

Virtuelle Observatorien am Beispiel des EU-Projektes IMPEX

Manuel Scherf^{1,2}, Florian Topf¹

¹Institut für Weltraumforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften

²Kommission für Astronomie, Österreichische Akademie der Wissenschaften



Überblick

1. Einführung in Virtuelle Observatorien
2. Virtuelle Observatorien am Beispiel IMPEX
3. VO Tools im Überblick
4. Demo-Tour



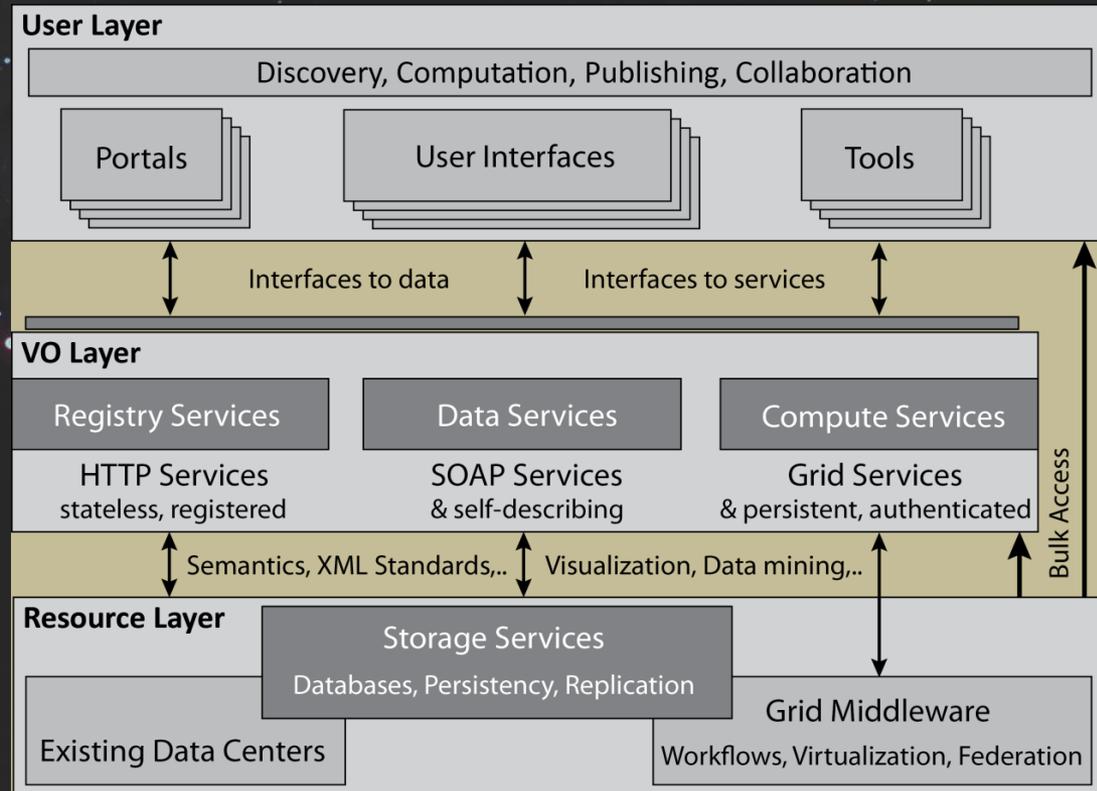
Virtuelle Observatorien

Was ist ein Virtuelles Observatorium?

- Softwareparadigma, ursprünglich aus dem Bereich der Astronomie (IVOA - International Virtual Observatory Alliance)
- Komplexes Informationssystem mit einheitlichen Standards (Datenbeschreibung und -Indizierung, Workflows etc.)
- Verwendung von modernen Webtechnologien (Web Services)
- Interaktive Forschungstools – modular aufgebaut (wie ein echtes Observatorium)
- Jede partizipierende Resource erfüllt einen spezifischen Zweck
- Transparenter und vorallem weltweiter Zugriff
- Datensuche und -zugriff auf, sowie standardisierte Analysetools für Labor-, Simulations- und Beobachtungsdaten

Die VO Architektur von IVOA (International Virtual Observatory Alliance)

- Standards für Astronomische Services
- Anpassung für Planetologie in EuroPlaNet-IDIS und IMPEX
- Registry Services → Auffinden von Daten
- Data Services → Extrahieren von Daten
- Compute Services → Verarbeiten von Daten
- Standardisierte Schnittstellen und Datenformate



Serviceorientierung in der Planetologie

- Eine Sammlung von Prinzipien und Methoden
- Entwurf und Entwicklung von interoperablen Services
- Unterteilung von komplexen Prozessen in kleinere Teilaufgaben
- Einzelne Teilaufgaben bilden einen autonomen Baustein
- Einheitliche Schnittstellen zur Kommunikation mit Services
- Suche, Zugriff und Verknüpfung von Services
- „Lose Kopplung“ der Services – Verteilung der Zuständigkeiten:
 - Data Provider → Konservierung der Daten
 - Data Standardization → Homogenisierung der Daten
 - Data Analysis → Nutzung der Daten

IMPEX

Integrated Medium for Planetary Exploration

<http://impex-fp7.oeaw.ac.at>

VO Kontext in IMPEX

Integrated Medium for Planetary Exploration (<http://impex-fp7.oeaw.ac.at>)

- Entwicklung eines interaktiven computergestützten Frameworks – Datenstandardisierung um Interoperabilität zu gewährleisten
- Verbindung von Beobachtungsdaten und simulierten numerischen Daten im Bereich von Plasma- und Magnetosphärenphysik
- Simulation von planetaren Phänomenen und Interpretation von Messungen entsprechender Weltraummissionen
- Verbesserung der Modelle aufgrund von (neuen) Messdaten
- Schließen der „Beobachtungslücken“ durch Simulationen
- Vorbereitung von zukünftigen Missionen und Instrumenten

IMPEX ermöglicht einen freien und weltweiten Zugriff auf Beobachtungsdaten und Simulationsergebnisse

