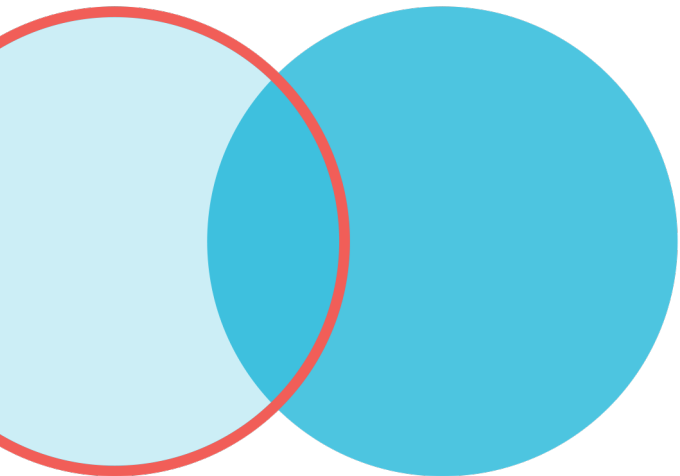




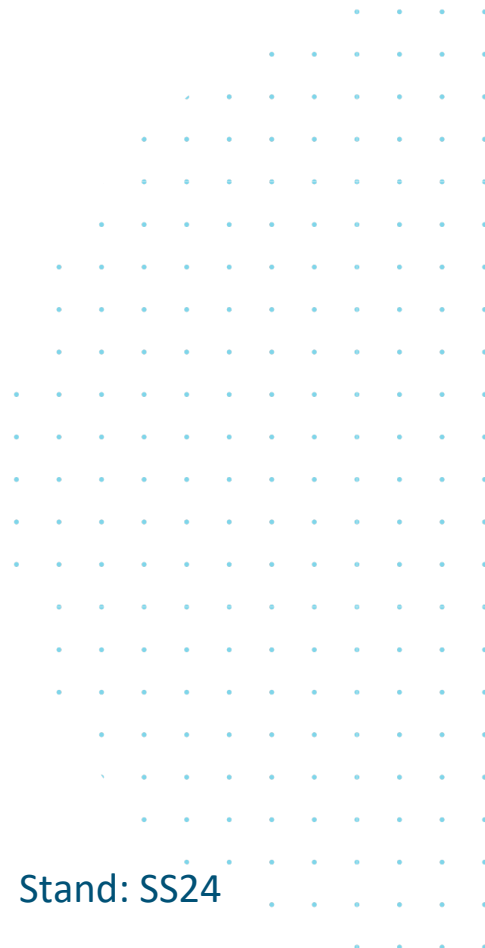
UNIVERSITÄT
ZU KÖLN

ÜBERBLICK DER LEHRSTÜHLE

Abteilung Informatik



Stand: SS24

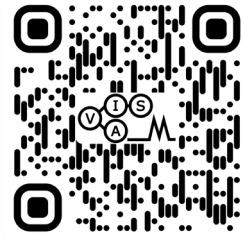


INHALT

| | |
|---|-----------|
| 1. VISUALISIERUNG UND VISUAL ANALYTICS | 3 |
| 2. SOFTWARE & SYSTEMS ENGINEERING | 4 |
| 3. TRUSTWORTHY ARTIFICIAL INTELLIGENCE | 5 |
| 4. SOFTWARETECHNOLOGIE | 6 |
| 5. PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS | 7 |
| 6. ALGORITHMEN UND KOMPLEXITÄT | 9 |
| 7. DATA SCIENCE OF BIOIMAGES | 10 |
| 8. COMPUTATIONAL EARTH SYSTEM SCIENCE | 11 |

1. VISUALISIERUNG UND VISUAL ANALYTICS

Prof. Dr. Tatiana von Landesberger



Wir beschäftigen uns mit Informationsvisualisierung und Visual Analytics. Wir erforschen visuelle Designs und Systeme, um komplexe Daten darzustellen. Dazu kombinieren wir Datenanalyse und interaktive Visualisierung, um große Datenmengen analysieren zu können. Weiterhin entwickeln wir visuelle Interfaces zur interaktiven Suche in großen Daten. Wir lösen reale Probleme aus verschiedenen Fachgebieten wie Medizin, Biologie, Wirtschaft, Meteorologie und Logistik.

