



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen – der Weg vom virtuellen Antriebsstrang zur realen Beurteilungsfahrt



Volkswagen

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Agenda

- **Motivation und Ziele**
- **Aufbau und Funktionsweise Simulator**
- **Prozess NVH-Berechnungen**
- **Integration der NVH-Berechnungen in Simulator**
- **Anwendungsfälle**
- **Zusammenfassung und Ausblick**



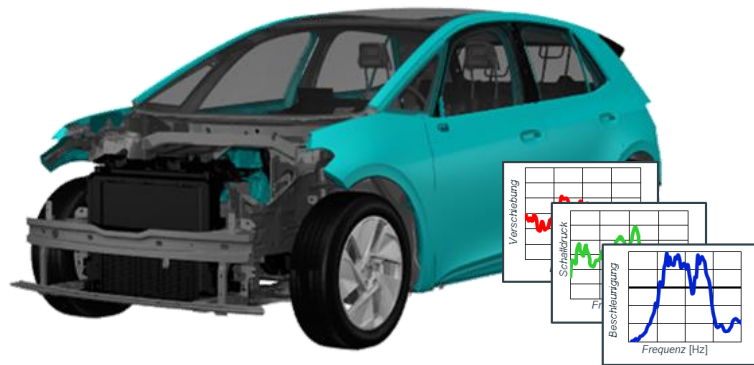
NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Motivation und Ziele

MOTIVATION UND PROJEKTZIEL

- **Erlebbarkeit** von **Akustikeigenschaften** bereits **ab** der **virtuellen Entwicklungsphase** deutlich vor dem ersten (realen) Prototypen
- **Reduktion** von **Versuchsträgern** und **Kosten** durch Verschiebung der Hauptaktivitäten in den frühen Entwicklungszeitraum
- **Verbesserung Aussagefähigkeit** und **Entscheidungsfindung** hinsichtlich der Antriebsstrangakustik in **frühen Projektphasen**

VIRTUELLER PROTOTYP (DIG. KF)



← > 6 Monate →

1. (REALER) PROTOTYP



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Agenda

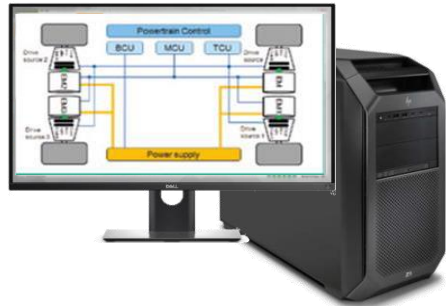
- Motivation und Ziele
- **Aufbau und Funktionsweise Simulator**
- Prozess NVH-Berechnungen
- Integration der NVH-Berechnungen in Simulator
- Anwendungsfälle
- Zusammenfassung und Ausblick



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

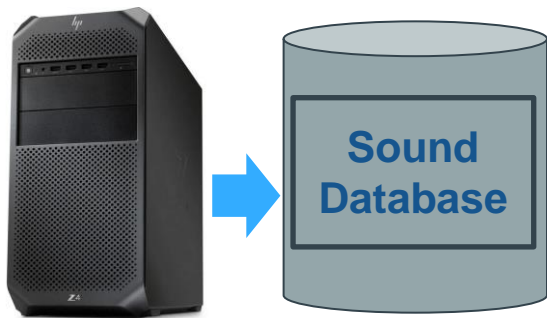
Aufbau und Funktionsweise – stationärer Einsatz als Desktopsimulator bzw. im Fahrzeugsimulator

FAHRDYNAMIK

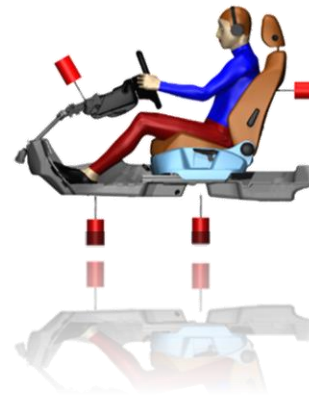


Simulation Fahr-
dynamik mit IPG CarMaker

DATENBASIS



SOUND/VIBRATION SIMULATION SYSTEM*



Kalibrierte und interaktive
Wiedergabe der simulierten
Fahrzeuginnengeräusche in einem
sehr breiten Frequenzspektrum

*HEAD acoustics bzw. VI-grade

ERLEBBARKEIT



Quelle: HEAD acoustics



- NVH-Simulation mit Kopfhörern, Shakern und Subwoofer
- Verwendung von Lenkrad und Pedalen im Desktopbetrieb zur Verbesserung User Experience

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

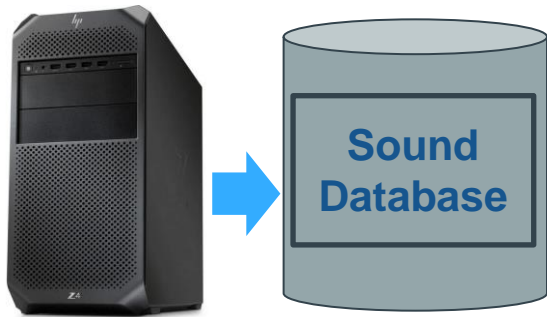
Aufbau und Funktionsweise - mobiler Einsatz in realem Demonstratorfahrzeug

FAHRDYNAMIK



Verbindung Simulator zu Fzg.
über CAN/CAN-FD

DATENBASIS



SOUND SIMULATION SYSTEM*



Kalibrierte und interaktive
Wiedergabe der simulierten
Fahrzeuginnengeräusche in einem
sehr breiten Frequenzspektrum

*HEAD acoustics

ERLEBBARKEIT



Fahrdynamikgerechte Simulation
mit ANC**-Kopfhörern während
des freien Fahrens im realen
Demonstrator-Fzg.