VO Kontext in IMPEX

Integrated Medium for Planetary Exploration (<http://impex-fp7.oeaw.ac.at>)

- **Wissenschaftlicher Fokus von IMPEX:**
Planetare Plasma- und Magnetfeldforschung bei
 - Merkur (**BepiColombo**)
 - Venus (**VenusExpress**)
 - Erde (**Cluster, Themis**)
 - Jupiter und Ganymede (**Galileo, Juice**)
 - Saturn und Titan (**Cassini**)
 - Comet 67P (**Rosetta**)

IMPEX ermöglicht einen simultanen Zugriff auf
Beobachtungsdaten und Simulationsergebnisse

IMPEX Tools & Ressourcen (<http://impex-fp7.oeaw.ac.at/tools.html>)

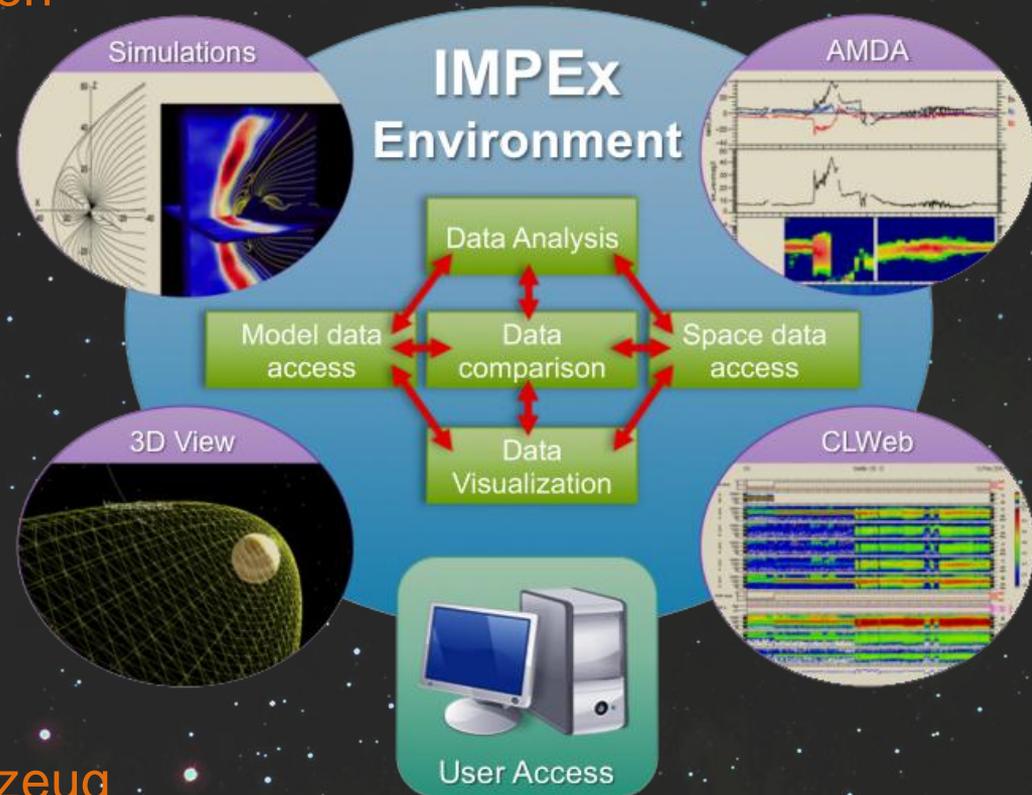
Selektion, Download, Visualisierung (2D/3D), Analyse und Vergleich der Daten

• Modellsektor: (SMDBs)

- 3D Hybrid & MHD Plattformen (FMI, Finland)
- 3D Hybrid Code (LATMOS, Frankreich)
- Paraboloid Magnetospheric Model (SINP, Russland)

• Datenverarbeitungssektor:

- AMDA (inkl. Zugriff auf Beobachtungsdaten)
- 3D View Multimission Visualisierung
- CLWeb Datenanalyse Werkzeug



VO Kontext in IMPEX

Integrated Medium for Planetary Exploration (<http://impex-fp7.oeaw.ac.at>)

• VO Aspekte von IMPEX:

- Erweiterbarkeit (Datenmodell kann neue Modelle und Datenbanken beschreiben)
- Datenmodell und Protokoll basiert auf weltweite Standards (z.B. IVOA und SPASE)
- Einfache Schnittstellen um Interoperabilität mit bestehenden Tools zu gewährleisten
- Web-basierte Applikationen, die mit Services interagieren
- Prototyp einer integrierten service-orientierten Infrastruktur

IMPEX ermöglicht einen standardisierten Zugriff auf Beobachtungsdaten und Simulationsergebnissen

VO Kontext in IMPEX

Integrated Medium for Planetary Exploration (<http://impex-fp7.oeaw.ac.at>)

- **IMPEX Daten Modell:**

Basiert auf den Standard SPASE (siehe: <http://www.spase-group.org>)

- De-Facto Standard für die Beschreibung von Beobachtungsdaten aus dem Bereich Weltraumphysik und Sonnenphysik.
- Erweiterung zur Beschreibung von Simulationsdaten

- **XML Metadaten für**

- Simulationsmodelle (**SimulationModel**)
- Individuelle Runs (**SimulationRun**)
- Simulationsergebnisse (**NumericalOutput**)
- Spezielle Datensätze (**Granule**)

VO Kontext in IMPEX

Integrated Medium for Planetary Exploration (<http://impex-fp7.oeaw.ac.at>)

• IMPEX Protokoll:

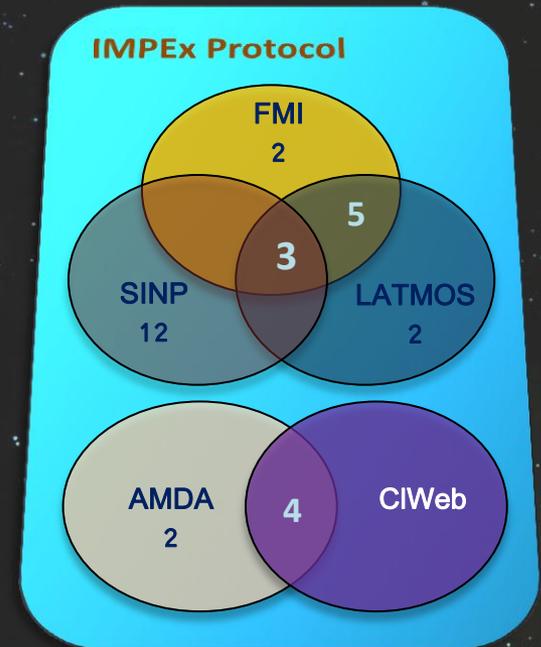
Basiert auf W3C Standards WSDL und SOAP

- Einheitliche Schnittstellen zu den integrierten Simulations- und Beobachtungsdatenbanken
- Insgesamt 30 Zugriffsmethoden
- Returnieren VOTable oder netCDF format

Beispiele:

getDataPointValue → generische Methode zum Interpolieren von Magnetfelddaten

calculateDataPointValue → generische Methode zur on-the-fly Berechnung von Magnetfelddaten



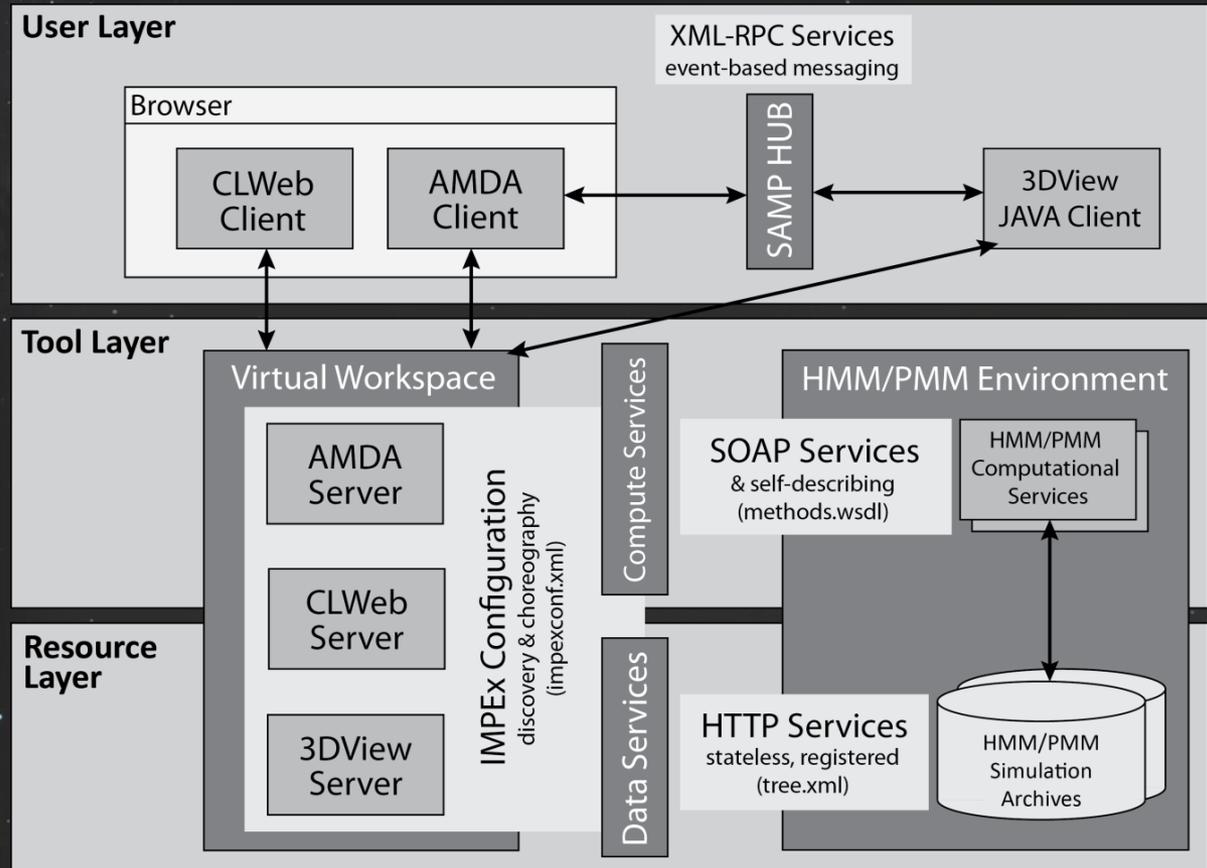
IMPEX Architektur im Überblick

Virtual Workspace
SAMP-Hub für inter-tool
Kommunikation

Web Service standards
(SOAP/WSDL, REST)

Data Services
(Registry basierend
auf IMPEX-DM)

Zentrale Administration
und Monitoring über
IMPEX Configuration



Das IMPEX Portal (<http://impex-portal.oeaw.ac.at/>)

Homogene Schnittstelle zu allen IMPEX Services

- **Derzeit in Entwicklung:**
Zugriff auf Metadaten und Webservices über eine HTTP basierte REST Schnittstelle → Portal Messaging API
- **Vorteile**
 - Einfache Entwicklung von HTML/Javascript basierten Clients
 - Toolsupport für viele Anwendungen (u.a. auch Matlab)
 - Schnittstellenbeschreibung wird automatisch mitgeliefert (z.B. Parameter, Beispielswerte)
- **Überblickseite der API mit Test UI der verfügbaren Funktionen:**
<http://impex-portal.oeaw.ac.at/api-view>

Das IMPEX Portal

(<http://impex-portal.oeaw.ac.at/>)

Ausblick: IMPEX Portal Map (dzt. als Testversion verfügbar)



Virtual Observatories im Überblick

HELIO (<http://www.helio-vo.eu>)



EuroPlaNet IDIS

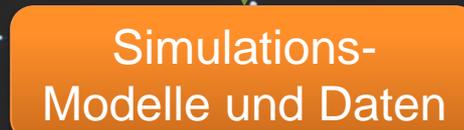
Planetare Daten

Oberflächen

Atmosphären

Interplanetarer
Staub

Plasma



IVOA (<http://www.ivoa.net>)