Informationsvisualisierung: Informationsvisualisierung beschäftigt sich mit der interaktiven Darstellung abstrakter Daten (Graphen, Zeitreihen, Geoinformationen, Texte). Die Fragen, die wir bearbeiten, beinhalten:

- **Darstellung und Design:** Wie sollten Daten dargestellt werden, so dass wichtige Informationen leicht erkennbar sind? Wie kann man viele Daten auf kleinem Bildschirm darstellen?
- **Wahrnehmung:** Wie werden die Visualisierungen von Menschen wahrgenommen und kognitiv verarbeitet? Welche Design Guidelines kann man empfehlen um Visualisierungen gut wahrzunehmen?
- **Interaktionen und Benutzeroberflächen:** Welche Interaktionen soll man in Visualisierung anbieten?

Visual Analytics: Visual Analytics unterstützt die Analyse von großen und komplexen Datenmengen. Sie kombiniert interaktive Visualisierung und Data Mining um Erkenntnisse zu gewinnen. Wir bearbeiten aktuelle Fragen aus verschiedenen Anwendungsgebieten:

- **Finanzen:** Wie sind Finanzsysteme strukturiert? Was passiert beim Finanzschock?
- **Verkehr:** Welche Mobilitätspatterns kann man auf Basis von GPS und Twitter-Daten erkennen? Welche Auswirkung hat die Visualisierung von Zugverspätungen auf Reiseplanung?
- **Meteorologie:** Wie verändert sich das Klima und die Atmosphäre über Zeit?
- **Biologie:** Welche Ähnlichkeiten haben Proteinsequenzen von Spezies?
- **Medizin:** Wie verbreiten sich Krankheiten?

ANGEBOTENE LEHRVERANSTALTUNGEN

Wir bieten Vorlesungen, Seminare und Praktika an:

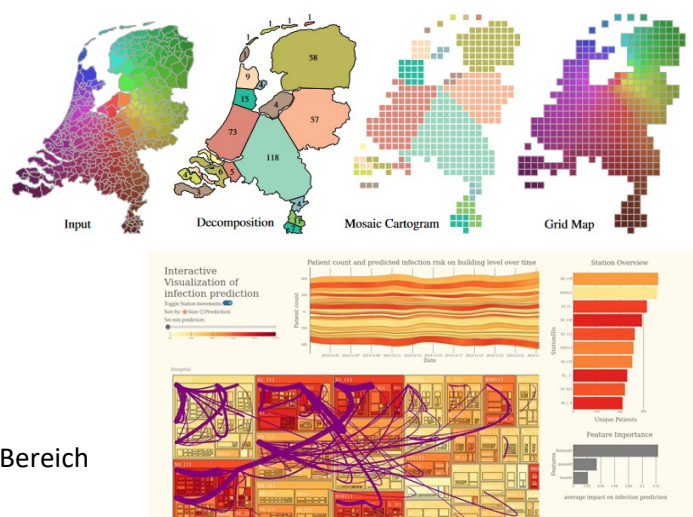
- Vorlesung: Visualisierung (WS, Bachelor)
- Vorlesung: Visual Analytics (SS, Master)
- VIS-Seminar (SS, Bachelor & Master)
- VA-Praktikum (WS, Master)

ABSCHLUSSARBEITEN (BACHELOR/ MASTER)

Wir bieten stets die Möglichkeit, Abschlussarbeiten im Bereich unserer aktuellen Forschungsarbeiten durchzuführen.

Voraussetzung sind i.d.R. Kenntnisse aus der Informationsvisualisierung und/ oder Visual Analytics.

Bitte wenden Sie sich bei Interesse direkt an den Lehrstuhl bzw. Frau Prof. von Landesberger (visva.lehre@cs.uni-koeln.de).



