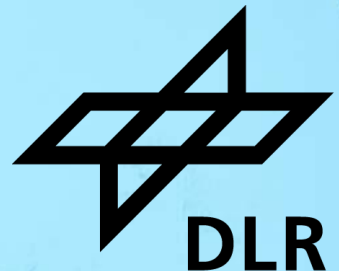


STRUKTURMECHANIK IN GTLAB MITTELS VMAP UND HDF5

Institut für Bauweisen und Strukturtechnologie (BT)



Fachgruppe „Strukturen für Luftfahrtantriebe“

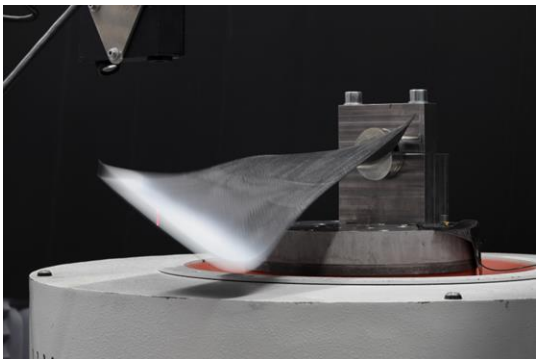
➤ www.dlr.de/BT



Institut BT / ZLP, Augsburg



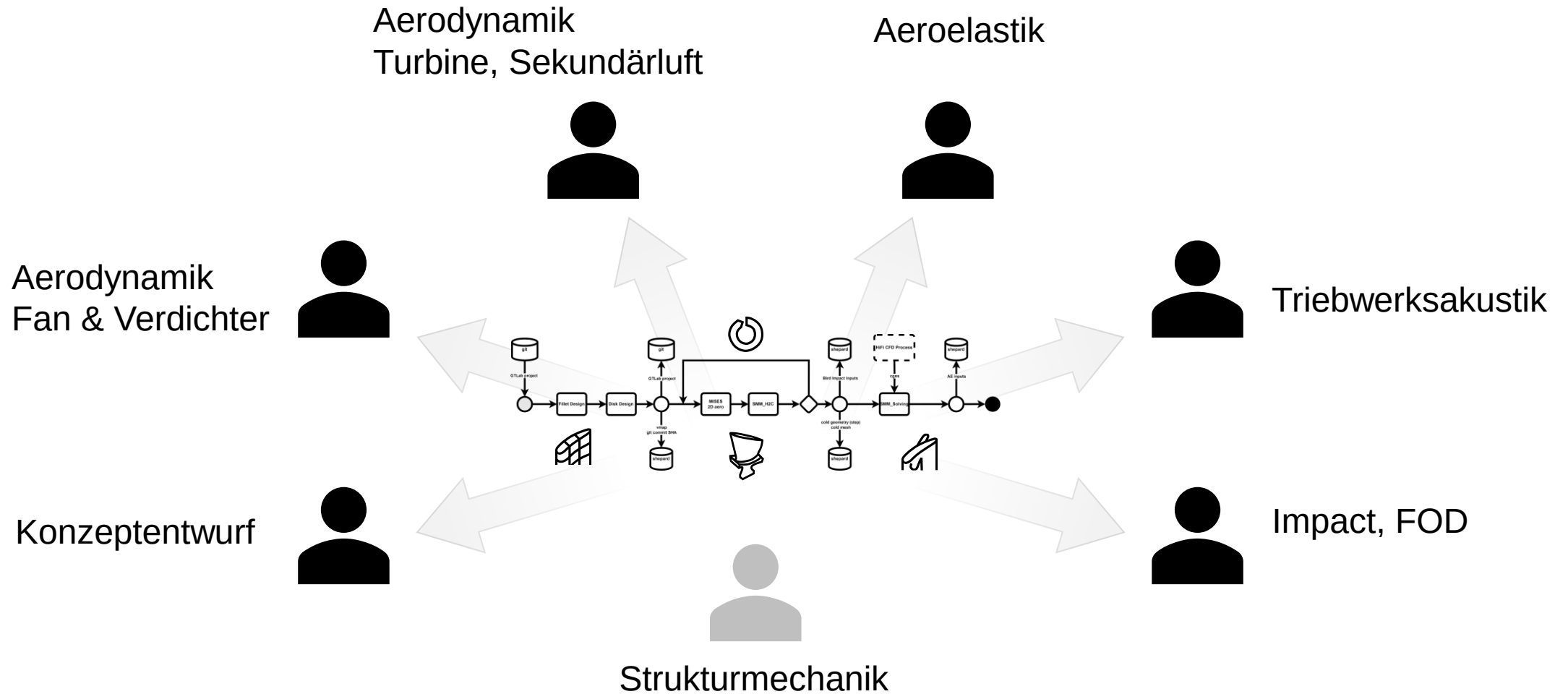
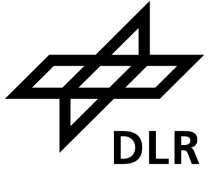
Institut BT, Stuttgart



- Kurzvorstellung
- Überblick: Strukturmechanik in GTlab
- **VMAP**: CSM*-Datenstandard
- **HDF5**, GTlab-Interface
- Ausblick
- Zusammenfassung, Relevanz für Virtual Engine