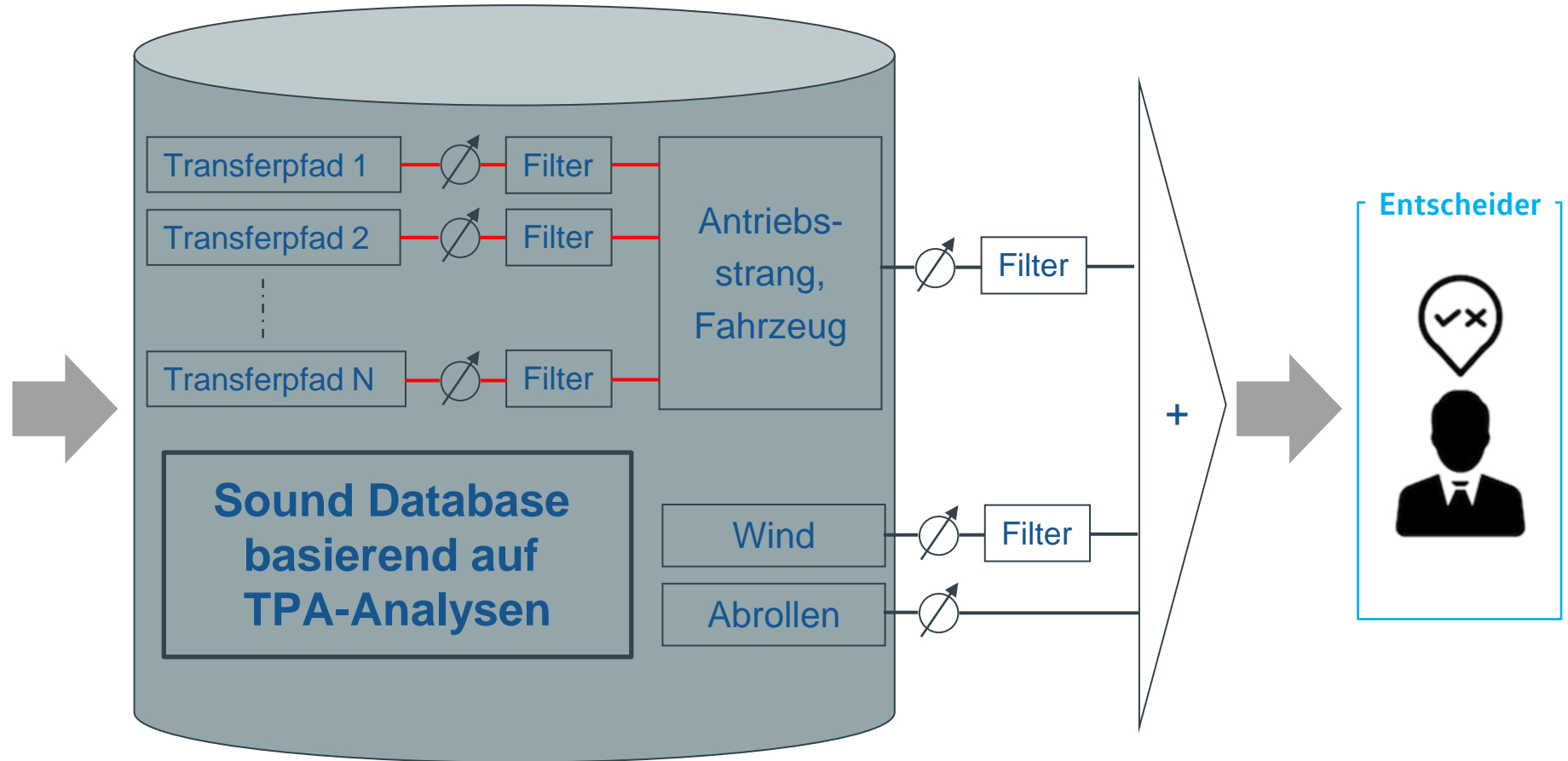
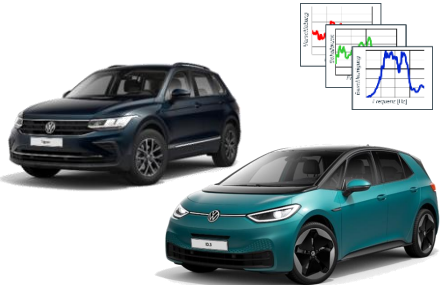
**ActiveNoiseCancellation

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Aufbau und Funktionsweise – Datenbasis und Modell generieren

