



Leibniz-Rechenzentrum
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften



1920 JAHRESBERICHT

JAHRESBERICHT 2019



Stand: Dezember 2020
LRZ-Bericht 2019



INHALTSVERZEICHNIS

01	Chronik	08
02	IT-Dienste für die Wissenschaft	14
03	Neue Technologien	40
04	Forschung	50
05	Aus- und Weiterbildung	64
06	Menschen	74
07	Kooperationen	88
08	Zahlen und Fakten	100



von links: Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller, Prof. Dr. Martin Schulz, Prof. Dr. Thomas Seidl, Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz

Der Generationenwechsel im Direktorium, wichtige strategische Partnerschaften, neue Systeme und Technologien: 2019 steht für Aufbruch am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

KOLLEGIAL & KOOPERATIV – SO ERZIELTEN WIR 2019 VIELE FORTSCHRITTE

Gut Ding will Weile haben – heißt es so schön. Und wir sind sicher, die Zeit des Wartens hat sich gelohnt: Wir freuen uns, Ihnen endlich unseren Jahresbericht in komplett neuem Gewand zu präsentieren. Mit viel Herzblut haben wir an der neuen Aufmachung gearbeitet – sowohl was das Design, aber auch was die Inhalte angeht. Warum? Wir möchten Ihnen den gewohnten Jahresrückblick des LRZ bieten, aber dabei Ihr Augenmerk auf Aspekte lenken, die bisher nicht in dem Maße im Vordergrund standen, wie sie es verdient haben.

So stellt Kapitel 6 „Menschen“, aber auch Kapitel 5 „Aus- und Weiterbildung“ und Kapitel 7 „Kooperationen“ Menschen in den Mittelpunkt: Kolleg:innen innerhalb und Partner:innen außerhalb des LRZ. Der Aspekt zieht sich natürlich durch alle Kapitel –



MIT ENGAGEMENT UND LEIDENSCHAFT UNTERSTÜTZEN WIR DIE WISSENSCHAFT.



denn ohne das Engagement und die Leidenschaft dieser Menschen könnten wir unsere Aufgaben nicht so zuverlässig und professionell erledigen, wie Sie das von uns gewohnt sind. Dabei wollen wir nicht vergessen: Die Kolleg:innen und Partner:innen stehen stellvertretend für herausragende Teamarbeit.

Natürlich soll aber die Darstellung der Services und der technologischen Weiterentwicklungen, die das LRZ im Dienste der Wissenschaft leistet, nicht zu kurz kommen. Einen Überblick über aktuelle und neue Dienste gibt Kapitel 2. Für Zahlenfreunde und Statistikliebhaber geht es in Kapitel 8 „Zahlen & Fakten“ weiter in die Tiefe. Kapitel 3 „Neue Technologien“ gibt einen Einblick, was wir im Bereich Technologieerkundung und Entwicklung neuer Dienste leisten. Und nicht zuletzt gibt Kapitel 4 einen Überblick über Forschungsarbeiten am LRZ.

An dieser Stelle ist ein herzliches Dankeschön angebracht bei unseren Förderern, denn ohne Ihre Unterstützung wäre dies alles nicht möglich. Allen voran gilt unser Dank der Bayerischen Staatsregierung und dem Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, sowie unserer Mutterorganisation, der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Gerade die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit dem Präsidenten, Prof. Dr. Thomas O. Höllmann und der Generalsekretärin, Bianca Marzocca, sowie mit unseren direkten Ansprechpartner:innen in den Ministerien, allen voran Herr MR Georg Antretter, und die weisen Tipps unserer ehemaligen Direktoren Prof. Dr. Arndt Bode und Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering sind die Basis unseres Handelns. Ein besonderer Dank gilt nicht zuletzt unserem stellvertretenden LRZ-Leiter Prof. Dr. Helmut Reiser, mit dem wir in engster Abstimmung das LRZ auf künftige Aufgaben vorbereiten.

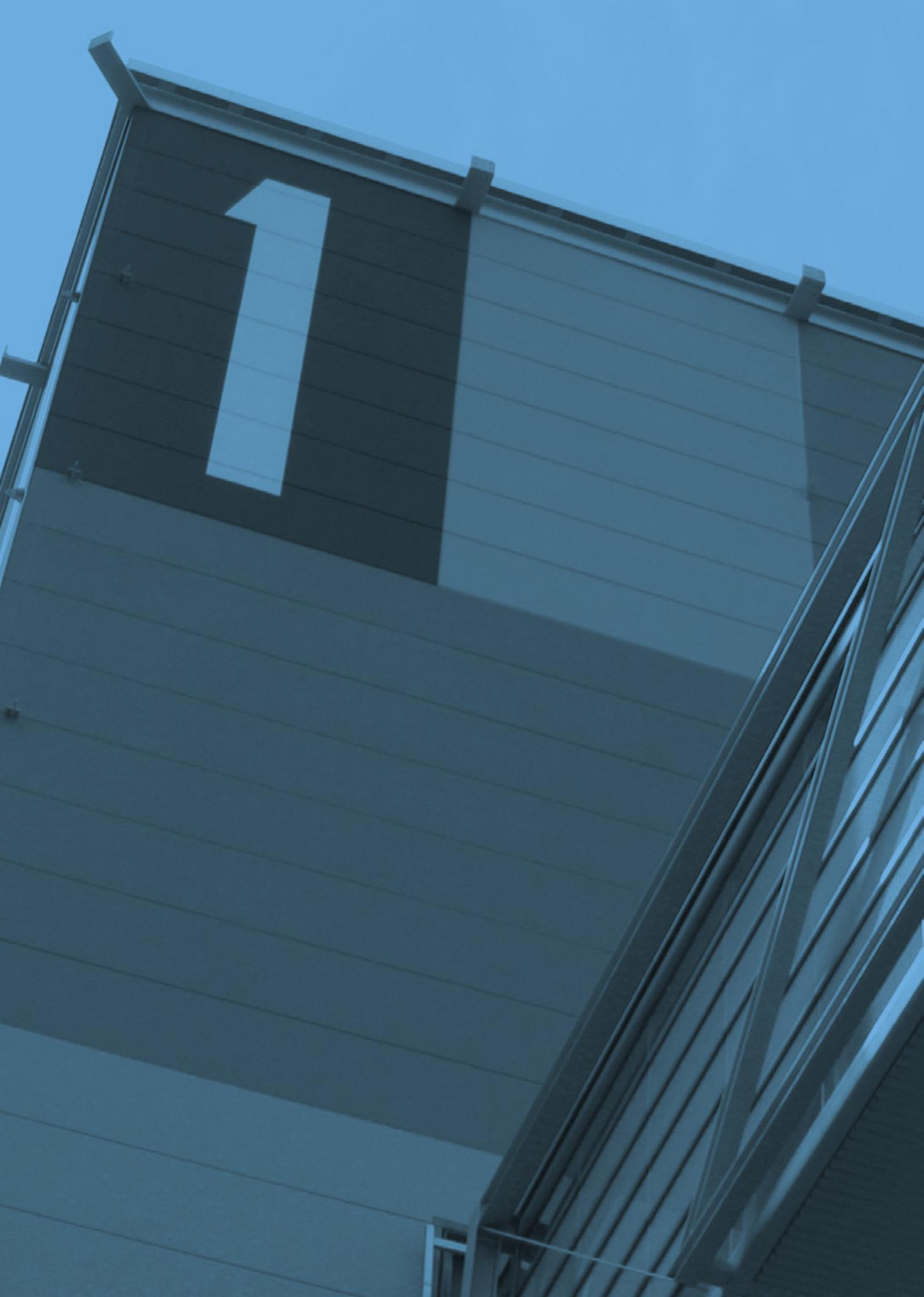
Wir bedanken uns für Ihr Vertrauen und freuen uns auf die künftige Zusammenarbeit 2020.

Prof. Dr. Dieter Kranzlmüller
Leiter des Direktoriums

Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz
Mitglied des Direktoriums

Prof. Dr. Martin Schulz
Mitglied des Direktoriums

Prof. Dr. Thomas Seidl
Mitglied des Direktoriums



01

CHRONIK

Zeitreise 2019

10

AUFGESCHLOSSEN UND IM TEAM

FEBRUAR

KOMMEN UND GEHEN

Das LRZ verabschiedet die Professoren Heinz-Gerd Hegering und Arndt Bode. Beide prägten das Rechenzentrum als Leiter und Direktoren. Neu ins Direktorium kommen die Professoren Thomas Seidl (LMU) und Martin Schulz (TUM).

FEBRUAR

GENERATIONSWECHSEL IM DIREKTORIUM



Zwei kommen, zwei gehen...

MÄRZ

DAS UNIVERSUM AUSGERECHNET

Am Deutschen Museum feiert „Ausgerechnet“ Premiere. Der Film zeigt die aufwändige Simulation unseres Kosmos auf SuperMUC, die das Exzellenzcluster Universe erarbeitete.

Aufbruchsstimmung ist an der Boltzmannstraße ebenso zu spüren wie Wehmut: 2019 wurden im Rechnerwürfel tonnenweise Racks, Prozessoren und Platinen abgebaut. SuperMUC ist Geschichte. Aus einigen Platinen wurden – in Gießharz – Souvenirs, und ein Rechnerknoten schaffte es ins Deutsche Museum. Dort ist seit März 2019 auch eines der Werke von SuperMUC zu sehen. Der Film „Ausgerechnet“ zeigt in knapp drei Minuten, was in Millionen Jahren nach dem Urknall im Universum geschah. Für diese Simulation verarbeitete der Supercomputer Daten von Wissenschaftler:innen der Exzellenzcluster Universe und Origins. Aber nicht nur deshalb kann sich die Bilanz von SuperMUC sehen lassen: In den sechs Jahren Laufzeit rechneten die Systeme Phase 1 und Phase 2, aus denen der Supercomputer bestand, rund 9,3 Milliarden CPU-Stunden. Inzwischen ist SuperMUCs Nachfolger SuperMUC-NG mit 311.040 Rechenknoten bei der Arbeit und



**Kommen und Gehen im Leibniz-Rechenzentrum –
Bayerns größtes wissenschaftliches Rechenzentrum
steckt personell und technisch im Generationenwechsel
und setzt dabei auf Teamarbeit und Neugier.**

APRIL

MAI

JULI

GRENZENLOSE ZUSAMMENARBEIT

SuperMUC und seine internationalen Kollegen von Rang verarbeiten die Daten des virtuellen Riesenteleskops Event Horizon und machen erstmals ein Schwarzes Loch sichtbar.

BIG DATA VON DER ERDE

Mit Terra_Byte starten das LRZ und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt die Arbeiten an Plattformen, mit denen sie Petabytes von Daten, die Satelliten von der Erde liefern, für die Forschung erschließen.

VERNETZT ZUM QUANTENCOMPUTER

Am LRZ beginnt die Ära des Quantencomputing: Die Arbeitsgruppe Bavarian Quantum Computing eXchange (BQCX) formiert sich. Forscher:innen, Unternehmer:innen und Interessierte ermitteln die Chancen der Technik.

bewährt sich – so viel Vorgriff auf 2020 muss sein – unter anderem bei der Erkundung des Corona-Virus.

HÖCHSTLEISTUNGS- UND QUANTENCOMPUTER PLUS SMARTE WERKZEUGE

SuperMUC und der Standort Garching bleiben verbunden mit zwei Leitern und Direktoren des LRZ: Professor Heinz-Gerd Hegering und Professor Arndt Bode. Sorgte der eine dafür, dass sich das LRZ zum nationalen Wissenschafts-Rechenzentrum von Rang entwickelte, internationalisierte der andere dessen Dienstleistungen. Mit einem Festakt wurden die Direktoren 2019 verabschiedet. Ihre Nachfolger, Professor Martin Schulz

und Professor Thomas Seidl, schauen in die Zukunft. Der eine leitet als Professor den Lehrstuhl Rechnerarchitektur und Parallele Systeme der Technischen Universität München, der andere an der Ludwig-Maximilians-Universität den Lehrstuhl für Datenbanksysteme und Data Mining sowie das Munich Center for Machine Learning. Damit ist ihre Stoßrichtung umrissen: Das LRZ wird innovative Computertechnologie, die nächsten Höchstleistungscomputer sowie deren Zusammenarbeit mit ersten Quantencomputern erforschen, zudem das Auswerten und Verarbeiten von riesigen Datenmengen mit Werkzeugen der künstlichen Intelligenz und des maschinellen Lernens.

Dafür erweitert das LRZ durch Vernetzung seine Expertise: Im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) fand das LRZ 2019 einen Partner, der nicht nur Speicherkapazitäten braucht, sondern smarte Plattformen und innovative Methoden zur Datenanalyse mitentwickeln will. Schon seit Jahren senden Satelliten Informationen zur Beschaffenheit der Erde. Diese werden nun durch das Projekt Terra_Byte ausgewertet und Forscher:innen in aller Welt zur Verfügung gestellt, damit wir globale Trends wie die Urbanisierung oder das Schrumpfen des Eises an den Polen besser verstehen.

Im Sommer 2019 rief das LRZ außerdem die Bavarian Supercomputing Alliance (BSA) sowie Bavarian Quantum Computing eXchange (BQCX) ins Leben: Zur Ersten gehören drei bayerische Universitäts-Rechenzentren und sechs Universitäten, die mit dem LRZ

untermauern, dass im Freistaat international anerkannte Höchst- und Hochleistungsrechner betrieben und Ideen für das High-Performance Computing (HPC) vorangetrieben werden. Neben der Leistungsverbesserung von Computern und der Aufbereitung von Forschungsdaten widmet sich die BSA der Energieeffizienz. Geht es der BSA um die Optimierung von Technik, forciert BQCX Erfahrungen rund um das Quantencomputing. Die Zukunftstechnologie stellt noch viele Fragen – Antworten sucht das LRZ mit Studierenden, Forscher:innen und Spezialist:innen aus der Industrie. Das erweitert auch den Horizont des LRZ – und sein Angebot: In Planung befinden sich Trainings und Vorlesungen, schon Ende 2019 tauschten sich Wissenschaftler:innen während des CIRQ Bootcamps mit Expert:innen von Google aus und entwickelten erste Algorithmen fürs Quantencomputing.

AUGUST

ALLGEMEIN

SEPTEMBER

**IT-DIENSTE
ZERTIFIZIERT**

Jahre lang an den Prozessen gefeilt: Projekt 47K wurde erfolgreich abgeschlossen. Das LRZ erhält von der DEKRA die Zertifikate ISO 20.000 für IT-Service-Management und ISO 27.001 für IT-Sicherheitsmanagement.

HERZLICH WILLKOMMEN



Regelmäßig informieren sich Politiker:innen im LRZ über Digitales und Technik: im Frühjahr etwa Nadine Girault, Ministerin für Internationale Beziehungen von Québec/ Kanada und der Bundestag-abgeordnete Florian Hahn, im Herbst der bayerische Wissenschaftsminister Bernd Sibler.

**STROM SPAREN
IM RECHENZENTRUM**

„Energy-Efficient Computing and Data Centers“ erscheint: Das LRZ erklärt in diesem Fachbuch, wie mit Hilfe von Warmwasserkühlung, Adsorptionstechnik und smarterer Steuerung der Stromverbrauch eines Supercomputers sinkt.

