

Analyse großer heterogener Daten in der Luft- und Raumfahrtforschung

Andreas Schreiber

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Köln-Porz / Berlin-Zentrum / Braunschweig



Wissen für Morgen



"Analyse großer heterogener Daten in der Luft- und Raumfahrtforschung" von [Andreas Schreiber \(DLR\)](#) ist lizenziert unter einer [Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz](#).



Alle Bilder: [DLR](#) (CC-BY 3.0), soweit nicht explizit anders gekennzeichnet.



Überblick

- Vorstellung
- Das DLR
- Beispiele aus dem DLR
 - Space Debris
 - MDAO
 - Quantencomputing



Vorstellung Werdegang

Studium
Technomathematik

Soldat (SIGINT, COMINT)

Wissenschaftler



Vorstellung Heute

Wissenschaftler,
Abteilungsleiter



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt
German Aerospace Center

Gründer, Geschäftsführer,
Patient und Anwender



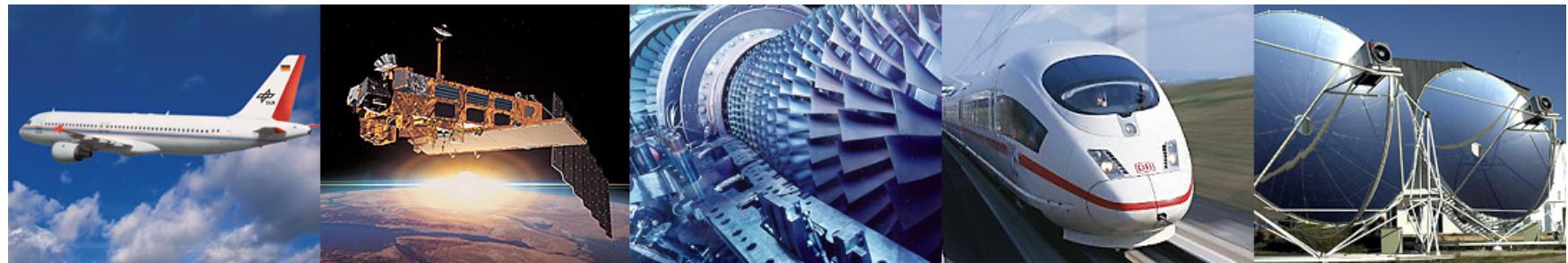
medando

Communities



Das DLR

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



- Forschungseinrichtung
- Raumfahrt-Agentur
- Projektträger

Forschungsgebiete

- Luftfahrt
- Raumfahrt
- Energie
- Verkehr
- Sicherheit



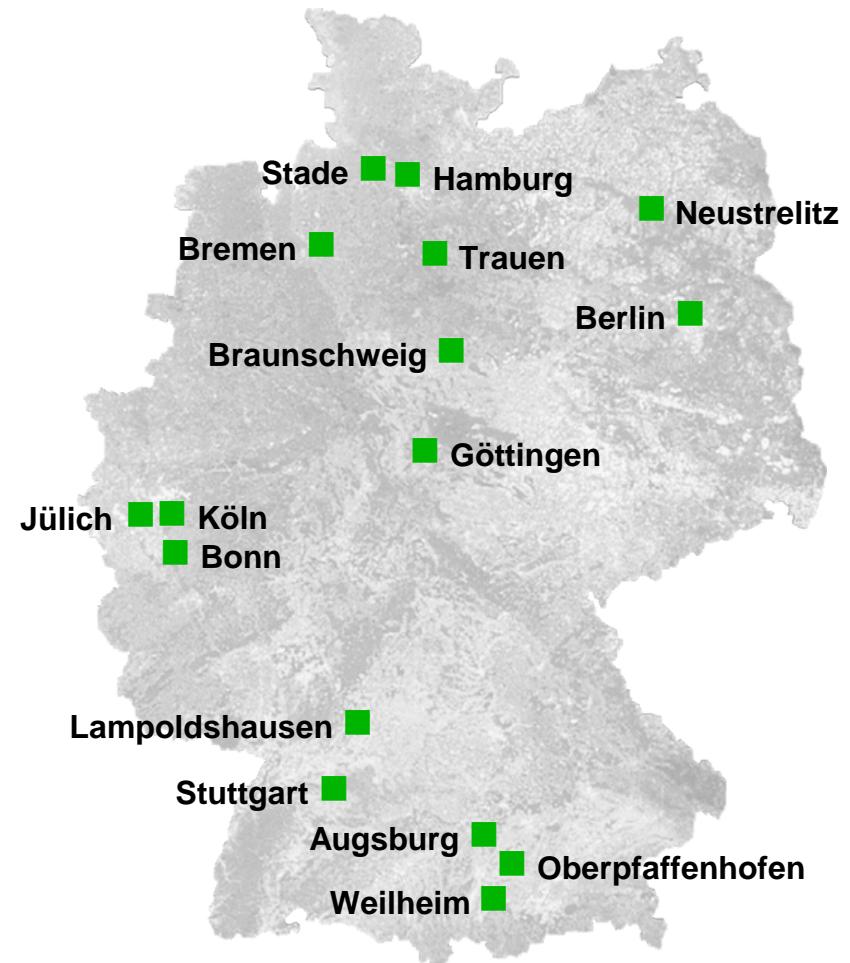
Das DLR

Standorte und Personal

Circa 8.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter arbeiten in
33 Instituten und Einrichtungen in
■ 16 Standorten.

Büros in Brüssel, Paris,
Tokio und Washington.

Einrichtung für Software-
Forschung: Simulations- und
Softwaretechnik
*Köln-Porz, Berlin-Zentrum,
Braunschweig*





Bilder: DLR (CC-BY 3.0)

DLR Simulations- und Softwaretechnik

Aktuelle Forschungsgebiete

Big Data Usability Quantencomputing

Multidisziplinäre Simulation

Modellbasiertes Systems Engineering Mobile Systeme

Sicherheit High Performance Computing

Software Engineering

Wissensmanagement

Verteilte Systeme

Interaktive Visualisierung

Virtual und Augmented Reality

Eingebettete Systeme

Datenmanagement



Beispiele aus dem DLR

Space Debris

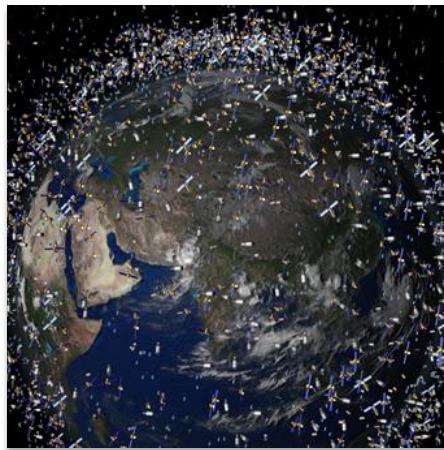


Bild: DLR (CC-BY 3.0)

MDAO

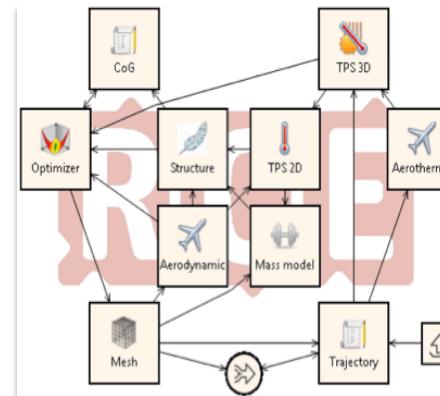


Bild: DLR (CC-BY 3.0)

Quantum Computing

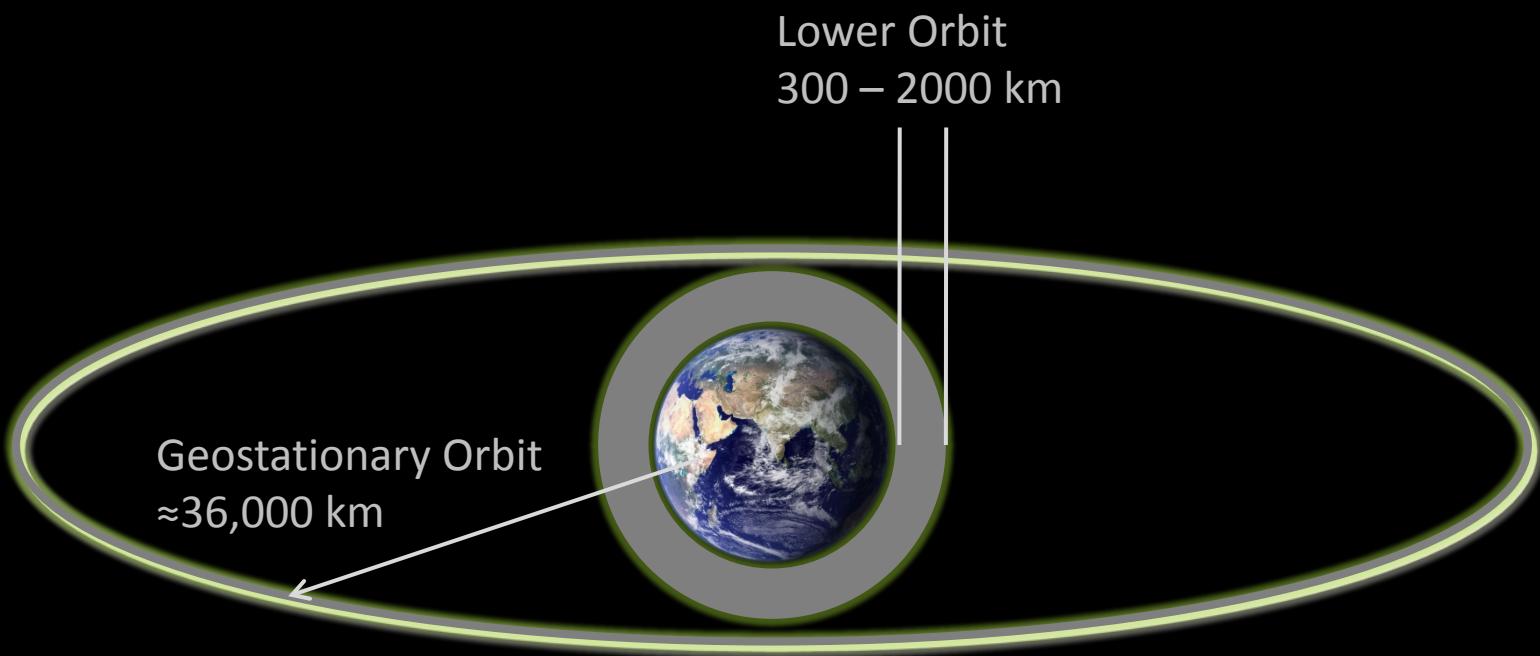


Bild: © D-Wave Systems, Inc.