2. SOFTWARE & SYSTEMS ENGINEERING

Prof. Dr. Andreas Vogelsang

The development of good and successful software requires more than just programming knowledge. Software engineering deals with the systematic use of principles, methods, and tools for the division of labor, engineering development, and application of extensive software systems.



Professional software developers, architects, and managers need to be able to answer the following questions:

- When is a software product good enough to ship?
- Have we developed what the customer or user really needs?
- What do we do if tomorrow we have 10 times more users for our software system and 100 times the day after tomorrow?
- How can we import changes into our software as quickly and safely as possible?
- Why is it that we are not as good at software development as others?

Successful software projects require more than just technical expertise. Finding out what the customer wants, working together in a team, managing complexity, reducing risks, adhering to time and budget constraints and determining under various restrictions when a product is good enough to be delivered are at least as important topics. They often have a significant human component.

At our chair, we invent methods and tools to improve software engineering. We have a focus on Explainable Software Systems, Requirements Engineering, Research Software Engineering, Software Engineering for AI, and AI for Software Engineering. We work application-oriented and collaborate with industrial partners.

ANGEBOTENE LEHRVERANSTALTUNGEN

We offer the following courses:

- Lecture: Software Engineering (WS, Bachelor)
- Lecture: Requirements Engineering (SS, Master)
- Lecture: Empirical Software Engineering (SS, Master)
- Capstone Software Engineering Project (WS, Bachelor)
- Advanced Software Engineering Project (irregular, Master)

ABSCHLUSSARBEITEN (BACHELOR/ MASTER)

We offer bachelor and master theses in the following research domains: Explainable Software Systems, Requirements Engineering, Research Software Engineering, Software Engineering for AI, and AI for Software Engineering. Don't hesitate to contact us if you are interested.

3. TRUSTWORTHY ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Prof. Dr. Aleksandar Bojchevski

The research at the Trustworthy Artificial Intelligence Lab (TAIL) is about models and algorithms that are not only accurate or efficient, but also robust, uncertainty-aware, privacy-preserving, fair, and interpretable. These trustworthiness aspects are essential in high-stakes applications and decision-making contexts that involve humans. The lab aims to develop methods that can reliably handle the long tail of real-world data which may be noisy, adversarial, or anomalous, and subject to distribution shifts. One research thread focuses on imbuing models with guarantees in the form of robustness certificates and distribution-free prediction sets. Another thread is dedicated to developing trustworthy graph-based models like graph neural networks.

ANGEBOTENE LEHRVERANSTALTUNGEN

We offer the following lectures and seminars:

- Lecture: Machine Learning (SS, Master)
- Lecture: Advanced Machine Learning (WS, Master)
- Seminar: Graph Neural Networks (WS, Master)
- Seminar: Trustworthy Machine Learning (SS, Master)

ABSCHLUSSARBEITEN (BACHELOR/ MASTER)

We offer Bachelor and Master theses in the broad area of (trustworthy) machine learning. If you are interested in a thesis, please send your CV and transcripts of records to Prof. Bojchevski via email using the subject line [Thesis] and we will arrange a meeting to discuss potential topics.

4. SOFTWARETECHNOLOGIE

Prof. Dr. Michael Felderer

Unsere Ergebnisse befähigen Ingenieuren, Wissenschaftlern und Operateure **moderne Softwaresysteme effizient zu entwickeln und mit der geforderten Qualität zu betreiben**. Dazu entwickeln und evaluieren wir Methoden, Algorithmen, Modelle, Sprachen und Werkzeuge für alle Phasen des Lebenszyklus moderner softwarebasierter Systeme (Analyse, Design, Programmierung, Test, Betrieb, Wartung). Neben der Automatisierung des Entwicklungsprozesses und der Gewährleistung der korrekten Funktionsweise stellen wir mit unserer Forschung insbesondere die **Nachhaltigkeit, Transparenz, Performanz, Security, Safety und Usability** moderner Softwaresystemen sicher.

Der Lehrstuhl arbeitet eng mit dem Institut für Softwaretechnologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammen. Deshalb fokussieren wir uns vor allem auf die Anwendungsdomänen **Raumfahrt, Luftfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit**.