DOKUMENTATION UND TEAMARBEIT FÜR SICHEREN UND GUTEN SERVICE

Bei all diesen Initiativen steht die Optimierung von IT-Diensten weiter im Mittelpunkt aller Arbeiten: Als erstes wissenschaftliches Rechenzentrum in Deutschland wurde das LRZ nach gleich zwei der Kriterien der Internationalen Organisation für Standardisierung (ISO) zertifiziert. Dafür feilten Mitarbeitende des LRZ anderthalb Jahre an Prozessen und ließen sich zu den Themen Datenschutz und Sicherheit schulen. Im Sommer gab es dafür Zertifikate in den Disziplinen Informationssicherheit-Management (ISO 27001) und IT-Service-Management (ISO 20000). Die Auditoren zeigten sich beeindruckt von den gut strukturierten Sicherheits- und Servicesystemen und von der professionell-kollegialen Teamarbeit im LRZ: Das nehmen wir glatt als Auftrag, im Team noch besser und serviceorientierter zu werden



Offizieller Start des Kooperationsprojektes Terra_Byte zwischen dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und dem LRZ. Prof. Dr. Stefan Dech (DLR), Prof. Dr. Thomas O. Höllmann (BAW), Wissenschaftsminister Bernd Sibler, Prof. Dr. Dieter Kranzmüller (LRZ), Prof. Dr. Hansjörg Dittus (DLR, v. li.)

OKTOBER

NOVEMBER

DEZEMBER

MUSEUMSREIFER SUPERCOMPUTER

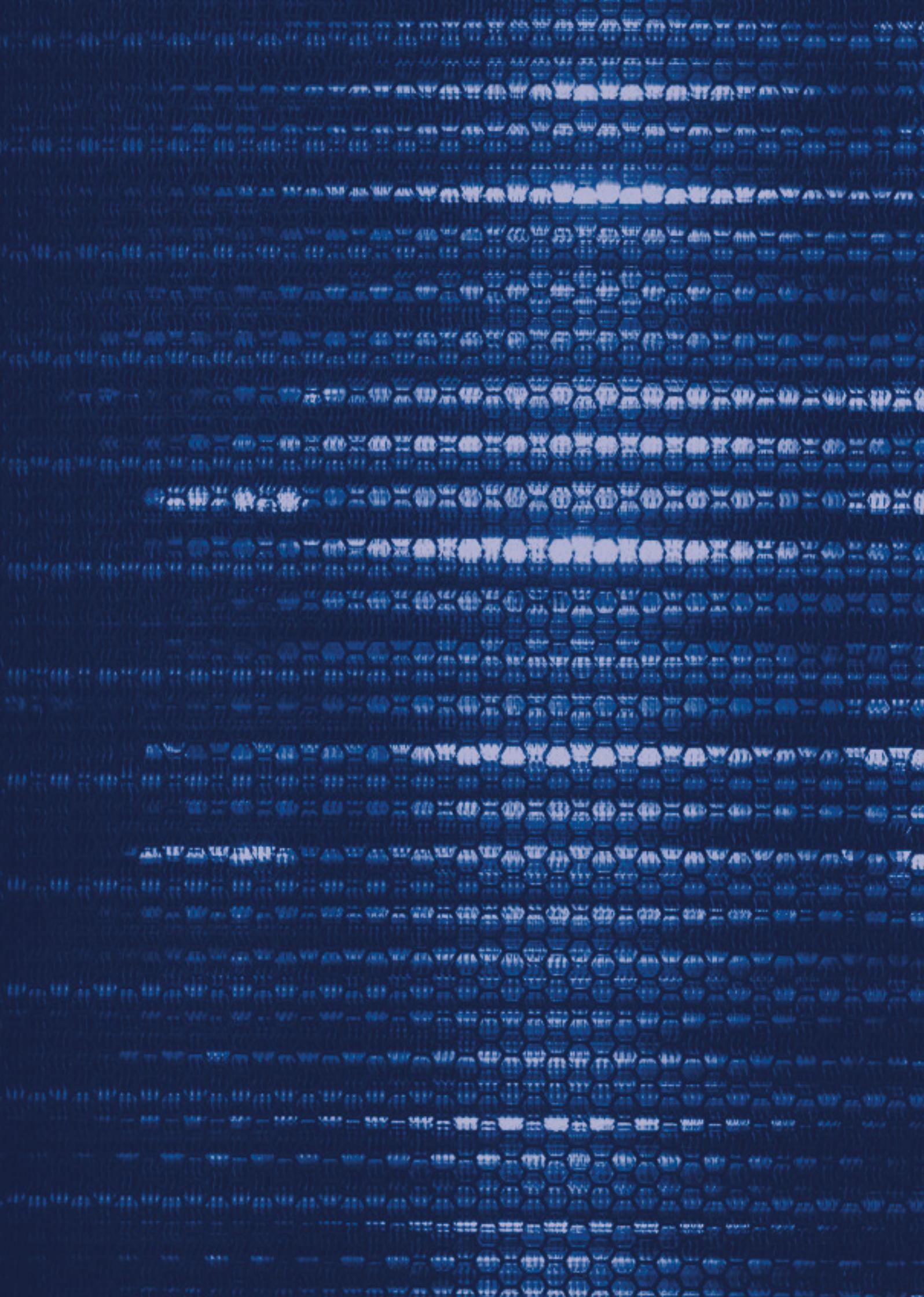
Während der SuperMUC-NG im Spätsommer seinen Nutzerbetrieb aufnimmt, entwickelt sein Vorgänger Museumsreife: Im Oktober übergibt das LRZ einen Knoten mit Platinen und Prozessoren ans Deutsche Museum.

AUSGEZEICHNETE STERNENBILDER

Erstmals visualisiert ein Forscherteam am LRZ die Geburt von Sternen aus der Explosion einer Supernova. Die weltweit größte Simulation einer interstellaren Turbulenz wird während der SC19 ausgezeichnet.

RASANTER DATENTRANSPORT

Astrophysiker aus Potsdam verschicken mit Hilfe des LRZ 500.000 Gigabyte Daten an ihre Kollegen am NERSC in Berkeley. Pakete von 4,5 GB legen die 9000 Kilometer im Schnitt in einer Sekunde zurück. Rekord.



02

IT-DIENSTE FÜR DIE WISSENSCHAFT

Das LRZ als Dienstleister	16
BayernShare	20
Münchner Wissenschaftsnetz	22
Servus SuperMUC	24
Interview Prof. Janka	28
Grias Di SuperMUC-NG	30
Die User im Zentrum	32
Leistung TO GO	34
V2C	36
Forschung fördern	38

FLEXIBEL. SKALIERBAR. SICHER. ZUVERLÄSSIG. NACHHALTIG.

Seit knapp 60 Jahren ist das unser Antrieb am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ). Wir bieten den Münchner Universitäten und Hochschulen sowie wissenschaftlichen Einrichtungen in Bayern, Deutschland und Europa die komplette Bandbreite an IT-Dienstleistungen sowie Beratung und Support auf höchstem Niveau. Von E-Mail über Webserver, bis hin zu Internetzugang, virtuellen Maschinen oder Cloud-Lösungen – um nur ein paar Dienste zu nennen. Mit dem Münchner Wissenschaftsnetz (MWN), einem Supercomputing-Zentrum auf internationalem Spitzenniveau und dem Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C) bieten wir IT-Infrastruktur, die ihresgleichen sucht. Unser Fokus ist dabei der energieeffiziente Betrieb unseres Rechenzentrums – mit Strom aus 100% erneuerbaren Energien.

8.500
WISSENSCHAFTLER



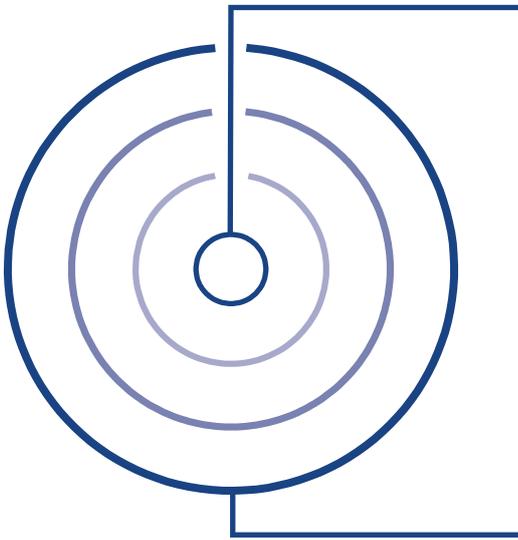
30.000
BESCHÄFTIGTE



110.000
STUDIERENDE



DAS LRZ ALS



Rechenzentrum für alle
Münchener Universitäten

Regionales Rechenzentrum
für alle bayerischen Universitäten

Nationales Höchstleistungs-
rechenzentrum (GCS)

Europäisches Höchstleistungs-
rechenzentrum (PRACE)



Detaillierte Anleitungen sowie Tipps und Tricks zu allen unseren Services bietet die LRZ-Dokumentationsplattform: <https://doku.lrz.de/>

DIE DIENSTE IM ÜBERBLICK



Desktop und
mobile Clients



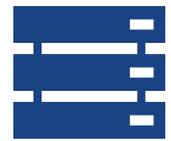
E-Mail und
Groupware



High Performance
Computing



Netz



Server-Hosting



Speicherlösungen



Unterstützende
Dienste



Virtuelle Realität
und Visualisierung



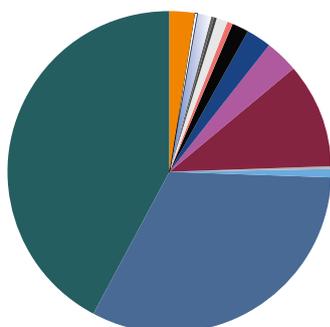
Vor-Ort Services



Webhosting und
Webservices

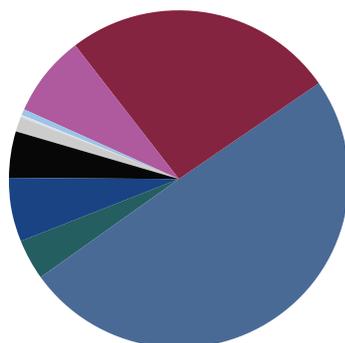
BENUTZERNAHE DIENSTE IM ÜBERBLICK

KENNUNGEN FÜR LRZ-DIENSTE



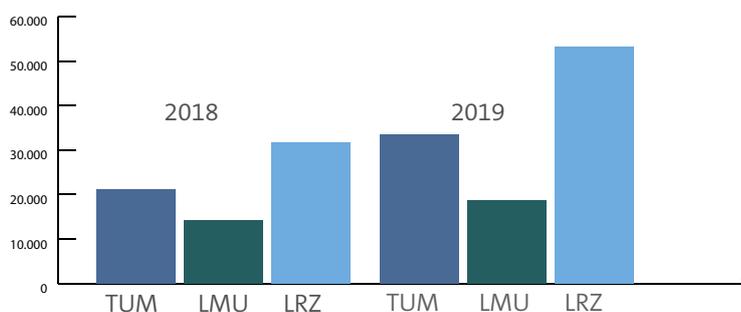
- LMU München
- TU München
- Leibniz-Rechenzentrum
- Bayer. Akademie der Wissenschaften
- Hochschule München
- Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- Hochschule Landshut
- Hochschule Ansbach
- Akademie der Bildenden Künste
- Hochschule für Musik und Theater
- Hochschule für Fernsehen und Film
- Katholische Stiftungshochschule
- andere bayerische Hochschulen
- Öffentlich-rechtliche Einrichtungen
- Sonstige Einrichtungen/Studierende
- Nutzer des SuperMUC und SuperMUC-NG

EXCHANGE NUTZERGRUPPEN



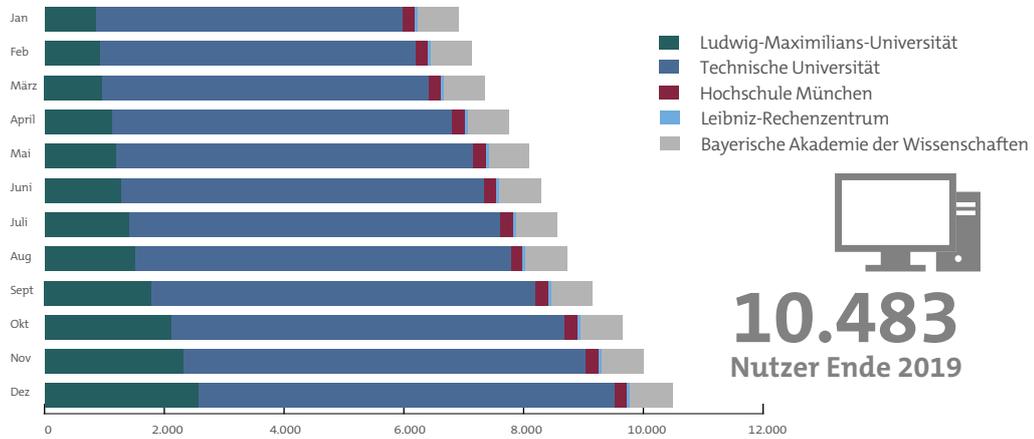
- LMU München
- TU München
- Hochschule München
- Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- Katholische Stiftungshochschule
- Akademie der Bildenden Künste
- Staatliche Museen
- Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns
- Bayer. Akademie der Wissenschaften
- Hochschule Landshut
- Hochschule Ansbach

NUTZUNGSENTWICKLUNG GITLAB



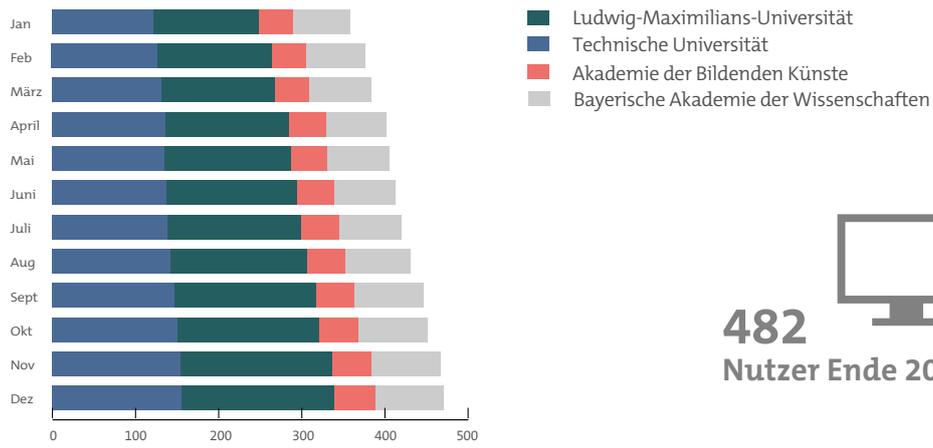
Weitere Statistiken finden Sie in Kapitel 8.

MWN-PC



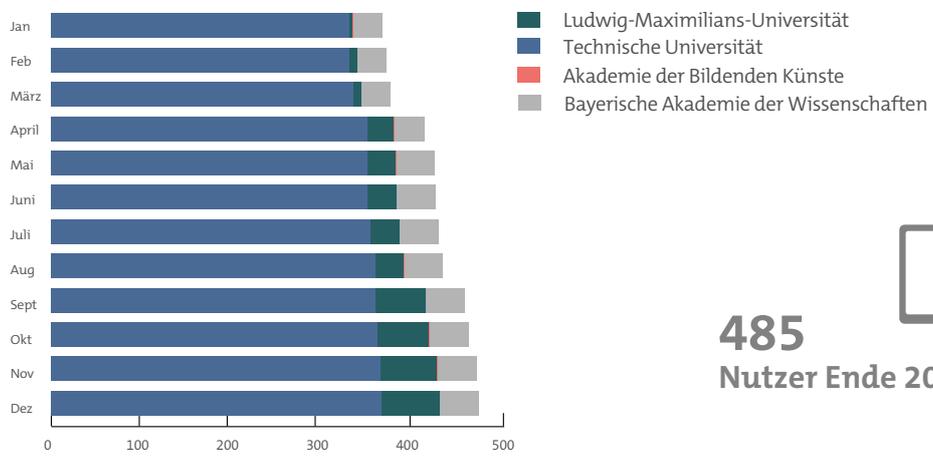

10.483
 Nutzer Ende 2019

MWN-MAC




482
 Nutzer Ende 2019

iOS-Systeme




485
 Nutzer Ende 2019

BAYERNSHARE GEHT IN DEN REGELBETRIEB



CLOUD BEQUEM

BayernShare ist nicht nur ein sehr sicherer Dienst, sondern bietet Funktionalität ähnlich wie bei den großen Providern. Neben dem Web-Client können die Benutzer auf lokale Clients für Windows, MacOS, Linux, iOS und Android zurückgreifen. Dateien lassen sich als Links mit Dritten teilen, ohne dass diese einen eigenen Account besitzen müssen. Anwender:innen, denen die Standardkapazität von 50 GB nicht reicht, können zudem jederzeit mehr Speicherplatz beantragen.