Space Debris



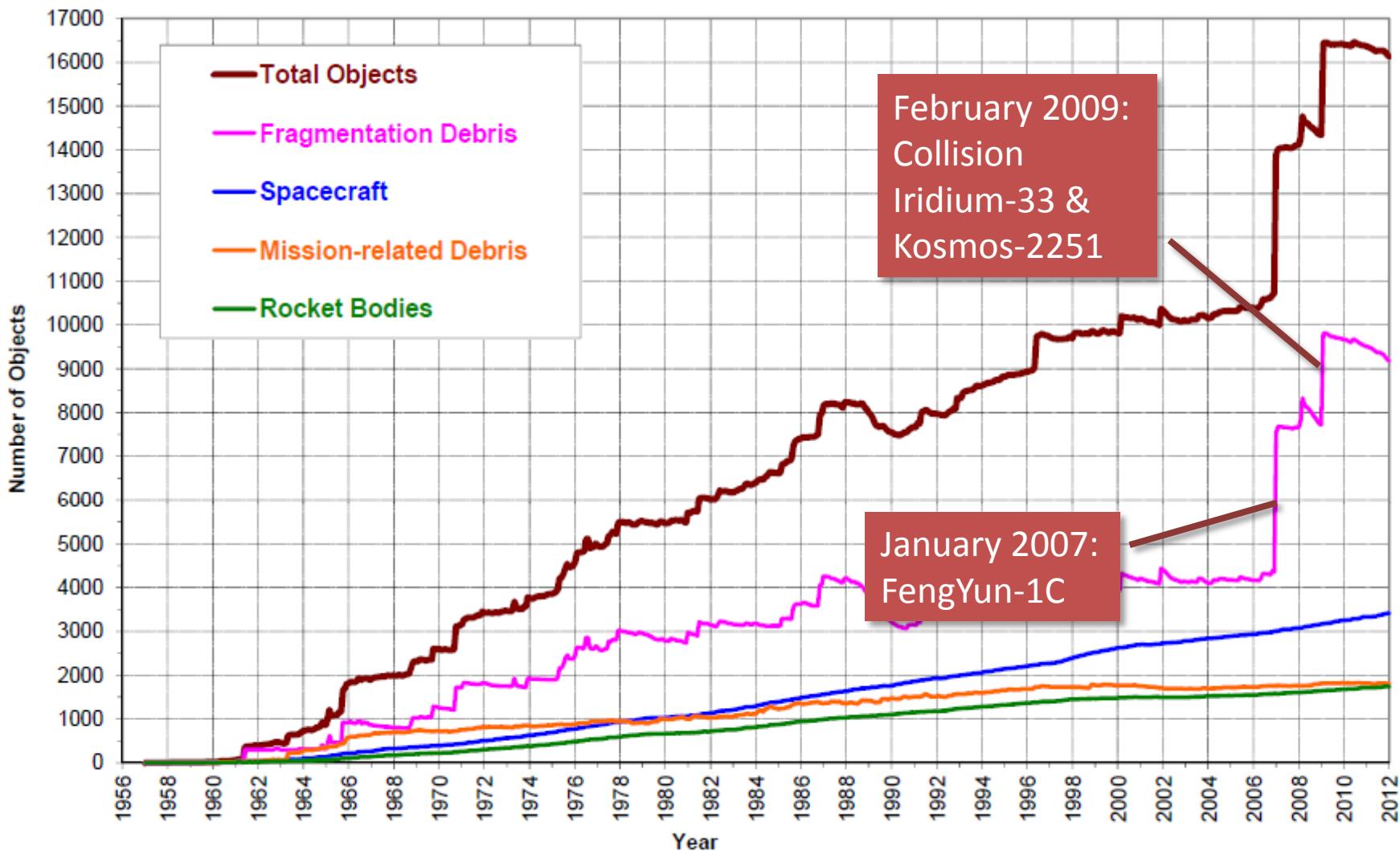
Wissen für Morgen



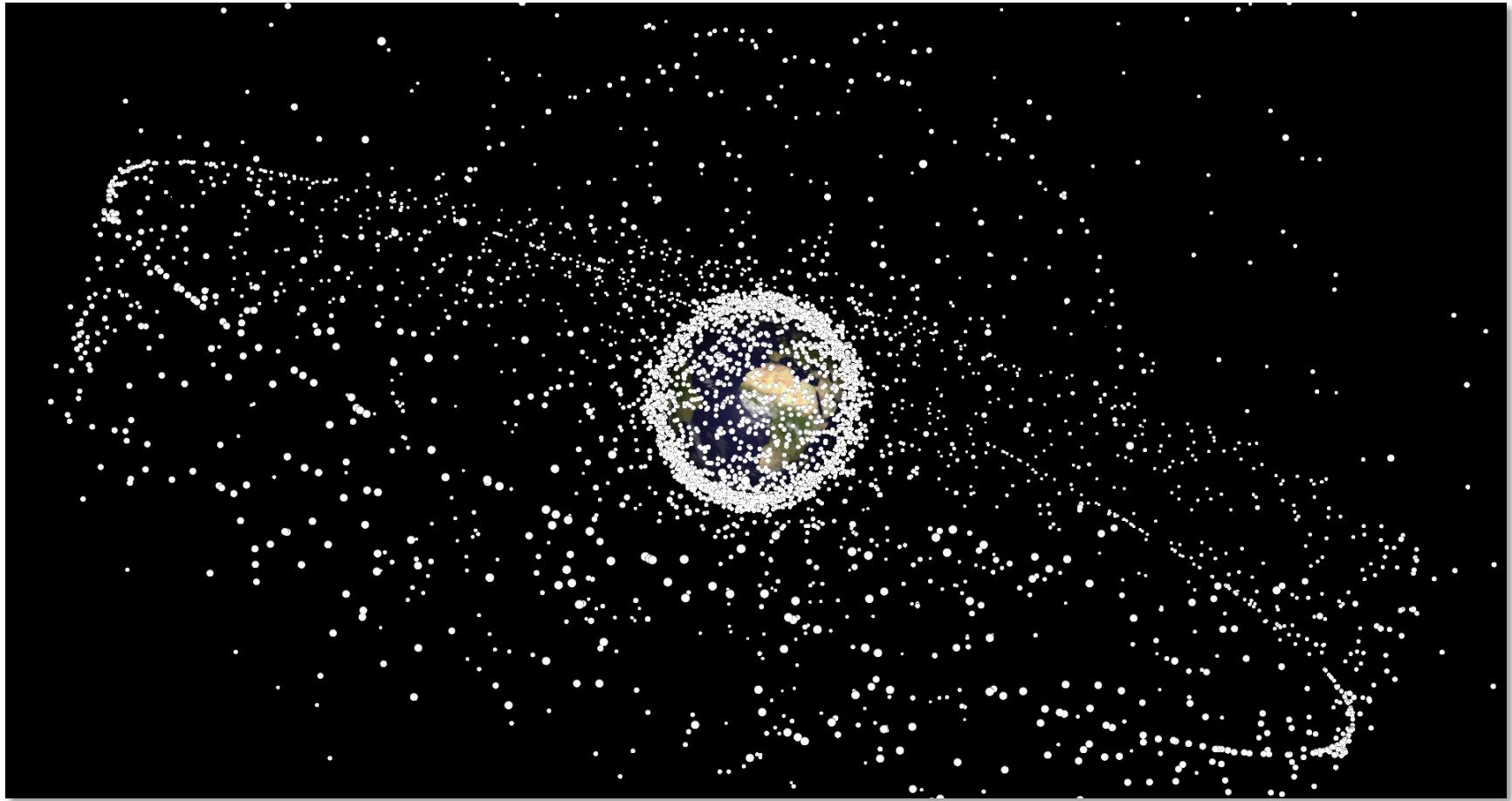
Über 50 Jahre Raumfahrt

- Fast 5000 gestartete Raketen
- Mehr als 6000 Satelliten im Orbit platziert
- Derzeit ca. 1000 aktive Satelliten
 - ... die sind aber nur ein kleiner Teil der Objekte