* Computational Structural Mechanics

Strukturmechanisches GTlab-Modul: SMM

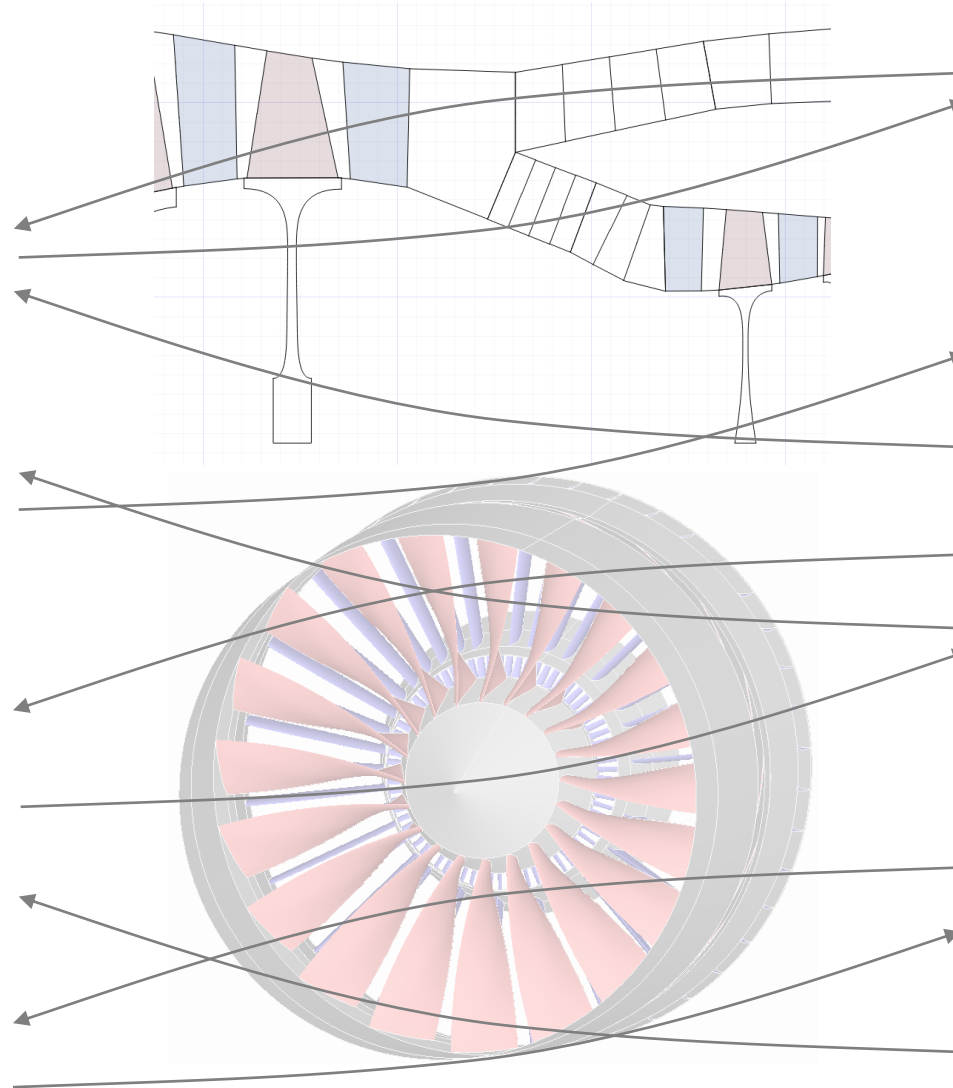


- Ziele
 - Automatisierung wo sinnvoll und machbar
 - Dezentrale Strukturmechanik, direkt bei den Bedarfsträgern
- Dadurch mehr Kapazität für
 - Innovation
 - Datenbasierte Forschung

SMM – Bestandteile

Blades

- ≡ S1
- ≡ R1
- >  Blade Row Data
- >  Profile Data
- >  Leading Edge
- >  Trailing Edge
- >  Upstream Stations
- >  Internal Stations
- >  Disk
- >  Attachment
- ✓ **H5** HPT_R1_hot.vmap
 - ✓  VMAP
 - ✓  SIMULATION
 - >  GEOMETRY
 - >  MATERIAL
 - >  SYSTEM
 - >  VARIABLES

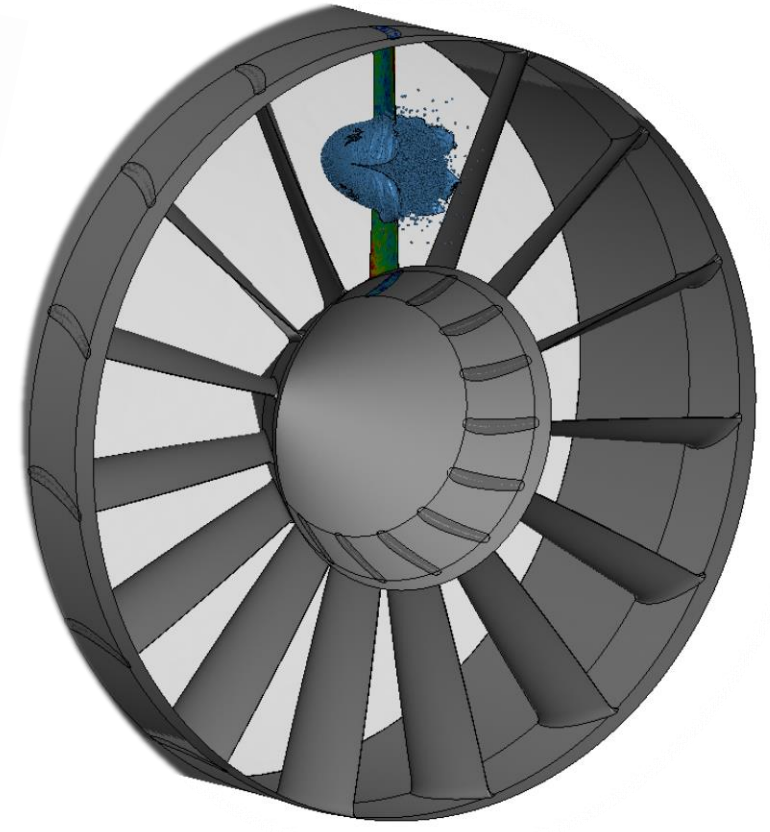
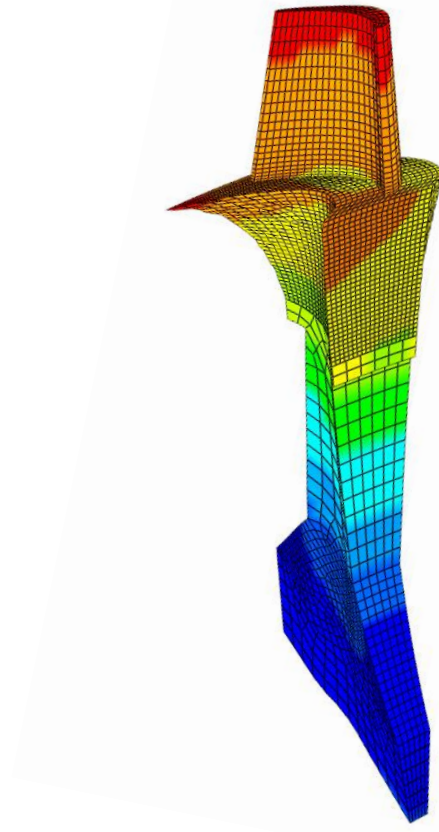


