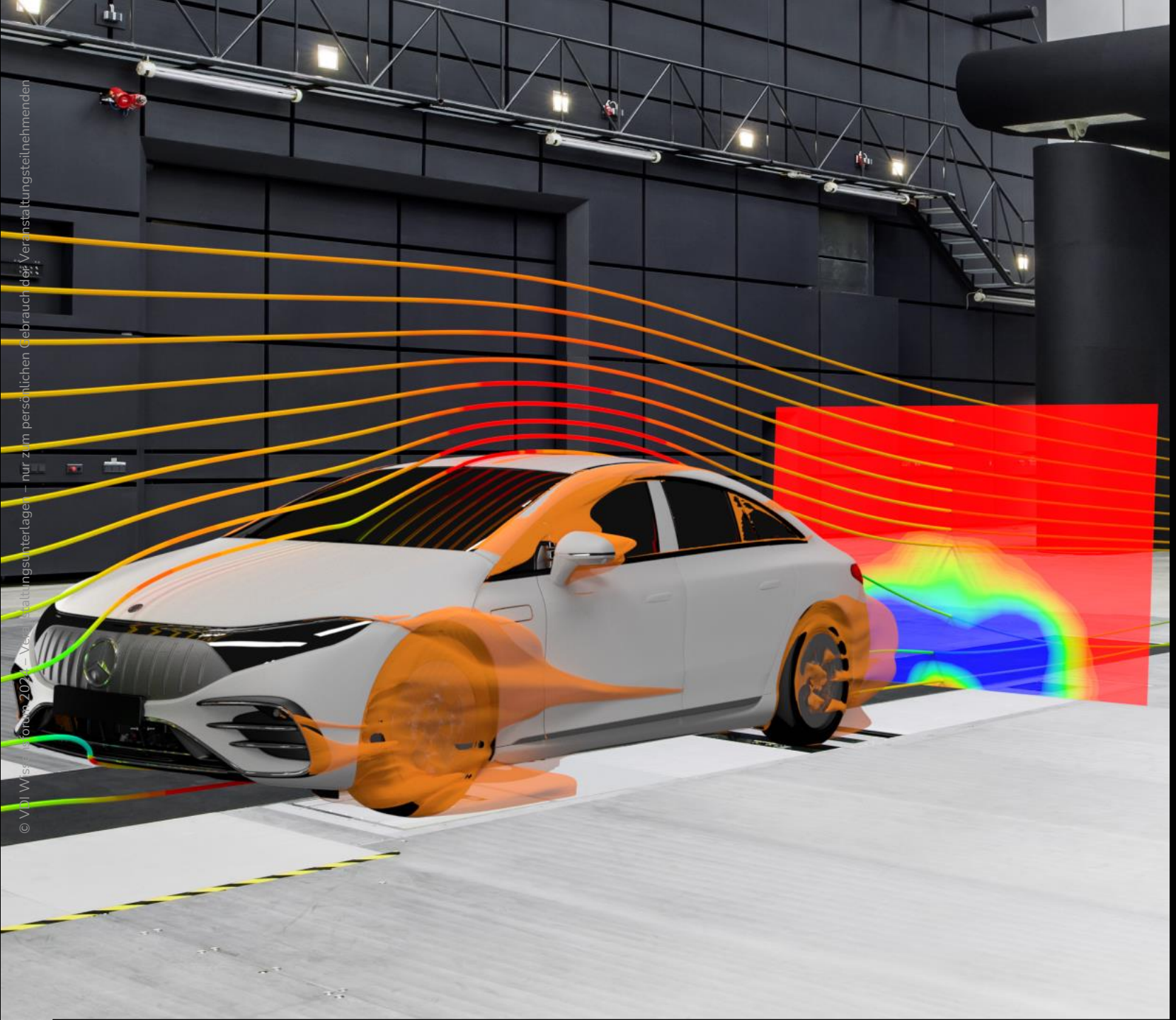


© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

In das Simulationsdatenmanagement integrierter, hochautomatisierter CFD-Simulationsprozess für effiziente Aerodynamikentwicklung

Christopher Edelmann (Mercedes-Benz AG)

SIMVEC 2024 19.- 20. November 2024

Mercedes-Benz

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Abstract DEU

Aerodynamik spielt eine wichtige Rolle in der Automobilentwicklung. Besonders bei batterieelektrischen Fahrzeugen ist ein niedriger Luftwiderstand entscheidend für eine hohe Reichweite. Um eine hervorragende Aerodynamik zu erreichen, müssen zusätzlich zur experimentellen Arbeit im Windkanal eine Vielzahl an CFD-Simulationen durchgeführt werden. In der Mercedes-Benz Aerodynamik wurde ein hochautomatisierter Simulationsworkflow etabliert, um die benötigten Simulationen abarbeiten zu können. Zur Steuerung des Workflows, der Analyse der Ergebnisse sowie dem Management der Simulationsdaten wird dafür ein Simulationsdatenmanagement (SDM) verwendet. Umfangreiche Testfälle sowie die Versionierung der Inputfiles, Prozessschritte und Parameter, sowie die Archivierung aller Simulationsergebnisse, sichern die Qualität und Nachverfolgbarkeit der CFD-Simulationen.

Geometriedaten werden über einen automatisierenten Abzug aus dem Produktdatenmanagement-System in einem standardisierten Geometrie-Pool im SDM-System abgelegt. Um mit den Geometriedaten zu arbeiten, wurde ANSA nahtlos in den Prozess integriert. Dabei wird direkt aus dem SDM-System auf den Geometriedaten gearbeitet und alle Änderungen werden dokumentiert und automatisch versioniert. Die eigentliche Definition des Fahrzeugzusammenbaus erfolgt über eine schnelle und flexible Attributierung in SCALE.model. Es schließt sich eine vollautomatisierte Prozesskette an, die in mehreren Schritten auf einem High Perfomance Computing (HPC) System abläuft. Nach dem Zusammenführen und Positionieren der Geometrie in ANSA werden in Simcenter STAR-CCM+ Wrapping, Vernetzung, Simulation und Postprocessing durchgeführt. Der Prozess ist dabei so aufgesetzt, dass eine Neuvernetzung immer nur dann stattfindet, wenn auch tatsächlich Geometriedaten geändert worden sind. Auf diese Weise können Varianten, welche auf gleichen Berechnungsnetzen basieren, sehr effizient durchgeführt werden. Durch den vollautomatisierten und parallelisierten Prozess können Design of Experiments (DOEs) mit mehreren hundert Rechnungen in kurzer Zeit durchgeführt werden. Der Prozessfortschritt wird im SDM-System fortwährend verfolgt und erlaubt durch die Bereitstellung von Zwischenergebnissen eine frühzeitige Fehleridentifikation. Auf der Grundlage eines standardisierten Postprocessings und einer konsistenten Darstellung der Ergebnisdaten im SDM-System können mehrere Simulationen miteinander verglichen werden und schnell neue Maßnahmen abgeleitet werden. Bei DOEs ermöglicht die Variabilität des SDM-Systems die einfache Bereitstellung der Ergebnisbeiwerte und Entwurfsparameter zur weiteren Datenanalyse in spezialisierten Tools.