IMPEX (<http://impex-fp7.oeaw.ac.at>)

Science Cases Methodik

Erfassen von Anwendungsszenarien

- Vorgangsweise aus der Softwareentwicklung (vgl. Use Cases)
- Definition von Softwareanforderungen über Anwendungsszenarien
- Science Cases → Dokumentation und Abbildung von wissenschaftlichen Workflows
- Sammlung aller benötigten Ressourcen und Tools
- Zuordnung von Ressourcen zu Teilproblemen des Science Cases und entsprechende Schnittstellendefinition
- Generische Teilprobleme werden zusammengefasst und möglichst wiederverwendbar implementiert

Vorstellung der Tools

Übersichtsseite: <http://seminar.floriantopf.com>

Vorstellung der Tools: Überblick

1. CDPP AMDA
2. CDPP 3DView
3. SINP Paraboloid Model Website
4. LATMOS Hybrid Simulation Database LatHyS
5. FMI HWA Simulation Database
6. IRAP CLWeb
7. HELIO
 1. Das EU-Projekt HELIO
 2. HELIO Graphic User Interface
8. Auswahl weiterer nutzvoller Tools
 1. Topcat, Aladin, Taverna, ...

Quick Guide to IMPEX Tools auf <http://impex-fp7.oewaw.ac.at/>

CDPP AMDA

Automated Multi-Dataset Analysis

<http://amda.cdpp.eu/>



Versatile web tool for
Space Physics

MULTI DATASET VISUALISATION
AND DOWNLOAD

VISUAL AND AUTOMATED EVENT
SEARCH AND DATA MINING

CATALOGUE GENERATION
AND EXPLOITATION

REMOTE ACCESS TO DATA,
MODEL AND IMAGE CENTRES,
VIA VO TOOLS AND
STANDARDS

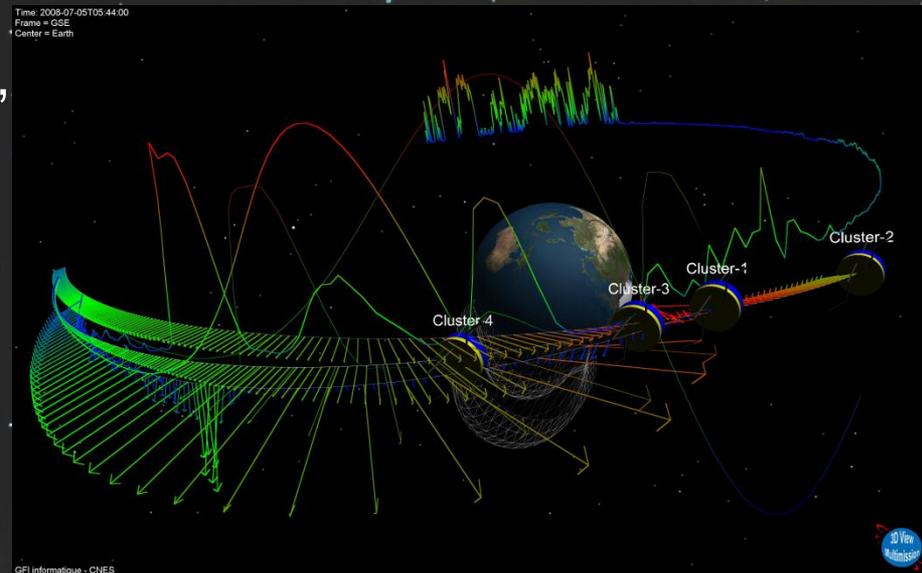
- **Tool zur Visualisierung** von **Messdaten** verschiedener Weltraummissionen & **Simulationsdaten** verschiedener numerischer Modelle
- **Zugriff auf AMDA-interne Datenbank & externe Datenbanken** (CDAWeb/NASA, MAPSKP,/IRAP, THEMIS/IRAP, VexMag/Graz, CLWEB/IRAP);
- **Vielfältige Bearbeitungsmöglichkeiten:** Daten Up- & Download, Definition/Manipulation von Parametern/Daten, Kreieren von Zeitreihen, Interoperabilität, Suche in den Datensets

CDPP 3D View

<http://3dview.cdpp.eu/>

Tool zur 3D Visualisierung von

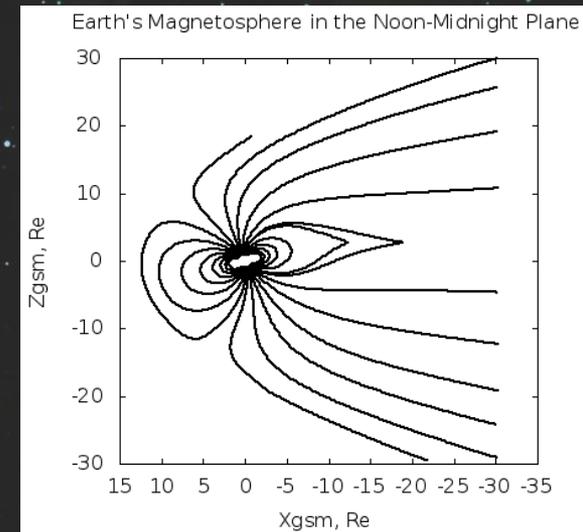
- **Positionen, Orbits und Orientierungen** verschiedener Weltraummissionen
 - CoRoT, Rosetta, PICARD, Jason2, MRO/MSL, Mars-Express, Venus-Express, Cassini, Planck, Galileo, Ulysses, Voyager 1/2, Stereo, Cluster, ACE, Wind, Geotail, SOHO, Giotto, Themis, Interball.
- Planeten-Ephemeriden
- **Einbettung wissenschaftlicher Datenmodelle & Datensätze**