-  Attachment Mesher
-  Axf Analysis
-  Blade Mesher
-  Blade NURBS Exporter
-  CalculiX
-  DYNA Exporter
-  Disk Geometry Generator
-  Disk Mesher
-  ExampleCalculator
-  Hot-to-Cold-CAD
-  Hot-to-Cold-FE
-  Modal Assurance Criterion
-  OP Setup
-  Permas Exporter
-  Tecplot Exporter
-  VMAP Template Creator

SMM – Funktionalität: Analyse und Bewertung im 3D Vorentwurf

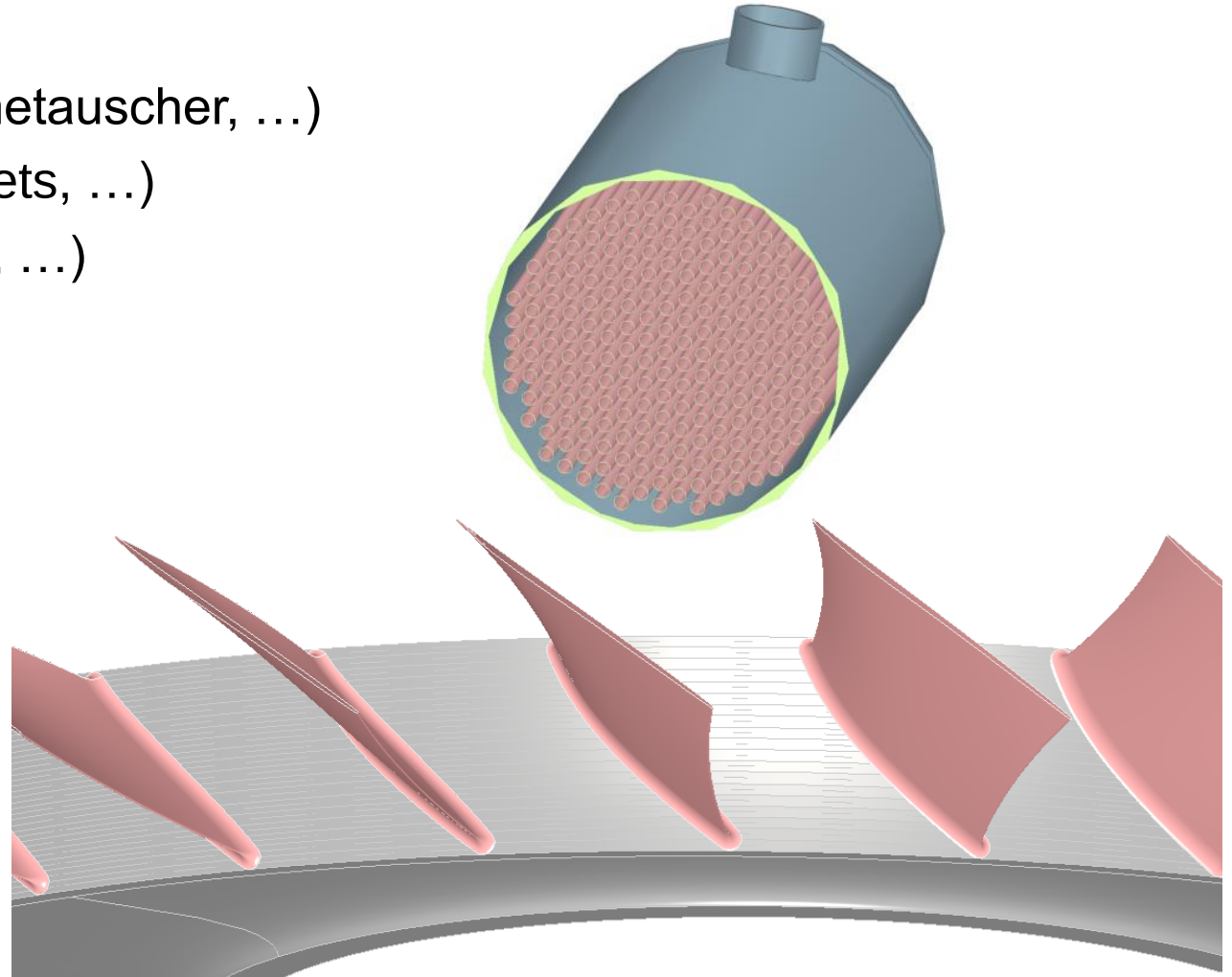
- Anwendung auf Hauptkomponenten

- Schaufeln
- Streben
- Scheiben
- Gehäuse
- ~~Brennkammer~~
- Wärmetauscher
- ...



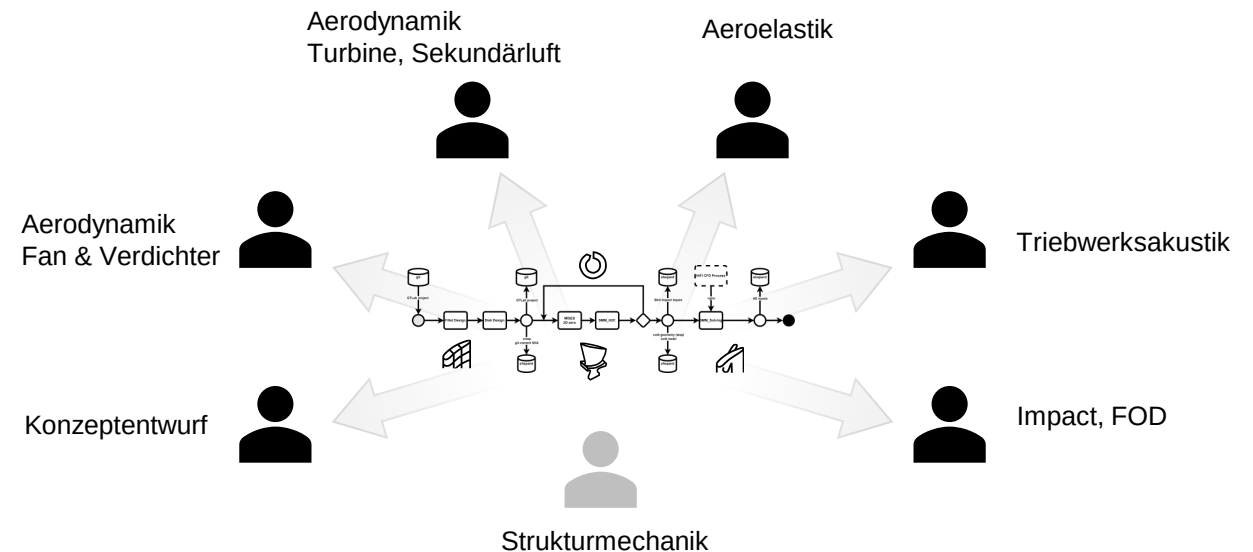
SMM – Funktionalität: Analyse und Bewertung im 3D Vorentwurf