Realisiert wird dieser Service gemeinsam vom LRZ, dem RRZE und der Universität der Bundeswehr mit Mitteln aus dem Innovationsprogramm „Digitaler Campus Bayern“. BayernShare wird vom LRZ unter dem Namen „Sync+Share“, vom RRZE als „FAUBox“ und der UniBW als „Team-Drive“ angeboten. Der Betrieb wird auf drei Schultern verteilt, um die erforderliche Redundanz herzustellen.

Der Cloud-basierende Speicher BayernShare hat seine Bewährungsprobe bestanden und wird verstetigt. Damit steht den bayrischen Instituten auch in Zukunft eine sichere und datenschutzkonforme Alternative zu Dropbox & Co. zur Verfügung.

Der Datenaustausch über die Cloud ist im privaten Bereich und auch in vielen Unternehmen längst zum Standard geworden. Bequem, universell und einfach nutzbar – die Vorteile liegen auf der Hand. Auch in der Wissenschaft nutzen viele Institute und Forscher:innen derartige Dienste; zum Teil kommen große Provider zum Zug, zum Teil wurden eigene Insellösungen auf Basis von Open-Source-Tools wie OwnCloud geschaffen. Aus Sicht der IT- und Datensicherheit und in Hinblick auf den Datenschutz sind diese Varianten jedoch nicht immer befriedigend.

ZENTRALES ANGEBOT

Der Bedarf, Daten über die eigenen Instituts- und Organisationsgrenzen hinweg auszutauschen, ist bei den Hochschulen in Bayern schon seit geraumer Zeit vorhanden. Auch einzelne Initiativen für selbstbetriebenen Cloud-Storage gab es bereits. So war es naheliegend, ein zentrales Angebot zu schaffen, das allen Hochschulen und Studierenden in Bayern zur Verfügung steht. Realisiert wurde dieser Service gemeinsam vom LRZ und dem RRZE (Regionales Rechenzentrum Erlangen), dem IT-Dienstleister der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit Mitteln aus dem Innovationsprogramm „Digitaler Campus Bayern“. BayernShare wird vom LRZ unter dem Namen „Sync+Share“ und vom RRZE als „FAUBox“ angeboten, um den Betrieb auf zwei Schultern zu verteilen und die erforderliche Redundanz herzustellen. Der Betrieb des Dienstes erfolgt strikt nach den deutschen und europäischen Vorgaben zum Datenschutz. Nach dem erfolgreichen Testbetrieb wird dieses Angebot nun verstetigt und damit in den Regelbetrieb überführt.

HOHE ANWENDERAKZEPTANZ

„Nicht zuletzt durch den EU-weiten Datenaustausch war ein immenser Bedarf an der Cloud-Lösung vorhanden“, erläutert Werner Baur vom LRZ.

BAYERNWEITE VERBREITUNG



Technische Universität München | Ludwig-Maximilians-Universität | Hochschule München
 Hochschule Neu-Ulm | Hochschule Rosenheim | Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
 Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten | Universität Regensburg
 Hochschule Landshut | Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg | Universität Passau
 Hochschule Ansbach | Technische Hochschule Aschaffenburg | Hochschule Coburg
 KU Eichstätt-Ingolstadt | Friedrich-Alexander-Universität | Erlangen-Nürnberg
 Technische Hochschule Ingolstadt | Technische Hochschule Nürnberg

NUTZUNGSZAHLEN

Aktuelle
Nutzer:innen

168.000

GENUTZTER
SPEICHERPLATZ

490
TB

320 Mio.
Dateien

TÄGLICHE VERBINDUNGEN

Zugriffe
Web-Portal

16.000



Zugriffe
Endgeräte

36.000

„Alleine am LRZ nutzen über 100.000 Anwender:innen den Dienst.“ Dem trägt auch die Technik Rechnung. In Punkto Zuverlässigkeit entspricht BayernShare der am LRZ angebotenen Cloud-Speicherklasse Premium: Die Festplatten sind zugriffsoptimiert und zwei- bis dreifach abgesichert. Der Ausfall einer Disk hat also keinen Datenverlust zur Folge. Redundante Storage-Controller sorgen für eine hohe Ausfallsicherheit. Zudem werden die Daten der Benutzer:innen mehrmals täglich auf ein sekundäres System repliziert, das sich in einem anderen Brandabschnitt des Rechenzentrums befindet – und dann auch regelmäßig auf einem weiteren System auf Band gespeichert. Datenverlust ist dadurch so gut wie ausgeschlossen. Auch gegen versehentliches Löschen von Daten ist der Cloud-Dienst fast immun. Standardmäßig bewahrt BayernShare die fünf letzten Versionen aller Dateien auf, die dann ohne Weiteres wiederhergestellt werden können.

Mit der Verstärkung von BayernShare ist zu erwarten, dass die Nutzungszahlen weiter deutlich steigen. Über einen Großgeräteantrag wird deswegen neue Hardware beschafft, die 2020 in Betrieb geht. Und auch das nicht unwesentliche Kostenmodell und die Finanzierung stehen fest.

DIE DATENAUTO- BAHN DER MÜNCHNER WISSENSCHAFT

Im Eiltempo über den Atlantik: Ende 2019 ist es Expert:innen am LRZ erstmals gelungen, im Schnitt 4,5 Gigabyte Daten pro Sekunde über 9000 Kilometer zu übertragen. Eine Datenmenge, die einem Kinofilm bzw. dem Inhalt einer DVD entspricht. Diese rekordverdächtige Geschwindigkeit ist das Resultat eines Projektes, im Rahmen dessen über mehrere Wochen rund 500.000 Gigabyte Daten – also ein halbes Petabyte – an das Hochleistungsrechenzentrum NERSC, in Berkeley, USA übertragen wurden. Derartige wissenschaftliche Höchstleistungen sind nur mit einer leistungsstarken Netzinfrastruktur realisierbar. In München werden solche Rekorde durch das Münchner Wissenschaftsnetz, kurz MWN, ermöglicht.

Um nur ein paar Zahlen zu nennen: Ende 2019 ermittelten die Kolleg:innen eine eingehende Gesamtdatenmenge pro Monat von 3,6 Petabyte, ausgehend wurden 2,4 Petabyte registriert. 540 Standorte in 620 Unterbezirken sind am Datenaustausch im MWN beteiligt. Dafür kommen 1.950 Switches und 4.436 Access Points zum Einsatz. Im WLAN tummeln sich 300.000 Geräte. In der Spitze sind 44.400 Geräte gleichzeitig aktiv. Kommunikations-Hochleistung für die Wissenschaft also.

MWN – ZAHLEN UND FAKTEN

Weitere Statistiken zum MWN finden Sie in Kapitel 8, wie z.B.:

- Standorte und Verbindungen
- Anzahl der eingesetzten Switches und Ports
- Router-Ports
- WLAN Komponenten
- Die wichtigsten Domains



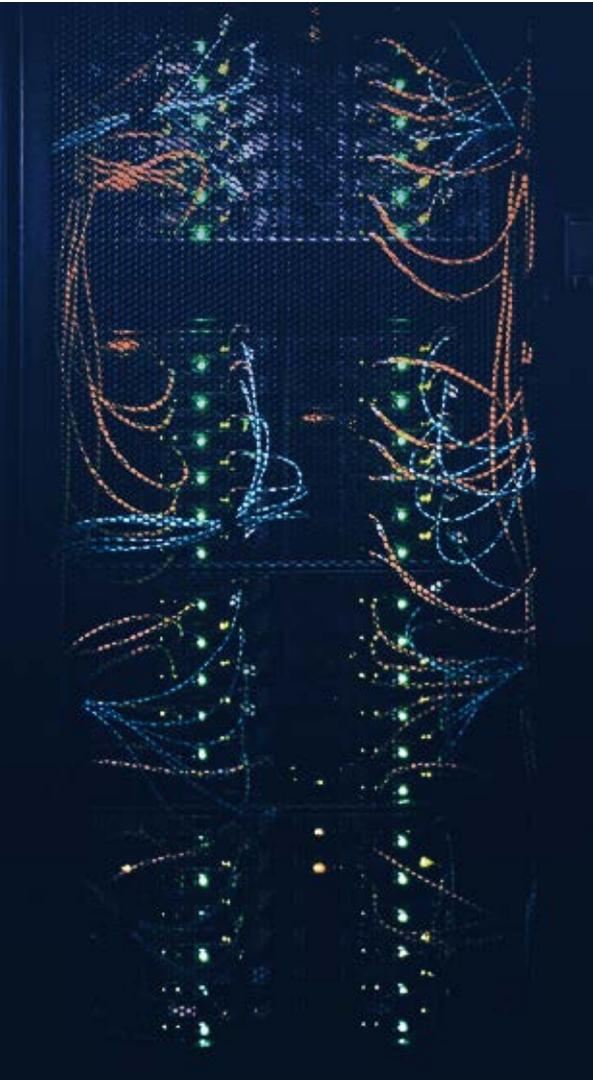
DATENMENGE PRO MONAT

eingehend **3,6 PB**
ausgehend **2,4 PB**



WLAN

300.000 verschiedene Geräte
44.400 Geräte in 5 Minuten



NETZKOMPONENTEN IM MANAGEMENT



1.950 Switches
4.436 Access Points

STANDORTE



540 Standorte
620 Unterbezirke

BANDBREITE



262,5 Gbit/s X-Win



10 Gbit/s M-net



VPN

83 TB Datenvolumen pro Monat
2.400 gleichzeitige Verbindungen



DNS

400.000 eingetragene IPv4 Adressen
3.240 verwaltete Domains

SERVUS SUPERMUC!

Er wiegt so viel wie 42 Elefanten und gehört jetzt zum alten Eisen: Nachdem er mehr als neun Milliarden CPU-Stunden gerechnet und damit 6,3 Millionen Aufträge für Forscher:innen erledigt hat, wurde der 250 Tonnen schwere SuperMUC, eigentlich ein System aus zwei Computer-Anlagen, teilweise abgebaut und der Wiederverwertung zugeführt. Rund 133 Millionen Euro haben der Freistaat Bayern und der Bund in die nationalen Höchstleistungsrechner am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) investiert. „Die rasante Entwicklung der Informatik führt dazu, dass so ein Rechner innerhalb von sechs bis sieben Jahren so veraltet ist, dass sein Betrieb nicht mehr wirtschaftlich ist, ein neues System also mehr Leistung für weniger Geld bringt“, erklärt Professor Dieter Kranzlmüller, Leiter des LRZ. „Aber Rechenleistung ist nicht alles. Als Dienstleister unterstützen und beraten wir Wissenschaftler:innen bei der Modellierung von Daten und bei der Entwicklung von Simulationen für die Höchstleistungsrechner.“

42

ELEFANTEN
SCHWER

6,3

MILLIONEN
AUFTRÄGE

133

MILLIONEN
EURO

SYSTEMÜBERSICHT



6,8 PFlop/s Spitzenleistung
245.512 Rechenkerne
25.428 Prozessoren
12.525 Rechenknoten
238 Racks

KOSTEN



**2 Mio. €
pro Jahr**

Energieeinsparung = 2 Mio. Euro/Jahr
oder 12 Mio. € über die gesamte Laufzeit

ENERGIE & ENERGIEEFFIZIENZ



30 GWh
Energieverbrauch
pro Jahr



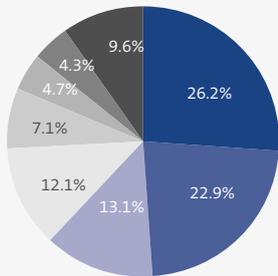
Energieverbrauch einer Stadt
mit 30.000 Einwohnern



1.06

Stromverbrauch-Effizienz

WISSENSCHAFTSBEREICHE



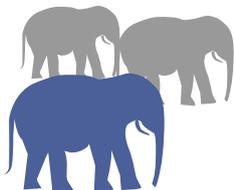
- Strömungsmechanik
- Astrophysik
- Elementarteilchenphysik
- Lebenswissenschaften
- Theoretische Chemie
- Kondensierte Materie
- Umweltwissenschaften
- Andere

LEISTUNG



9,5 Milliarden Rechenkernstunden gesamt
= 1.084.474,98 Jahre
6,3 Millionen Aufträge bearbeitet
820 Forschungsprojekte
2.230 Wissenschaftler:innen
Herausragendes Forschungsprojekt:
• 250 Mio. Rechenkernstunden
• 800 Terabyte Daten
• 131.000 verwendete Rechenkerne

TRIVIA



Gewicht: 250 Tonnen =
42 Afrikanische Elefanten
150 Kurse auf SuperMUC
Weiterbildung für mehr als 4000
Wissenschaftler:innen
Unterstützung durch LRZ-Beschäftigte:
95 Millionen Rechenkernstunden