Mit dem in das SDM-System integrierten, hochautomatisierter CFD-Prozess werden eine hohe Simulationsqualität bei kurzen Produktentwicklungszyklen und einer sichere Nachverfolgbarkeit der CFD-Ergebnisse erreicht. Dies sind wichtige Voraussetzungen für eine effiziente Entwicklung, um eine optimale Aerodynamik erzielen zu können.

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Abstract EN

Aerodynamics plays an important role in automotive development. Especially for battery electric vehicles, low air resistance is crucial for a high range. To achieve excellent aerodynamics, a multitude of CFD simulations must be conducted in addition to experimental work in the wind tunnel. At Mercedes-Benz Aerodynamics, a highly automated simulation workflow has been established to handle the required simulations. A simulation data management (SDM) system is used to control the workflow, analyze the results, and manage the simulation data. Extensive test cases, as well as the versioning of input files, process steps, and parameters, and the archiving of all simulation results, ensure the quality and traceability of the CFD simulations.

Geometry data is automatically extracted from the product data management system and stored in a standardized geometry pool within the SDM system. To work with the geometry data, ANSA has been seamlessly integrated into the process. The geometry data is worked on directly from the SDM system, and all changes are documented and automatically versioned. The actual definition of the vehicle assembly is done through a fast and flexible attribution in SCALE.model. This is followed by a fully automated process chain that runs in several steps on a High Performance Computing (HPC) system. After merging and positioning the geometry in ANSA, wrapping, meshing, simulation, and post-processing are performed in Simcenter STAR-CCM+. The process is set up so that remeshing only occurs when geometry data has actually been changed. This allows variants based on the same computational meshes to be conducted very efficiently. Through the fully automated and parallelized process, Design of Experiments (DOEs) with several hundred calculations can be carried out in a short time. The process progress is continuously tracked in the SDM system, allowing early error identification through the provision of intermediate results. Based on standardized post-processing and a consistent presentation of the result data in the SDM system, multiple simulations can be compared with each other, and new measures can be quickly derived. In DOEs, the variability of the SDM system allows for the easy provision of result coefficients and design parameters for further data analysis in specialized tools.

With the highly automated CFD process integrated into the SDM system, high simulation quality is achieved with short product development cycles and secure traceability of CFD results. These are important prerequisites for efficient development to achieve optimal aerodynamics.

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

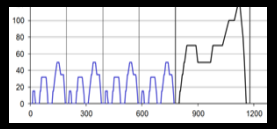
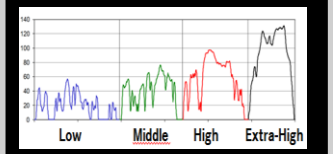
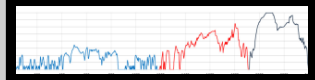
Agenda

- Motivation
- Aero CFD Process with SCALE.sdm
- Design of Experiments
- Result analysis and simulation tracking
- Conclusions

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

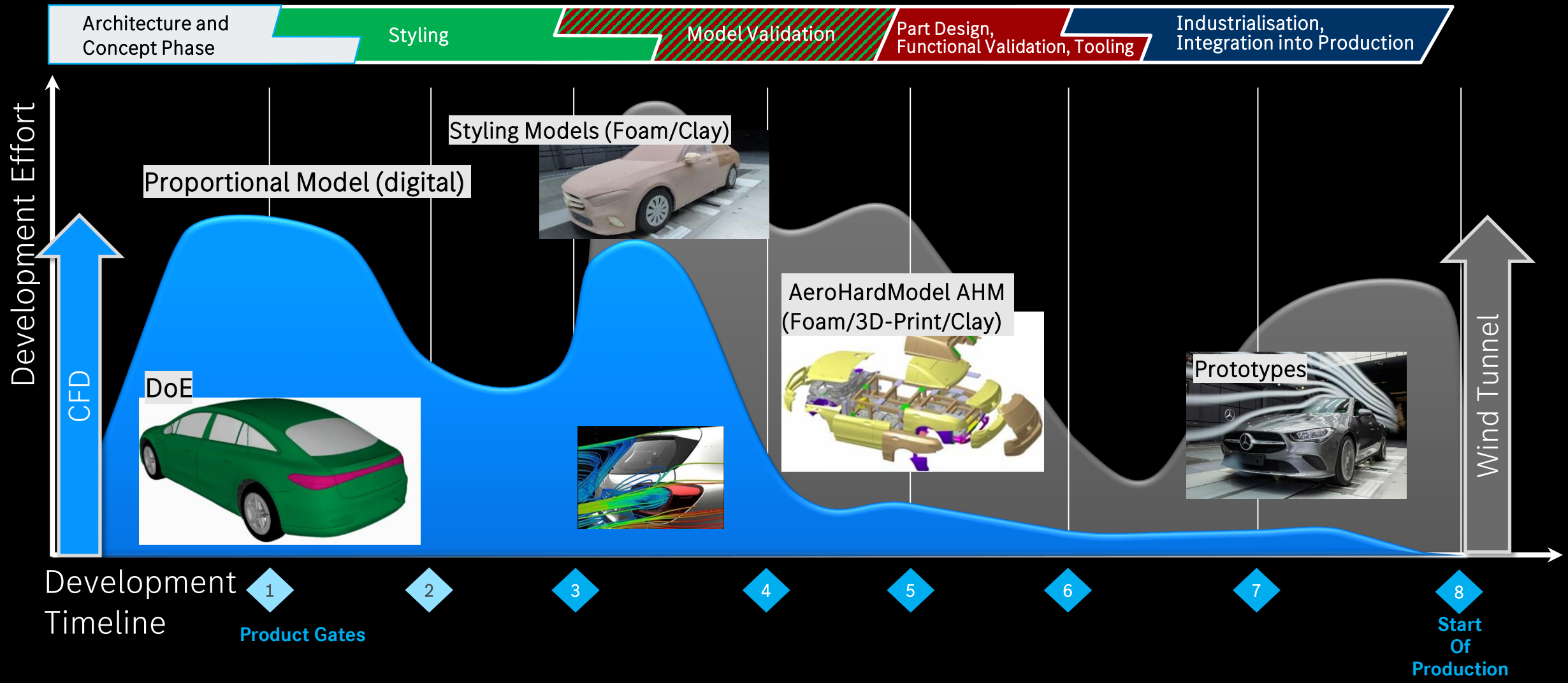
Why aerodynamic drag reduction?
Even the effect of drag reduction of -0,01 is still remarkable!