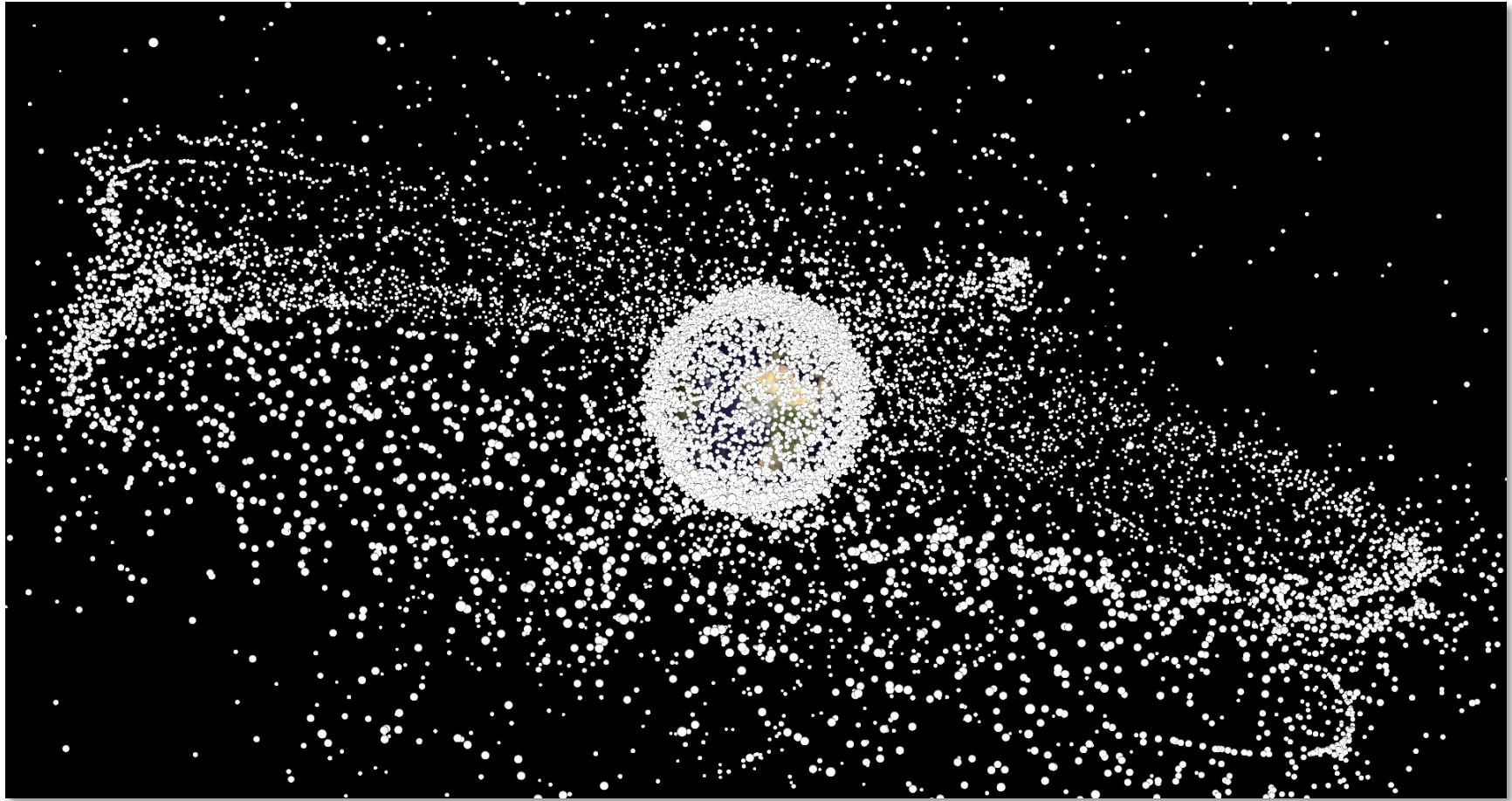
Space Debris – Weltraumschrott



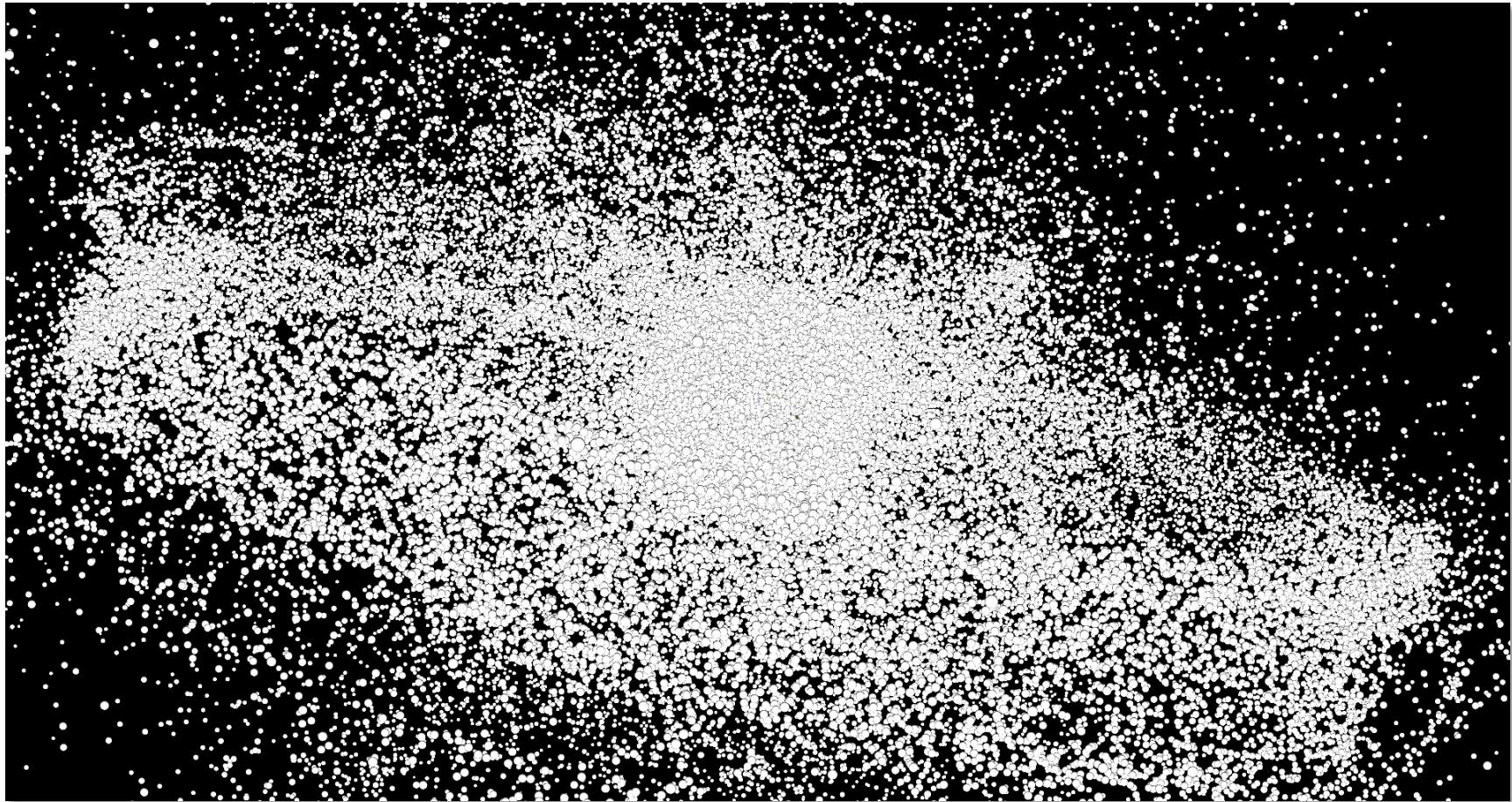
Weltraumschrott wird Katalogisiert



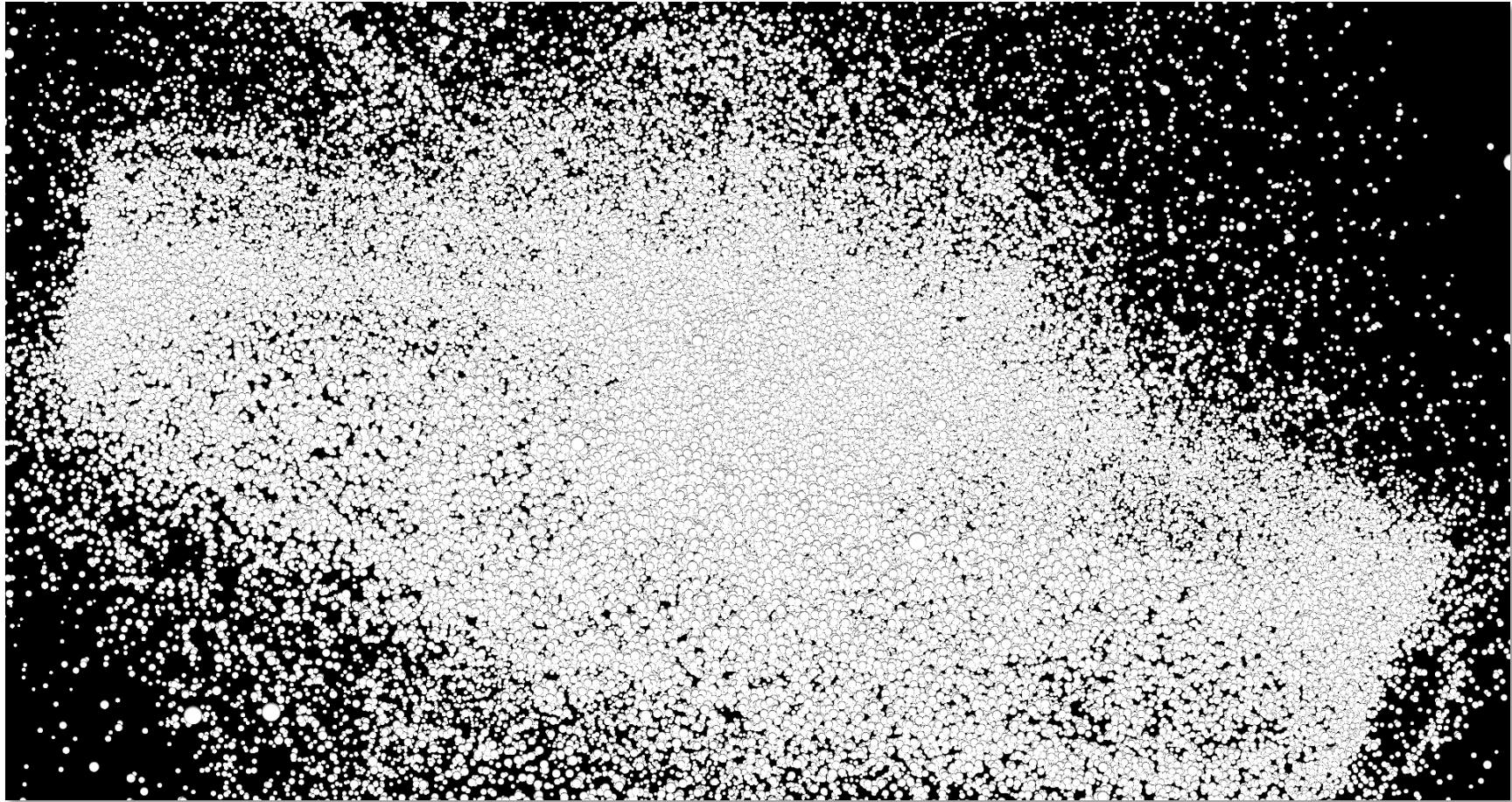
29,000 Objekte größer als 10 cm



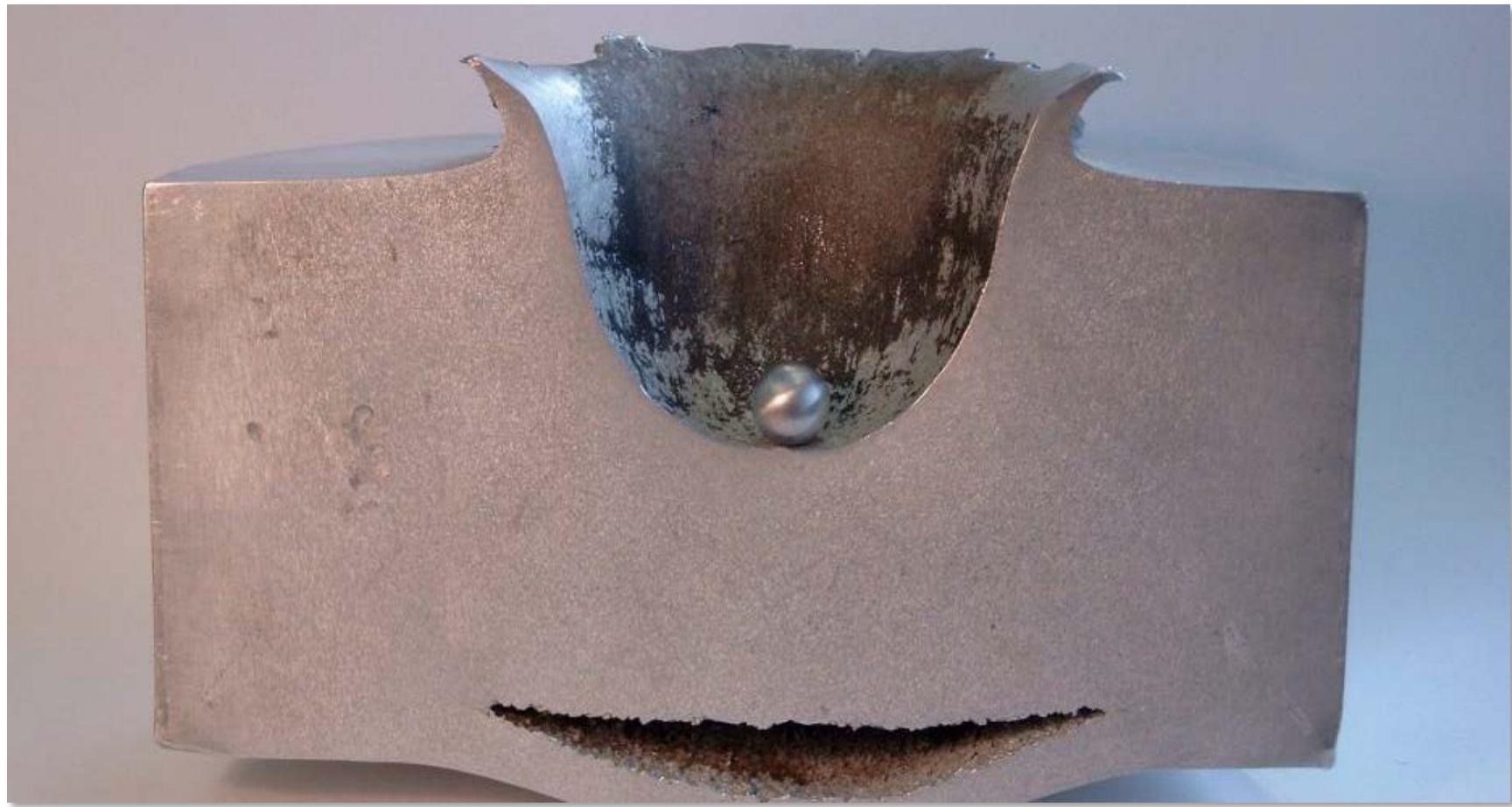
750,000 Objekte größer als 1 cm



150 Mio. Objekte größer als 1 mm



Impact



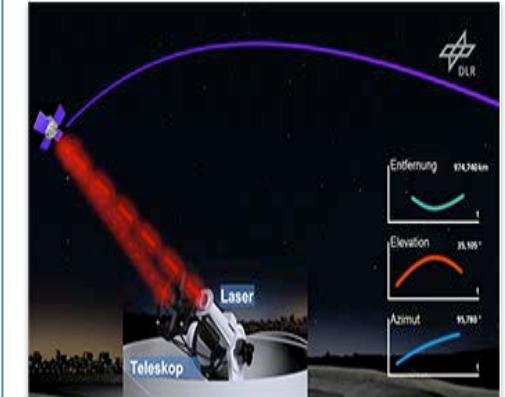