SINP Paraboloid Model Website

<http://smdc.sinp.msu.ru/index.py?nav=paraboloid/index>

- **Interaktive Simulationsdatenbank** auf Basis des **SINP Paraboloid Magnetospheric Model**. Simulationen der Umgebung von
 - Merkur, Erde, Saturn
- **Auswahl verschiedener Input-Parameter:**
 - Beobachtungsdaten des Sonnenwindes (1966-2014)
 - Individuelle Input-Parameter
- **Outputs:**
 - Magnetfeld-Daten an definierten Koordinaten
 - Plots und Verteilungen
- **3D-Cube-Catalogue**
 - Simulationen verschiedener magnetic storms

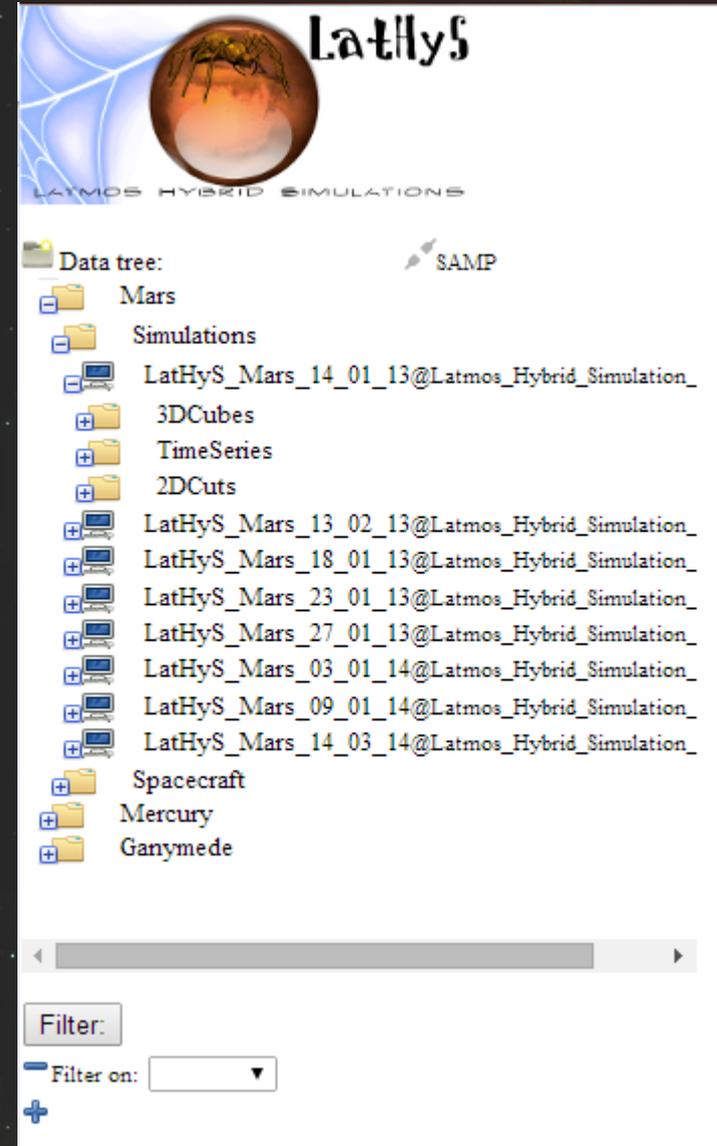


LaTHyS

LATMOS Hybrid Simulation Database

<http://impex.latmos.ipsl.fr/LatHyS.htm>

- Hybrid Model Simulationen über
 - Mars; Merkur, Ganymed
 - Ion composition, electric field, magnetic field, thermal plasma
- 3D-Cubes, 2D-Cuts, Time Series
- Beobachtungsdaten:
 - MAVEN, MEX, MGS
- Interoperabilität mit AMDA, CLWeb



The screenshot shows the LatHyS web interface. At the top, there is a header with the text "LatHyS" and "LATMOS HYBRID SIMULATIONS" next to a globe icon. Below the header, a "Data tree" is displayed, showing a hierarchical structure of data. The tree is rooted at "Mars" and includes several sub-folders and files:

- Mars
 - Simulations
 - LatHyS_Mars_14_01_13@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - 3DCubes
 - TimeSeries
 - 2DCuts
 - LatHyS_Mars_13_02_13@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - LatHyS_Mars_18_01_13@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - LatHyS_Mars_23_01_13@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - LatHyS_Mars_27_01_13@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - LatHyS_Mars_03_01_14@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - LatHyS_Mars_09_01_14@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - LatHyS_Mars_14_03_14@Latmos_Hybrid_Simulation_
 - Spacecraft
 - Merkury
 - Ganymede

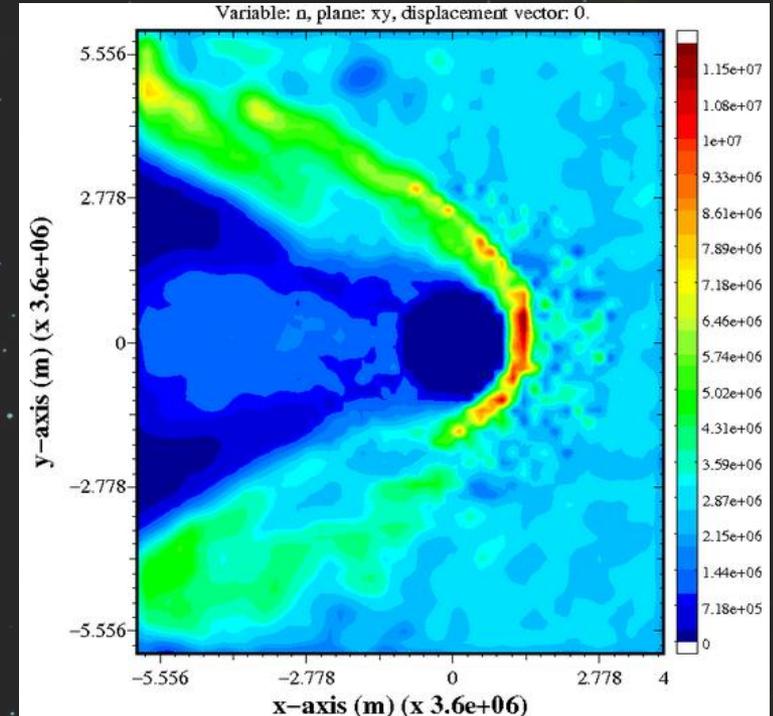
At the bottom of the interface, there is a "Filter:" section with a "Filter on:" dropdown menu and a plus sign icon.