- Geometrie
 - Parametrisierung (Scheiben, Wärmetauscher, ...)
 - Erzeugung (Scheibenkonturen, Fillets, ...)
 - Manipulation (Spalte, Formschluss, ...)
- FE-Analyse
 - Vernetzung
 - Modellaufbau
 - Analysekonfiguration
 - Ausführung (CalculiX)

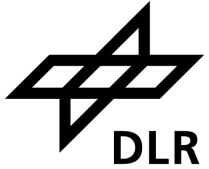


SMM – Funktionalität: Analyse und Bewertung im 3D Vorentwurf

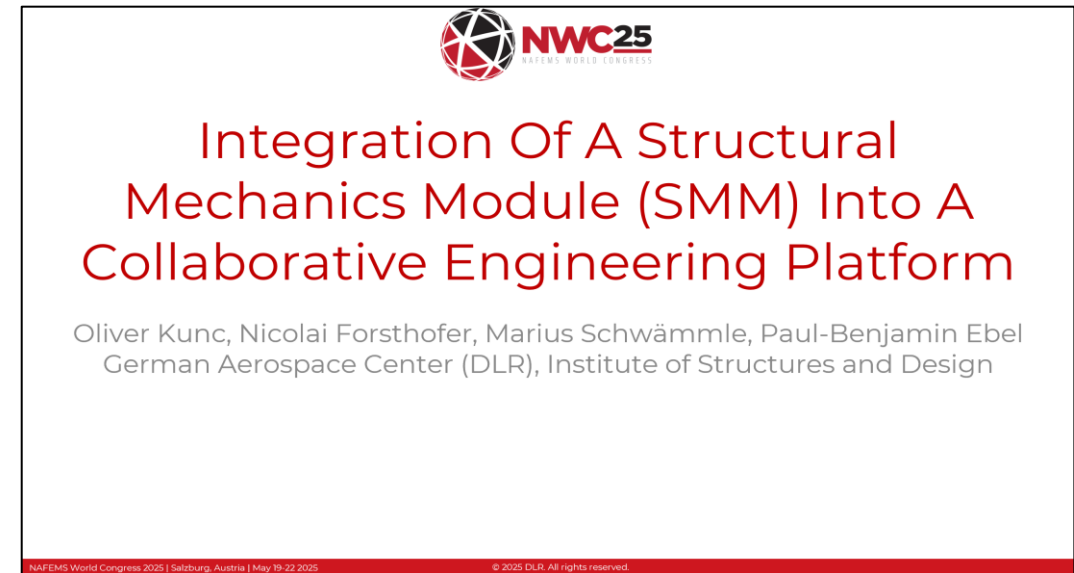
- Bewertung
 - Statische Auslastung
 - Dynamische Auslastung
 - Resonanzen
 - ...
- Export
 - Aerodynamik/-elastik (FSI)
 - Impact (FOD)
 - Kollaboration
 - Datenbasierte Methoden
 - Archivierung
 - ...



SMM – Herausforderungen



- Wiederverwendung vs. Neuentwicklung
- Integration vs. Modularisierung
- Usability & User Experience
- Wahl der externen Tools
- Testing
- **Datenformate und Interoperabilität**



Integration Of A Structural Mechanics Module (SMM) Into A Collaborative Engineering Platform

Oliver Kunc, Nicolai Forsthofer, Marius Schwämmle, Paul-Benjamin Ebel
German Aerospace Center (DLR), Institute of Structures and Design

NAFEMS World Congress 2025 | Salzburg, Austria | May 19-22 2025

© 2025 DLR. All rights reserved.