Detektieren von Weltraumschrott



Optical



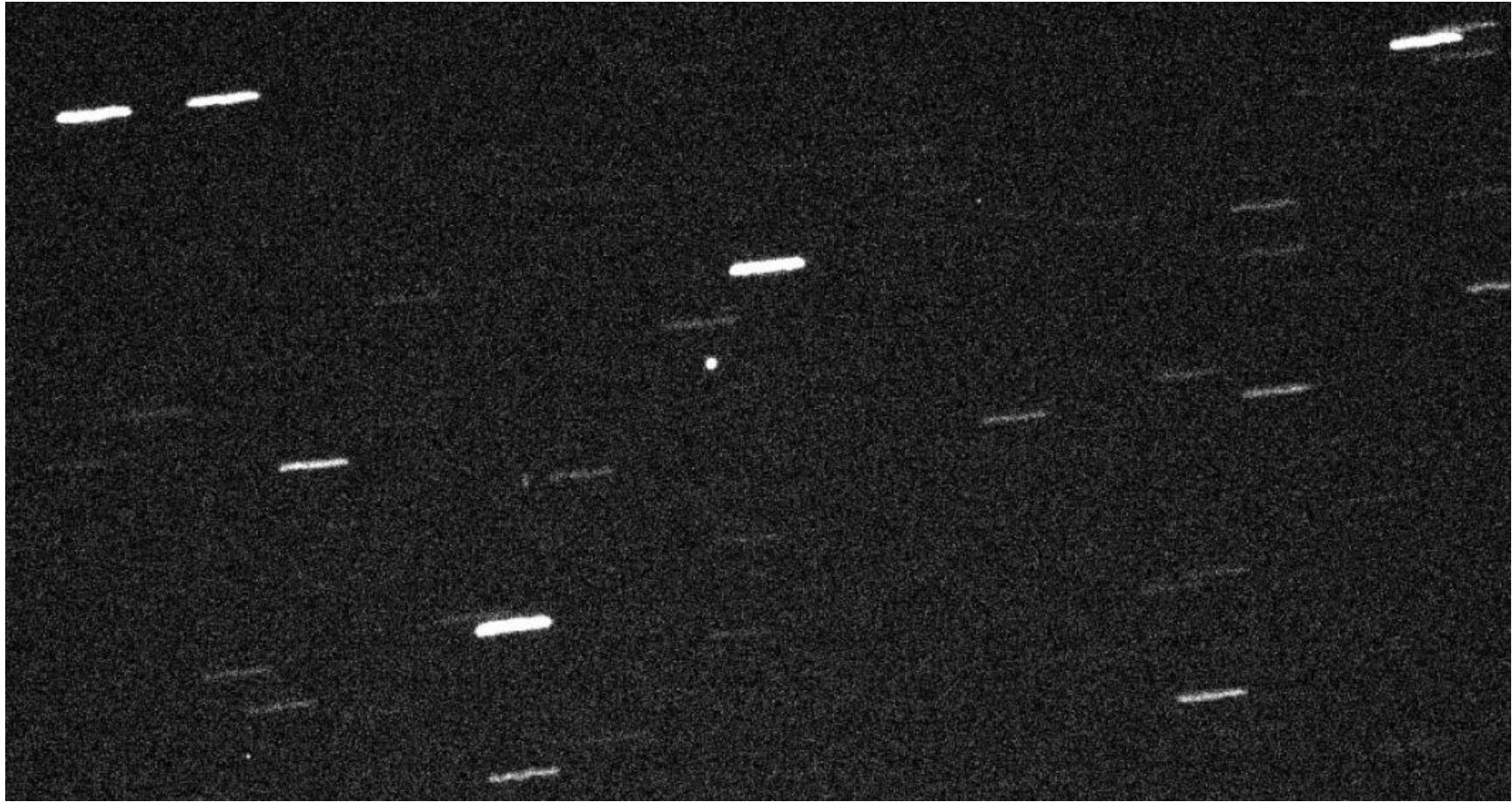
Radar



Laser

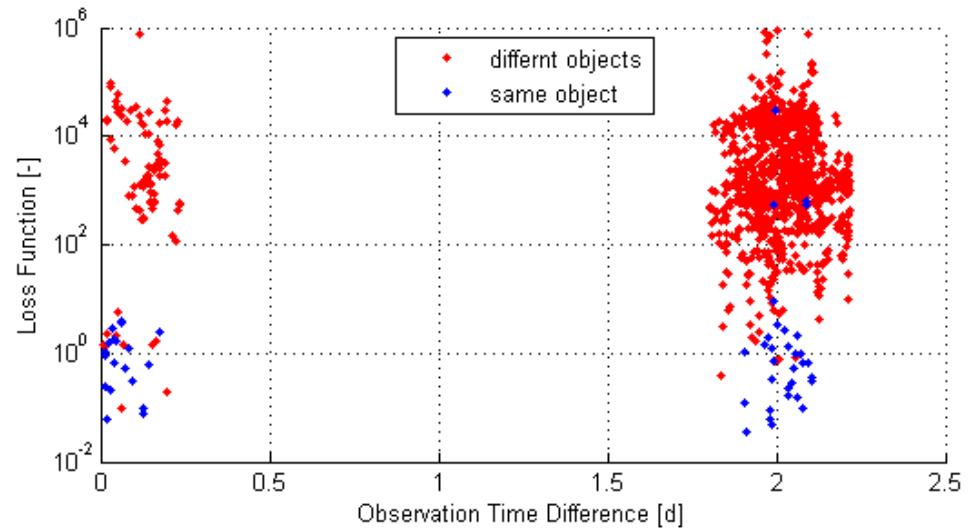
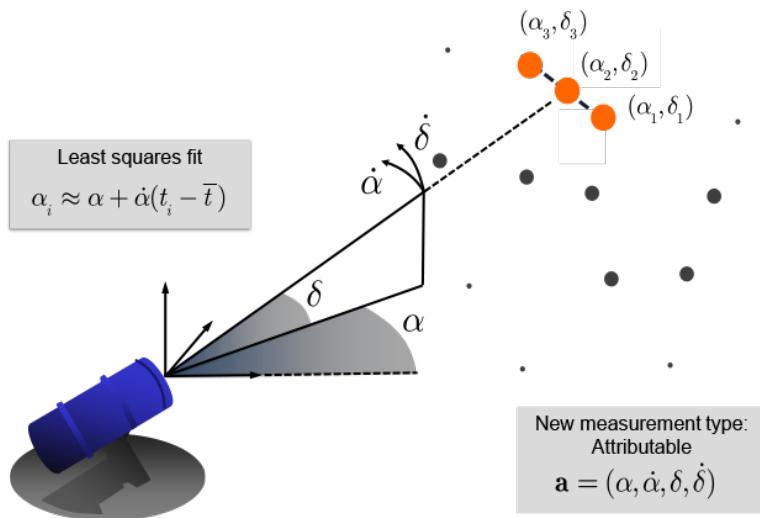


Objekt-Erkennung mit optischen Teleskopen



Objekt-Korrellation

- Separation of real / false tracklets above threshold of loss function (chi-squared distribution)
- Filter rate depends on accuracy, time difference, survey strategy, ...