	NEDC	WLTC	MBVT	
				
	-2	-4	-5	gCO_2/km
Fuel saving	**-0,1**	**-0,15**	**-0,2**	**l/100km**
Weight equivalent (same fuel saving)				kg
EV-Range ~	+1%	+1,5 %	+1,5%	

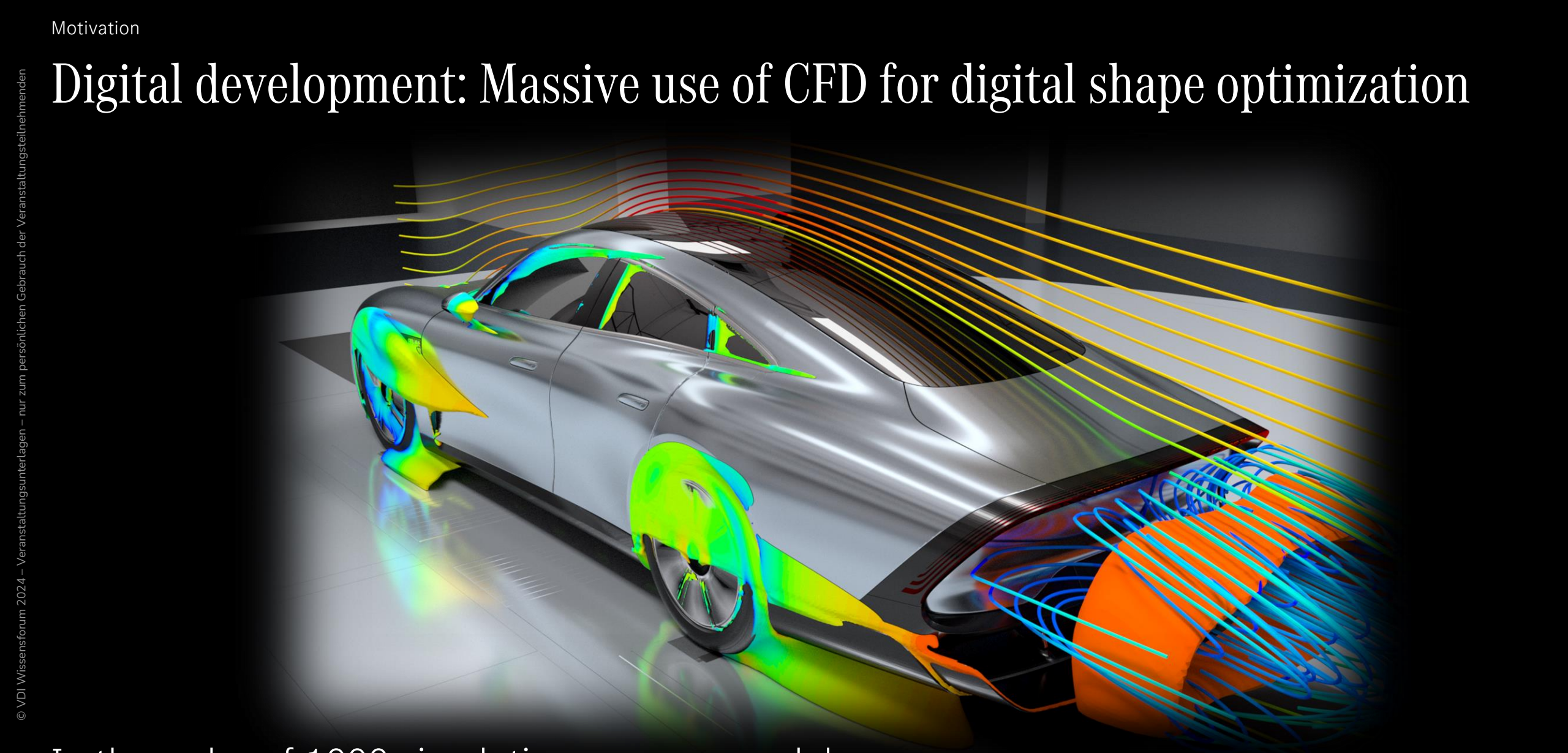
Aerodynamics Development Process: The early phase is 100% virtual

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden



© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Digital development: Massive use of CFD for digital shape optimization



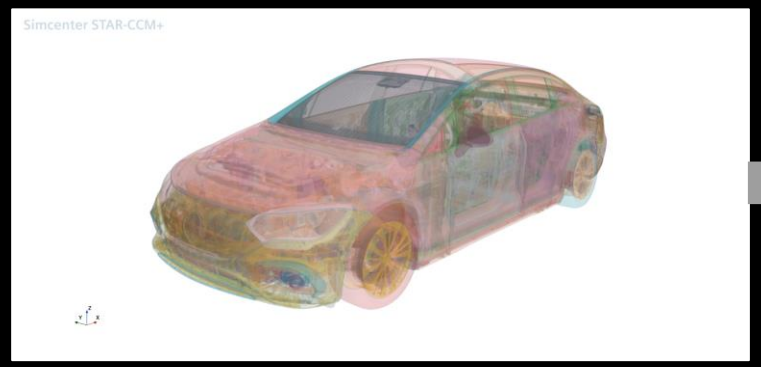
In the order of 1000 simulations per car model

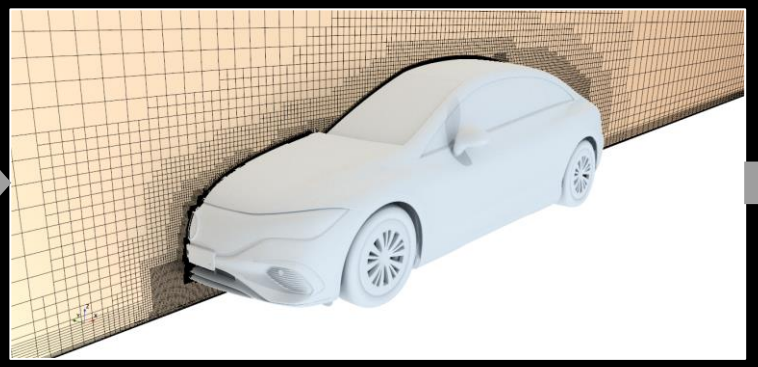
→Highly automated simulation workflow and traceability of results necessary

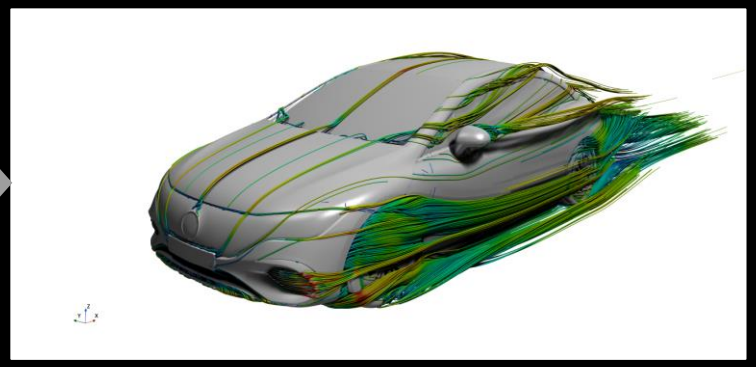
Fully Automated Aero CFD Process

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Folder with separate geometry-files → Preprocessing → Meshing → Solving → Postprocessing







Why SCALE.sdm?