NWC25-0006902-Paper



Virtual Materials and Manufacturing Processes: VMAP Standard

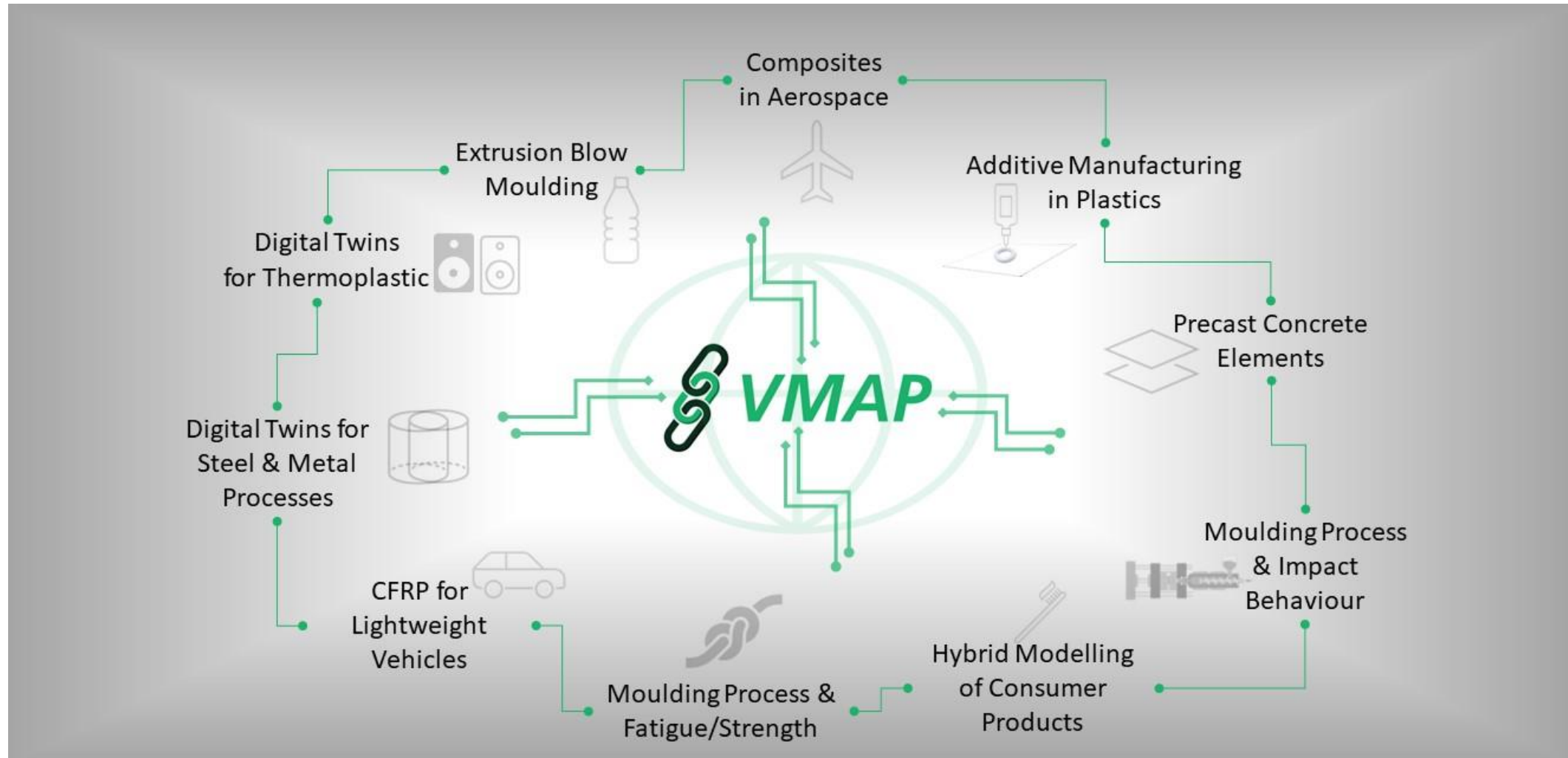


- Datenstandard für Material-, Herstellungs- und Bauteilsimulation
- Ziel: Interoperabilität von Ingenieursprozessen
- Eigenschaften:
 - Anbieterneutral
 - Anwendergetrieben, koordiniert durch nicht gewinnorientierten Verein
 - Open Source

➤ www.vmap-standard.org



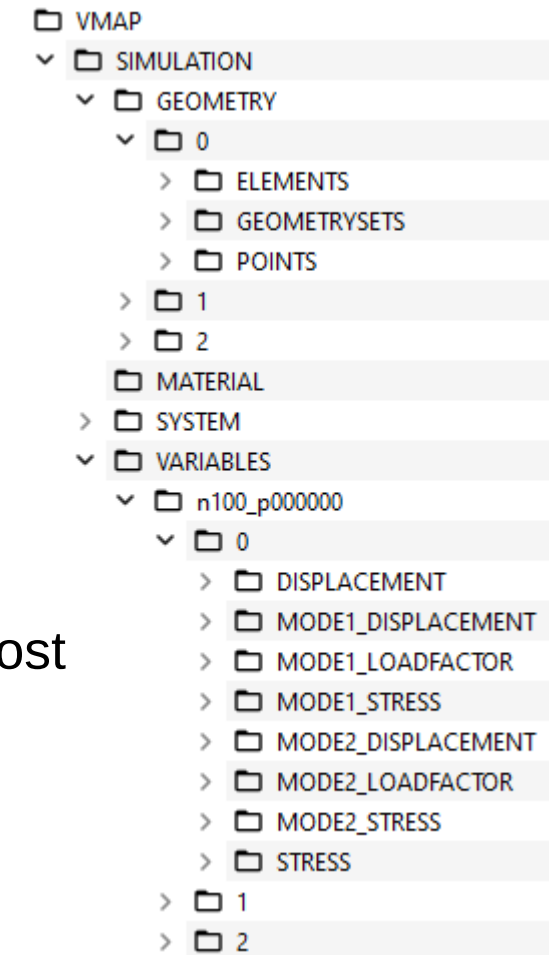
VMAP – initiale Anwendungsbereiche



- HDF5 Dateiformat (binär, weit verbreitet)

(Daten-)Standard	(Datei-/Daten-)Format
Welche Daten werden erfasst? Wie sind sie einander zugeordnet/sortiert?	Wie werden die Daten technisch gespeichert?
„Person“ = {„Name“, „Adresse“, „Alter“}	XML, JSON, Excel, SQL, ...
CGNS	HDF5, ADF
netCDF, HDF-EOS5, CGNS, VMAP, ...	HDF5

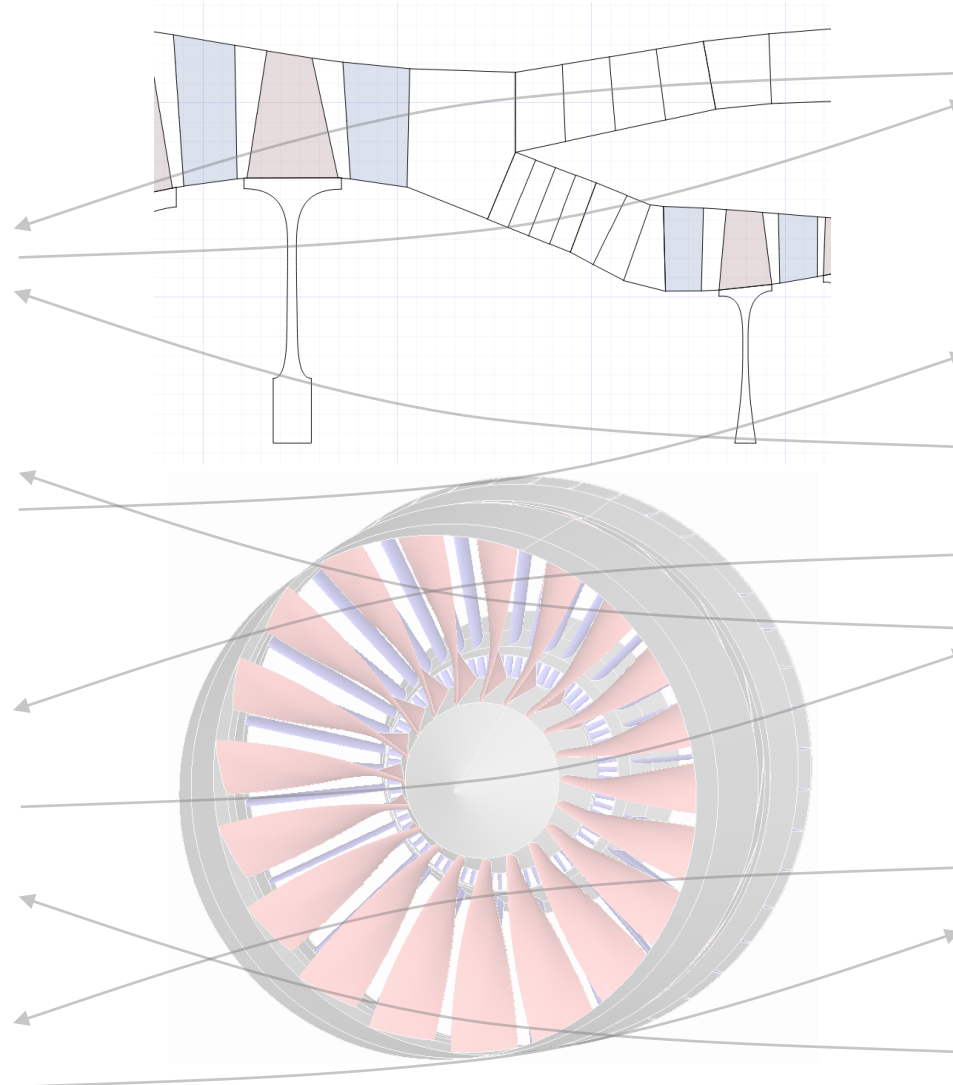
- HDF5 Dateiformat (binär, weit verbreitet)
- Daten
 - Netze + FE-Ergebnisse (v1.0)
 - Messwerte (v1.2)
 - Lasten + Randbedingungen (WIP)
 - 3D-Druckerdaten (WIP)
- Ökosystem, Anwendungen
 - 20+ kommerzielle und quelloffene Softwares: Simulationen, Pre/Post
 - Mehrstufige Simulationsketten, softwareübergreifend