Unsere aktuellen Forschungsgebiete sind:

- Qualitätssicherung für Luft- und Raumfahrtsysteme
- Research Software Engineering
- Performanz und Energieeffizienz von Software
- Security Engineering
- Wissenschaftliche Workflows
- Software Engineering für Quantencomputing
- KI-Technologien und Software Engineering
- Digitale Zwillinge

ANGEBOTENE LEHRVERANSTALTUNGEN

Wir bieten aktuell Lehrveranstaltungen zu den Themen:

- Vorlesung: Softwarequalität (WS, Master)
- Vorlesung: Performance Engineering (WS, Master)

ABSCHLUSSARBEITEN (BACHELOR/ MASTER)

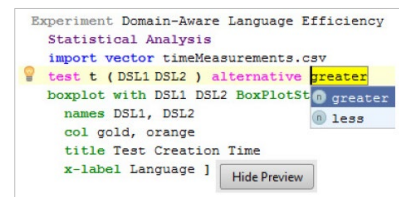
Wir arbeiten eng mit dem Institut für Softwaretechnologie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) zusammen. In diesem Kontext bieten wir laufend spannende Abschlussarbeiten und Praktika an. Diese adressieren aktuelle softwaretechnologische Fragestellungen, speziell in den Anwendungskontexten Raumfahrt, Luftfahrt, Energie, Verkehr, Sicherheit und Quantencomputing. Weitere Informationen finden Sie unter <https://dlr.de/sc>. Wenden Sie sich bei Interesse einfach an sc-lehre@cs.uni-koeln.de.



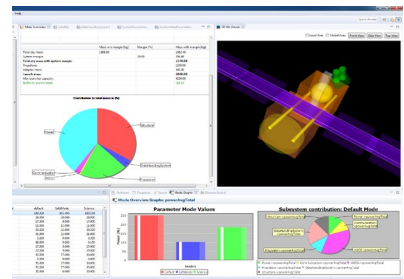
Beispiele für Ergebnisse:



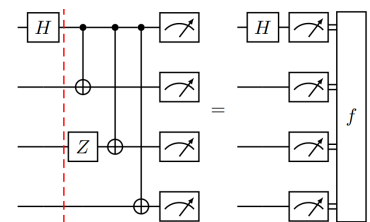
3D-Visualisierung von Software



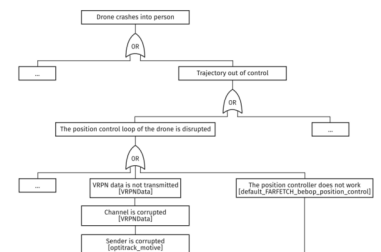
Domänenspezifische Sprachen



Digitales Engineering für Satelliten



Kompilierung von Quanten-Schaltkreisen



Sicherheitsanalyse mit Attack-Fault-Trees

5. PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS

<https://pds.uni-koeln.de>

Prof. Dr.-Ing. Stefan Wesner

PD Dr. Stefan Zellmann

Dr. Lutz Schubert

Moderne IT erfordert überall und jederzeit (eine) hohe Rechenleistung – von der Durchführung komplexer Simulationen über globale Datenanalysen bis hin zur verteilten Ausführung kollaborativer Arbeit. All diese Aspekte erfordern die Integration mehrerer CPUs, die über Cluster und Rechenzentren potenziell auf der ganzen Welt verteilt sind. Einzelne CPU-Kerne reichen selten aus, um die komplexen Berechnungen durchzuführen, die in Simulationen oder modernen Anwendungen erforderlich sind, was zur Entwicklung von Mehrkernprozessoren geführt hat. Doch bereits seit Jahrzehnten werden im Bereich des High Performance Computing Mehrprozessorrechner eingesetzt, um die fehlende Leistung eines einzelnen Prozessors auszugleichen.

Der Lehrstuhl für *Parallele und Verteilte Systeme* erforscht Methoden, um Rechenressourcen unabhängig von ihrem Standort und ihrer Verbindung auf integrative Weise effektiv zu nutzen. Dies umfasst das gesamte Verarbeitungs-Stack – vom Netzwerk über die Prozessorarchitektur bis hin zur Ausführungssteuerung. Der Lehrstuhl ist führend in der Forschung zu verteilten Betriebssystemen und verteiltem Hochleistungsrechnen.