„Our solution SCALE.sdm is an integrative software environment for end-to-end simulation and test data management. The solution enables efficient management and versioning of simulation models including all associated modules and processes.

Furthermore, an efficient analysis and evaluation of result data is enabled."[1]

→

- End-to-end simulation management ✓
- Management and versioning of simulation models ✓
- Analysis and evaluation of result data ✓

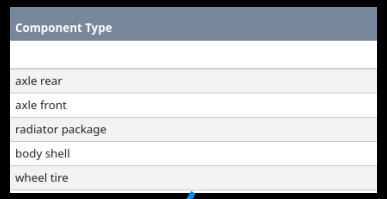
[1] Scale GmbH. Retrieved September 19, 2024, from https://www.scale.eu/en/products/scale-sdm/

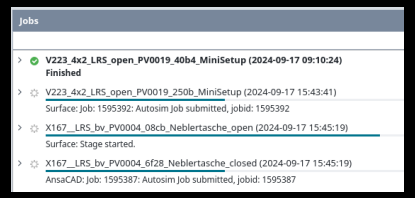
© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Aero CFD Process with SCALE.sdm

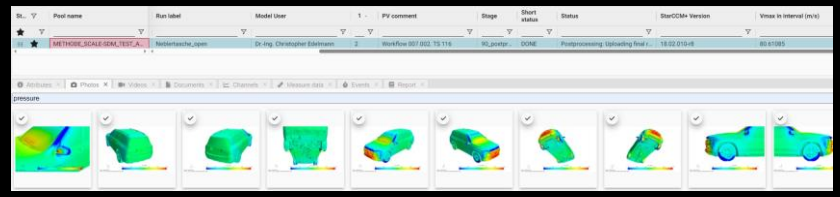
© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Model