Operativer Betrieb

Lage im Weltraum *in Echtzeit*

Missionsunterstützung

- Orbit-Berechnung
- Kollisionserkennung
- Wiedereintrittsvorhersage

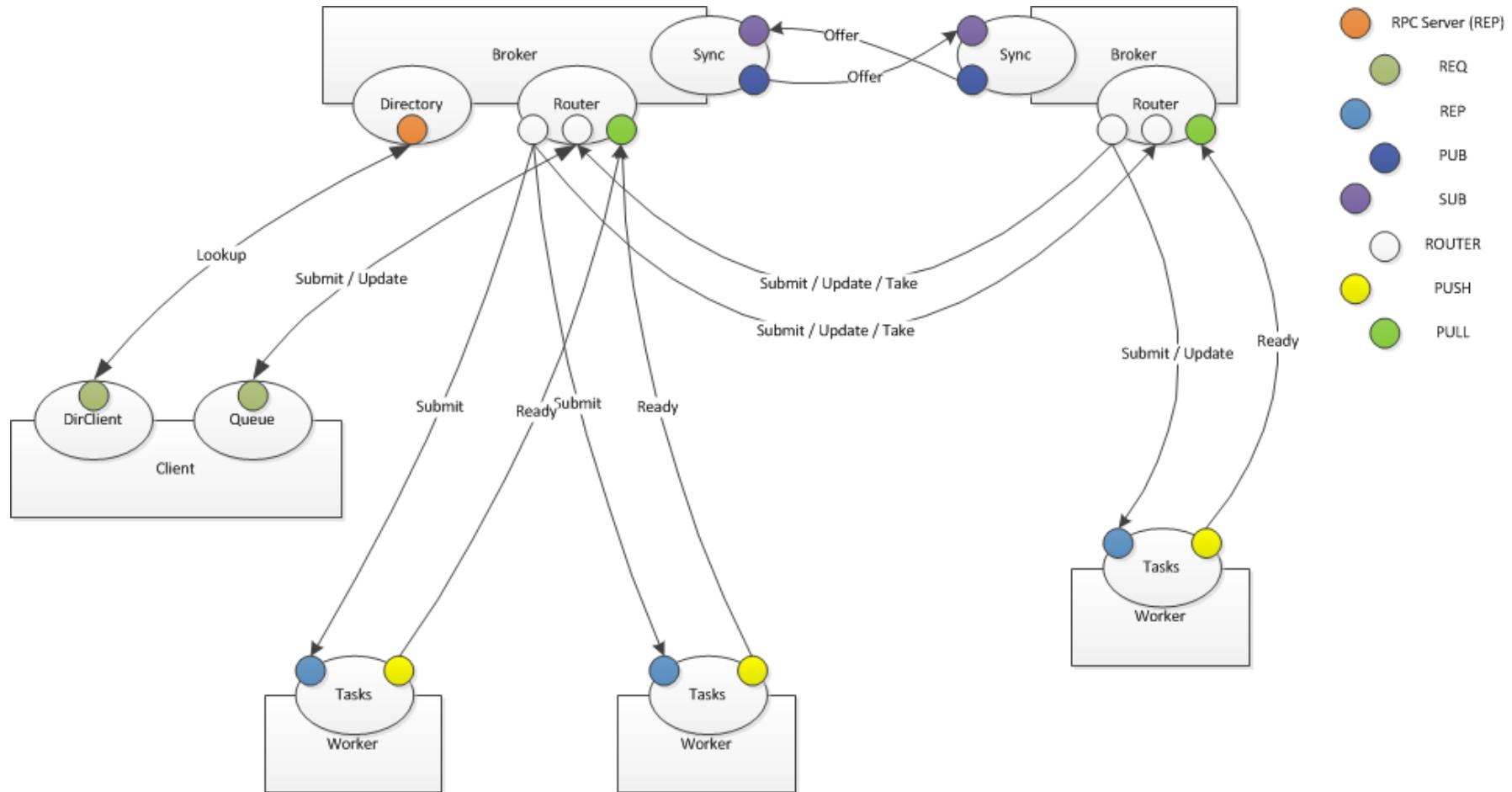


System BACARDI

- Backbone Catalogue of Relational Debris Information



Verteiltes Datenbank- und Analysesystem BACARDI



MDAO



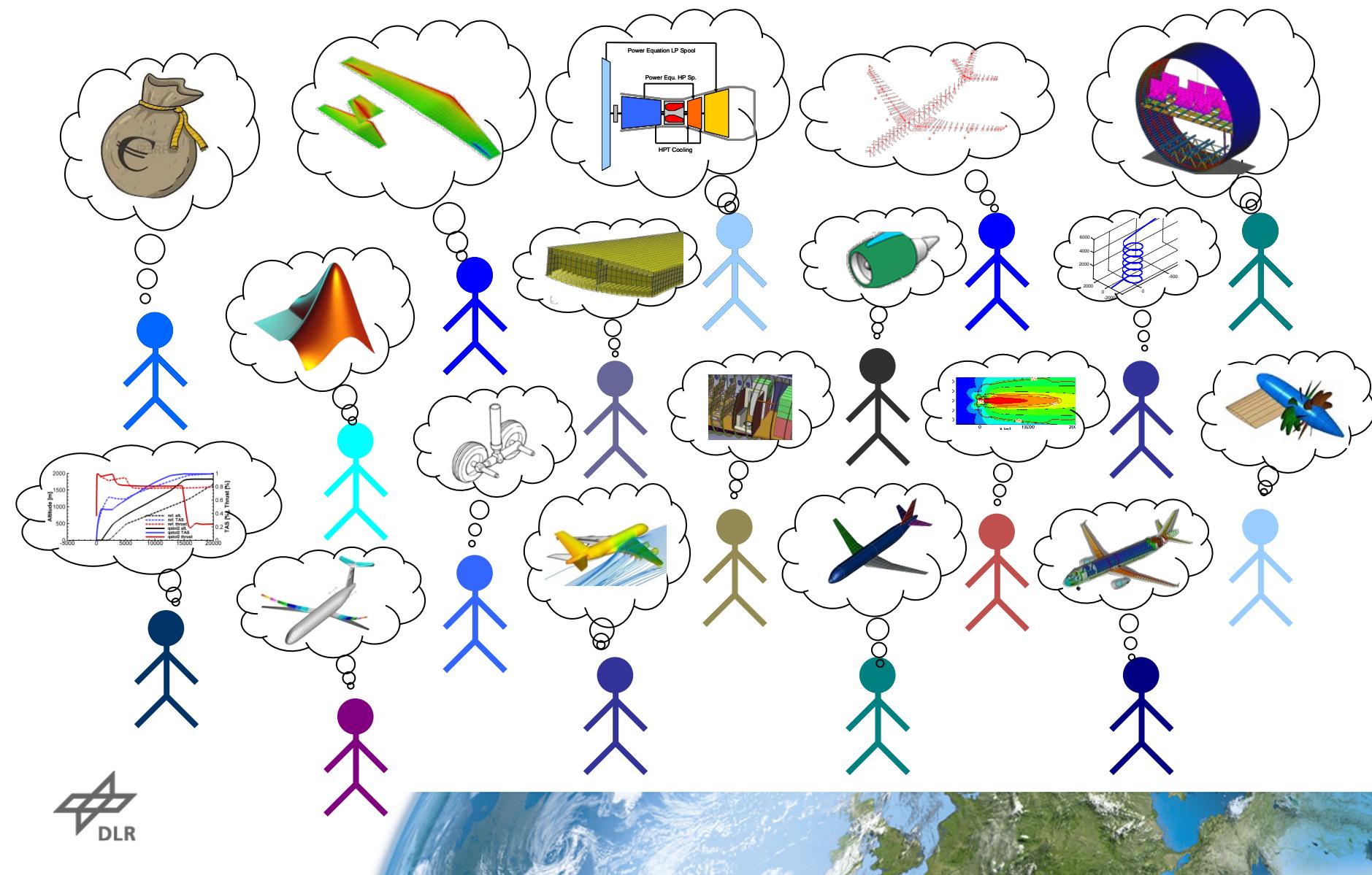
Wissen für Morgen

Multidisziplinäre Analyse und Design-Optimierung

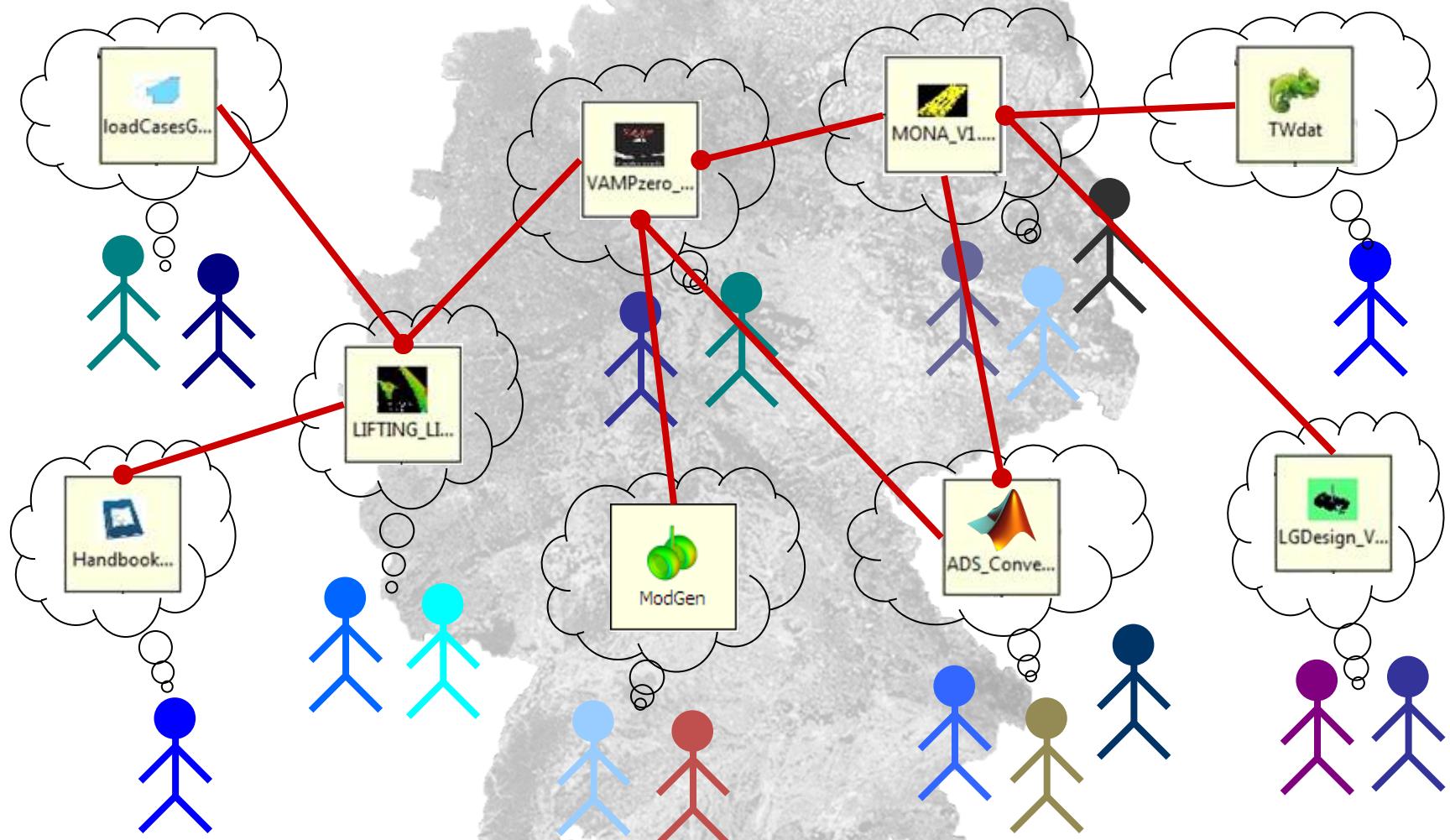
Beispiel: Neue Flugzeugkonfigurationen



Viele Disziplinen



Entwurfsprozesse – heterogen, verteilt



Integrierte Umgebungen für Analyse und Entwurf

R RCE

File Edit Search Run Window Help

Project Explorer FINISHED MDO_V1.2_2013-10-21

MDO Project

- MDO_V1.wf
- MDO_V1.wf
- MDO_V1.2.wf
- MDO_V1.3.wf
- MDO_V1.4.wf

Merger Mass Input Wing Control Optimizer Wing AeroCluster Mesh Extract Converger

Palette

- Select
- Draw Connection
- Open Connection Editor
- Data Flow
- Execution
- Excel
- Script
- Simple Wrapper
- Studies
- Under Test
- Cluster
- Design of Experiments
- User Integrated Tools
- Mass
- Wing