VMAP – in GTlab

Blades

- ≡ S1
- ≡ R1
- > Blade Row Data
- > Profile Data
- > Leading Edge
- > Trailing Edge
- > Upstream Stations
- > Internal Stations
- > Disk
- > Attachment
- ✓ **H5 HPT_R1_hot.vmap**
 - ✓ VMAP
 - ✓ SIMULATION
 - > GEOMETRY
 - > MATERIAL
 - > SYSTEM
 - > VARIABLES



- Attachment Mesher
- Axf Analysis
- Blade Mesher
- Blade NURBS Exporter
- CalculiX
- DYNA Exporter
- Disk Geometry Generator
- Disk Mesher
- ExampleCalculator
- Hot-to-Cold-CAD
- Hot-to-Cold-FE
- Modal Assurance Criterion
- OP Setup
- Permas Exporter
- Tecplot Exporter
- VMAP Template Creator

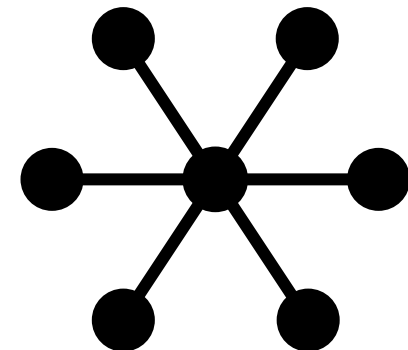
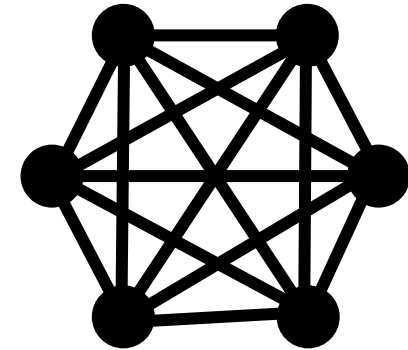
VMAP – Wozu?



- „Wieso nicht einfach das Format X der **Software Y**?“

2 Gründe gegen softwarespezifische FE-Datenformate

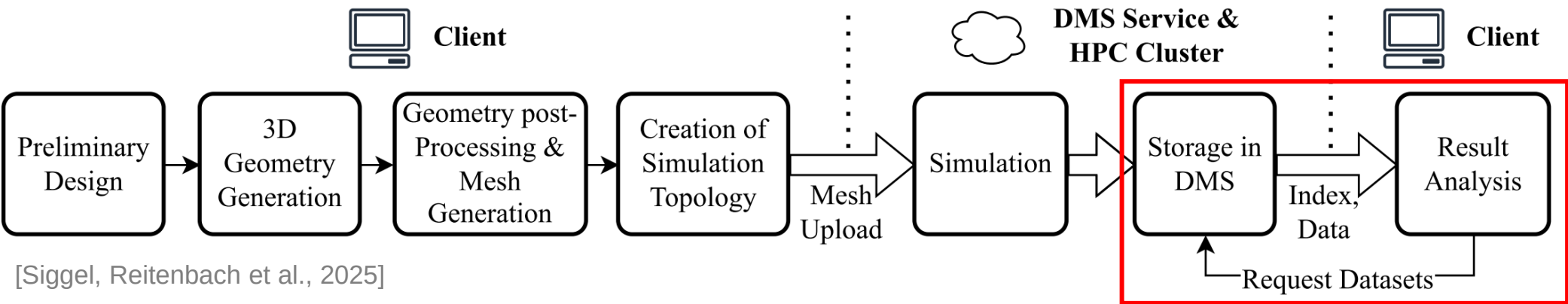
1. Software Y funktioniert nicht mit Software Z
 - Konverter? Wrapper? Interfaces?
 - Hürde zur Kooperation
 - Fehleranfälligkeit
 - Aufwand
2. Software Y ist in Zukunft nicht mehr verfügbar
 - Vendor Lock-In: Preispolitik, Cloud-Migration, ...
 - Open-Source-Community verflüchtigt/ungeeignet
 - Umstellung von Y und Y-Abhängigkeiten auf Z, siehe 1.