Result

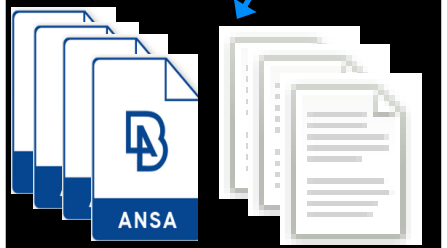


Final results

Write data

Control workflow

Updates

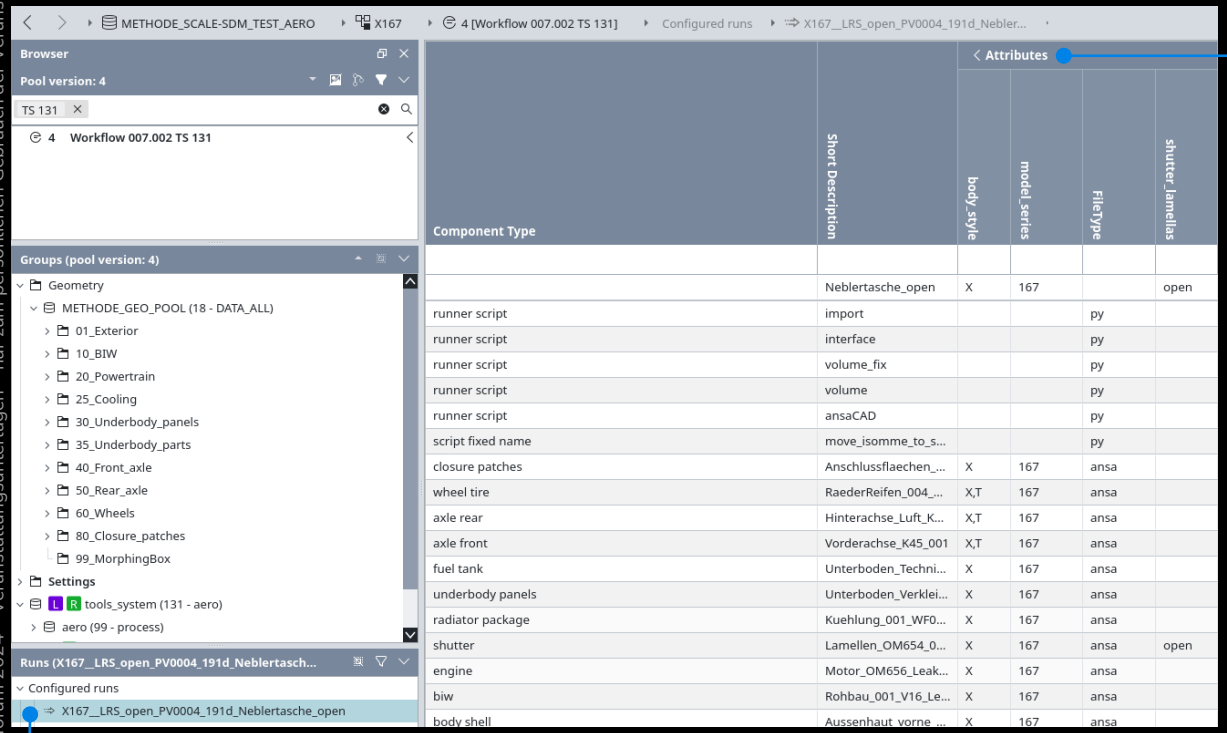


ANSA

SC CCM

Simulation inputs → Preprocessing → Meshing → Solving → Postprocessing

SCALE.model run configuration



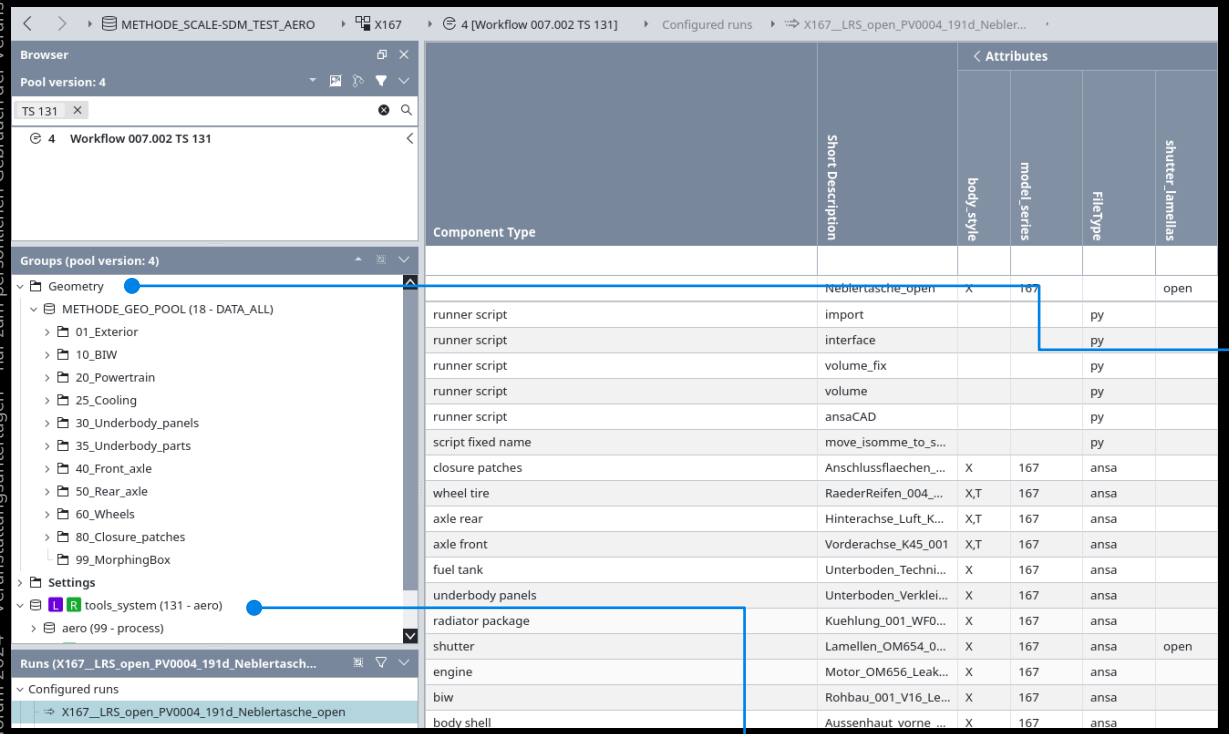
Run configuration attributes

Run configuration

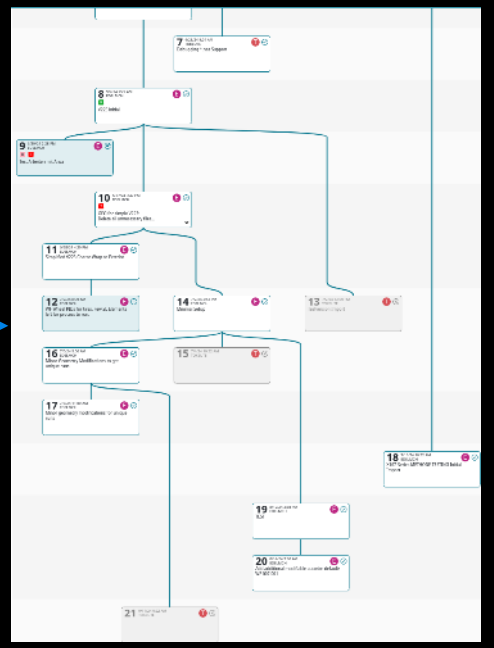
© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Version history of simulations and inputs

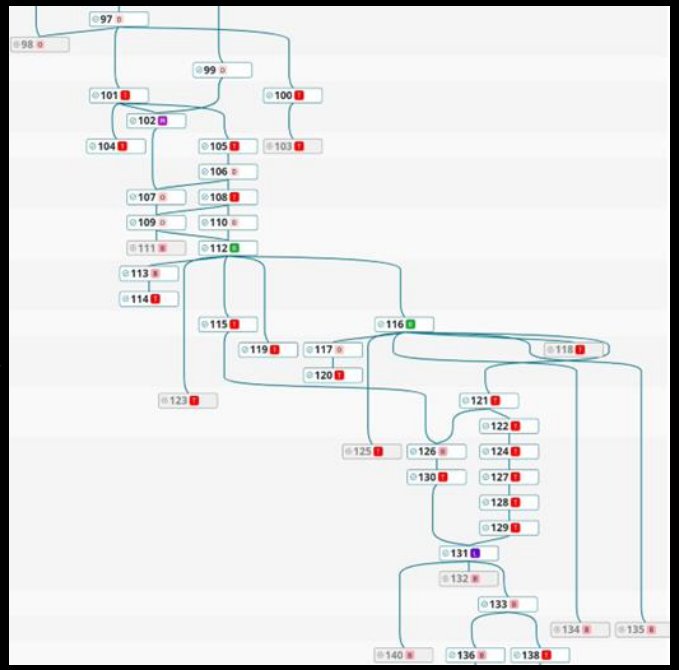
© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden



History graph (geometry)