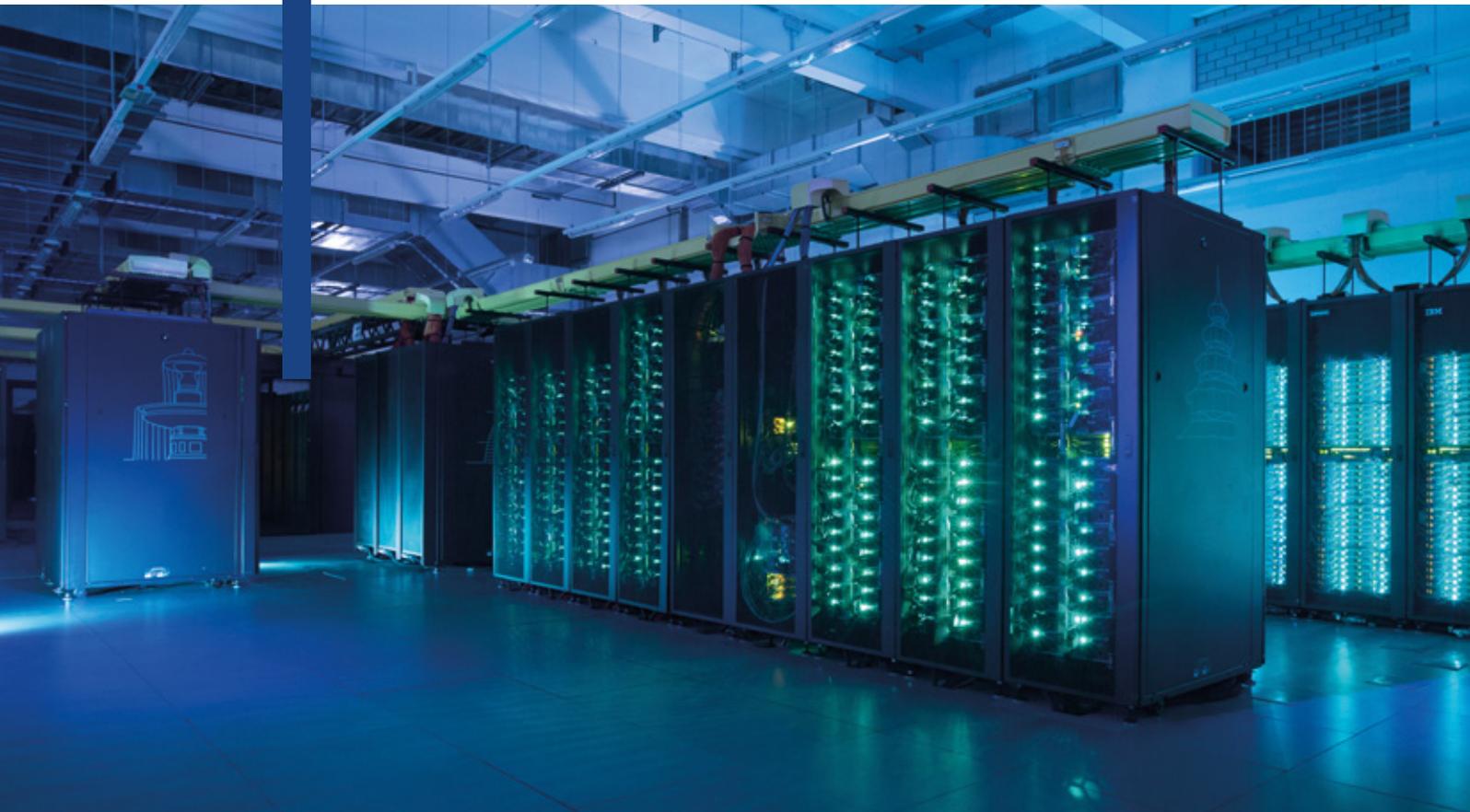
KABELGEWIRR

- 4 km Kunststoffkabel
- 46 km Kupferrohre
- 250 km Glasfaserkabel

6 COMPUTERJAHRE ERSETZEN 24.000 MENSCHENJAHRE

Zwischen 2012 und seiner endgültigen Abschaltung Anfang 2020 rechnete der SuperMUC für 820 Projekte und 2230 Forscher:innen aus 23 Nationen. Mit dem größten Auftrag, „Beobachtbare Nukleone als Testfall für die (Teilchen)Physik jenseits von Standardmodellen“, war der Computer knapp 250 Millionen Rechenkernstunden beschäftigt: Wenigstens 300 Menschen hätten 80 Jahre lang rechnen müssen, um die Bewegungsdaten von Neutronen und Protonen auszuwerten und damit den Auftrag des Deutschen Elektronen Synchrotron (DESY), dem Zeuthener Zentrum für Grundlagenforschung, zu erledigen. Diese Berechnungen helfen, die schwarze Materie im All zu bestimmen, vielleicht liefern sie noch Ideen für High-Tech-Materialien.

„Es ist unwürdig, die Zeit von hervorragenden Leuten mit knechtischen Rechenarbeiten zu verschwenden“, meinte einst der Forscher Gottfried Wilhelm Leibniz. Weil Maschinen genauer und schneller rechnen, wurde der SuperMUC (Phase 1 und 2 zusammen) aus 12.525 Knoten und rund 240.000 Rechenkernen erbaut. In 238 Racks angeordnet und mit mehr als 250 Kilometern Glasfaserkabel und 46 Kilometern Kupferrohren verbunden, erreichte der Supercomputer in seinen Glanzzeiten eine Spitzenleistung von 6,8 PFLOP/s. Im Jahr 2012 wurde die erste Implementierung von SuperMUC – SuperMUC Phase 1 – zum viertschnellsten Computer der Welt gekürt, 2018 erreichte er nur noch den 64. Rang.



SUPERMUC



BIG DATA IN DER WISSENSCHAFT

Seit Start von SuperMUC produzierten vor allem Strömungsmechanik (isg. 2,4 Mrd. Rechenstunden), Astrophysik (2,1 Mrd.), Teilchenphysik (1,2 Mrd.) oder Lebenswissenschaften (1,1 Mrd.) so viele Daten, dass nur ein Supercomputer sie auswerten konnte. Durch die Digitalisierung explodierten in weiteren Wissensgebieten die Zahl der Daten. SuperMUC rechnete für die Klimaforschung (175 Mio. Rechenstunden), Plasmaphysik (100 Mio.), Strukturmechanik (53 Mio.) und Materialwissenschaften (35 Mio.) und für Medizin (9 Mio.), sogar für Wirtschaftswissenschaften (10.000 Std.).

Die Datenmengen wachsen weiter, der Bedarf an Virtualisierung und Visualisierung ebenfalls. Aus Tausenden von Fotos, Plänen, Malereien errechnete der SuperMUC räumliche Modelle des Kaisersaals der Neuen Residenz Bamberg oder des Gebetsraums in Schloss Oberschleißheim: „Visualisierungen benötigen enorme Rechenkraft und werden heute auch von Sozial- und Kultur-Wissenschaften nachgefragt“, berichtet Kranzlmüller. „3D-Modelle öffnen Forschung und Öffentlichkeit unzugängliche Kunstwerke, Simulationen helfen Gesellschafts- und Naturphänomene besser zu veranschaulichen und zu verstehen.“ Rechenzentren erforschen die dafür notwendigen Anwendungen: In 150 Workshops und Kursen wurden 4000 Spezialist:innen für die Arbeit am SuperMUC qualifiziert. Zudem vernetzen sich Wissenschaft und Forschung: So arbeitete SuperMUC knapp 6,3 Millionen Aufträge aus Deutschland ab, vor allem aus Bayern, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Brandenburg, Baden-Württemberg, Thüringen und Hessen. 10 Prozent seiner Rechenzeit oder 3 Prozent seiner Aufträge wurden an Forscher:innen im Ausland vergeben, vor allem nach Italien und Frankreich. Aus der EU wurde der SuperMUC knapp 140.000 Mal beansprucht, aber auch aus Norwegen, der Schweiz, der Türkei und Israel, aus Neuseeland und aus den USA.

AUSGEZEICHNETE ERGEBNISSE MIT WENIG ENERGIE

Die Ergebnisse, die der Garching Supercomputer vorlegte, gewannen internationales Lob: So schuf er für das Projekt SeisSol zur Darstellung von Erdbebenwellen mehrere 2D- und 3D-Modelle. Eine der Simulationen des internationalen Teams erreichte 2014 das Finale des Gordon Bell Awards, dem Oscar des Höchstleistungsrechnens. Doch schnelles Rechnen benötigt Energie – seit den Anfängen des SuperMUC kommt die aus erneuerbaren Quellen. Der Supercomputer brauchte im Schnitt 30 GWh pro Jahr – etwa so viel wie 7500 Vier-Personen-Haushalte oder eine Stadt mit etwa 30.000 Einwohnern.

Hört sich nach viel an, war aber extrem sparsam. Durch den mehrfach ausgezeichneten Kühl-Kreislauf sparte SuperMUC mehr als 32 Millionen Kilowatt-Stunden Strom. Summa summarum waren das 5 Millionen Euro, die in andere Wissenschaftsprojekte fließen konnten.



Professor
Hans-Thomas Janka

**WAS RECHENLEISTUNG
BETRIFFT, SIND WIR
ASTROPHYSIKER
UNERSÄTTLICH.**

”

Der Astrophysiker Hans-Thomas Janka, Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Astrophysik und Dozent der Technischen Universität München, hat mit seinem Team den SuperMUC besonders gefordert: Ein Gespräch über den Nutzen von Supercomputern und den Datenhunger der Physik.

Mehr als 570 Millionen Rechnerstunden am SuperMUC: Herzlichen Glückwunsch, damit waren Sie in den letzten sechs Jahren der Heavy-User dieses Höchstleistungscomputers.

Professor Hans-Thomas Janka: Für uns war der SuperMUC ein Geschenk. Astrophysiker konnten vorher nur viel kleinere Berechnungen durchführen und damit zweidimensionale Modelle berechnen. Mit dem SuperMUC wurden sogar dreidimensionale Simulationen möglich – das war für uns ein Riesendurchbruch.

Was erforschen Sie mit Hilfe von Supercomputing?

Janka: Mein Team und ich beschäftigen uns mit den Explosionen von Supernovae, den massereichen Sternen und Energiemaschinen im All. Jede Sekunde explodiert irgendwo eine Supernova, in unserer Galaxie sind davon gerade mal zwei bis drei pro Jahrhundert als helle Ereignisse mit dem Teleskop zu sehen. Aus diesen Explosionen bilden sich Neutronensterne, Schwarze Löcher und chemische Elemente. Mit Hilfe der Daten von Supernovae erforschen wir das Entstehen von Metallen, von Materie und des Lebens, außerdem die Rolle dieser Sterne im All.

Warum schafft die Astrophysik so große Datenmengen?

Janka: Wir erhalten zwar viele Daten von Sternen und Explosionen aus dem Kosmos durch die Messung von Strahlung, Elementarteilchen oder Gravitationswellen. Aber wir können nur wenige Entwicklungen wirklich beobachten. Daher entwickeln Astrophysiker zur Auswertung Modelle und berechnen diese mit Hilfe von mathematischen und physikalischen Gleichungen. So entstehen leicht Terabytes von Daten, die wir nur mit Hoch- und Höchstleistungscomputern analysieren oder visualisieren können.

Wie können Sie sicher sein, dass die Modelle und Algorithmen zur Auswertung stimmen?

Janka: Astrophysiker brauchen Geduld für die Bestätigung ihrer Theorien. Sicher können Vorhersagen durch den Vergleich von unterschiedlichen und unabhängigen Berechnungen gestützt werden, aber Sicherheit folgt erst aus der Beobachtung und Messung. Modelle für die Kollision von zwei Neutronensternen, die ich mit Kollegen in den 1990er Jahren entwickelt habe, konnten erst 20 Jahre später in der Wirklichkeit nachvollzogen werden.

Supercomputing und Astrophysik – wie entwickelt sich die Partnerschaft weiter?

Janka: Was Datenmengen und Rechenleistung betrifft, sind wir unersättlich. Viele Modelle können wir heute nur zweidimensional berechnen, außerdem würden wir gerne die Auflösung von dreidimensionalen Rechnungen von zwei auf ein Grad verfeinern – diese Verdopplung würde aber die Rechenzeit von heutigen Computern mindestens verachtfachen.

Und wozu brauchen Sie ein Rechenzentrum wie das LRZ?

Janka: Obwohl wir die meisten Algorithmen selbst schreiben – die Unterstützung bei der Portierung der Daten und Applikationen oder bei der Visualisierung ist enorm hilfreich. Das LRZ hat viele Kompetenzen aufgebaut, die wir nicht haben. Sie werden in den kommenden Exascale- und vielleicht Quantencomputer-Zeiten noch wichtiger, weil die Maschinen und ihre Programme noch komplexer werden.

GRIAS DI SUPERMUC-NG!

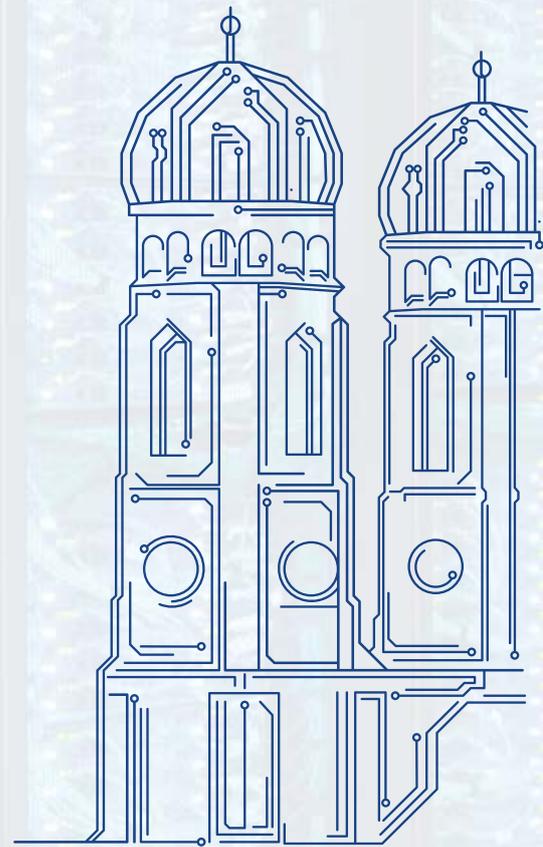
Dreh- und Angelpunkt ist das Leibniz-Rechenzentrum in Garching. Das ist unsere IT-Kathedrale! Das LRZ steht weltweit auf Platz 9 der Supercomputer-Rangliste und ist Mittelpunkt des neuen bayerischen Quantennetzwerkes.

Ministerpräsident Dr. Markus Söder
Regierungserklärung zur Hightech Agenda Bayern
10.10.2019

#9

TOP 500
(NOV 2019)

SUPERMUC-
NG





26,9 PetaFlop/s Peak Performance
= 26.900.000.000.000.000
Gleitkommaoperationen pro Sekunde

AUGUST 2019: START REGULÄRER NUTZERBETRIEB
BIS ENDE 2019:



660 Millionen
Rechenstunden



132.000
Jobs



140
Projekte



300
Wissenschaftler:innen

KENNZAHLEN SYSTEM



Lenovo Intel (2019)
311,040 Rechenkerne
Intel Xeon Skylake
19,5 PetaFlops Linpack Leistung
719 TeraByte Hauptspeicher
70 PetaByte Disk

Supercomputing für die Wissenschaft

Was einer der leistungsfähigsten
Supercomputer der Welt drauf hat
und wie er für die Wissenschaft
eingesetzt wird, zeigt der Clip.



SuperMUC-NG wird gemeinsam vom Freistaat Bayern und vom
Bund über das Gauss Centre for Supercomputing (GCS) finanziert.



SUPERMUC-NG RÜCKT DIE USER INS ZENTRUM

Die Art, wie Forschung betrieben wird, ändert sich. Und damit ändern sich auch die Anforderungen, die an wichtige Werkzeuge wie Höchstleistungsrechner zu stellen sind. Mit der Inbetriebnahme von SuperMUC-NG wurde das Betriebskonzept deswegen grundlegend angepasst.

Die Nutzer:innen des Höchstleistungsrechners SuperMUC Phase-2 waren recht homogen. Meist gingen die Projekte von den Lehrstühlen aus und hatten eine lange Laufzeit. Entsprechend richtete sich der Betrieb des Systems an den Projekten aus: Die Benutzererkennung und die Daten waren fest an das jeweilige Projekt gekoppelt. Anwender:innen mit mehreren aktiven Projekten verfügten über ebenso viele Kennungen. Wurde ein Projekt nach Beendigung gelöscht, waren Benutzererkennung und Daten weg. Die hohe Mobilität der Wissenschaftler:innen innerhalb der globalen Communities stellte damit für die Systemverwalter:innen kein großes Problem dar, denn inaktive Benutzerkonten konnten nicht entstehen. Doch der wissenschaftliche Betrieb hat sich verändert, wie Dr. Matthias Brehm, Leiter der Applikationsunterstützung am LRZ, erläutert: „Wir sehen bei SuperMUC-NG und auch am Linux-Cluster eine deutliche Zunahme von Projekten, die nicht mehr an einen Lehrstuhl gekoppelt sind und die nur relativ kurze Laufzeiten haben.“ Dadurch ändert sich das Benutzerprofil signifikant. Denn die klassischen, von den Lehrstühlen betriebenen Forschungsprojekte liefen in der Regel sehr lange und waren kaum an einzelne Personen gebunden. Heute sind es oft flexible, dynamische Forschungsteams um einen Principal Investigator, die Projekte mit einer Laufzeit von zwei Jahren oder weniger auf den SuperMUC-NG bringen. Die Projekte als steuernde Elemente bei der Systemverwaltung verursachen somit ein inflationäres Wachstum bei den Benutzerkennungen.