FMI HWA

Hybrid-Modelling Web Archive

<http://hwa.fmi.fi/>

- Space Plasma Simulationen
 - HYB Archive: Mars, Venus, Erde
 - GUMICS Archive: Erde
- Suche in **archivierten Model Runs**
- „Request A Run“ für selbst-definierte Parameter
 - Zeit- und Rechenleistungs-intensiv!
- **Visualisierungsmöglichkeiten** verschiedener Runs
- **Download der abgefragten Daten**



Object : Mars
 Run : Mars_Jstag_SWIM2009_RunC_Hhf
 File : H+_hybstate_00575000.hc
 Adapt level : 0
 Linear interpolation : 1.0

IRAP CLWeb

Hybrid-Modelling Web Archive

<http://clweb.cesr.fr/>

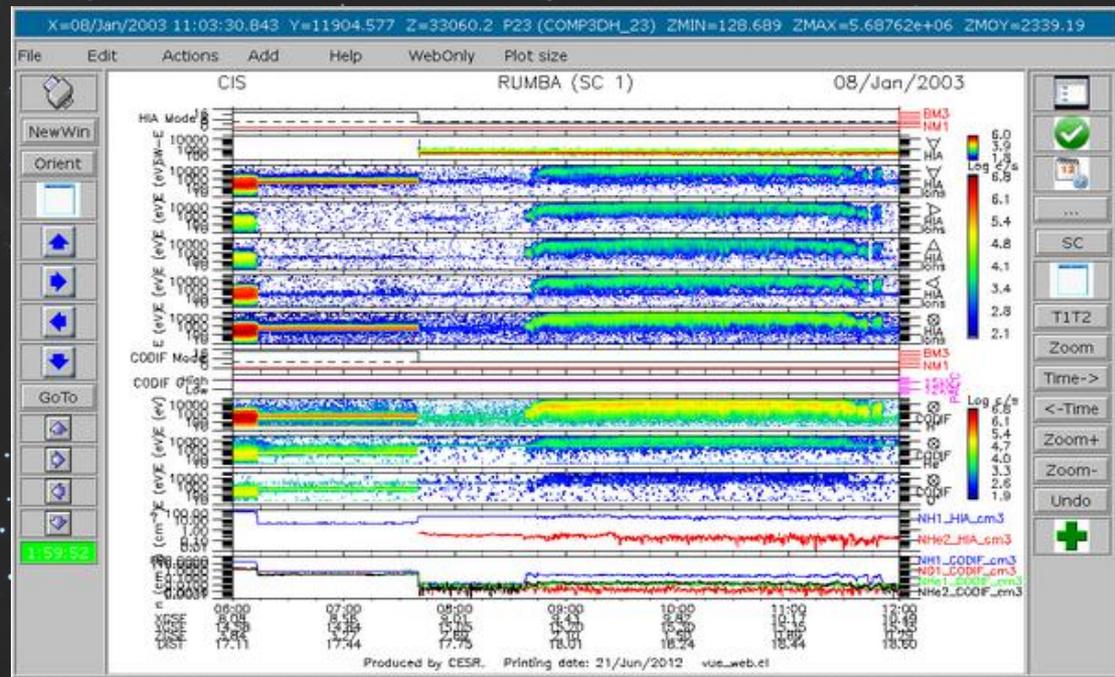
- Visualisierungs-Tool mit weitreichenden Manipulations- & Analysemöglichkeiten

- distribution functions
- 3D-Spektrogramme
- Selbst-definierte Parameter

- Beobachtungs- & Simulationsdatenbanken

- CLWeb, CDAWeb, AMDA, IMPEX, ...

- AMDA als Einstieg, CLWeb zur Weiterverarbeitung \leftrightarrow Interoperabilität!



HELIO

Heliophysics Integrated Observatory

<http://www.helio-vo.eu/>

- **EU-FP7 Research Infrastructure** zur Zusammenarbeit der europäischen Heliophysik-Community
- Aufbau und Zusammenfassung einer **weitreichenden Infrastruktur**, insbesondere in Form **web-basierter Tools**
 - **Helio-Tools Portal: HELIO GUI**
- HELIO bietet Zugang zu Daten von **über 200 Instrumenten**
- **Enge Zusammenarbeit** mit anderen **EU-Projekten** (Europlanet, IMPEX, ...) und anderen **Tools** (Taverna)



HELIO GUI

Heliophysics Integrated Observatory Graphic User Interface

<http://hfe.helio-vo.eu/Helio/>

- **HELIO Front End** (vergleiche IMPEX-Portal)
- **Inkludiert alle HELIO Tools** – Beispiele:
 - **Heliophysics Event Catalogue**: Über 60 Event-Listen (z.B. SOHO/LASCO-Event catalogue, Kanzelhöhe Flare-List)
 - Instrument Capabilities Service
 - **Forward/Backward propagation tools** **Vollständige Übersicht aller Tools:**

http://www.helio-vo.eu/services/service_interfaces.php



Search
Events



Search
Features



Search
Observation
Data

Weitere VO Tools (Auswahl)