FORSCHUNGSBEREICHE

SMART EXECUTION ENVIRONMENTS

Wir sind Teil der MyThOS Entwicklergruppe, die ein verteiltes Betriebssystem für heterogene Infrastrukturen entwickelt. Dabei konzentrieren wir uns auf:

- Live Migration
- Elastic Task und Data Placement
- P2P Infrastructure Sniffing

GPGPU UND HIGH PERFORMANCE COMPUTING

Uns interessieren die Verwendung von Grafikprozessoren für generelle Programmierung sowie die performancerelevanten Aspekte der Visualisierung. Beispiele:

- Strömungssimulation auf (GP-)GPUs

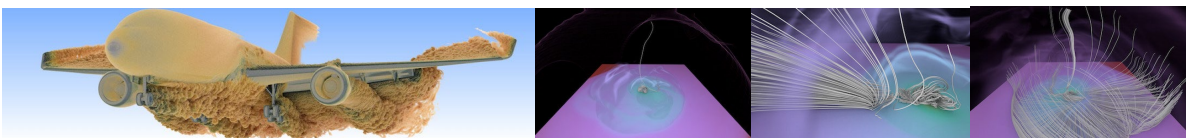


Abbildung 1. Links: Vorticity Feld des NASA Exajets. Rechts: Geschwindigkeitsfeld eines Zwillingplanetensystems. Diese Art von Simulationen werden häufig auf GPGPUs durchgeführt.

- Datenparallele Visualisierung und Visualisierungsdatenstrukturen

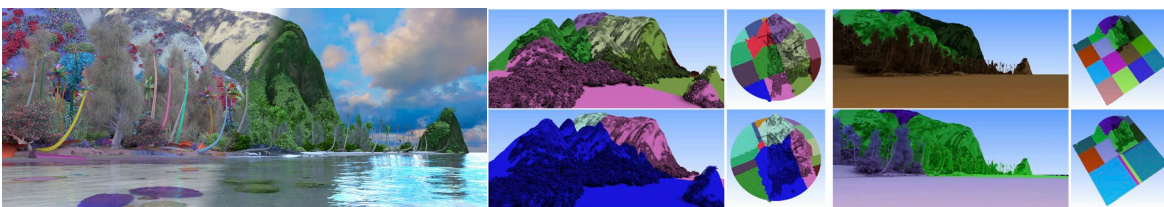


Abbildung 2. Links: Disney Moana Modell. Rechts: Verteilung auf vier Nodes mit je vier GPUs.

LEHRVERANSTALTUNGEN

Die von uns angebotenen Veranstaltungen umfassen:

- Vorlesung: Heterogeneous and parallel computing, Wesner/Schubert (WS, Master)
- Vorlesung: Cloud and Edge Computing Systems, Wesner/Schubert (SS, Master)
- Vorlesung: Rechnerstrukturen und Betriebssysteme, Schubert (WS, Bachelor)
- Vorlesung: Netze und Systeme / Computer Networks and Systems, Wesner (SS, Bachelor)
- Seminar: Rendering and Simulation with Graphics Processors, Zellmann (WS, Master)
- Seminar: Research trends in parallel and distributed systems, Schubert/Wesner (WS, Master)

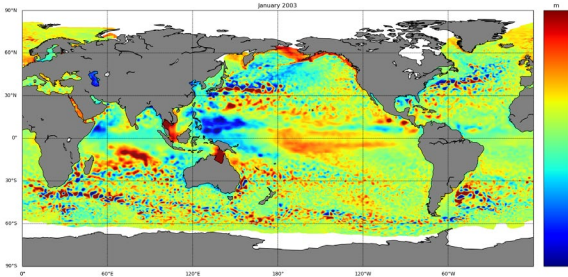
ABSCHLUSSARBEITEN

Wir bieten stets die Möglichkeit, Abschlussarbeiten im Bereich unserer aktuellen Forschungsgebiete durchzuführen. Voraussetzungen sind Kenntnisse von i.d.R. höheren Programmiersprachen sowie vertiefende Inhalte aus unseren Vorlesungen und Seminaren.