Fahrzeugmessung

- TPA Fzg. und/oder Antriebstrang
- Körperschall (z.B.)
 - Aggregatlager
 - Radaufhängung
 - AGA
 - Klimaleitung
- Luftschall (z.B.)
 - Aggregat
 - Ansaugung
 - AGA-Mündung
 - Rad/Reifen
- Windgeräusch



Detaillierte Akustikmessung als Basis für Erlebbarkeit im Simulator



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Agenda

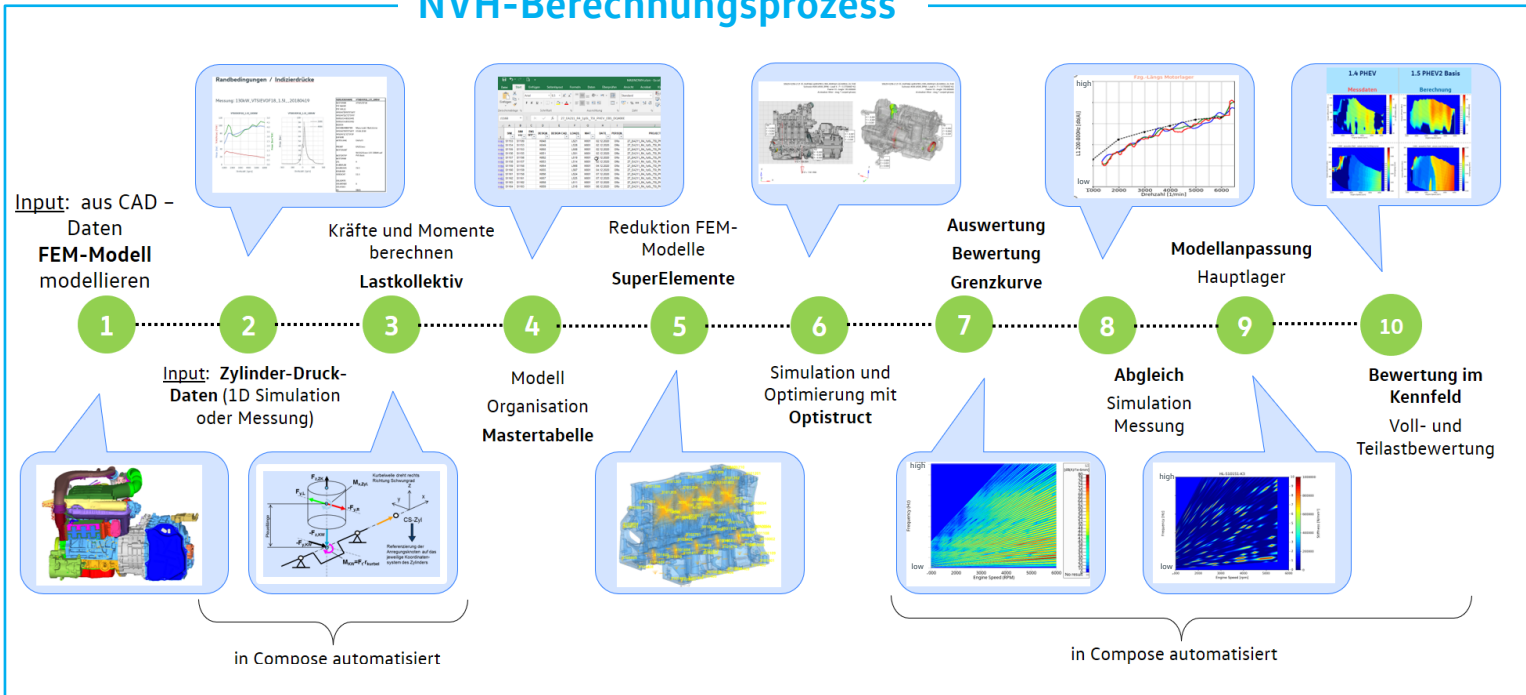
- Motivation und Ziele
- Aufbau und Funktionsweise Simulator
- **Prozess NVH-Berechnungen**
- **Integration der NVH-Berechnungen in Simulator**
- Anwendungsfälle
- Zusammenfassung und Ausblick



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

NVH-Prozess zur Bewertung des Körperschalls: Schrittweiser Aufbau

NVH-Berechnungsprozess

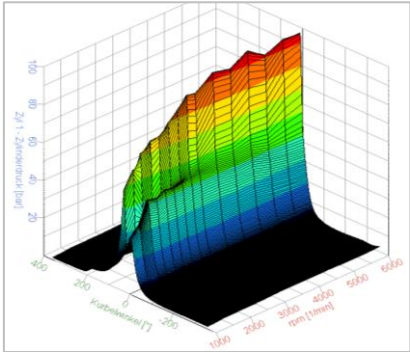


- Modularer Aufbau
- Modal reduzierte Modelle → Superelement
- Hoher Automatisierungsgrad
- Ausgabegrößen: ERP, DISP, ACC, STRESS im Frequenzbereich
- Berechnung im Frequenzbereich
- Umrechnung in den Zeitbereich (Spannung)
- Abgleich mit Messung → Modellanpassung
- Bewertung auf Basis der Richtkurven
- Berücksichtigung ganzen M-n-Kennfeldes
- Übergabe der Transferpfade bestimmter Knoten in Kennfeldform an INS-Simulator oder auch für die Simulation der Betriebsstrategie