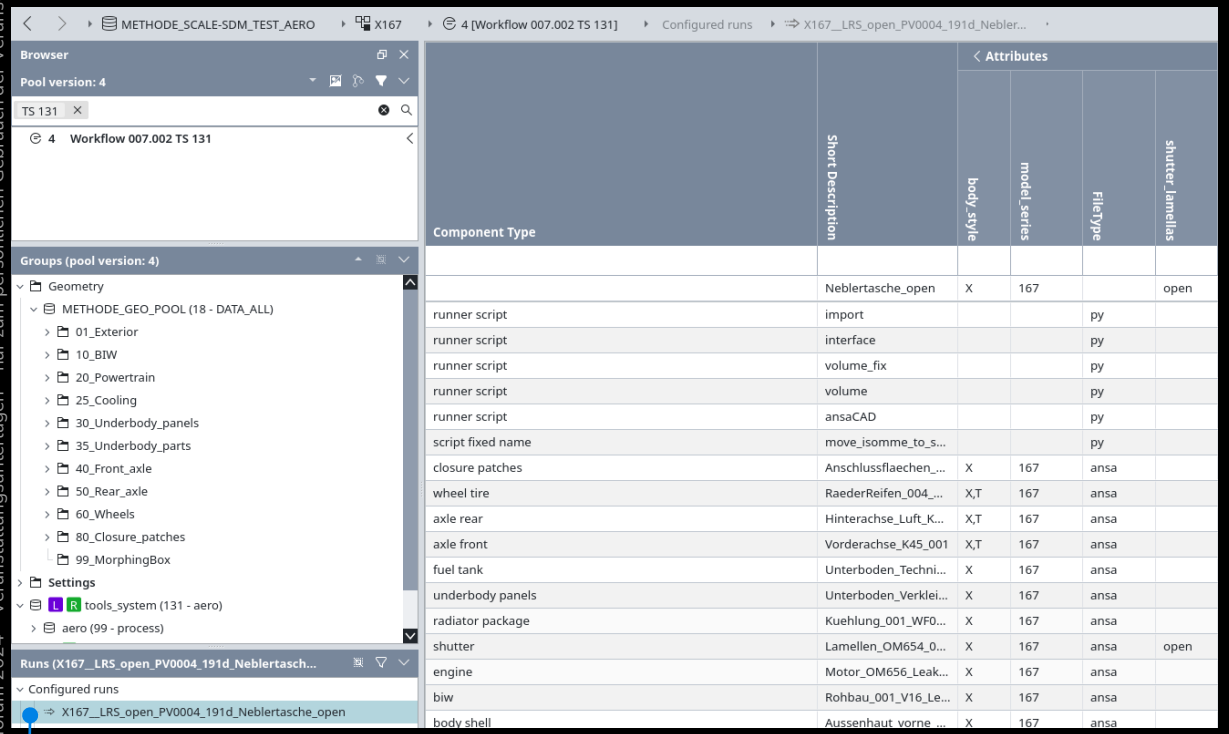


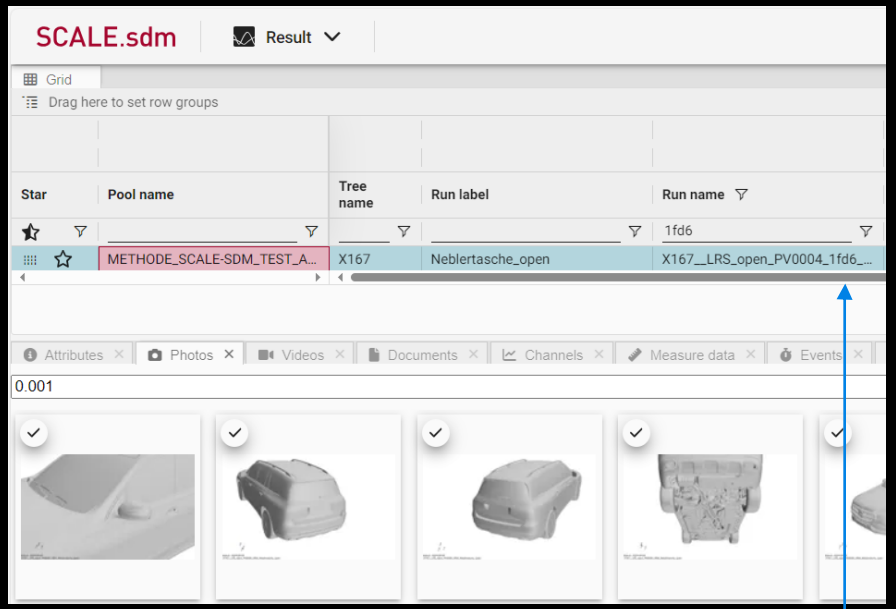
History graph (scripts etc.)



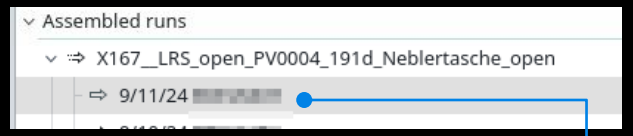
Version history of simulations and inputs - traceability of all simulation results