BENUTZER:INNEN IN DEN MITTELPUNKT

Für SuperMUC-NG wurde deswegen beschlossen, ein neues Betriebskonzept einzuführen, das sowohl den veränderten Forschungsrealitäten Rechnung trägt als auch den Blick auf die Projekte behält. Jede:r Anwender:in ist nun zunächst ein normaler Linux-User, der mit den entsprechenden Zugriffsrechten auf seine laufenden Projekte ausgestattet ist. Damit haben alle ein einheitliches Home-Verzeichnis und immer dieselbe Arbeitsumgebung, unabhängig vom jeweiligen Projekt, in dem jemand mitarbeitet. Für das LRZ-Team bedeutet das zunächst einiges an Mehraufwand, da neue Prozesse für das Anlegen und Verwalten der Benutzer:innen definiert und implementiert werden mussten.

Mit dem neuen Benutzerkonzept stehen den Forscher:innen auch neue Möglichkeiten beim Datenmanagement zur Verfügung. So können sie nun zentral auf die Daten aller Projekte zugreifen, für die ein:e Master-User:in oder ein:e Datenkurator:in ihnen entsprechende Rechte eingeräumt hat. Neben dem Storage am SuperMUC-NG selbst können diese Daten auch auf dem Data Science Storage (DSS) als Container vorgehalten werden. Beim DSS können die Benutzer:innen zudem selbst steuern, wer Zugriff auf den Container hat. Der DSS ist innerhalb des LRZ von jedem HPC-System nutzbar, also auch vom Linux-Cluster und aus der LRZ Compute Cloud. Zudem ist es möglich, die Daten für externe Anwender:innen freizugeben und damit in großen, verteilten Teams zu nutzen. Die am DSS verfügbare Kapazität hängt mit den genehmigten Compute-Ressourcen der einzelnen Projekte zusammen.

Für die Teams des LRZ jedoch war die Umstellung zunächst alles andere als eine Erleichterung. Zum einem musste das neue, benutzerzentrische Konzept umgesetzt werden. Alle Nutzer:innen benötigten neue Kennungen, Prozeduren für die neuen Berechtigungsgruppen für Ressourcen und Zugriff musste angelegt werden. Der Umzug der Daten von SuperMUC auf SuperMUC-NG wurde dagegen ganz bewusst den Benutzer:innen überlassen, damit keine obsoleten Altdaten transferiert werden. Zum anderen war es unvermeidlich, eine Zeit lang beide Konzepte gleichzeitig zu betreiben.

FAZIT

Durch die Trennung von Benutzer:in und Projekt können nun die Projekte zentral über ein einheitliches Tool an allen drei GCS-Zentren LRZ, Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS) und Jülich Supercomputing Centre (JSC) beantragt werden. Dem Tool GCS-JARDS liegt ein konsistenter Prozess zugrunde, der die Koordination der Projekte sowie die Beratung der Benutzer:innen vereinfacht.

Aus Brehms Sicht hat sich die Umstellung beim Benutzerkonzept gelohnt: „Die Übergangszeit war schwierig, da beide Ansätze parallel genutzt wurden. Langfristig ist das neue Konzept aber besser, da nun weniger Benutzer:innen-Accounts verwaltet werden müssen. Und auch der Servicedesk wurde deutlich von Anfragen zu den Accounts entlastet. Zudem ist die Projektverwaltung nun deutlich einfacher, da diese enger an die Anträge gebunden ist. „Unterm Strich war die Umstellung aber nicht nur wegen unserer internen Prozesse richtig, sondern vor allem, um dem aktuellen Bedarf der Forschung gerecht zu werden,“ so Brehm.

LEISTUNG TO GO

Rechenleistung aus der Cloud hat einige Vorteile: Flexibel, skalierbar und unkompliziert sind diese Dienste. Auch das Leibniz-Rechenzentrum betreibt mit der Compute Cloud eine Plattform, auf der Wissenschaftler mit wenig Aufwand ihre Ergebnisdaten weiterbearbeiten oder Applikationen testen können.

COMPUTE CLOUD



Viele IT-Projekte beginnen damit, dass die Administratoren auf nicht mehr benötigter Hardware ein System aufsetzen. Um zu experimentieren, um zu lernen und einfach, weil es geht. U-Boot-Projekte nennt man diese meist kreativen Ansätze. Manchmal taucht so ein U-Boot auf und zeigt, dass es eben doch sehr viel mehr als ein lehrreicher Versuch ist. So etwa die Compute Cloud, die inzwischen den SuperMUC-NG flankiert: Was vor einigen Jahren als Versuchsinstallation eines Cloud-Services begann, ist heute ein stark nachgefragtes und wichtiges Service-Angebot des LRZ: Rund 90 Compute-Knoten mit jeweils 40 CPUs und zusammen 64 GPUs stehen den Nutzenden zur Verfügung – Auslastung hoch und steigend.

Die Compute Cloud erweitert die Virtualisierungsmöglichkeiten am LRZ um eine Plattform, die sich im Wesentlichen wie die Services der großen Public-Cloud-Anbieter verhält. Benutzer:innen können zwischen verschiedenen Linux-Distributionen und FreeBSD als Betriebssystem auswählen. Nach zwei Minuten steht die virtuelle Maschine bereit, auf der Nutzer:innen root-Rechte hat und beliebig Software installieren kann. Eingeschränkt ist auch Windows möglich, erläutert Dr. Niels Fallenbeck: „Grundsätzlich ist Windows auf der Compute Cloud aus lizenzrechtlichen Gründen schwierig. Windows Server sind leider nicht möglich, aber die Desktop-Version Windows 10 kann als Betriebssystem genutzt werden. Allerdings nur unter der Voraussetzung, dass der Benutzer eine gültige Lizenz dafür besitzt.“ Über Snapshots können beliebig viele Klone der virtuellen Maschine erstellt werden, entweder als Backup oder als zusätzliche Instanzen.

SELBSTBEDIENUNG IN DER CLOUD

Die Grundlage der Compute Cloud bildet seit 2019 OpenStack, eine weit verbreitete Open-Source-Lösung für Cloud-Plattformen. Davor kam OpenNebula zum Einsatz. Der Grund für den Umstieg waren die gewachsenen Anforderungen der Anwender:innen. Denn OpenNebula ist zwar deutlich einfacher zu betreiben als OpenStack, verfügt aber auch über einen wesentlich geringeren Funktionsumfang. „OpenStack ist flexibler, wir können damit den Bedarf der Nutzenden besser abdecken und die Compute Cloud zukunftssicher betreiben“, so Fallenbeck.



Durch den Cloud-typischen Self-Service-Ansatz, bei dem der Benutzer:innen seine virtuellen Maschinen selbst aufsetzt und administriert, unterscheidet sich das Konzept der Compute Cloud signifikant von anderen am LRZ verfügbaren Virtualisierungsplattformen wie etwa VMware: Virtuelle Maschinen in VMware werden komplett von den Administratoren am LRZ erzeugt und – noch ein gewichtiger Unterschied – werden hochverfügbar betrieben. Denn die Compute Cloud kann durchaus auch ausfallen. Das System ist nicht für kritische Workloads konzipiert, sondern soll den Benutzer:innen in erster Linie als Testplattform für Anwendungen und zur Weiterverarbeitung der Ergebnisdaten von anderen Systemen dienen. Dazu wurde die Möglichkeit geschaffen, Container aus dem Data Science Storage (DSS) direkt in die virtuellen Maschinen mit Schreib- und Lesezugriff zu mounten.

Im aktuellen Betriebszustand ist die Nutzung der Compute Cloud noch kostenlos, standradmäßig stehen einem Benutzer zehn CPUs zur Verfügung. Kurzfristig sind auch 40 CPUs möglich – ein kompletter Knoten. Fallenbeck merkt an: „Sofern wir freie Kapazitäten haben, kann ein Benutzer:innen natürlich auch mehr Ressourcen beantragen. Für besondere Einzelprojekte steht auch ein Knoten mit 192 Cores und 6 TB RAM

bereit, der zeitlich befristet auf Anfrage genutzt werden kann.“ Ein Nadelöhr stellen allerdings die 64 GPUs der Compute Cloud dar: „GPUs werden extrem nachgefragt bei den Benutzern, da haben wir den Bedarf etwas unterschätzt. Die Compute Cloud zieht aber insgesamt immer mehr Nutzer an. Wir möchten den Service daher in Zukunft gern erweitern.“

HOUSING-DIENST FÜR ANSPRUCHSVOLLE BENUTZER

Anwender:innen, denen die geteilten Ressourcen nicht ausreichen, können alternativ auf Attended Cloud Housing (ACH) zugrückgreifen. Bei diesem Service finanziert der Benutzer:innen, etwa ein Lehrstuhl, seine eigene Hardware. Diese wird vom LRZ beschafft, in die Compute Cloud integriert und betrieben – natürlich steht sie dann auch dem Besitzer exklusiv zur Verfügung. Der Vorteil gegenüber anderen Betriebsmodellen: Spitzenlasten, die die Kapazität der eigenen Hardware überschreiten, können ohne großen Aufwand in den allgemein zugänglichen Teil der Cloud verlagert werden. Auch dieses Angebot wird gut angenommen: „Wir betreiben inzwischen ungefähr 20 Compute-Knoten und sechs GPU-Knoten als ACH“, so Fallenbeck. Das U-Boot wird also so schnell nicht wieder abtauchen.



V2C BOOKLET

Viele weitere Use Cases im Detail enthält unser V2C Booklet.



ABTAUCHEN IN VIRTUELLE WELTEN:

Das Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung am LRZ

Mit dem Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C) stellt das LRZ modernste Hard- und Software sowie Know-How in den Bereichen Visualisierung und Virtual Reality bereit. Das V2C-Team steht Nutzer:innen nicht nur beratend zur Seite, sondern geht auch eigenen Forschungsschwerpunkten nach und setzt gemeinsam mit ihnen Visualisierungsprojekte um. Damit ermöglicht das V2C XR-Forschung auf höchstem internationalem Niveau.

AUSSTATTUNG

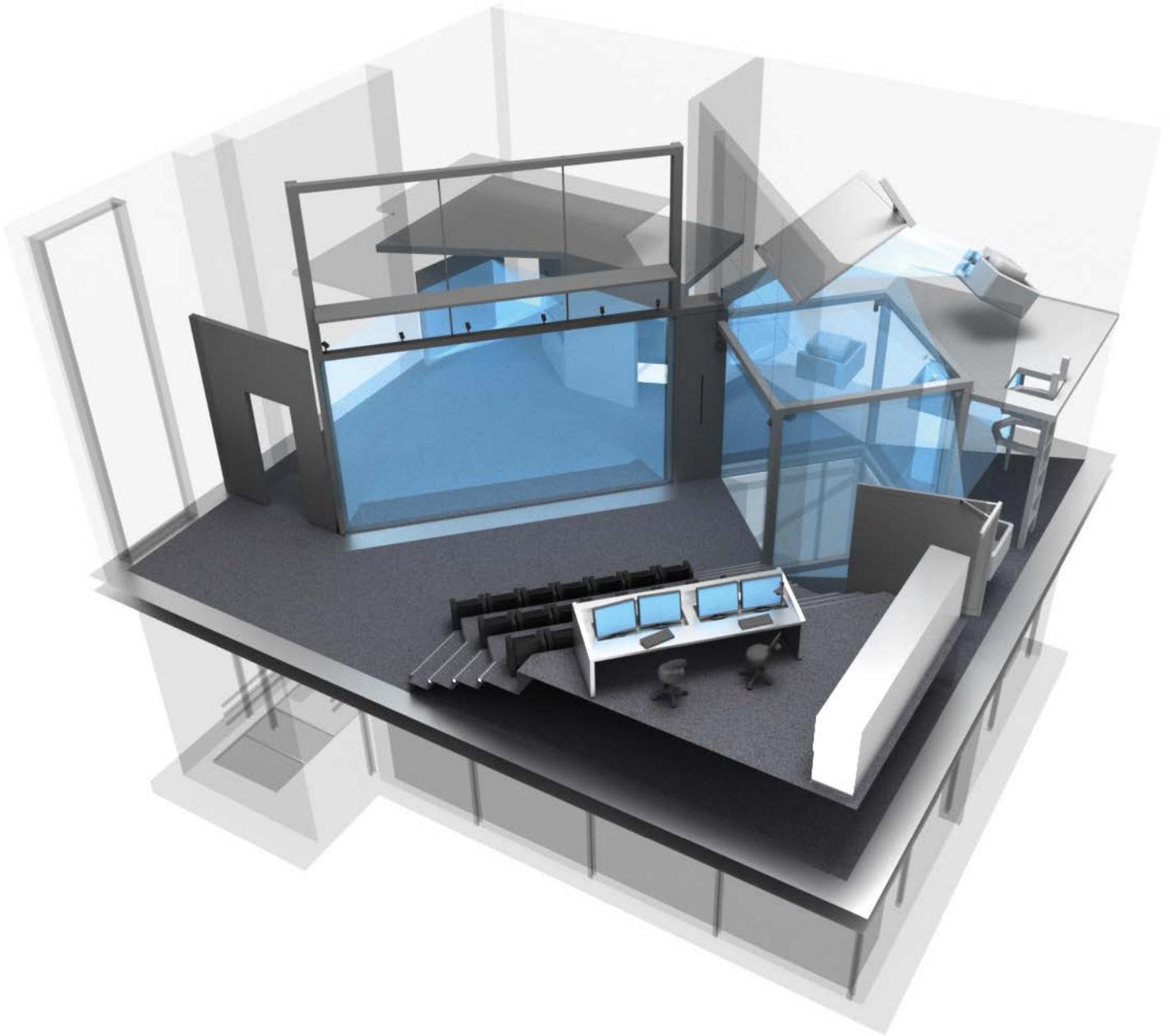
- Powerwall (2012)
- LED-Powerwall (2018)
- 5-seitige Projektionsanlage (CAVE)
- Leistungsfähige Rechnerinfrastruktur
- 2 Labs für Head-Mounted Displays

DIENSTLEISTUNG

- Bereitstellung der Installationen
- Aufbereitung von Datensätzen
- Standard-Softwarelösungen
- Maßgeschneiderte Softwarelösungen

ANWENDUNGSGEBIETE

- Artenschutz
- Geophysik
- Klimaforschung
- Kunstgeschichte
- Zeitzeugen



2011
Bau



2012
Eröffnung



2018
Erneuerung



FORSCHUNG FÖRDERN

Leistung kostet Geld. Ohne zahlreiche Förderprogramme wären Aufbau und Betrieb moderner Infrastrukturen von Universitäten und Forschungsinstituten kaum zu finanzieren. Auch das LRZ und damit letztlich die Wissenschaftler:innen, die die Ressourcen des LRZ für ihre Arbeit nutzen, profitieren von diesen Geldern, etwa von der Großgeräteförderung der DFG.

Erneuerung des zentralen Cloud-Speichers. Ausbau des Münchner Wissenschaftsnetzes. Erneuerung der IT-Infrastruktur des Bibliotheksverbundes Bayern: Aufbau, Betrieb und Modernisierung von wissenschaftlichen Infrastrukturen kostet Geld.