TOPCAT <http://www.starlink.ac.uk/topcat>

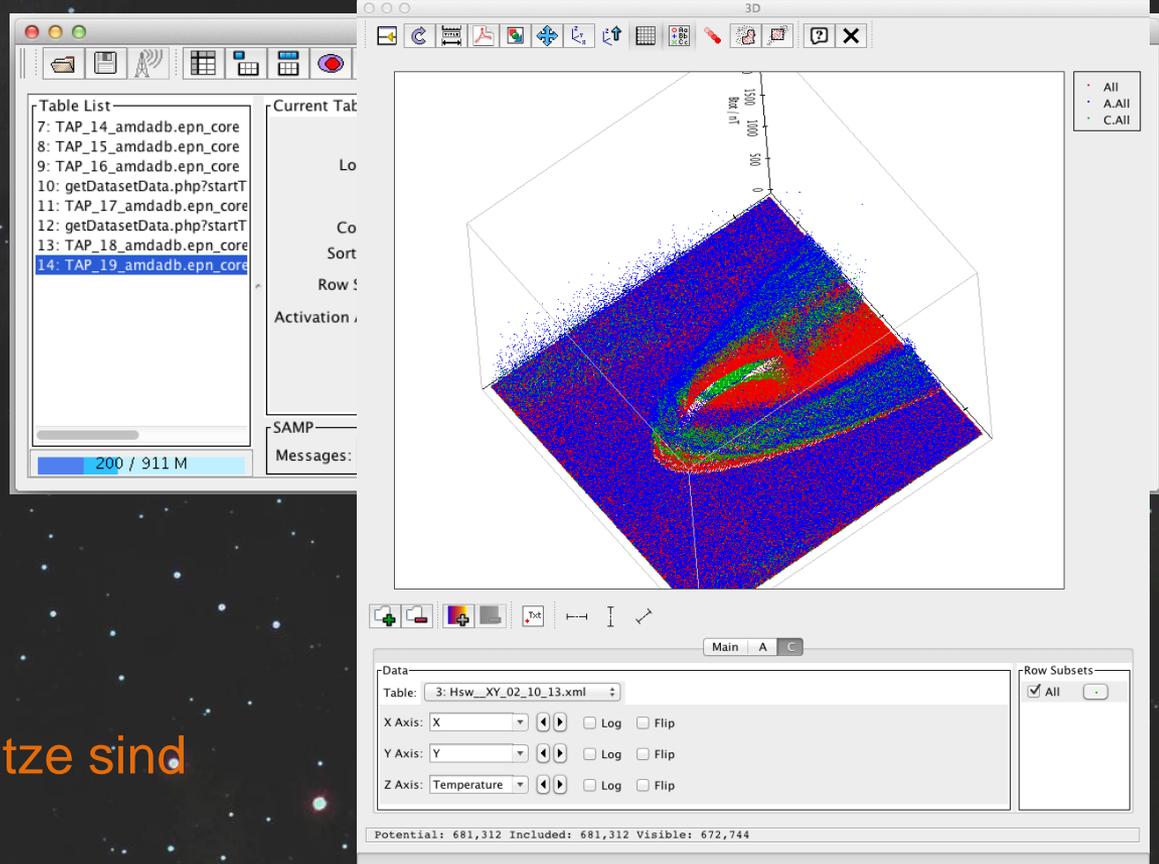
Tool for Operations on Catalogues And Tables

JAVA basierter Client
spezialisiert auf
Tabellenformate

Berechnungen,
Suchfunktionen,
1D/2D/3D Plots

Implementiert IVOA
Standards und Protokolle
(u.a. TAP und VOTable)

AMDA und IMPEX Datensätze sind
über EPN-TAP verfügbar



Weitere VO Tools (Auswahl)

TAVERNA

<http://www.taverna.org.uk/>

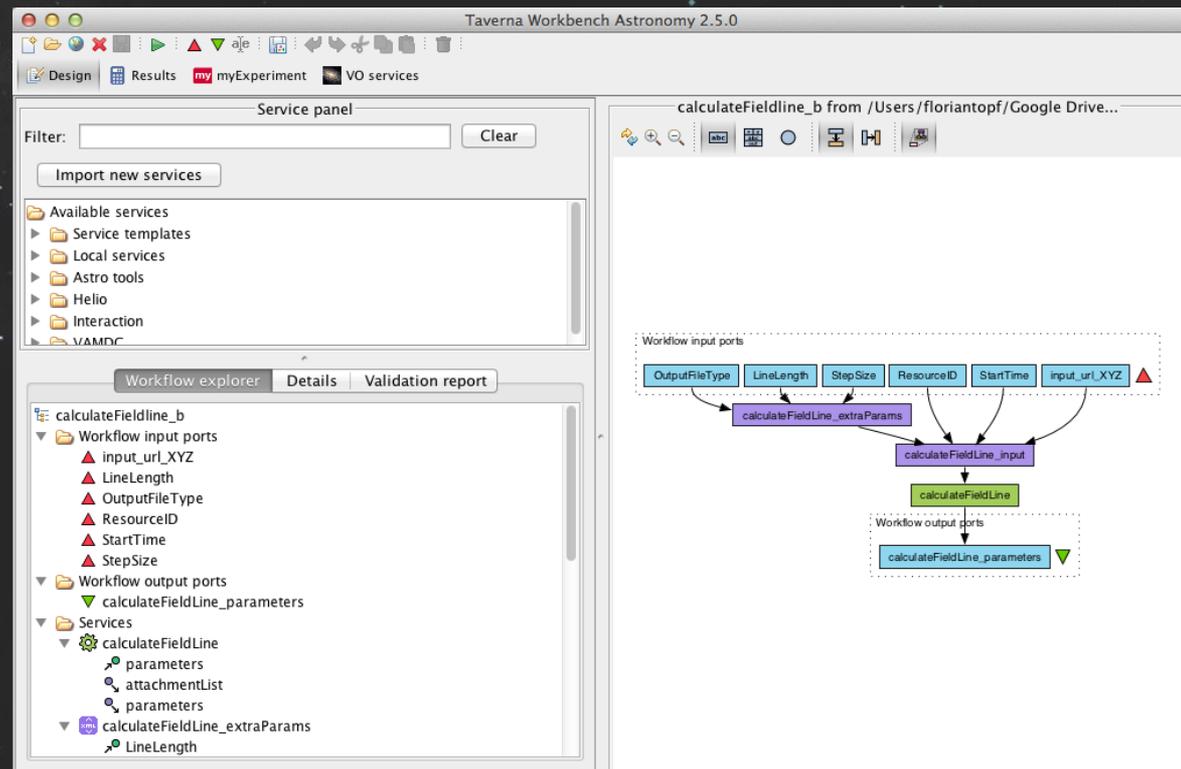
Tool zur Erstellung von Service-orientierten Workflows

JAVA basierter Client

Ermöglicht das
Verknüpfen von
Web services

Kommunikation über
SOAP oder REST
Interfaces

IMPEX Protokoll und
IMPEX Portal API kann
verwendet werden



Beispiele auf MyExperiment: <http://www.myexperiment.org/groups/1150.html>

Weitere VO Tools (Auswahl)

Aladin

<http://aladin.u-strasbg.fr/>

Interaktiver Sky-Atlas

JAVA basierter Client
Bibliothek zur Suche und
Bearbeitung von Astronomischen
Bildmaterial

Kann mit AMDA verknüpft werden
(IVOA/SAMP protokoll)

Abgleich von in-Situ und remote
Daten wird ermöglicht

Showreel: [http://aladin.u-
strasbg.fr/AladinLite/](http://aladin.u-strasbg.fr/AladinLite/)

Tutorial folgt...