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

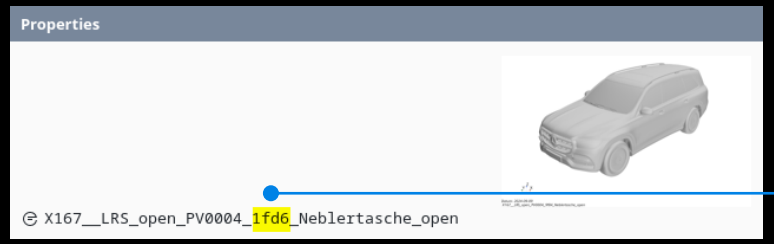




Assembled runs

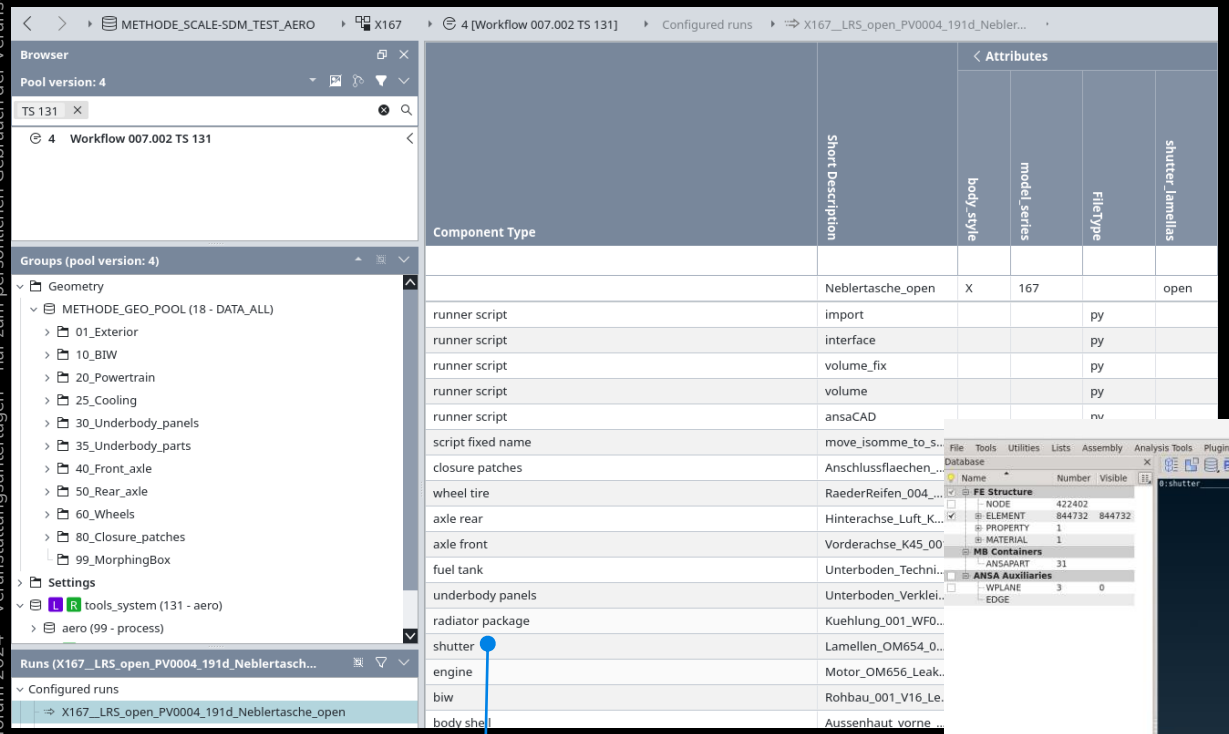


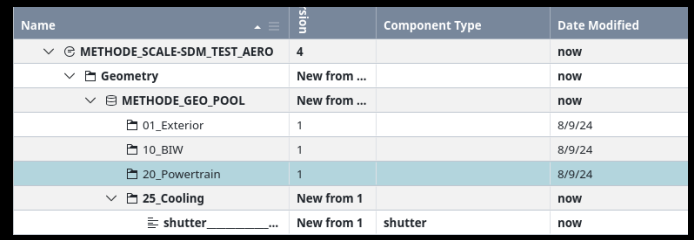
Properties

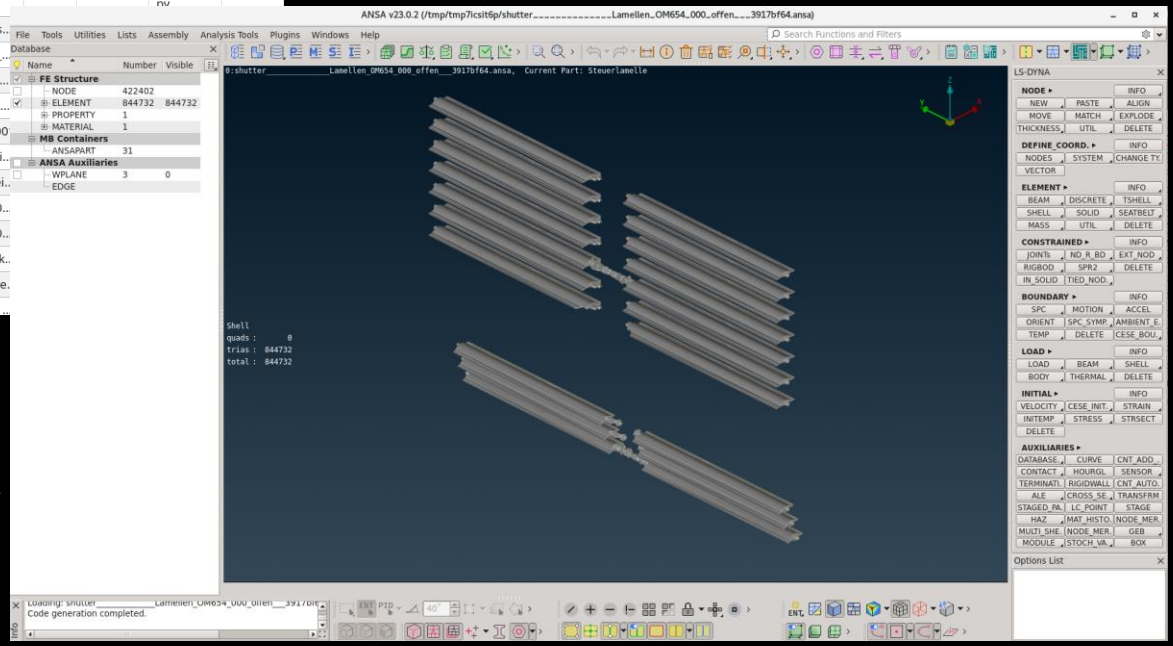


ANSA Integration

Work on geometry directly from SCALE.model







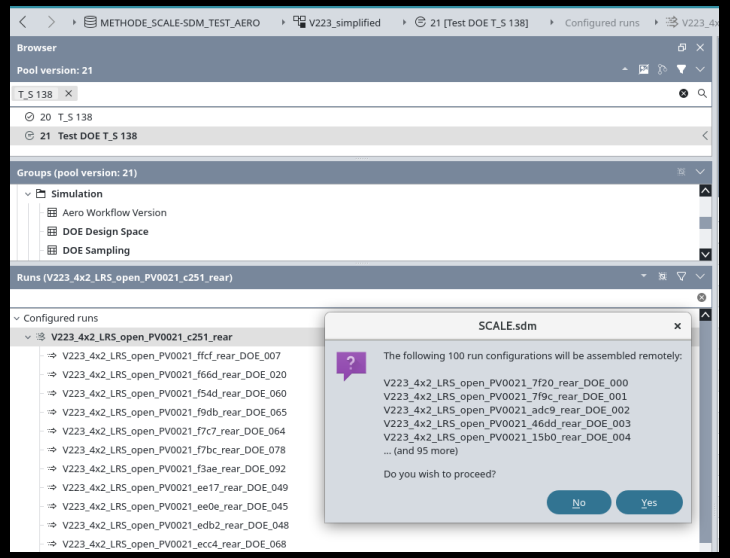
Open directly from SCALE.model

New version added

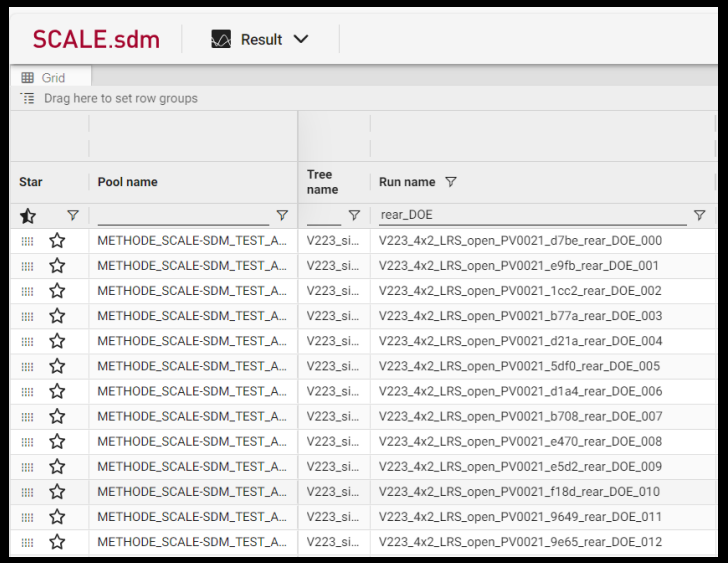
© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Simulation of many variants: Design of Experiments