Im Gegensatz zur Wirtschaft kann der wissenschaftliche Betrieb den Kosten in der Regel keine Einnahmen gegenüberstellen. Der Return on Investment ist keine Größe, die sich in der Grundlagenforschung oder in der Lehre ermitteln lässt. So sind die Betreiber der entsprechenden Infrastrukturen wie das LRZ darauf angewiesen, viele Investitionen über Fördermittel abzudecken. Eine zentrale Rolle dabei spielen die Großgeräteförderungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), die besonders bei großen Investitionen zum Tragen kommt. Ein Großgerät definiert sich dabei als „Summe der Geräteteile einschließlich Zubehör [...], die für einen vorgesehenen Betriebszustand eine Funktionseinheit bilden.“





AUFWÄNDIGES VERFAHREN

Das LRZ hat für Großgeräte einen eigenen Haushalt, wobei im Idealfall die Hälfte der Investitionssumme über die DFG gefördert wird. Zu Beginn steht die Ermittlung des konkreten Bedarfs, der im Rahmen eines Großgeräteantrags plausibel dargelegt werden muss. Eine genaue Prüfung des Antrags ist selbstverständlich, der gesamte Prozess von Antragsstellung bis zur Genehmigung kann einige Monate in Anspruch nehmen. Die eigentliche Arbeit beginnt, wenn ein Antrag genehmigt ist: Dann muss in der Regel eine Ausschreibung erfolgen, bei großen Projekten ein erheblicher Aufwand. 2019 alleine wurden in der Folge genehmigter Anträge sechs EU-weite Ausschreibungen ausgearbeitet und durchgeführt, zum Beispiel für die neue LRZ-vSphere für den Betrieb der VMware-Infrastruktur. Hier war das Altsystem mit dem Betrieb von rund 2000 virtuellen Maschinen an seine Grenzen gestoßen; es mussten neue Server, eine neue Netzinfrastruktur und nicht zuletzt neue Speichersysteme beschafft werden.

Deutlich schlanker wird der Prozess, wenn statt einer Ausschreibung auf bestehende Rahmenvereinbarungen mit Zulieferern zurückgegriffen werden kann. Das ist zum Beispiel bei der Beschaffung von Network Attached Storage (NAS) der Fall, der von Diensten wie Cloud Storage und BayernShare genutzt wird. Hier besteht eine Vereinbarung zwischen dem LRZ und dem Hersteller NetApp, auf die auch die angeschlossenen Hochschulen zurückgreifen können. Durch die großen Stückzahlen, die auf diesem Weg zustande kommen, sind erhebliche Preisnachlässe möglich. Selbstverständlich werden auch solche Rahmenverträge ausgeschrieben, die Vergabe erfolgt über einen festen Zeitraum.

WICHTIGE HILFE

Ohne die von der DFG bereitgestellten Mittel wären viele Vorhaben und Projekte kaum realisierbar. Das Gros der erbrachten Leistungen eines wissenschaftlichen Rechenzentrums erzielt keinen Gewinn und zielt auch nicht auf ein Business-Modell ab, die Refinanzierung ist schlicht keine Option. Dennoch sind die Investitionen unverzichtbar. Gerade hier gilt das Bonmot des schottischen Reformators David Ferguson: „Wer nur an Kosten denkt, wird nie die Erde pflügen.“



03

NEUE TECHNOLOGIEN

Strom sparen mit Daten	42
Ein Speicher für alle Daten	44
Mehr als das Auge sieht	46
Ost-West-optimiertes Netz	48



STROM SPAREN MIT DATEN

Den Stromverbrauch von Supercomputern zu senken ist ein zentrales Anliegen in Garching: Mit Hilfe von Daten aus Systemen und Software kann das Computing optimiert werden. Das Leibniz-Rechenzentrum forscht an Grundlagen und liefert die Tools dazu.

In den mehr als 6480 Computerknoten des SuperMUC-NG arbeiten rund 15 Millionen Sensoren und Datenpunkte. Sie sammeln Daten und zeigen auf, wie der Superrechner arbeitet und wieviel Strom er im Zusammenspiel mit Applikationen verbraucht: „In Vorbereitung auf Exascale-Zeiten werden Hochleistungsrechner immer komplexer“, erklärt Alessio Netti, Informatiker am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ). „Damit diese Systeme stabil laufen, besser steuerbar werden und deutlich weniger Energie verbrauchen, brauchen wir mehr Wissen und damit Daten.“ Dazu aber sind Tools notwendig, diese zu erfassen, zu speichern und zu analysieren. DataCenter DataBase (DCDB) heißt die Monitoring-Lösung aus dem LRZ.

ARBEITSAUFTRÄGE OPTIMIEREN

Technisch sind Rechner ausgereizt: Prozessoren und Kerne arbeiten sparsam. Und für ihre Kühlung, einer der größten Energiefresser, setzt das LRZ auf ein Adsorptions-System mit Warmwasser. Seine Abwärme erwärmt die Bürogebäude. Mit Hilfe von DCDB soll der Energiebedarf weiter sinken: Dafür sammelt die am LRZ in Eigenregie entwickelte Open-Source-Software Daten aus der Umgebung sowie aus den Bestandteilen von (Super)Computern. „Wenn wir wissen, welche Komponenten eine Applikation wie nutzt, können wir die Ausführung dieser Programme optimieren und die Effizienz des Computers steigern“, ist sich Dr. Michael Ott sicher. Der LRZ-Informatiker und sein Team bauten DCDB auf: „Der heilige Gral bei der Optimierung des Betriebs eines Höchstleistungsrechners wäre, die Eigenschaften einer Anwendung zu kennen, bevor sie genutzt wird.“

Zumal beim HPC-Anwendungen nicht standardisiert, sondern von Wissenschaftler:innen individuell programmiert sind: „Sie wollen ihre Fragen lösen, die Reduktion des Energieverbrauchs ist eher nachrangig“, weiß Ott. Wenn aber Rechenzentren wissen, mit welchen Applikationen ein Superrechner effizient arbeitet oder was ihn stört, könnten sie beispielsweise Taktraten senken, Jobs verteilt rechnen lassen, Stromfresser ausgleichen. Sie könnten zudem Codes leichter anpassen. Nicht zuletzt hilft Datenanalyse, Rechner nachhaltiger aufzubauen.

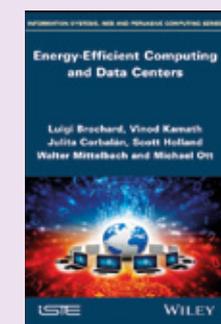


TOOLS ZUR BEOBACHTUNG UND ANALYSE

Fürs energieeffizient High-Performance Computing (HPC) soll ein Kreislauf aus Messen, Analyse, Optimieren entstehen und daraus eine smarte Steuerung. Mit Wintermute liefert das LRZ schon eine Ergänzung für DCDB. Das Analysetool erweitert das Monitoring. Dazu gibt's ein Klassifizierungsmodell für Arbeitsdaten oder Operational Data aus Computern und damit die Grundlage intelligenter Steuerung. Wintermute verarbeitet Informationen, die in Komponenten erzeugt (In-Band-Daten) oder von diesen versendet werden (Out-Band-Daten) und kategorisiert diese detaillierter. „Wintermute nutzt Methoden des maschinellen Lernens, um die Operational Data Analytics leistungsfähiger zu machen“, erklärt Netti. Wie DCDB kann Wintermute in bestehende Systeme integriert werden. Möglichst viele sollen eben die LRZ-Tools nutzen können, denn unterschiedliche Erfahrungen helfen bei der Suche nach dem Gral der Optimierung.

EFFIZIENTER RECHNEN

Rechenzentren und Supercomputer sind Stromfresser: Nach der Optimierung von Prozessoren, Rechenkernen und Kühlsystemen arbeiten Forscher:innen und Industrie jetzt verstärkt an der Software. Wird diese besser an Rechner angepasst, sinkt der Strombedarf. So ließen sich Taktraten senken, wenn ein Programm nicht die gesamte Rechenkapazität auslastet; Rechenaufträge könnten besser organisiert, kombiniert und in Schritten abgearbeitet werden. „Energy-Efficient Computing and Data Centers“ beschreibt solche Möglichkeiten. Das Fachbuch enthält Erfahrungen aus dem LRZ, erschien 2019 und wurde von Luigi Brochard herausgegeben (E-Book: ISBN 9781119422037).



HILFREICHE EFFIZIENZTOOLS



DataCenter DataBase (DCDB) ist ein Open-Source-Tool des LRZ für das Monitoring von Supercomputern und Rechneranlagen. Es integriert Sensordaten und ordnet sie übersichtlich an. DCDB Wintermute heißt wiederum die Komponente, die diese Daten auswertet. Es liefert ein umfassendes Bild aus den Superrechnern und ermöglicht Anpassungen, die den Energiebedarf senken. Beide Programme sind kostenlos und können hier heruntergeladen werden: www.dcdb.it (6 MB)

DSS: EIN SPEICHER FÜR ALLE DATEN

Datenspeicher sind oft Insellösungen, Daten lassen sich nur mit erheblichem Aufwand zwischen unterschiedlichen Systemen übertragen. Effizienter ist da ein zentraler Speicher – gerade im HPC, wo sehr große Datenmengen anfallen. Das LRZ hat das mit dem Data Science Storage (DSS) umgesetzt.

Bei Forschungsprojekten fallen erhebliche Datenmassen an. Diese Rohdaten müssen auf unterschiedlichen Systemen weiterverarbeitet, visualisiert, geteilt und archiviert werden. Systemgebundene Insellösungen, wie sie noch bis vor wenigen Jahren der Standard waren, sind hier ein Flaschenhals, das Kopieren der Daten auf ein anderes Zielsystem ist sehr aufwändig. Der bessere Weg ist ein Daten-Pool, der für alle Rechen-systeme zugänglich ist und so einen datenzentrischen Ansatz ermöglicht. Am LRZ ist das bereits seit einiger Zeit Realität in Form des Data Science Storage (DSS).

Der DSS, das explizit für große Datenmengen vorgesehen ist, stehen am LRZ 25 PB bereit, theoretisch sind viel mehr möglich. Die Zukunftssicherheit wurde bereits von Anfang an berücksichtigt: Die Basis des DSS bildet IBM Spectrum Scale, ein hochskalierbares Objekt- und Datei-Speichersystem für unstrukturierte Daten. Die darauf gespeicherten Daten werden zu so genannten DSS-Containern zusammengefasst, die neben den eigentlichen Nutzdaten auch Informationen wie Speicherkapazität des Containers oder Zugriffsrechte enthalten. Die Besitzer der Daten, in der Regel Principal Investigator oder Datenkurator:innen, können Schreib- und Leserechte selbstständig vergeben.

ANSCHLUSS NACH AUSSEN

Ein DSS verfügt in der Regel über zwei Methoden, auf die Daten zuzugreifen. Primär kommt das NSD-Protokoll (Network Shared Disk) von IBM Spectrum Scale zum Einsatz, mit dem der Zugriff auf die Container über SuperMUC-NG und den Linux Cluster erfolgt. Daneben steht ein NFS-Gateway (Network File System)

zur Verfügung, mit dem die Daten aus dem DSS auf andere Systeme des LRZ wie Compute Cloud, VMWare-Cluster oder Bare-Metal-Server übertragen werden können. Die Datenübertragungen zu Stellen außerhalb des LRZ erfolgt über den Transfer-Service Globus Online.

Durch die Auslegung des DSS auf optimalen Datendurchsatz bei extremen Datenvolumina müssen in anderen Bereichen auch kleinere Einschränkungen in Kauf genommen werden. So werden die Daten zum Beispiel nicht auf ein sekundäres System repliziert – in Anbetracht der schier Masse wäre das wirtschaftlich kaum zu vertreten. Die Integrität der Daten wird über RAID sichergestellt. Ein kleines Restrisiko bleibt: Ist im schlimmsten Fall ein systemweiter Restore notwendig, kann das bei mehreren PB durchaus einige Wochen in Anspruch nehmen. Ein weiterer Kompromiss ist die Verfügbarkeit. Das System ist nicht auf extreme Hochverfügbarkeit ausgelegt, die Zielmarke liegt bei 98 bis 99 Prozent.

Der Fokus auf die Übertragungskapazität erlaubt beachtliche Transfers. So konnten zum Beispiel Anfang 2020 Astrophysiker:innen aus Potsdam via Garching ein halbes PB an das Hochleistungsrechenzentrum NERSC (National Energy Research Scientific Computing Center) in Berkeley mit bis zu 4,5 GB/s schicken.

KAPAZITÄT PER ANTRAG

Um DSS zu nutzen, stehen zwei Betriebsmodelle bereit: Für kleine Projekte ab 20 TB sind Kontingente auf dem LRZ-eigenen DSS on Demand (DSSOND)



verfügbar. Bei Datenmengen ab dem vierstelligen TB-Bereich wird das DSS individuell als Joint Project Offer realisiert. Dazu analysiert das LRZ den Bedarf von Kunden und beschafft in ihrem Auftrag die benötigte Hardware. Diese wird in die bestehende Infrastruktur integriert und dediziert bereitgestellt. Dieser Service ist für Nutzer:innen wie Lehrstühle konzipiert, die langfristig Projekte auf den Rechnern des LRZ durchführen. Um DSS zu nutzen, ist ein aktives Projekt erforderlich. Für Benutzer:innen des SuperMUC-NG hat das Gauss Centre for Supercomputing (GCS) ein eigenes DSS bereitgestellt. Diese können daher, einen akzeptierten Datenmanagement-Plan vorausgesetzt, ein kostenloses Kontingent erhalten.

„Mit DSS stehen die Daten im Mittelpunkt“, resümiert Stephan Peinkofer vom LRZ. „Alle relevanten Systeme können darauf zugreifen. Eine weitere wichtige

Verbesserung ist zudem, dass nun nicht mehr nur diejenigen Zugang zu den Daten haben, die diese Daten erzeugt haben. Mit DSS können die Daten jetzt auch einfach mit all denjenigen geteilt werden, die die Daten sonst noch nutzen wollen.“ Damit erfüllt DSS einige zentrale Anforderungen des modernen Forschungsbetriebs, der längst global und in variablen Teams organisiert ist. Und der immense Datenmengen erzeugt. Die Dimension zeigt sich zum Beispiel an der Kooperation Terra_Byte zwischen dem LRZ und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) zur Auswertung von Daten von Erdbeobachtungssatelliten: Alleine die Daten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus haben die Schwelle von 10 PB überschritten, bis zum Jahr 2024 werden die Sentinel-Satelliten des Copernicus-Programms schon mehr als 40 PB an Daten erzeugt haben.



XR-Entwicklerin
Lea Weil

AUGMENTED REALITY: MEHR ALS DAS AUGESIEHT

Moosaik ist eines der Projekte im Bereich Augmented Reality, das besonders heraussticht. Die App für Umweltkommunikation soll selten gewordene Tier- und Pflanzenarten erlebbar machen und so für den Schutz sensibilisieren.

Augmented Reality (AR) ist eine relativ junge Technologie, die viel Potenzial hat. Durch die Erweiterung der Realität um virtuelle Objekte und Daten werden in der Industrie, in Forschung und Lehre völlig neue Anwendungen und Ansätze möglich. Das Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C) des LRZ ist bereits seit einiger Zeit mit dem Thema befasst. Lea Weil, XR-Entwicklerin am LRZ, erläutert, welche Hürden dabei zu nehmen waren.

Das Projekt Moosaik hat ja einige mediale Aufmerksamkeit erfahren. Worum geht es da?

Lea Weil: In dem Projekt Moosaik beschäftigen wir uns mit der Umweltkommunikation. Also mit der Frage, wie Menschen für Naturschutz sensibilisiert werden können und welche Möglichkeiten Augmented Reality da bietet. Die gleichnamige Applikation umfasst mehrere Anwendungen. Im Kern basieren zwei der vier Anwendungen auf markerbasiertes Tracking, eine auf markerloses Tracking. Sie ermöglichen den Benutzern gefährdete Tier- und Pflanzenarten in ihre Umgebung zu integrieren. Das funktioniert über das Smartphone, ist für die Benutzer also sehr einfach zugänglich. Die virtuellen Pflanzen und Tiere sind zudem animiert, geben also ein sehr realistisches Bild. Die vierte Anwendung der Moosaik-App ist eine 3D-Bibliothek.