Workflow List

Name	Status
MDO_V1.3_2013-10-21_1...	FINISHED
MDO_V1.3_2013-10-21_1...	CANCELED
MDO_V1.1_2013-10-21_1...	FINISHED
MDO_V1.3_2013-10-21_1...	RUNNING
MDO_V1.2_2013-10-21_1...	FINISHED
MDO_V1.0_2013-10-21_1...	PAUSED

Log Network View Properties Workflow Console Workflow Data Browser Optimizer

MDO_V1.2_2013-10-21

YAxis [1] XAxis [1]

Add trace Diagram Data

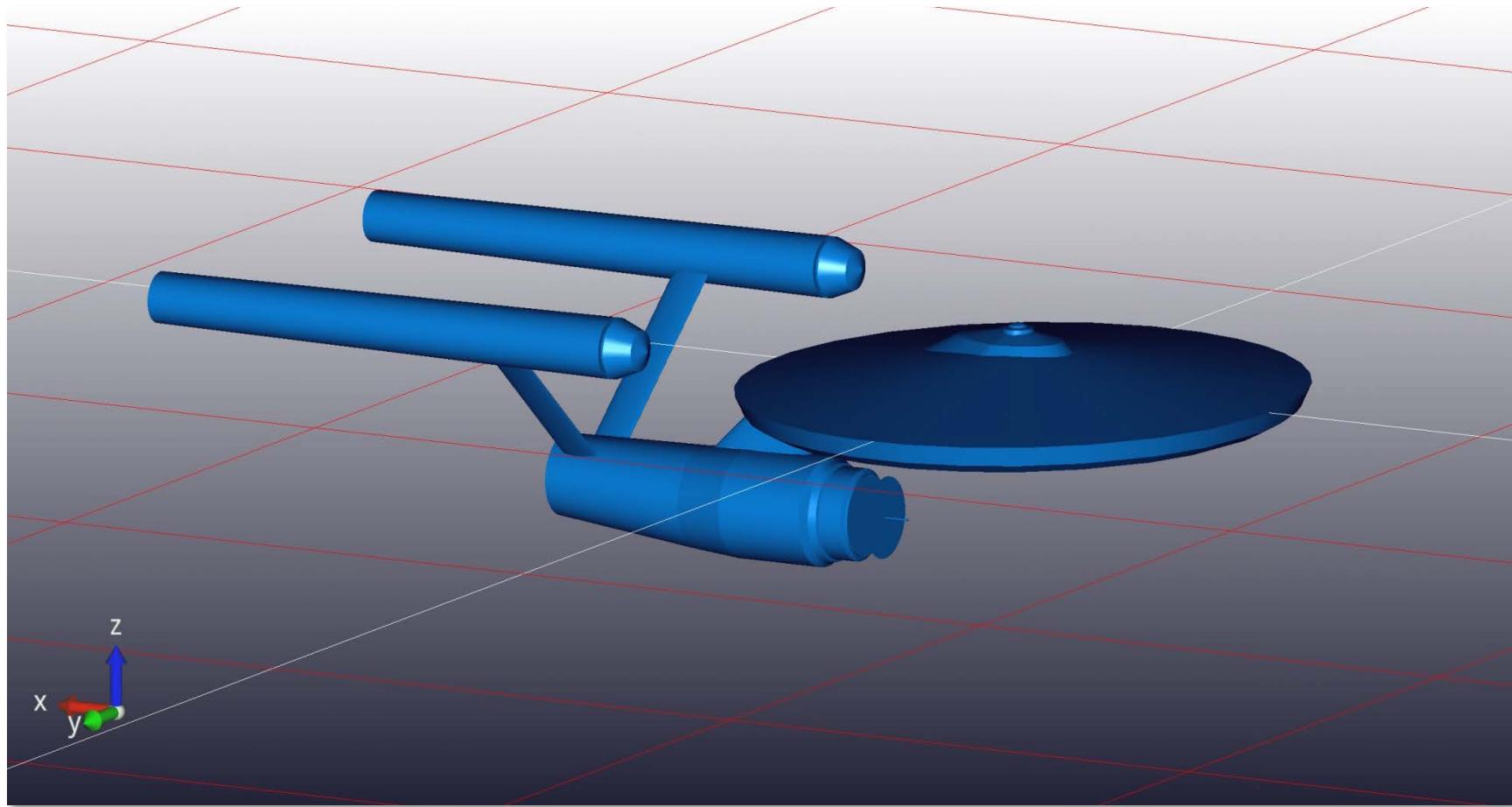
The screenshot displays the R RCE (Rational Rapid Engineering Environment) software interface. The main area shows a workflow diagram for a Multi-Disciplinary Optimization (MDO) project. The diagram consists of several nodes connected by arrows: 'Merger' (document icon) connects to 'Mass' (scale icon), which then connects to 'Control' (calculator icon). 'Control' connects to 'Optimizer' (graph icon), which in turn connects to 'Wing' (airplane icon). 'Wing' connects to 'AeroCluster' (gear icon), which then connects to 'Mesh' (cube icon). 'Mesh' connects to 'Extract' (document icon). Finally, 'Extract' connects back to 'Merger'. A 'Converger' node (cross icon) is also present, connected to the 'Control' and 'Optimizer' nodes. The 'Project Explorer' panel on the left lists several MDO projects, and the 'Workflow List' panel shows the status of various workflows. The 'Properties' and 'Optimizer' panels provide detailed information about the current workflow. A plot window at the bottom right displays a graph titled 'MDO_V1.2_2013-10-21' with axes labeled 'YAxis [1]' and 'XAxis [1]'. The plot area contains two shaded regions: a blue one on top and a green one below, both bounded by a curve. The x-axis ranges from 0,05 to 1,18, and the y-axis ranges from 0,86 to 0,97.