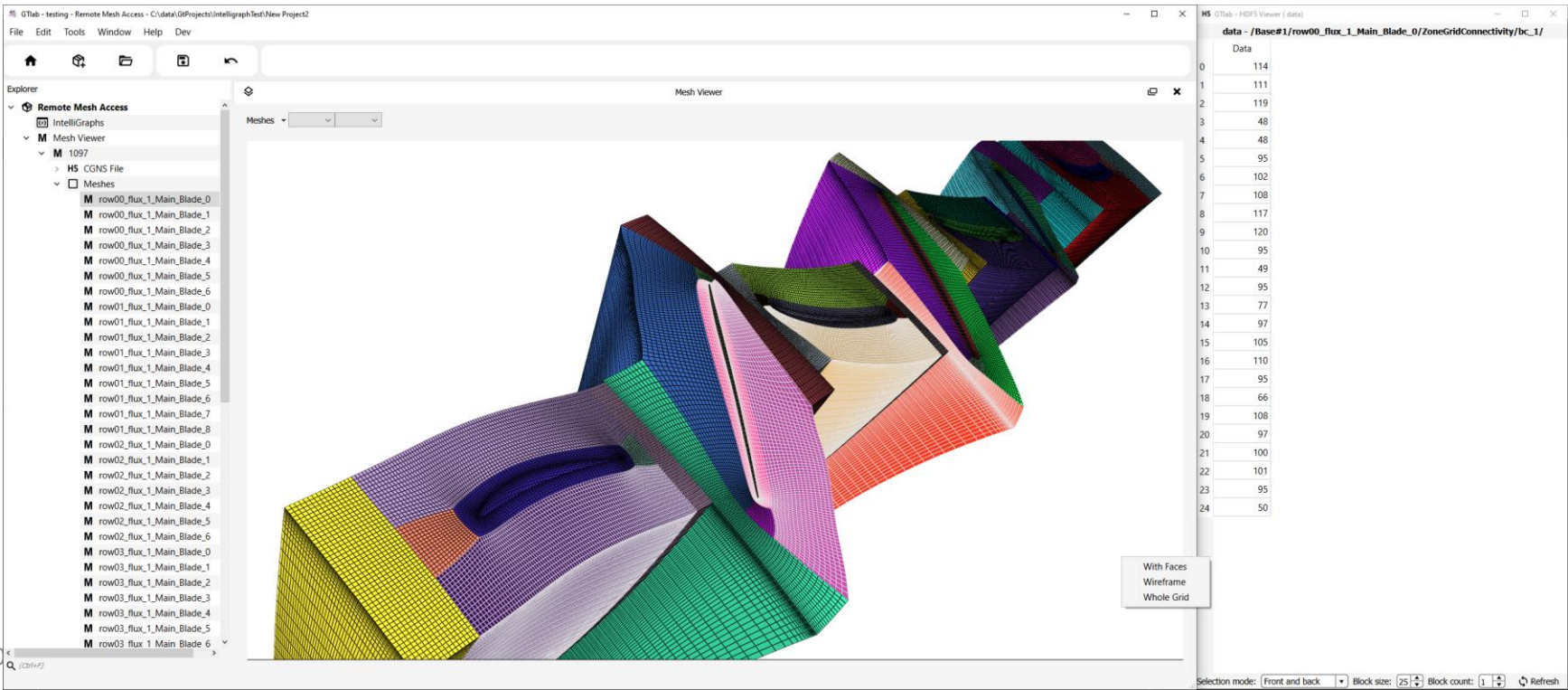
8 Gründe für HDF5 und gegen ASCII

1. Maschinenlesbar, nachhaltig, quelloffene Bibliotheken
 - HDF5 ist too big to fail: CFD, HPC, Wetter-/Klimadaten, Weltraum, ...
 - Dimensionierung
 - Typisierung
2. Metadaten direkt bei den Daten
3. Effizienz: Speicher
 - Genauigkeit einstellbar
 - Native Kompression
 - Geschwindigkeit
 - Random Access
 - Verknüpfungen
4. Effizienz: Anzeige
 - Filterbarkeit: Dimension, Anzahl, ...
 - Responsivität
5. Parallelisierung
 - SWMR
 - MPI
6. Differenzierbar, hashbar
 - In Hierarchien
 - Robust
7. Heterogen
 - Z.B. auch Bilddaten
8. **Remote computing**

Beispiel Remote Computing



[Siggel, Reitenbach et al., 2025]



- VMAP:

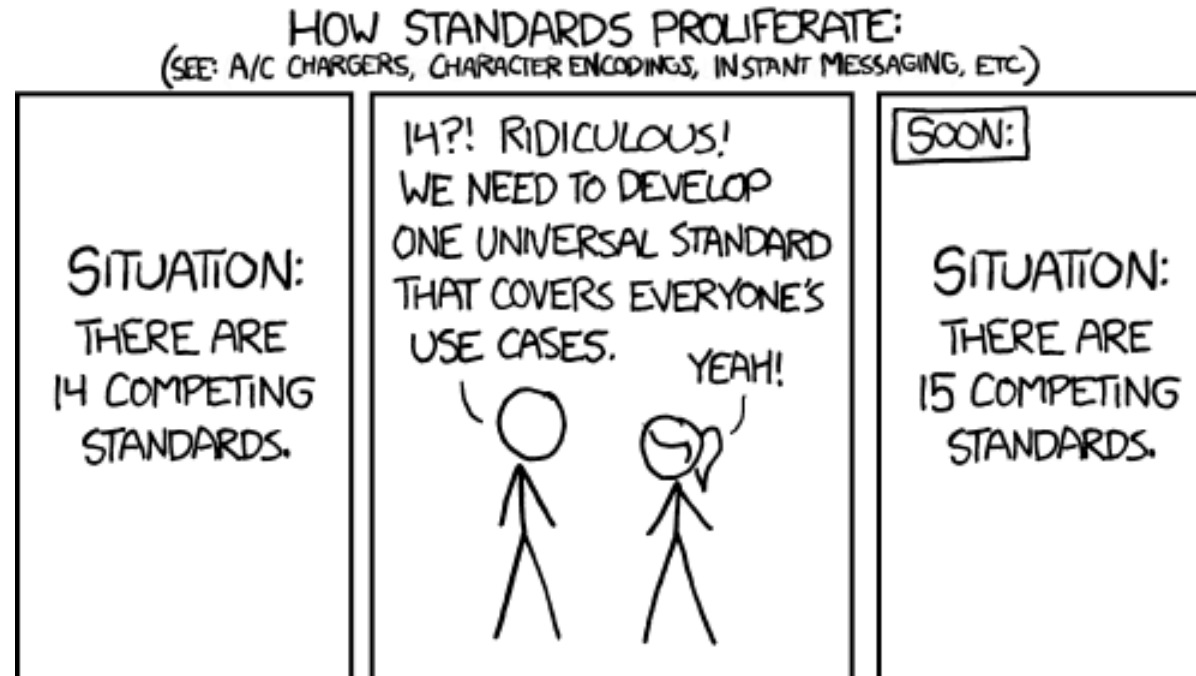
Fachlich korrekte und vollständige Speicherung
von CSM- und Messdaten

- HDF5 + GTlab-Interface:

Technische Anbindung strukturierter Daten
ans Framework

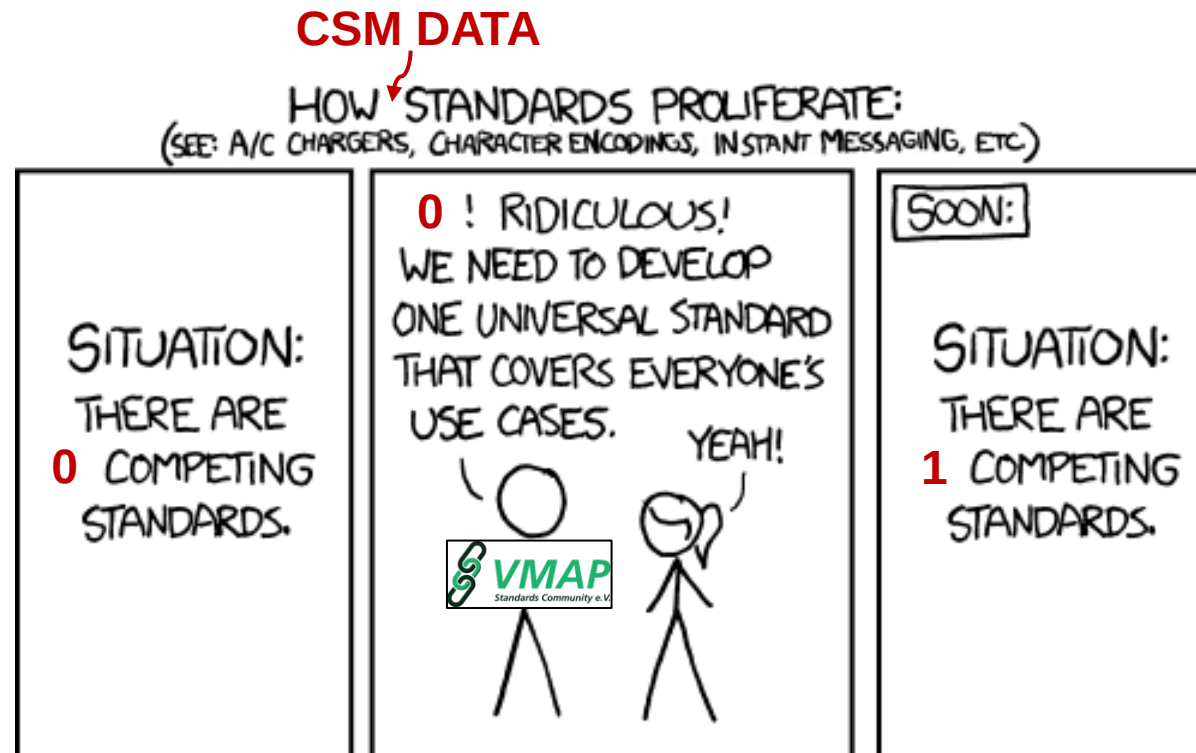
➤ Struktur für die Integration von Daten und Prozessen in die Virtual Engine

Standard?



<https://xkcd.com/927>

Standard!



<https://xkcd.com/927>



Search NAFEMS

£ 0.00

Register for Free

Sign In

Membership 2026 Regional Conferences Training ▾ Events ▾ Community ▾ Resources ▾ Professional Development ▾ Services ▾ About Us ▾ Careers

VMAP

Home ▸ About Us ▸ Projects ▸ Past Projects ▸ VMAP

Past Projects

VMAP

SimBest

COGAN

SMiRT-23

FEM Forging

EASIT2

CCOPPS

Engineering Skills Management Consultation

Autosim

FE-Net

ILTOF



A new Interface Standard for Integrated Virtual Material Modelling in the Manufacturing Industry

Addressing the Challenge: Interoperability in CAE Workflows

A lack of software standards in virtual engineering workflows as well as incompatible interfaces for the transfer of virtual material information not only cause additional costs and complex manual adaptation but also lead to inflexible IT solutions, loss of information, and significant delays in the overall design process. The standardisation of material interfaces in computer-aided engineering (CAE) is therefore vital for all industry segments where material behaviour is central to product and process design.

The goal of the ITEA project VMAP was to create the first open vendor-neutral standard for computer-aided engineering data storage, thereby enhancing the interoperability of software tools and reducing costs and effort for companies. An open

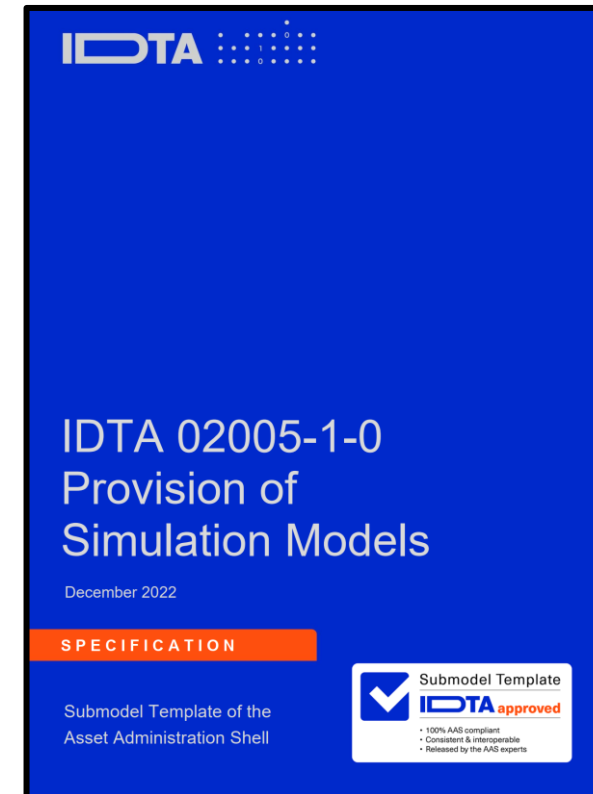
AIAA
R-101A-2005

Recommended Practice

The CFD General Notation System – Standard Interface Data Structures



- VMAP-Weiterentwicklung
 - Formale Standardisierung für Digitale Zwillinge
 - Lasten und Randbedingungen (Anforderungen für Turbomaschinen)
 - 3D-Druckdaten
- VMAP-Integration
 - In GTlab
 - In CSM-Prozesslandschaft
 - In Datenmanagementsystem
- VMAP-Anwendung
 - Datenbasierte Forschung



HDF5 *ermöglicht*

- Effizientes, verteiltes Arbeiten an Daten

HDF5 und VMAP *erleichtern*

- Inter- und Intraoperabilität von Prozessen, Modellen
- Austausch, Wiederverwertung, Datenanalyse, Archivierung
- Andocken an Modellhierarchien

➤ Für das SMM und GTlab nicht mehr wegzudenken

➤ **Empfehlung: Größere num. Datenmengen mit HDF5+VMAP integrieren**