Wie kann man sich das im praktischen Einsatz vorstellen?

Weil: Bei den markerbasierten Varianten werden Marker wie etwa ein QR-Code eingesetzt, um die Darstellung der virtuellen Lebewesen und Geräusche auszulösen. Diese Trigger können beliebig gestaltet werden und zeigen bei Moosaik Fotos und den Namen des Tieres. Wird ein Marker von der Kamera des Smartphones erfasst, erscheint im Display zusätzlich zum Bild der Umgebung ein Bild des virtuellen Lebewesens. Die Darstellung ist dreidimensional, der Benutzer kann die Virtualisierung von allen Seiten betrachten. Beim markerlosen Tracking werden Flächen in der Umgebung des Nutzers erkannt, auf die anschließend unterschiedliche virtuelle Pflanzen platziert werden können.

Wie sind die Modelle entstanden?

Weil: Da haben wir verschiedene Ansätze ausprobiert. Beim Kiebitz zum Beispiel verwendeten wir 3D-Modelling. Um hiermit den notwendigen Detailgrad zu erreichen, ist einiges an Arbeit notwendig. Beim Großen Brachvogel wiederum haben wir Photogrammetrie eingesetzt. Als Vorlage diente ein präpariertes Exemplar, das rundum fotografiert wurde. Aus diesen Bildern entstand ein 3D-Modell, welches wir für AR aufbereiten konnten. Dabei haben wir gelernt, dass in der Praxis die Photogrammetrie sehr gute Ergebnisse erzielt und viel Zeit spart.

Und wie wurden die AR-Applikation entwickelt?

Weil: Da hatten wir zunächst auf Unity gesetzt, eine sehr weit verbreitete Game-Engine. Inzwischen sind

wir aber auf Android Studio umgestiegen. Mit ARCore der AR-Programmierschnittstelle für Android Geräte und dem Sceneform SDK haben wir bisher sehr gute Ergebnisse erzielen können.

Wo waren die größten Hürden in dem Entwicklungsprojekt?

Weil: Eine Hürde war, dass es zu Projektstart noch wenig Literatur zu der Wahrnehmung und Akzeptanz virtueller Tiere gab. Bei menschenähnlichen Charakteren hat man beobachtet, dass mit steigendem Fotorealismus der Figur auch das nonverbale Verhalten eine immer wichtigere Rolle einnimmt. Ein Betrachter findet in der Regel eine Figur immer sympathischer, je realistischer diese ist. Aber nur bis zu einem gewissen Punkt, dann bricht die Akzeptanzkurve schlagartig ein. Erst bei einer extrem realistischen Darstellung, die vom echten Lebewesen nicht mehr zu unterscheiden ist, steigt die Akzeptanz wieder. Dieses Phänomen wird als das Uncanny Valley bezeichnet. Hier mussten wir ausprobieren und über das Feedback von Testpersonen das richtige Maß zwischen Realismus und Abstraktion finden. Dabei hat sich auch gezeigt, dass auf aufwändige Animationen verzichtet werden kann. Denn schon subtile Bewegungen lassen die Tiere lebensecht erscheinen und erhöhen die Anteilnahme der Betrachter.

Was wir anfangs nicht bedacht haben war, dass die Animationen etwas überzeichnet werden müssen. Da bei AR die mobilen Endgeräte ständig in Bewegung sind, gehen zurückhaltende Animationen schnell unter.

Welche Lessons Learned gab es aus dem Projekt?

Weil: Moosaik diente uns als Technologiestudie, um zu sehen, was mit AR machbar ist, ohne zu sehr von der Umgebung abzulenken. Und um herauszufinden, wie Benutzer solche Mittel im Rahmen der Umweltkommunikation aufnehmen. Im Bereich der Content-Entwicklung und -Aufbereitung für AR haben wir vieles mitnehmen können, was jetzt auch in den folgenden Projekten von Bedeutung ist. Ganz generisch hat sich vor allem eines als besonders wichtig herausgestellt: Testen, testen, testen.

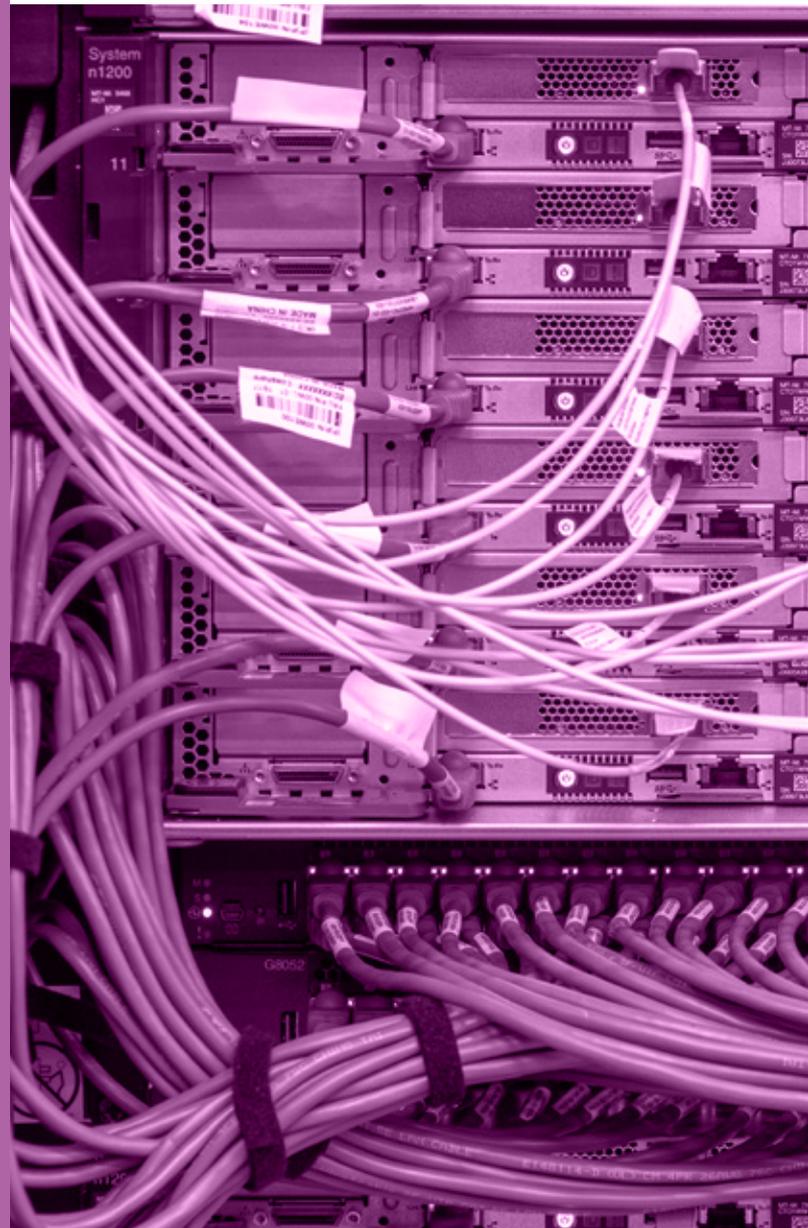
Der Datenverkehr im Rechenzentrum hat sich grundsätzlich verändert, die Kommunikation zwischen den Komponenten ist massiv gewachsen. Herkömmliche Netztopologien stoßen hier schnell an ihre Grenzen und erweisen sich als Flaschenhalse. Am LRZ wurde mit Leaf & Spine ein Netz geschaffen, das diese Herausforderungen meistert.

Traditionell fließen Daten im Rechenzentrum von außen – in der Regel den Clients – zu den Servern. Man spricht hierbei vom Nord-Süd-Verkehr, da in der grafischen Darstellung einer Netztopologie üblicherweise der Perimeter oben und die Server unten dargestellt werden. Dem entsprechend wurden die Netze in den Rechenzentren konzipiert mit dem Ziel, den Datendurchsatz in diese Richtung zu optimieren. Üblicherweise unterteilt sich die Architektur hier in Core-, Aggregation- und Access-Ebenen. Heute ist die Situation jedoch grundsätzlich anders. Durch Virtualisierung und weitere Trends fließt ein erheblicher Teil der Daten nun in Ost-West-Richtung: Die Kommunikation zwischen den Komponenten im Rechenzentrum hat massiv zugenommen. Damit werden die herkömmlichen Topologien immer mehr zum Flaschenhals.

ENG GEKNÜPFTES NETZ

Ein Ansatz, die Netze auf Ost-West-Verkehr zu optimieren, ist die Leaf & Spine Architektur. Hierbei werden die Netzkomponenten eng vermascht, um die Wege möglichst kurz und performant zu halten. Die Clients und Server werden in diesem Konzept mit den Leaf-Switches verbunden. Jeder Leaf-Switch ist wiederum mit jedem Spine verbunden – im Idealfall verfügt ein Leaf über gleichviele Links zu jedem Spine. Die Spine-Switches haben nur die Aufgabe, die Datenpakete zwischen den Leafs zu transportieren, sie sind also auf Durchsatz optimiert. Die Logik dieser Architektur steckt in den Leafs. „Das Ziel ist, dass Routing-Entscheidungen möglichst weit unten am Edge erfolgen“, erläutert Bernhard Schmidt, Gruppenleiter Netzbetrieb

OST-WEST- OPTIMIERTES NETZ



am LRZ. „Die Leaf-Switches ermitteln hierfür die so genannten ‚geringsten Kosten‘, also den schnellsten und effizientesten Weg, auf dem die Datenpakete ans Ziel kommen.“

Der Datentransport im Leaf & Spine erfolgt über VxLAN-Tunnel, das IP-Routing übernehmen die Leafs. So können viele Einschränkungen des Layer-2 wie etwa die Forderung nach schleifenfreien Strukturen umgangen werden. Das Routing erfolgt über das verbreitete OSPF (Open Shortest Path First)-Protokoll. Zudem sind die Leafs für die Lastverteilung im Netz zuständig.

WIE GEMACHT FÜR HPC

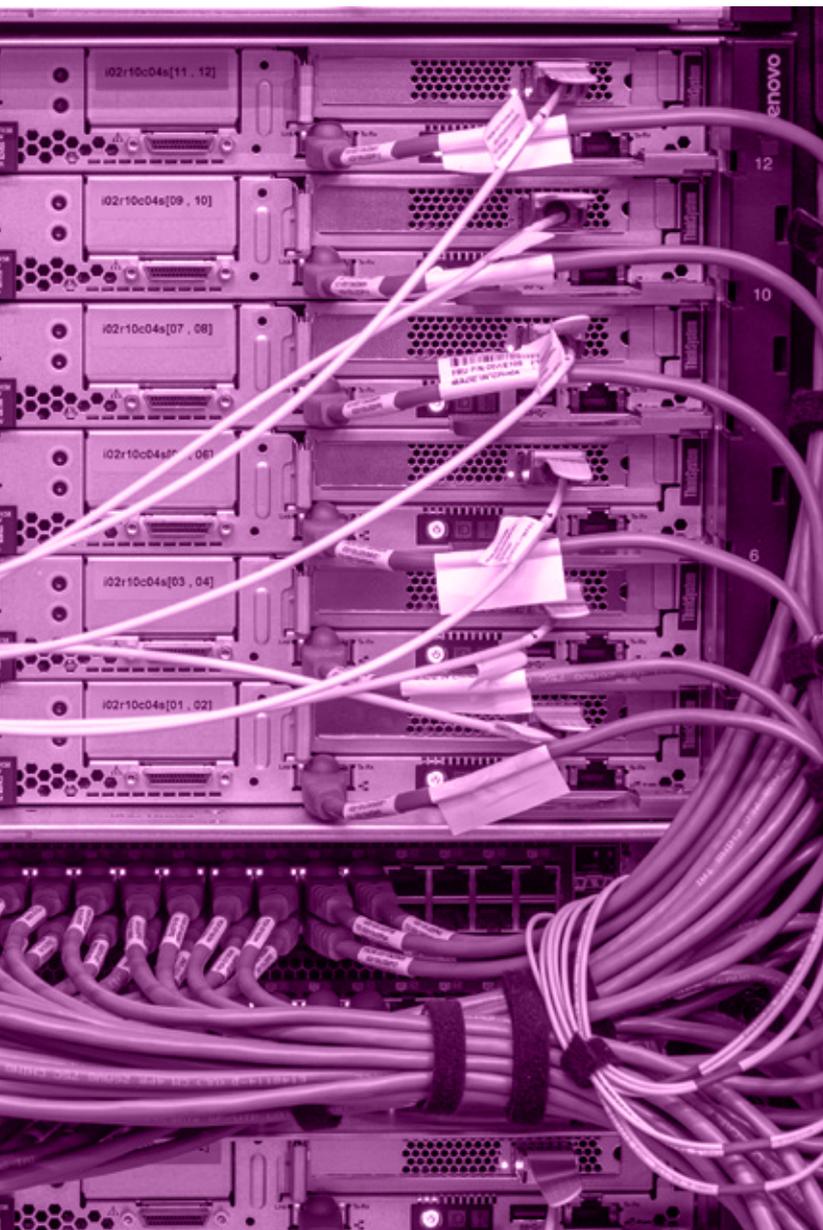
Am LRZ kommt Leaf & Spine schon seit 2018 zum Einsatz. Denn das Problem des wachsenden Ost-West-

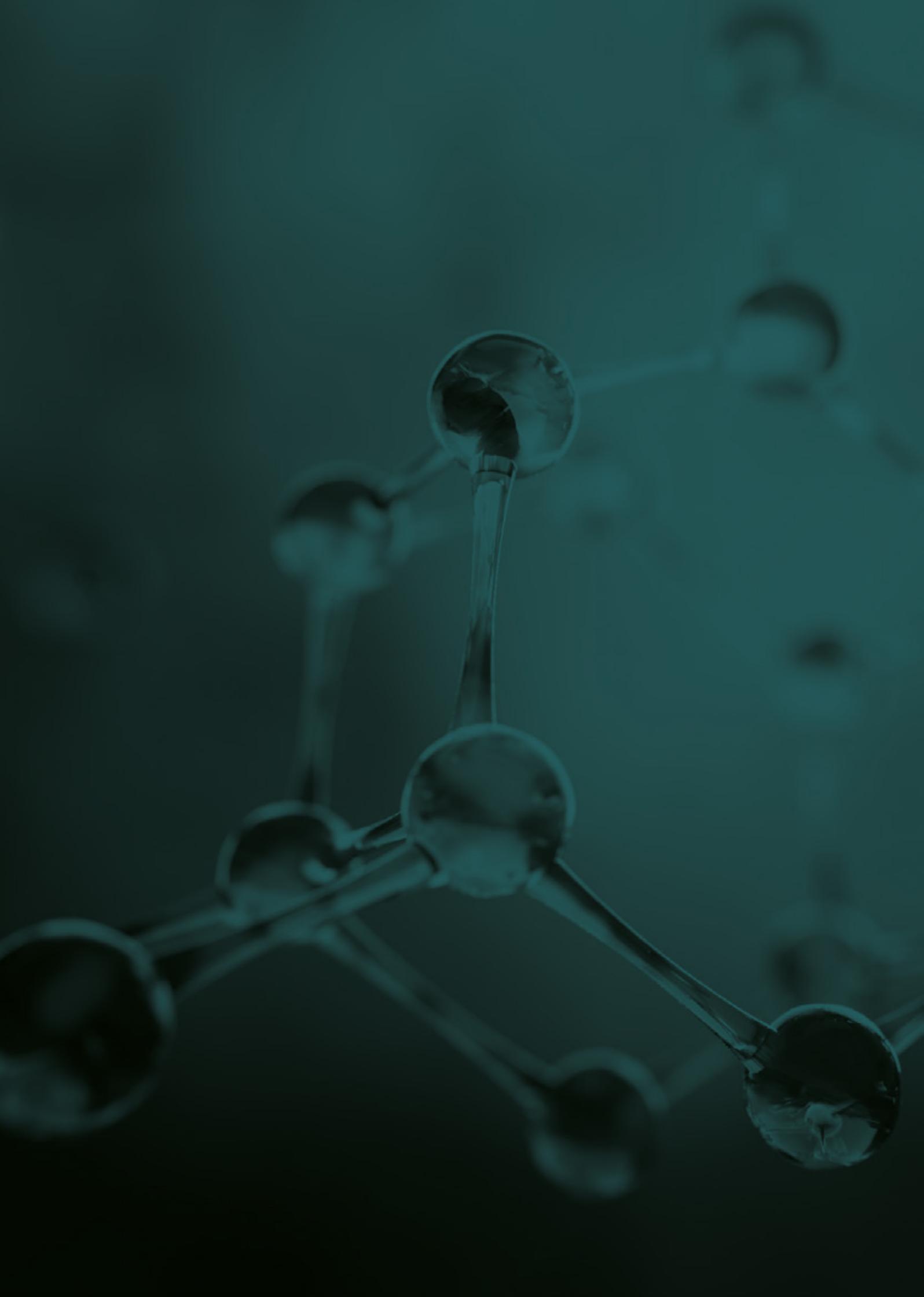
Verkehrs ist auch hier deutlich zu spüren, etwa bei der Kommunikation des Linux Clusters mit dem Storage-System. So wurde Leaf & Spine auch zunächst im HPC-Umfeld eingeführt. Die Alternative, eine herkömmliche Netztopologie mit den erforderlichen leistungsstarken Komponenten, wäre laut Schmidt deutlich teurer gewesen: „Das Netz für HPC muss über vier Brandabschnitte hinweg konzipiert werden. Der Aufwand bei der Verkabelung wäre immens gewesen.“