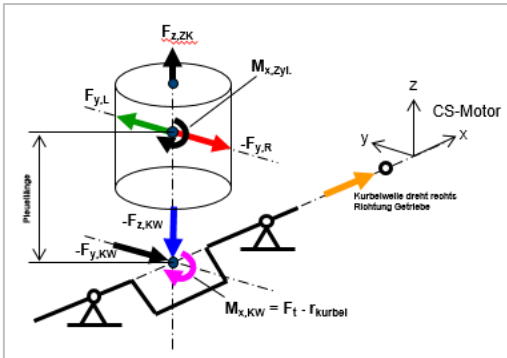
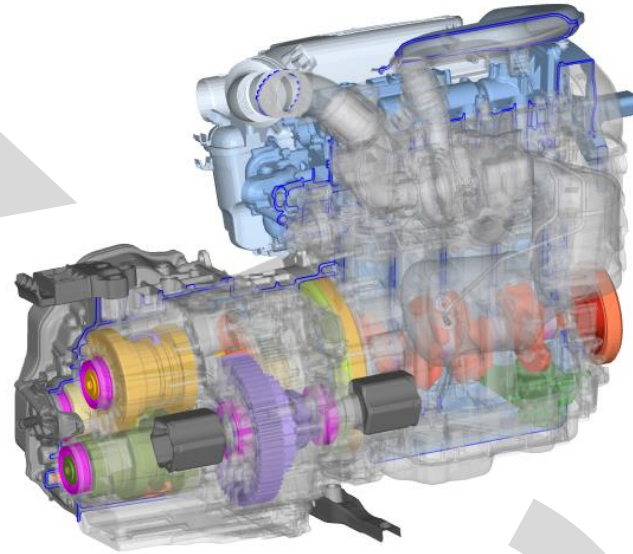
Schneller und modularer Prozess ermöglicht eine hohe Variation an konstruktiven Vorschlägen

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

NVH-Prozess: Inputgrößen



Mittlerer Zylinderdruckverlauf

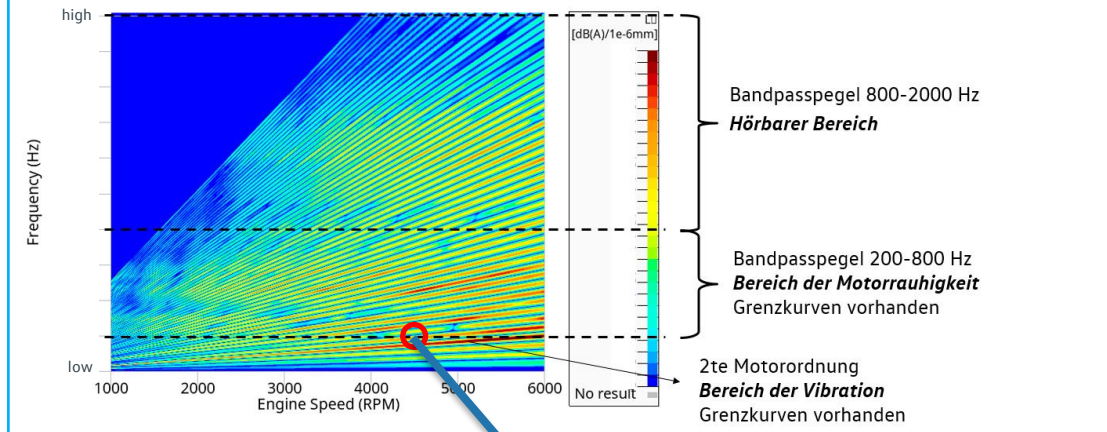


Kurbeltriebskräfte

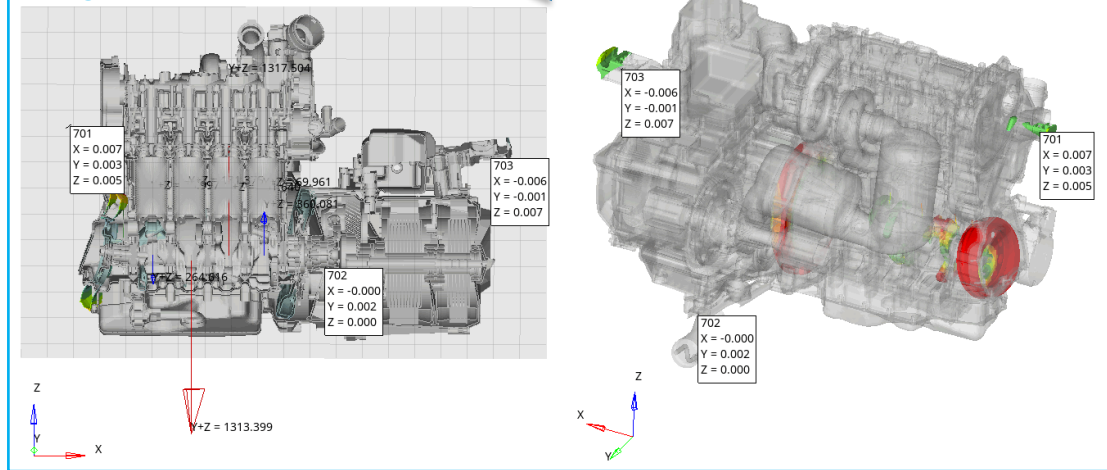
Input für prädiktive Berechnung:

- Geometrie
- Zylinderdruckinformationen

Bewertung des Körperschallverhaltens



Ergebnis im Hochlauf

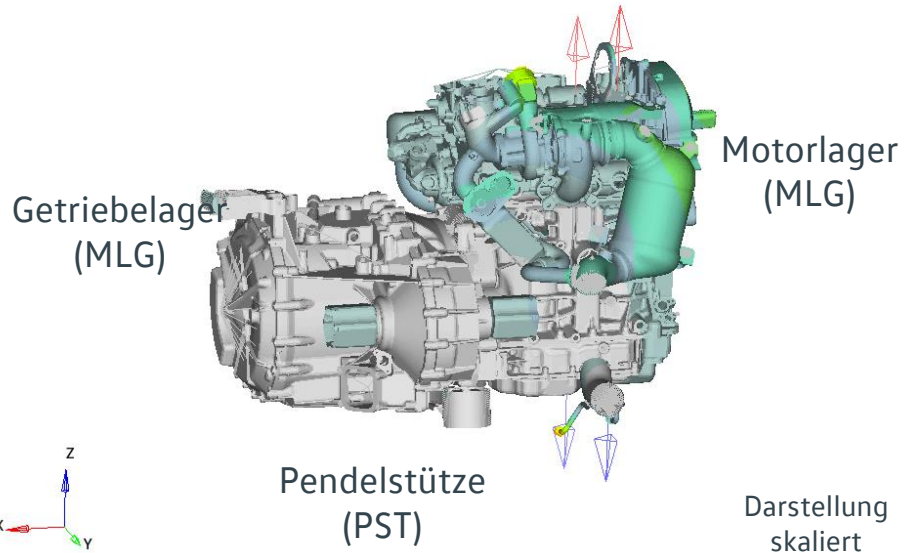


Modale Frequenzanalyse - ein Hochlauf in Minuten → hohe Performance

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

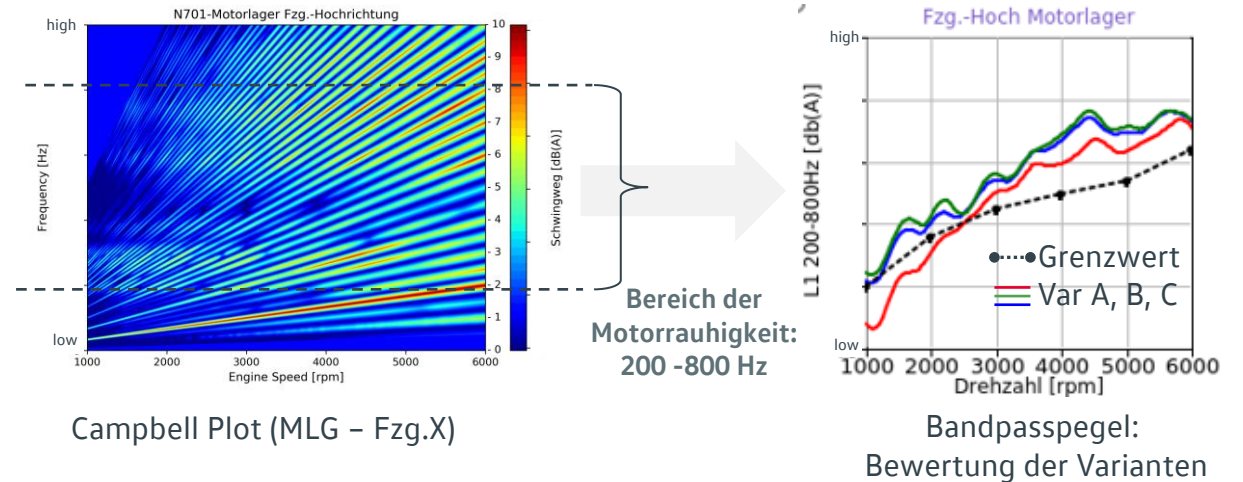
NVH-Prozess: Bewertung des Körperschallverhaltens

Animation Schwingweg



Schwingwege an den Aggregatelagerpositionen werden mittels Bewertungsfilter db(A) umgerechnet (Körperschall).