6. ALGORITHMEN UND KOMPLEXITÄT

Prof. Dr. Christian Sohler

am Lehrstuhl Algorithmen und Komplexität beschäftigen wir uns mit der Entwicklung und Analyse neuer Algorithmen für die Verarbeitung sehr großer Datenmengen. Dabei interessieren wir uns insbesondere für Probleme, bei denen man Datenmengen analysieren muss, die so groß sind, dass man sie nicht vollständig



speichern kann und die z.B. in Form von Datenströmen auftreten. Ein weiterer Schwerpunkt unserer Forschung liegt im Bereich neuer Methoden für unüberwachtes Lernen. Diese wenden wir in interdisziplinären Projekten z.B. mit den Geowissenschaften an, um neue Fragestellungen in den Anwendungen zu lösen (im Bild: Erste Ergebnisse eines neuen Verfahrens zur Analyse von Meeresspiegelanomalien). Auf der stärker theoretischen Seite entwickeln und analysieren wir randomisierte

Verfahren, um die Struktur sehr großer Netzwerke mit Hilfe von zufälligen Stichproben zu verstehen.

ANGEBOTENE LEHRVERANSTALTUNGEN

Wir bieten unterschiedliche Lehrveranstaltungen im Bereich der Entwicklung und Analyse von Algorithmen und Datenstrukturen an wie z.B.

- Vorlesung: Algorithmen und Datenstrukturen (SS, Bachelor)
- Vorlesung: Effiziente Algorithmen (WS, Master)
- Vorlesung: Randomisierte Algorithmen (SS, Master)
- Vorlesung: Parametrized Algorithms (WS; unregelmäßig, Master)
- Vorlesung: Computational Geometry (SS, unregelmäßig, Master)
- Seminar im Bereich Algorithmen und/oder maschinellem Lernen (WS)

ABSCHLUSSARBEITEN (BACHELOR/ MASTER)

Wir bieten Abschlussarbeiten in vielen Bereichen von Algorithmen und Komplexität an. Bei Interesse schreiben Sie bitte eine email an sohler@cs.uni-koeln.de.

7. DATA SCIENCE OF BIOIMAGES

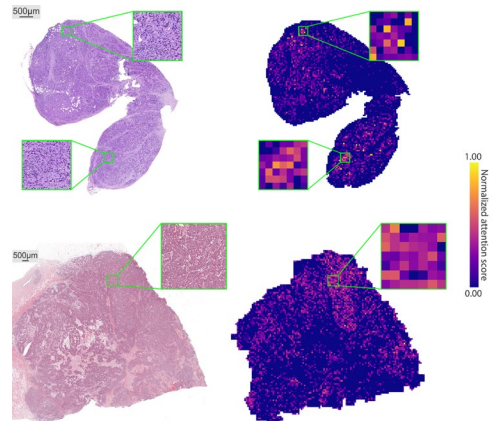
Prof. Dr. Katarzyna Bozek

Our group is working on development and application of deep learning methods for image analysis in biology and medicine. We work on both experimental as well as patient diagnostic datasets and focus both on the underlying scientific or medical question as well as on the computational and technical challenges it represents.

Among our major focus points are:

- classification and segmentation of large microscopy image datasets,
- self-supervised representation learning of complex visual information,
- representation learning of time-series behavioral data,
- learning on multi-modal and multi-dimensional datasets.

In our projects we bring the most recent developments in the field of Computer Vision to the biomedical research. All projects are collaborative with experimental and medical partners in Cologne and Berlin.