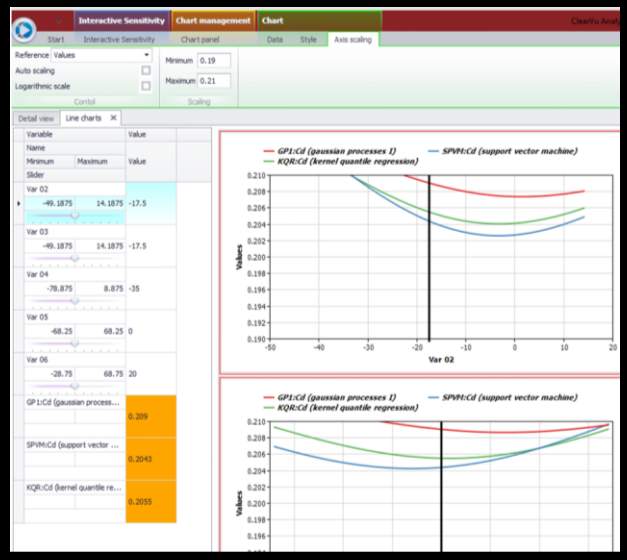
Model



Result



ClearVu Analytics™



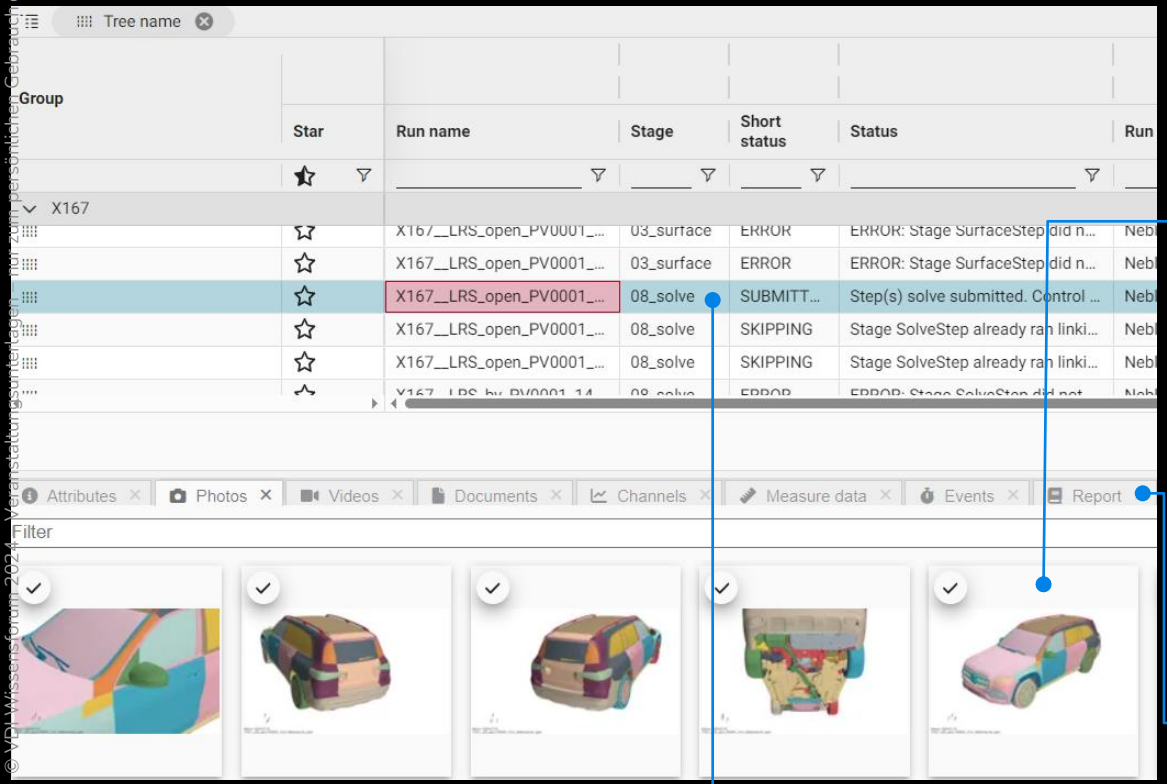
- Definition of DOE Sampling integrated in SCALE.model
- Massive parallel runs possible

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

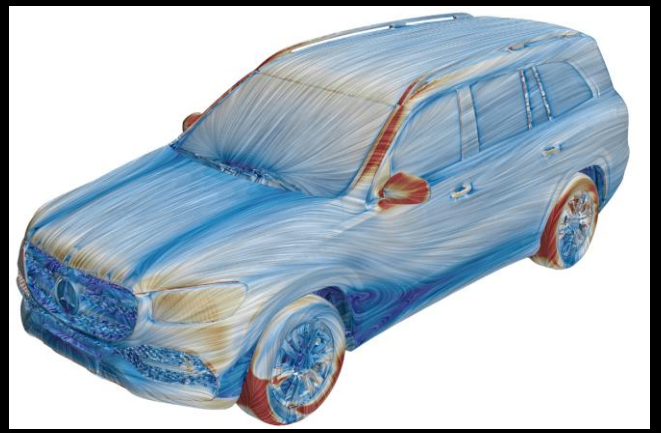
© VDI Wissensforum 2024 Veranstaltungsunterlagen nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

SCALE.result

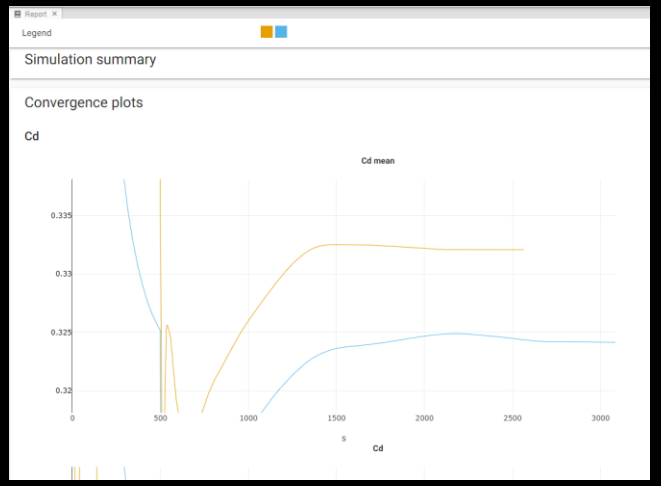
Tracking of simulation progress and analysis of results



Access to pregenerated images



Reports for simulation overview :



Tracking of simulation progress

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Summary

- Aerodynamics is crucial in automotive development, especially for electric vehicles to achieve high range.
- In the order of 1000 CFD simulations per car model are performed.
- Mercedes-Benz has established a highly automated CFD simulation workflow.
- ANSA and Simcenter STAR-CCM+ are closely integrated into the simulation process.
- Simulation Data Management (SDM) is used for workflow control, result analysis, and data management.
- The automated process allows efficient execution of Design of Experiments (DOEs) with hundreds of simulations.
- The SDM system ensures high simulation quality, traceability, and quick identification of errors, facilitating optimal aerodynamic development.

© VDI Wissensforum 2024 – Veranstaltungsunterlagen – nur zum persönlichen Gebrauch der Veranstaltungsteilnehmenden

Danksagungen

SCALE

Marko Thiele

Rafael Siepa

Tobias Keute

MBC Aero

Erich Jehle-Graf

Alexander Wäschle

Anke Jäger

Volker Schwarz