Bewertung des Körperschalls im Hochlauf mit Hilfe der Grenzkurven



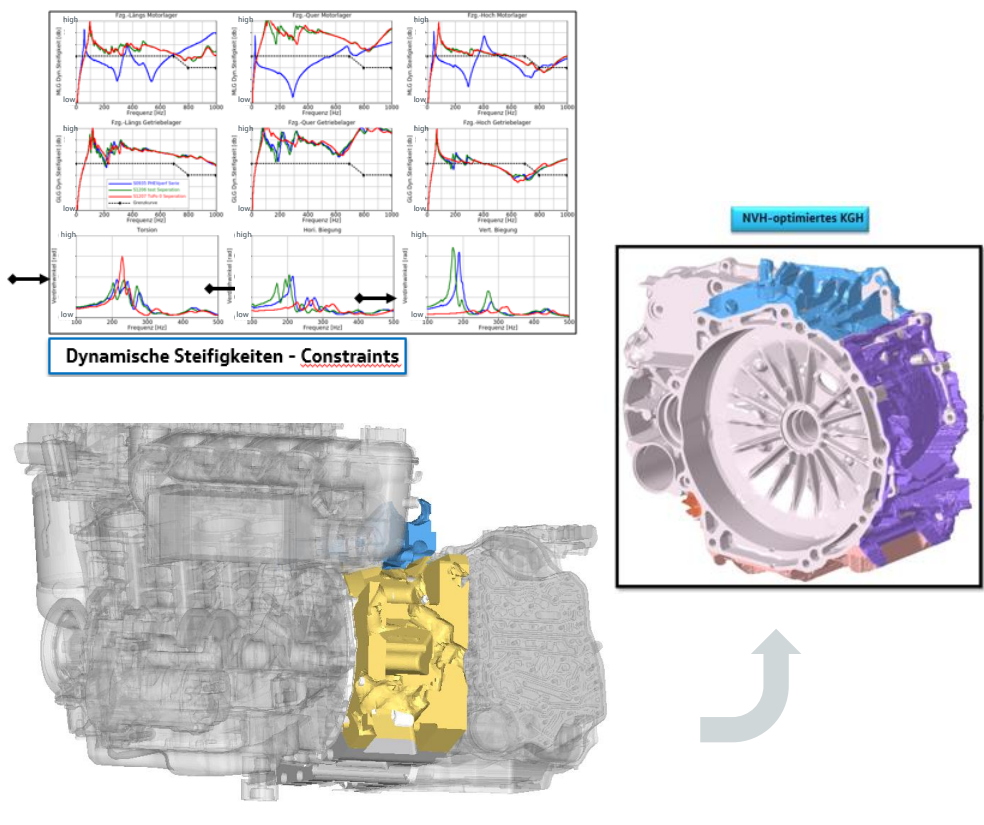
Grundmotorordnung und der Bandpasspegel werden ermittelt und mittels Grenzkurven bewertet. Grenzkurven werden aus dem Feld ermittelt.

» Grenzkurven sind im Entwicklungsprozess essential für ein gute Vorabbewertung

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

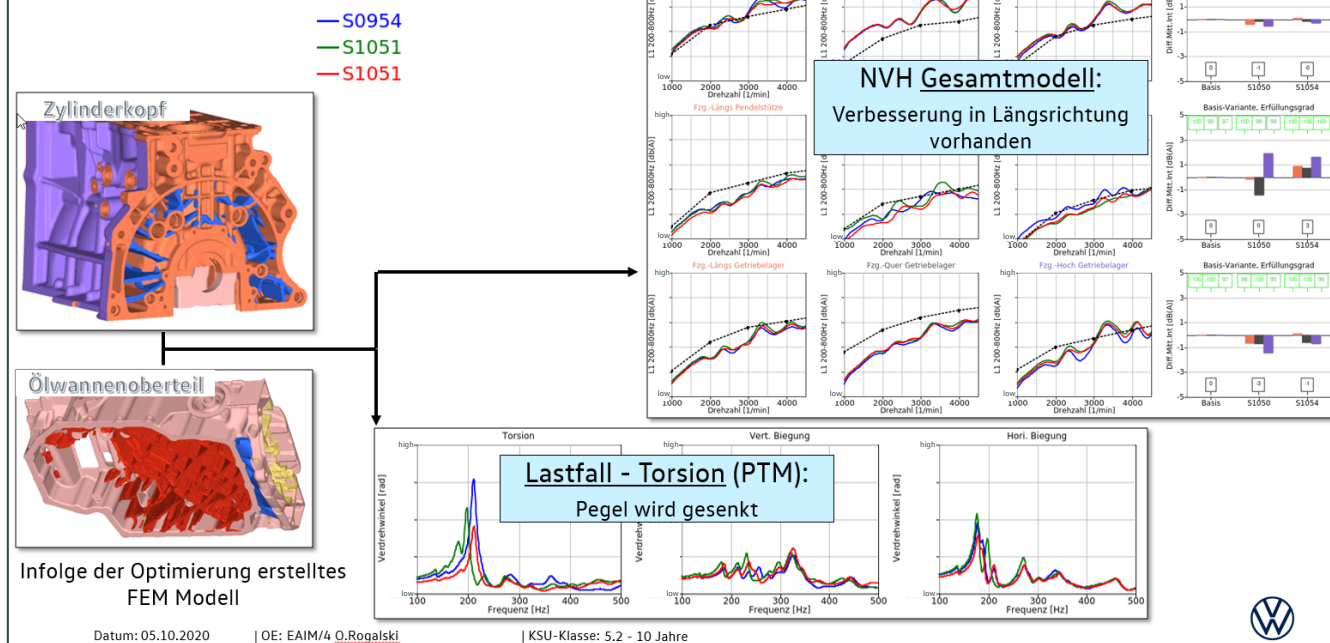
NVH-Prozess: Optimierung im Hochlauf und im Motor-Getriebe-Verbund