Multidisziplinäre Analyse und Design-Optimierung

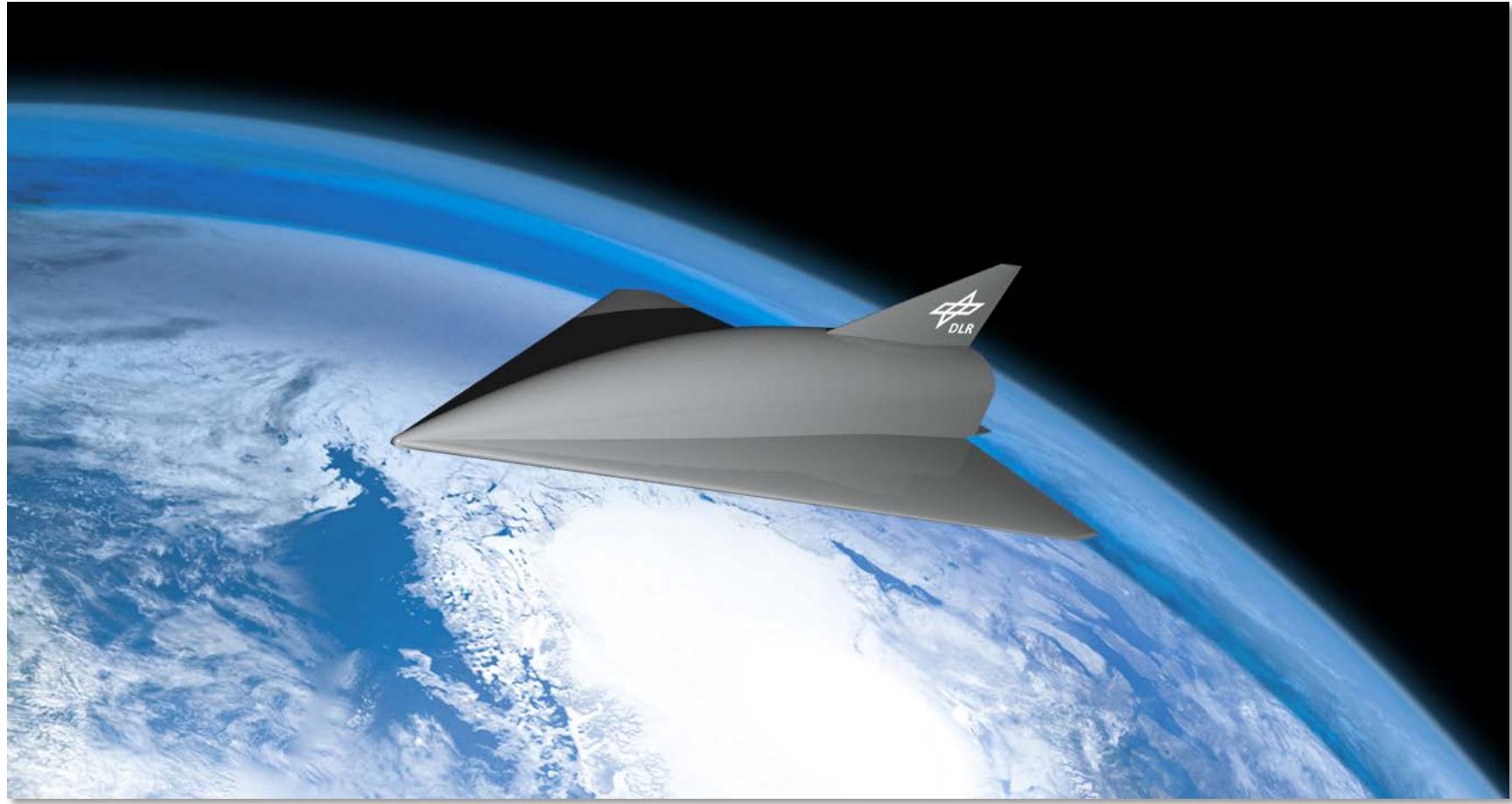
Beispiel: Raumschiffe



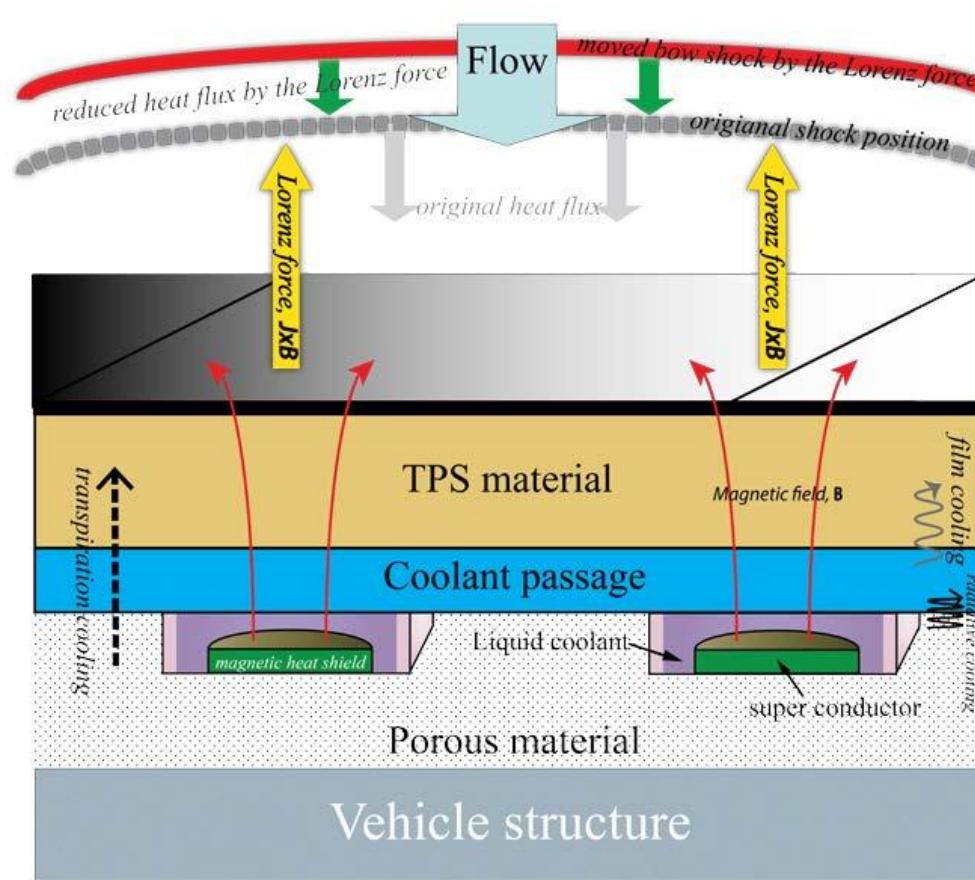
Model



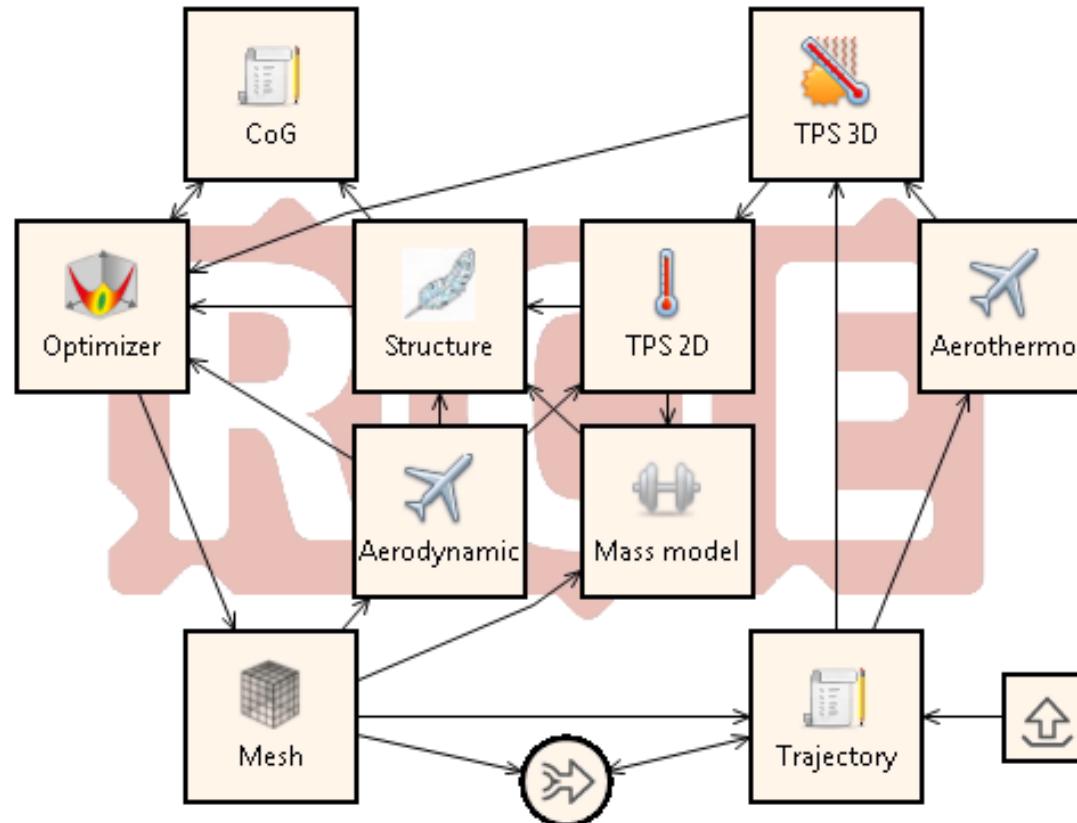
SpaceLiner



Wärmeschutzsystem Magnetohydrodynamik mit supraleitenden Magneten



Analyse-Workflow



RCE (THERMAS User Instance)

File Edit Search Window Help

mdo_v1.9.8.6t_with_bttool_20150120_forv6_with_hysap_withT... mdo_v1.9.8.6t_with_bttool_20150120_forv6_with_hysap_withT... TiGL Viewer

The screenshot shows the RCE (THERMAS User Instance) software interface. The main window displays a workflow diagram with various components and their connections:

- Components:** CoG (0), TPS 2D (1), Optimizer (1), Structure (0), TPS 1D (0), Aerothermo (4), Aerodynamic (1), Mass model (0), Mesh (1), Trajectory (1), and TiGL Viewer (1).
- Connections:** Optimizer connects to CoG, Structure, Aerodynamic, and Mesh. CoG connects to TPS 2D, Structure, and Aerodynamic. TPS 2D connects to Aerothermo. Structure connects to TPS 1D. TPS 1D connects to Aerodynamic and Mass model. Aerodynamic connects to Mass model. Mass model connects to Trajectory. Mesh connects to Trajectory.
- States:** Most components have a state of 0 or 1, except for Aerothermo which has a state of 4.

To the right of the workflow diagram is a 3D visualization window titled "TiGL Viewer" showing a mesh of a aircraft wing or body with a grid overlay. Below the visualization is the message "Invoked File|Open".

Below the main windows are several tabs: Network, Workflow Data Browser, Workflow Console, Log, Properties, Workflow List, and a search bar.

T...	Time	Message	Component	Workflow
1	2015-02-09 15:52:54,396	Block Nr.: 1 NPI = 67 NPK = 16 NP = 1072	Aerothermo	mdo_v1.9.8.6t_with...
2	2015-02-09 15:52:54,396	-----	Aerothermo	mdo_v1.9.8.6t_with...
3	2015-02-09 15:52:54,396	-----	Aerothermo	mdo_v1.9.8.6t_with...
4	2015-02-09 15:52:54,396	Block Nr.: 2 NPI = 67 NPK = 16 NP = 1072	Aerothermo	mdo_v1.9.8.6t_with...
5	2015-02-09 15:52:54,396	-----	Aerothermo	mdo_v1.9.8.6t_with...
6	2015-02-09 15:52:54,396	-----	Aerothermo	mdo_v1.9.8.6t_with...

Quantum Computing



Wissen für Morgen

Neuer Ansatz: Quantencomputing

Diskrete Optimierung ist die Grundlage für viele Probleme

- Packungen
- Partitionen
- Zuordnungen
- Scheduling



NP-schwere Probleme!

Hoffnung: Quantencomputer löst diese **schneller** als klassische Rechner

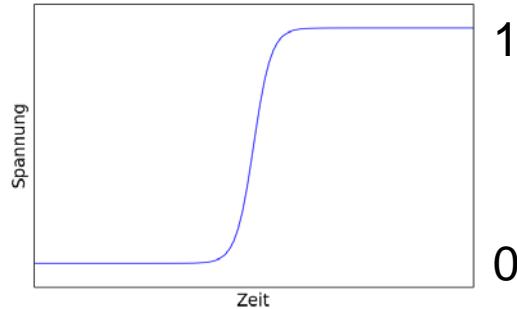


Quantencomputing

Unterschiede zum klassischen Computer

Klassische Bits

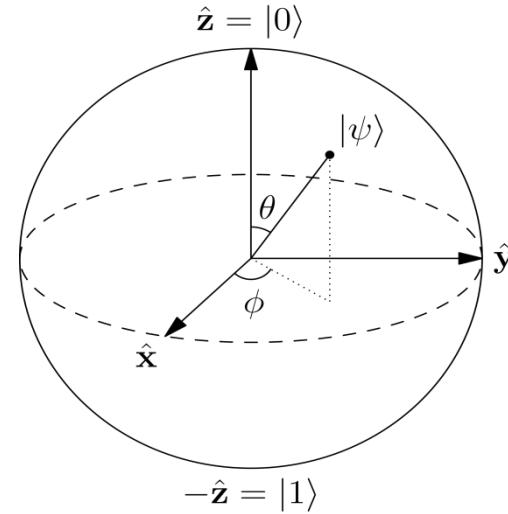
- „0“ oder „1“
- Elektrische Spannung



Quantenbits (Qubits)

- Überlagerung („Superposition“) komplexer Basiszustände

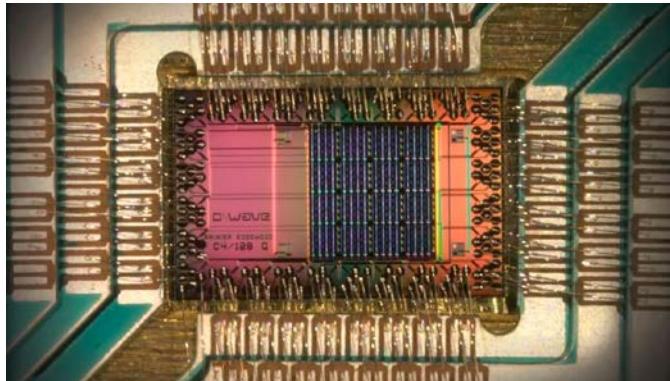
$$|\psi\rangle = c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$$



Quantencomputer Hardware

Bisher ist ein Quantencomputer kommerziell verfügbar

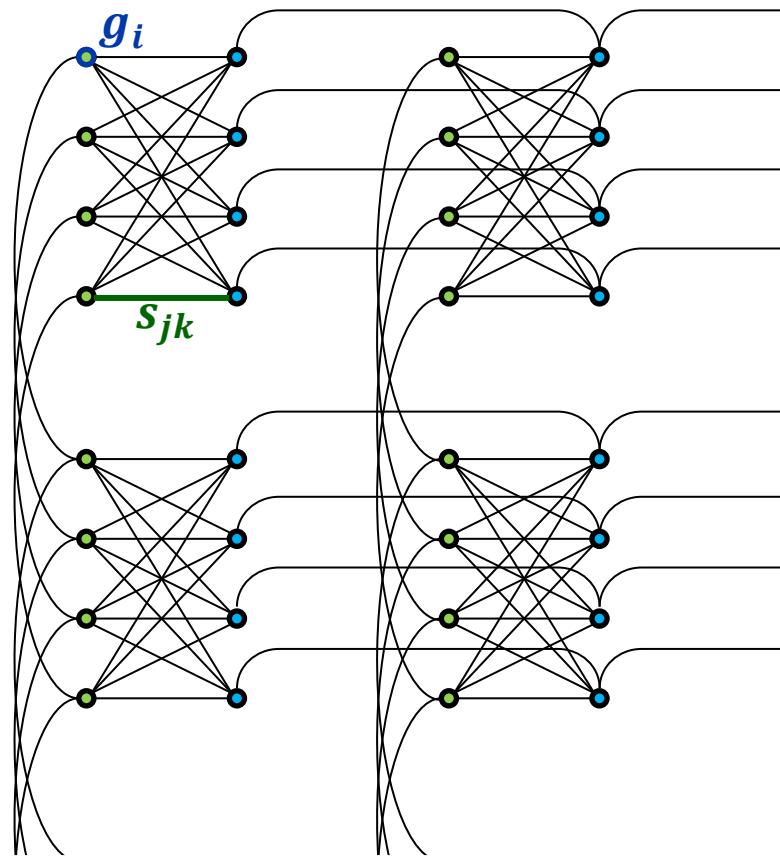
- Firma D-Wave Systems
- System mit ca. 1200 Qubits („D-Wave 2X“)
- Adiabatischer Quantencomputer



Bilder: © D-Wave Systems, Inc.