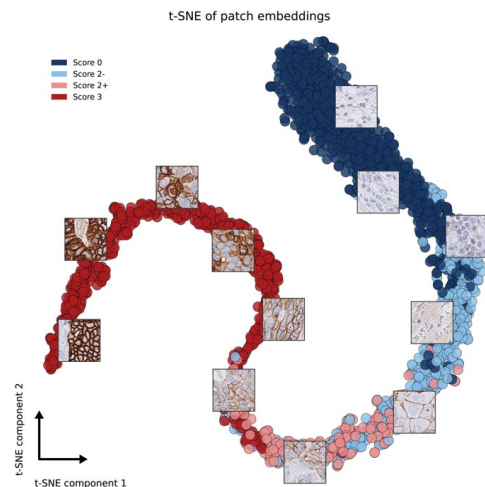


ANGEBOTENE LEHRVERANSTALTUNGEN

We offer Computer Vision course in the summer semester.

ABSCHLUSSARBEITEN (BACHELOR/ MASTER)

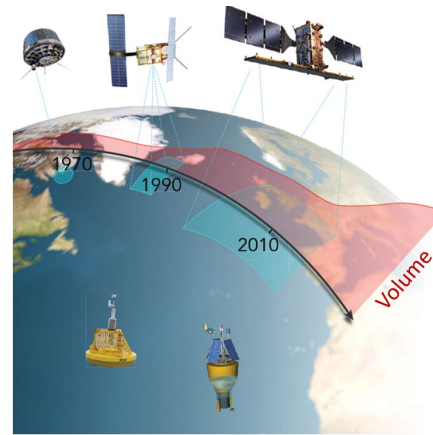
We welcome internships, rotation, bachelor and master theses in our group. To learn more about our research visit <https://www.bozek-lab.cmmc-uni-koeln.de/> and reach out to k.bozek@uni-koeln.de.



8. COMPUTATIONAL EARTH SYSTEM SCIENCE

Prof. Dr. Martin Schultz

Weather and climate research are driven by an enormous amount of observational data and very large numerical models. While for many years progress in weather forecasting and climate prediction was facilitated by computer hardware that became faster and more efficient mainly due to miniaturisation of circuits, this comfortable situation changed around 2015. New (super)computing architectures and storage strategies now require novel strategies for simulations and data processing. Also, in recent years, deep learning has demonstrated a huge potential in many areas of meteorological and environmental research and large neural network models are revolutionising the way we think about environmental predictions.



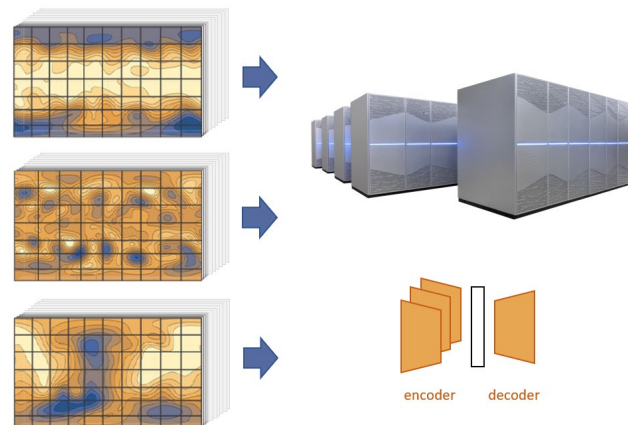
At this chair and in collaboration with my research group at the Jülich Supercomputing Centre we are developing new machine learning models for weather and climate applications and new methods for efficient large-scale Earth system data management. In particular, we want to adopt the concept of large-scale foundation modelling (which is behind the recent hype of large language and multi-modal models) for Earth system research. We collaborate with the German Weather Service in Offenbach and the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts in Bonn and seek to develop tools that are of actual use and can be integrated into operational workflows. Our research also provides interesting insights into the limitations of current computing systems and helps to design the next generation of supercomputers.

MODULES ON OFFER

We offer two modules with two parts each:

- Earth system data processing (fundamentals and advanced)
- Machine learning for weather and climate (fundamentals and advanced)

The 4 courses will be taught sequentially and repeat every 2 years with the fundamentals lectures starting in the summer term.



THESES (BACHELOR/ MASTER)

Master theses related to the focus topics of our research can be offered. If you are interested, please send email with a brief Introduction to yourself and your research interests to m.schultz@fz-juelich.de.