Optimierung des Kupplungsgehäuses



Optimierung einer Ölwanne oder Zylinderkopf

Topologie Optimierung Schritt 3: Modellnachbau, Reanalyse



Die Optimierung mittels Grenzkurven führt zu schnellen Zielerfüllung

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

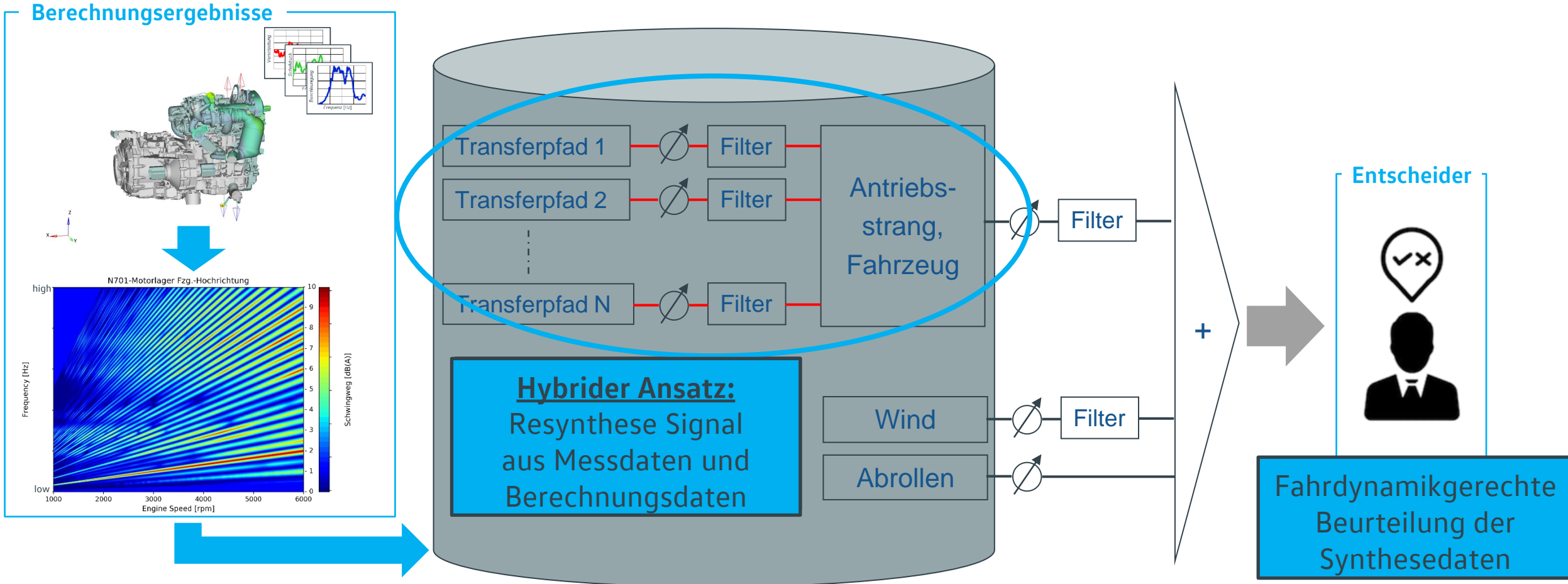
Agenda

- Motivation und Ziele
- Aufbau und Funktionsweise Simulator
- Prozess NVH-Berechnungen
- **Integration der NVH-Berechnungen in Simulator**
- Anwendungsfälle
- Zusammenfassung und Ausblick



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Integration NVH-Berechnungen in Simulator