Quantencomputer D-Wave

Topologie der Qubits



“Programmieren” eines Quantencomputers

Problem auf den Rechner bringen

- Das Problem irgendwie in ein diskretes Optimierungsproblem (QUBO; Quadratic unconstrained binary optimization) umformulieren:

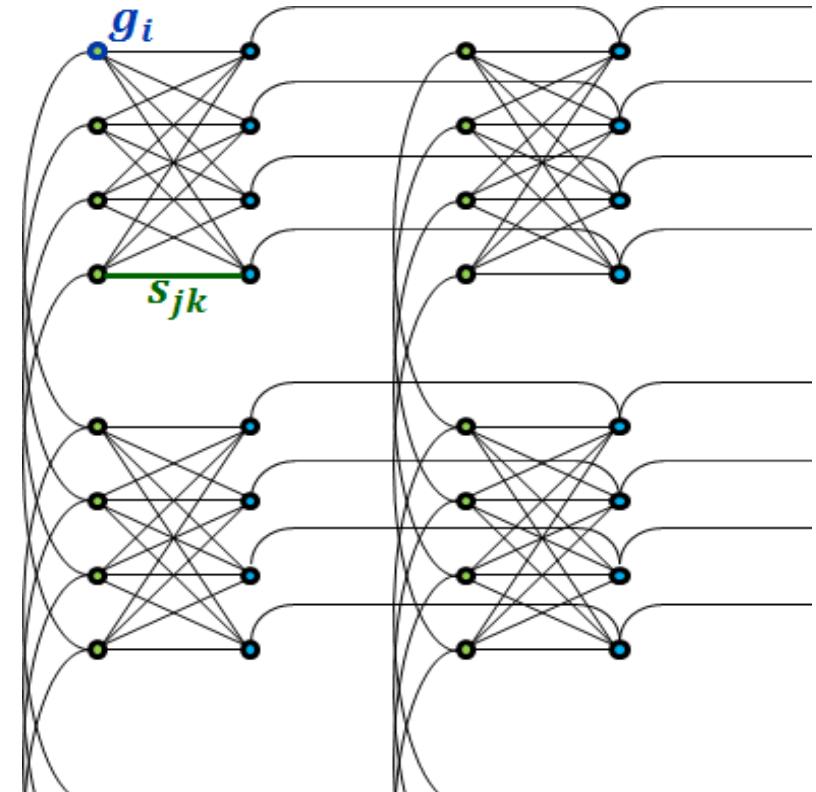
$$E(q_1, \dots, q_n) = \sum_{i=1}^n g_i q_i + \sum_{i,j=1}^n s_{ij} q_i q_j$$

$q_i = \begin{cases} 0, & \text{für Schalter aus} \\ 1, & \text{für Schalter an} \end{cases}$

g_i Gewichte

s_{ij} Stärken der Kopplungen

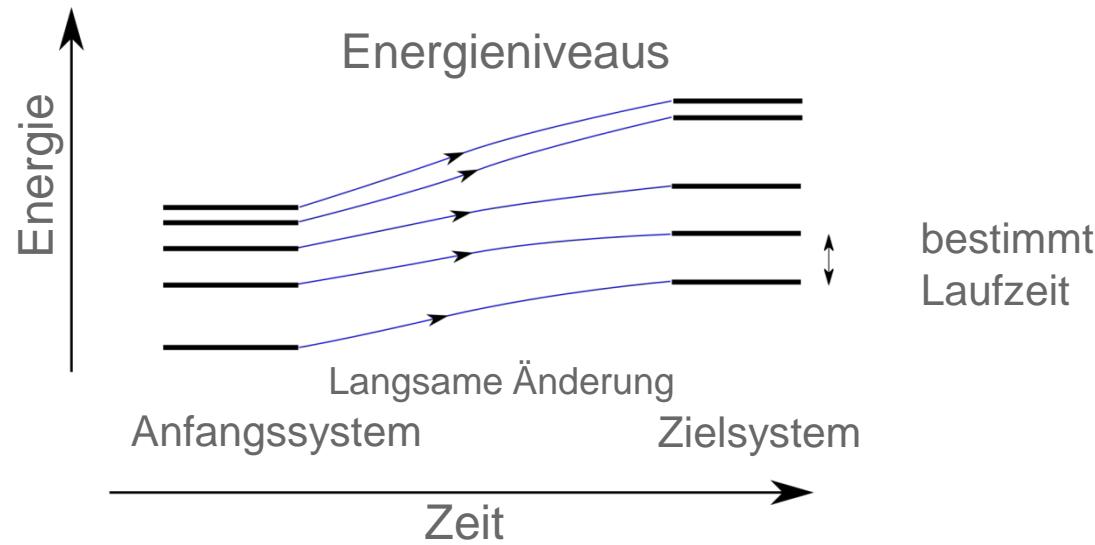
- Vorbelegen der physikalischen Qubits mit den Gewichten und Stärken



„Programmieren“ eines Quantencomputers Problem auf den Rechner bringen

3. Die eigentliche “Berechnung”:

Langsame (adiabatische) Überführung des Energiezustands in einen Zustand, welcher der Lösung des Optimierungsproblems entspricht



4. Physikalische Messung zum Auslesen der Energien



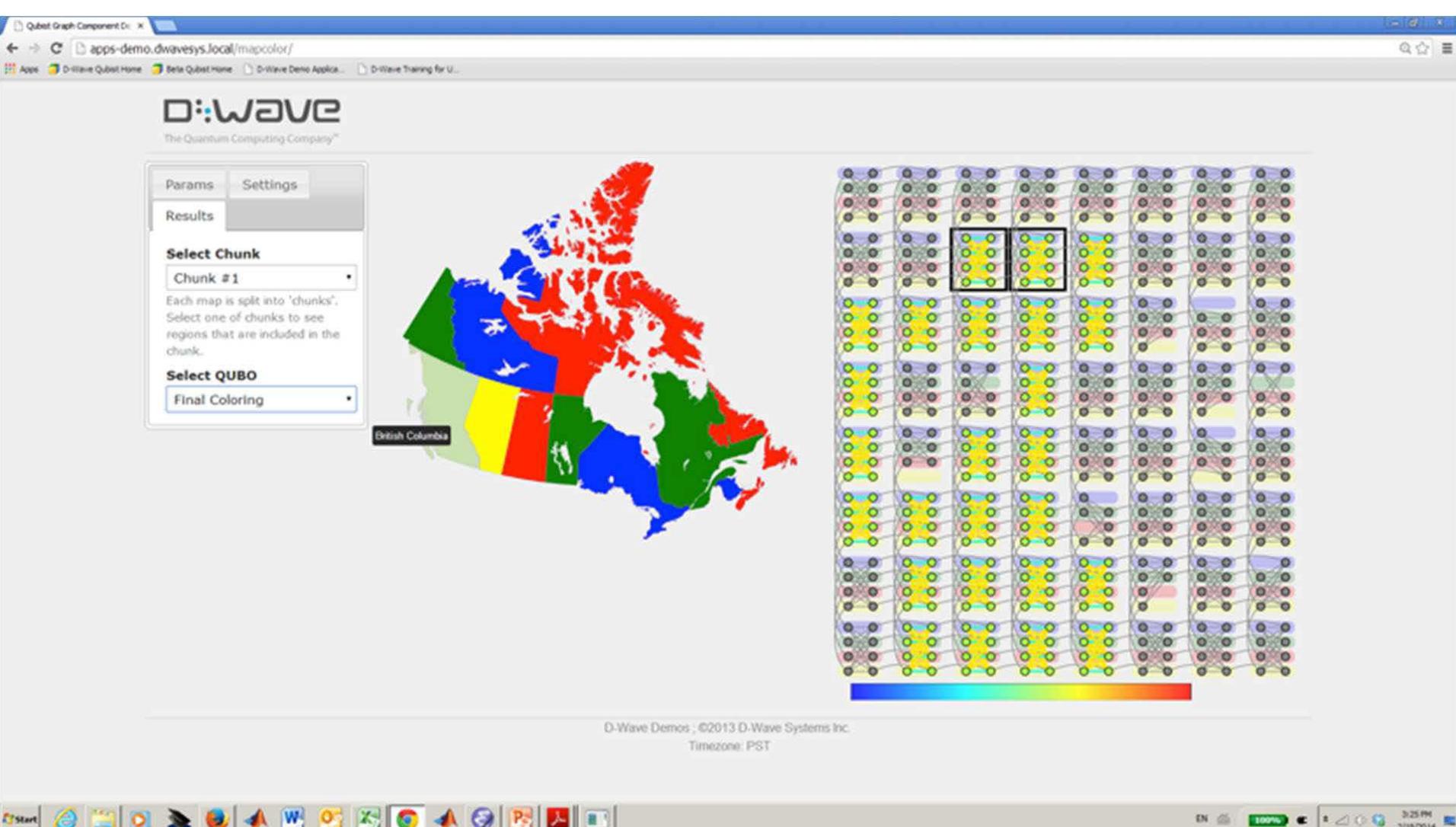


Bild: © D-Wave Systems, Inc.

Viele (Teil-)Probleme aus Luft- und Raumfahrt lassen sich als diskrete Optimierungsprobleme beschreiben

Design-Optimierung von Systemen in der Luft- und Raumfahrt

Robust Design

- Bewertung der Robustheit von virtuell ausgelegten Luft- und Raumfahrtsystemen unter Einbeziehung von Unsicherheiten

Maschinelles Lernen

- Deep Learning, Pattern Recognition, Clustering, Bilderkennung, Durchsuchen von Datenströmen

Erkennen von Anomalien

- Monitoring von Raumfahrtsystemen

Missionsplanung

- Optimierung in Bezug auf Zeit, Ressourceneinsatz, Energieverbrauch, Kosten etc.

Verifikation und Validierung von Software



PyData Cologne 2016

Save the date...

28.11. – 30.11.2016

DLR Conference Center, Köln-Porz

@PyDataCologne



Vielen Dank!

Fragen?

Andreas.Schreiber@dlr.de
www.DLR.de/sc | @onyame