The screenshot shows the Aladin v5.0 web interface. The main window displays a star field with various filters applied. The interface includes a menu bar (File, Edit, Image, Catalog, Overlay, Tool, Help), a location input field (18:02:21.77 -23:02:26.5), and a toolbar with various icons for zooming, panning, and filtering. A table at the bottom lists search results for the object 0669-0717050.

NOMAD1	YH	RAJ2000	DEJ2000	r	psfA	e p	psfE	e p	Bmag	r Bmag	Vmag	r Vmag
0669-071	YH	270.5915722	-23.0404611	Y	-80.3	9.0	-35.0	9.0			12.080	Y
0669-071	.N	270.5926398	-23.0306511	M	0.0	0.0	0.0	0.0				
0669-071	YH	270.5927528	-23.0236028	Y	11.4	9.0	7.6	9.0	11.250	Y		
0669-071	.N	270.5934519	-23.0362431	M	0.0	0.0	0.0	0.0				
0669-071	.N	270.5940628	-23.0330753	M	0.0	0.0	0.0	0.0				



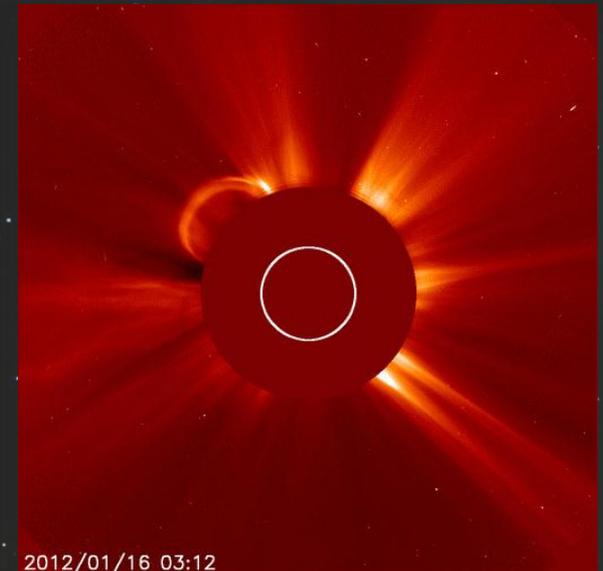
Demo-Tour

Anwendungsbeispiele: Überblick

- 1. CME impact on Venus & Earth**
Used Tools: Helio – AMDA/IMPEX – 3DView/IMPEX
- 2. Boundary identification at Venus**
Used Tools: 3DView - AMDA
- 3. Drivers of auroral emissions at Saturn**
Used Tools: AMDA – Aladin

Anwendungsbeispiel CME impact on Venus & Earth

- **Ziel:** Kennenlernen der Tools HELIO-GUI, AMDA/IMPEX, 3DView/IMPEX – insbesondere Fokus auf IMPEX-Funktionalitäten in AMDA & 3DView
- **Daten:** SOHO/LASCO CME database; VEX, Magnetfeld-Daten von WIND, Cluster 1, GEOTAIL; Simulationsdaten von FMI/GUMICS, FMI/HYB, SINP PMM
- **Tools:**
 HELIO-GUI (<http://hfe.helio-vo.eu/Helio/>),
 AMDA (amda.cdpp.eu),
 3DView (3dview.cdpp.eu)



2012/01/16 03:12

Anwendungsbeispiel Boundary Identification at Venus

- **Ziel:** Identifizierung des Übergangs des Venus Express Satelliten in die induzierte Venus-Magnetosphäre und vice-versa
- **Daten:** Venus Express Orbit, MAG, IMA und ELS (ASPERA-4)
- **Tools:** 3D View (<http://3dview.cdpp.eu/>) und AMDA (<http://amda.cdpp.eu/>)
- **2 unterschiedliche Bedingungen:**
zeitl. Veränderung der Elektronenanzahl über Elektronenanzahl (100eV – 200eV)

$$\chi_C = \left(\frac{\frac{d}{dt} C_{E_1 - E_2}}{C_{E_1 - E_2}} \right)$$

Räumliche und Magnetfeld-spezifische
Eingrenzung des Orbits

$$\begin{aligned} R &< 3 \\ &\& \\ R &> 1.5 \\ &\& \\ X &< 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{abs}(Y)/\text{abs}(X) &< 0.5 \\ &\& \\ B_x(t) * B_x(t + 60s) &< 0 \end{aligned}$$

Anwendungsbeispiel

Drivers of auroral emissions at Saturn

- **Ziel:** Visualisierung der „Saturn Auroral Campaign“ – gemeinsame Beobachtung von Cassini und Hubble Space Telescope
- **Daten:** Cassini Orbit, MAG und RPWS, HST Saturn Images, mSWiM Solar Wind Saturn (<http://mswim.engin.umich.edu/>)
- **Tools:** AMDA (<http://amda.cdpp.eu/>), Aladin Sky Atlas (<http://aladin.u-strasbg.fr/>)
- **Anmerkungen:**
 - VO Interoperabilität zwischen AMDA mit IVOA Tool Aladin (Astronomie vs. Planetologie) über IVOA/SAMP Protokoll
→ IMPEX ermöglicht die gleiche Kommunikation zwischen AMDA und 3DView.