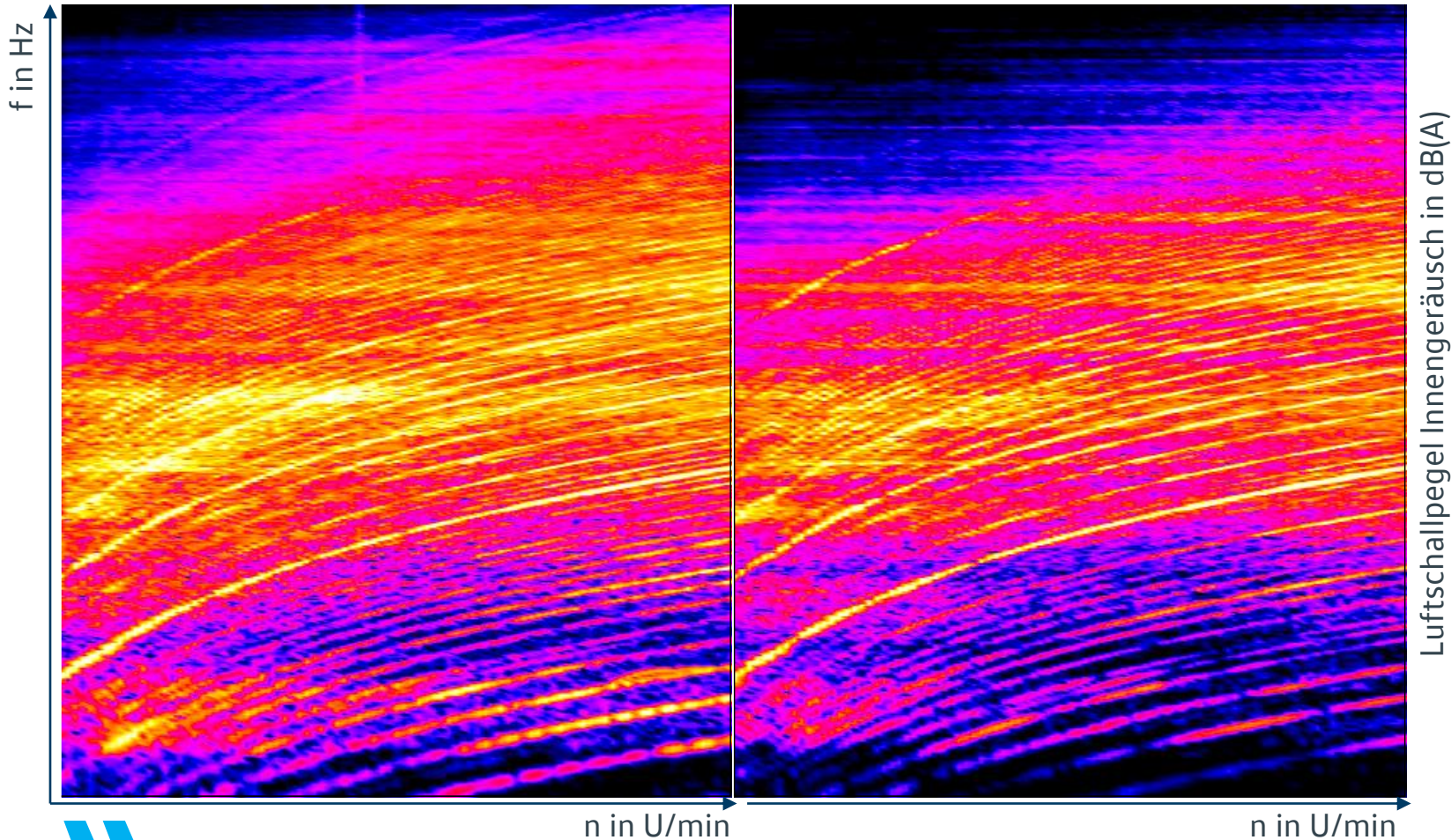
Akustik bereits ab virtueller Entwicklungsphase im Simulator subjektiv beurteilbar

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Vergleich Messdaten mit Syntheseergebnis der simulierten Daten

Fahrzeugmessung

BTPA-Synthese CAE-Daten



- Das gemessene Innengeräusch wird von der Synthese der CAE-Daten sehr gut abgebildet.
 - Alle relevanten Ordnungen wurden getroffen.
- Im Spektrogramm ist zu sehen, dass die Synthese deutlich weniger Rad/Reifen- und kein Windgeräusch enthält.
 - Diese werden im Simulator wieder dazu gemischt.

Die **Methode** hat den notwendigen **Reifegrad** für einen **Einsatz** im **Entwicklungsprozess** erreicht.

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Agenda

- Motivation und Ziele
- Aufbau und Funktionsweise Simulator
- Prozess NVH-Berechnungen
- Integration der NVH-Berechnungen in Simulator
- **Anwendungsfälle**
- Zusammenfassung und Ausblick



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Anwendungsfälle

Berechnungsergebnisse



Anwendungsfälle Berechnung

- Berechnungsergebnisse erleben
- Vergleich virtueller Prototypen
- Virtuelle Abnahmefahrten
- Kundenstudien

Messdaten



Anwendungsfälle Messung

- Zielwertfindung
- Vergleich Wettbewerbsfahrzeuge
- Vergleich gemessener Fahrzeuge
- Konkretisierung von Beanstandungen

NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Agenda

- Motivation und Ziele
- Aufbau und Funktionsweise Simulator
- Prozess NVH-Berechnungen
- Integration der NVH-Berechnungen in Simulator
- Anwendungsfälle
- **Zusammenfassung und Ausblick**



NVH-Simulationen subjektiv erlebbar machen

Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung:

- Die Methode, um CAE-basierte NVH-Simulationen subjektiv erlebbar zu machen, ist bei Volkswagen erfolgreich umgesetzt.
- Der Fahrsimulator ist im Entwicklungsprozess als Beurteilungs- und Entscheidungswerkzeug fest verankert.
- Die Methodik wird erfolgreich in verschiedenen Anwendungen und Fachabteilungen eingesetzt.

Ausblick:

- Weiterentwicklung der Methode für die Erfassung und Abbildung elektromagnetisch geprägter NVH-Phänomene und Übertragungspfade.
- Ausweitung auf weitere Bereiche wie z.B. aktives Sounddesign oder auch HMI-Themen.



Quelle: HEAD acoustics