individuelle Konsistenz gibt Aufschluss über die Qualität der beteiligten Messpunkte.

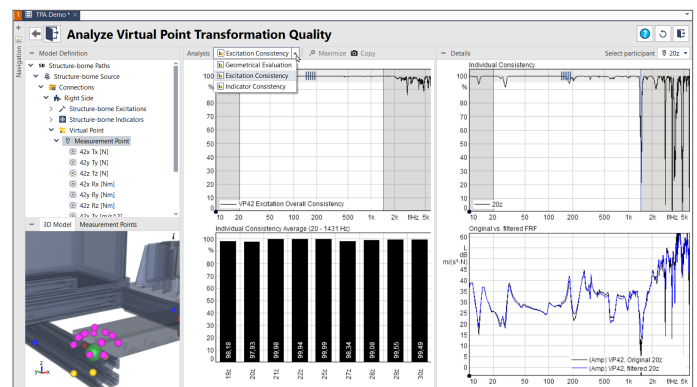
Schritt 6: Export

Alle Transferpfade und Betriebs-Messungen eines TPA-Projekts können exportiert werden. Darüber hinaus lassen sich einzelne Kanäle usw. individuell auswählen und nur diese exportieren.

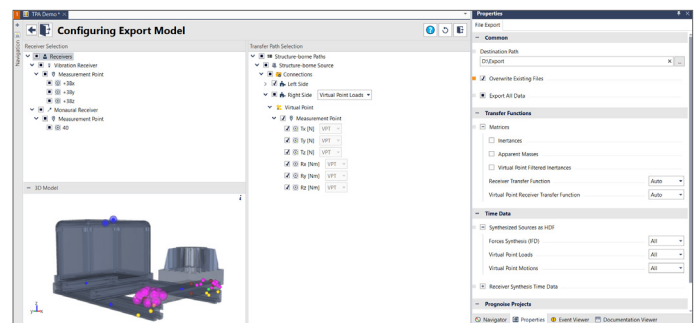
- › Exportoptionen mit APR 600
 - › Blocked Forces (ISO 20270:2019)
 - › Zeitdaten (IFD – Blocked Forces)
 - › Betriebs-Messungen (z. B. einzelne Kanäle)
- › Exportoptionen mit ASP 601, ASP 602, ASP 603
 - › Synthetisierte Quellen als HDF-Dateien, Volumenschnelle-Synthese, Virtuelle Punkt-Lasten /-Bewegungen, Empfängersynthese-Zeitdaten, Übersichtsdateien, Gesamtgeräusch des Empfängers, Gruppen-Beiträge, Transferpfad-Beiträge, Transferpfad-Komponenten)
 - › Übertragungsfunktionen (Inertanzen, scheinbare Massen, Virtuelle Punkt-Inertanzen, akustische Impedanzen / Admittanzen, Effektive Lagerübertragungsfunktionen, Empfänger-Übertragungsfunktionen, Virtuelle Punkt-Empfänger-Übertragungsfunktionen, Kohärenzkorrekturfilter)
 - › Übertragungsfunktionen
 - › Prognose-Projekte
 - › Virtuelle Punkte (Lasten und Bewegungen)



Regularisierung der IFD-Matrix



Qualität der Virtuellen Punkt-Transformation



Export

LIZENZEN UND OPTIONEN

Erforderlich

Code	Produktname	Beschreibung
50000	APR 000 APR Framework	Basis von ArtemiS SUITE
50600	APR 600 TPA Project	Durchführen von Transferpfad-Analysen

Optional

Code	Produktname	Beschreibung
50601	APR 601 TPA - Virtual Point Transformation	Berechnen von Kräften, Momenten, Beschleunigungen und Winkelbeschleunigungen an physisch nicht messbaren Punkten
51602	ASP 602 TPA - Structure-Borne Analysis	Berechnen der Effektiven Lagerübertragungs-Matrix (EMTF) und des Verfahrens zur Quantifizierung von indirekt wirkenden Körperschall-Beiträgen (IFC)
51603	ASP 603 TPA - Airborne Analysis	Indirekte Volumenfluss-Bestimmung mit Matrix-Inversion (IQD) und Berechnung des Modells der Luftschall-Dämpfung (p2p)

50610	APR 610 TPA - Data Acquisition	Messen der für ein TPA-Projekt erforderlichen Übertragungsfunktionen
50430	APR 430 Impact Measurement	Durchführen von Impulshammer-Messungen (Roving Hammer / Roving Accelerometer)
50040	APR 040 Recorder	Universeller Rekorder von ArtemiS SUITE für alle Arten von Messungen

7600	PreSense	Interaktiver Simulator für NVH-Bewertungen
50400 bis 50430	Strukturanalyse-Paket	Interaktives Untersuchen der Schwingungen von Objekten
4914	Prognose	Software für die Binaurale Transferpfad Synthese (BTPS)



Kontakt

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