Die jetzt eingesetzten Leaf-Switches verfügen über jeweils 64 Ports mit 100 GBit/s. Theoretisch wäre also ein Datendurchsatz von über 6 TBit/s möglich. In der Praxis wird diese Kapazität jedoch nicht benötigt. Die Leafs sind mit 16x100 GBits/s an die Spine-Switches gekoppelt. Die meisten Server sind mit 2x100 GBits/s angebunden, wobei immer jeder Server mit zwei Leafs verbunden ist. Einzelne Komponenten wie etwa die Gateways von SuperMUC-NG können 16 Ports nutzen. Wobei SuperMUC-NG laut Schmidt nicht einmal das Gros des Workloads ausmacht: „Der größte Teil des Datenverkehrs geht auf das Konto des Linux Clusters und des Backups. Das liegt vor allem daran, dass SuperMUC-NG über ein eigenes Netz an den DSS angebunden ist.“

KEINE HERSTELLERBINDUNG

Bei der Auswahl der Technologie wurde großen Wert darauf gelegt, gängige Standards ins Haus zu holen und so einen Vendor-Lock-In zu vermeiden. Für die Investitionssicherheit ein wichtiger Aspekt, da so für künftige Ausbauten und Modernisierungen Hardware von fast jedem Anbieter in das Netz integriert werden kann. Damit jedoch verzichtete das LRZ auf einige Management-Erleichterungen, die eine proprietäre Schicht einziehen würden. „Das hat intern einiges an Einarbeitung erfordert“, so Schmidt. Da die Hardware sehr neu am Markt ist, waren einige Probleme zu lösen. Und auch die Routingtechnologie hat sich als recht komplex erwiesen. Aber trotz des Aufwands ist Schmidt mit Leaf & Spine sehr zufrieden, die Vorteile gegenüber der vorigen Lösung rechtfertigen die Mühen. Sein Fazit: Leaf & Spine ist am LRZ eine zukunftsfähige Lösung, die überall da ihre Stärke ausspielen kann, wo viel Bandbreite benötigt wird. Der Ansatz wird sicher weiterverfolgt, vor allem im HPC-Bereich.





04

FORSCHUNG

Forschung im Überblick	52
Umwelt- und Klimaforschung	54
GÉANT	56
Europas Sicherheitsoffensive	58
MOOSAIK	60

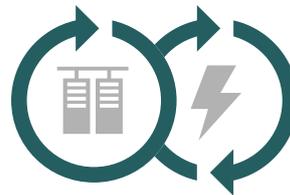
EFFIZIENT UND ZUVERLÄSSIG

FORSCHUNGSBEREICHE

IT-Dienste auch künftig effizient und zuverlässig zu betreiben und neue Bedürfnisse und Anforderungen von Wissenschaftler:innen und Nutzer:innen zu erfüllen, ist eine der Kernaufgaben des LRZ. Dazu betreibt das LRZ intensiv Technologieerkundung, um neue IT-Dienste zu erforschen und zu entwickeln. So bringt das LRZ die stetige technologische Weiterentwicklung bzw. den Bedarf an neuen Lösungen in den Betrieb ein.



1 Umweltwissenschaften



2 Future Computing & Energieeffizienz



3 Medizin



4 IT-Management & IT-Sicherheit



5 Forschungsdatenmanagement



6 Visualisierung



7 Big Data & KI

1| AlpenDAC II, ClimEx, Hydro-BITS, HiOS, Baysics, ePin, ViWA, Origins, BioClis 2| Compat, DEEP-EST, PRACE-6IP, NOESIS, VECMA, InHPC, DeTOL, GeoKW 3| Bavarian Genome, DigiMed, CompBioMed2, Muds 4| DNSSEC-DANE, GN4-2, Concordia 5| Lexis, Gerdi 6| MOOSAIK, Lediz 7| Bavarikon

FÖRDERGEBER



GEFÖRDERTE PROJEKTE



31
Projekte gesamt

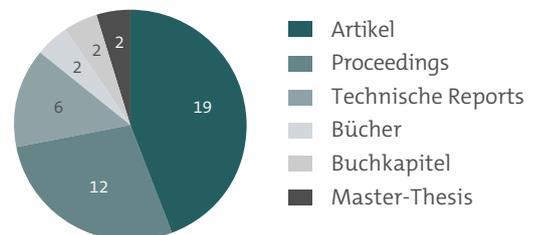
FORSCHUNGSMANAGEMENT



PUBLIKATIONEN



43
Publikationen
gesamt



Die Gesamtübersicht der Publikationen finden Sie in Kapitel 08.

In Zusammenarbeit mit den Lehrstühlen der Münchner Universitäten stehen dabei Future Computing und Energieeffizienz, IT-Service- und Sicherheitsmanagement, Big Data und Künstliche Intelligenz, Visualisierung und Virtual Reality sowie Forschungsdatenmanagement im Fokus. Als Schwerpunkte bei der Anwendungsunterstützung sind insbesondere die Forschung im Umweltbereich und in den digitalen Geisteswissenschaften zu nennen. Die Ergebnisse aus den Projekten fließen kontinuierlich in den Betrieb der IT-Dienste ein und verbessern damit das Angebot für die Partner:innen des LRZ.

INSPIRIERENDE FORSCHUNGS- PARTNERSCHAFT

Umwelt- und Klimaforschung mit Computertechnik unterstützen, dabei eigene Services optimieren: Wie ClimEx das Leibniz-Rechenzentrum forderte und Ideen förderte.

Der Regen fällt und fällt und wird immer stärker: Die räumliche Karte von Bayern zeigt Niederschlag als blaue Flecken, und die breiten sich aus. Nach Regensburg und Passau, in München, Augsburg, Rosenheim. Ende des 21. Jahrhunderts, so warnt das Szenario, werden als Folge starker Regengüsse mehr Städte gegen Überflutungen kämpfen.

Das Klima-Szenario beeindruckt die Besucher:innen im Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) und dessen Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C). Ausgestattet mit Virtual-Reality-Brillen tauchen dort regelmäßig auch Politiker:innen in das dreidimensionale Bayern ab, um den Klimawandel zu erkunden. Es basiert auf Bildern und Daten von ClimEx: Das deutsch-kanadische Forschungsprojekt hat sich für seinen Partner LRZ seit 2015 zum Anschauungsobjekt entwickelt, weil es so ziemlich alle Leistungen forderte, die das LRZ den Umweltwissenschaften bietet:

- Supercomputing und Beratung bei der Integration von Algorithmen in High-Performance Computing-Systeme,
- das Archivieren von Big Data,
- das Management und die Sicherung von Forschungsdaten,
- Visualisierung und Virtualisierung, dazu auch
- erste künstlich, intelligente Anwendungen.



7500 JAHRE KLIMA MODELLIERT

ClimEx widmete sich dem „Klimawandel und hydrologischen Extremereignissen“ und wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz finanziert. Neben Forschungseinrichtungen waren öffentliche Stellen aus Bayern und Québec beteiligt. In fünf Jahren erarbeiteten sie innovative Simulations- und Rechenverfahren für präzisere Klima- und Wetterprognosen, mit denen die Raumentwicklung sowie der Katastrophenschutz besser planen können. Dafür berechneten SuperMUC und Linux-Cluster am LRZ rund 7500 Jahre Klima oder jeweils 50 Prognosen für die Jahre 1950 bis 2100 mit leicht veränderten Wetterbedingungen, die danach in hydrologische Modelle eingespeist wurden. ClimEx produzierte rund 500 Terabyte an Daten. Diese Menge entspricht in etwa 250 Millionen Büchern und fordert Speicher heraus. So wurde das Projekt zum ersten Testfall für das innovative, leistungsfähige Backup- und Archivsystem des LRZ in der Compute Cloud, das mit Diensten von IBM und Globus Online sowie eigener Technik aufgebaut wurde.



SERVICES FÜR BIG DATA

ClimEx initiierte am LRZ außerdem Ideen für Services zum Datenmanagement, damit Forschungsergebnisse recherchierbar und wieder verwertbar werden. Inzwischen bietet Bayerns größtes wissenschaftliches Rechenzentrum erste Tools, um Big Data mit Metadaten für die Onlinesuche und zur Verifizierung mit Digital Object Identifier (DOI) auszustatten. Langfrist-Ziel dieser Speicher- und Administrationstechnologien ist, dass Big Data einmal so einfach auszutauschen sind wie Dateien heute. Das stand zwar nicht auf der Agenda, aber weil sie Game Engines – Programme zur Kreation von Spielen – zur Veranschaulichung von Forschungsdaten testeten, visualisierten die LRZ-Spezialist:innen die Niederschlagsszenarien als virtuelle Bayernkarte. Diese zeigt heute die Folgen des Klimawandels – und wie gut das LRZ mit der Wissenschaft zusammenarbeitet.



TECHNIK UND DIENSTE ZUR UMWELTFORSCHUNG

Das LRZ ist zurzeit an diesen Projekten beteiligt:

AlpenDAC II: Das Alpine Environmental Data Analysis Center visualisiert Daten zum Klimawandel in der Alpenregion. www.alpendac.eu

Baysics: Das bayerische Synthese-Informations-Citizen Science Portal bietet Schulen und Bürger:innen Möglichkeiten, den Klimawandel selbst zu erforschen. www.baysics.de

BioClis: Das Bioklimatische Informationssystem liefert aktuelle Daten zu Luftschadstoffen. www.vkg.bayern.de/projekte/bioclis.htm

ePin: Das Elektronische Pollen-Informationsnetzwerk Bayern wertet Daten zum Pollenflug tagesaktuell für Allergiker:innen aus. <https://epin.lgl.bayern.de>

Hydro-BITS ist ein europäisches Projekt und untersucht die IT-Ausstattung in wasserwirtschaftlichen Einrichtungen. www.hydrobits.com

HiOS simuliert den Oberflächenabfluss und Sturzflut und verbessert das Wassermanagement in Bayern. <http://www.hios-projekt.de>

ORIGINS: Das Exzellenz-Cluster erforscht die Herkunft von Leben in Universum und Welt-raum. www.origins-cluster.de

ViWA liefert ein multiskaliges Monitoring globaler Wasserressourcen und Lösungen für den effizienten Wasserverbrauch. <https://viwa.geographie-muenchen.de/de>

GÉANT : WISSENSCHAFT WELTWEIT VERBUNDEN

Globale Forschung benötigt globale Netze. Netze, die die teilweise extremen Datenvolumina bewältigen können. Und die mit Services angereichert sind, die der mobilen und internationalen Forschungs-Community ein möglichst gutes Arbeitsumfeld ermöglichen. Dieses Ziel verfolgt das EU-Projekt GÉANT.



„Forschung heißt heute, die Suche nach immer kleineren Nadeln in immer größeren Heuhaufen.“ Ganz von der Hand zu weisen ist diese pointierte These des Chemikers und Mitglieds der Enquete-Kommission für Gentechnik des Deutschen Bundestages Hans-Jürgen Quadbeck-Seeger nicht. Ein Ansatz, diesem Problem zu begegnen, ist eine immer stärkere Internationalisierung der Forschung. Teams arbeiten ungeachtet ihrer Herkunft gemeinsam an Projekten und setzen sich häufig ad hoc zusammen. Infrastrukturen auf nationaler Ebene sind kaum in der Lage, diese Realität abzubilden und optimal zu unterstützen. Im

Projekt GÉANT arbeiten die nationalen Infrastrukturbetreiber (NREN, National Research and Education Networks) bereits seit dem Jahr 2000 daran, diese Hürden zu beseitigen. Das LRZ begleitet GÉANT seit rund 15 Jahren als Partner des DFN.

Das ursprüngliche Ziel von GÉANT war es, die europäischen NREN so miteinander zu verbinden, dass eine länderübergreifende Zusammenarbeit im akademischen Umfeld möglich wird. Mit den Jahren – und nicht zuletzt den Erfolgen – wurden die Ziele immer umfassender. Heute befasst sich GÉANT nicht mehr nur

mit der Vernetzung, sondern bietet auch zahlreiche internationale und pan-europäische Services für Forschung und Lehre an. Ein plakatives Beispiel dafür ist eduroam (Education Roaming), ein fast schon weltweiter Verbund für die WLAN-Nutzung an Hochschulen. So kann etwa ein User der TU München ohne weiteres die WLAN-Angebote des Indian Institute of Technology im indischen Goa nutzen. Seine Zugangsdaten gelten auch dort. Alleine im Versorgungsbereich des LRZ sind zu Spitzenzeiten täglich über 44.000 Geräte registriert.

HOCH GESTECKTE ZIELE

Aktuell läuft innerhalb der Projektreihe GÉANT 4 Phase 3 (GN4-3), das Anfang 2019 an den Start ging und planmäßig 2023 enden wird. Neben der weiteren Verbesserung der bestehenden Dienste hat sich das Projekt einige wichtige Ziele gesetzt:

- **Transfer riesiger Datenvolumina:** Instrumente wie der Large Hadron Collider (LHC) am CERN oder in der Entwicklung befindliche Geräte wie das Square Kilometre Array (SKA) erzeugen immense Datenmengen, die transportiert und verarbeitet werden müssen.
- **Exascale Computing:** GÉANT ist eine der zahlreichen europäischen Forschungsinitiativen, die im High Performance Computing (HPC) in naher Zukunft die Grenze von 1 ExaFLOPS erreichen wollen.
- **Trust & Identity:** Für die Sicherheit und Vertraulichkeit von Daten und Diensten sind Identitätsmanagement und Vertrauenswürdigkeit aller Komponenten unverzichtbar. Im Zusammenspiel der NRENs entwickelt und betreibt GÉANT diesen Bereich.

Das LRZ arbeitet innerhalb von GÉANT an mehreren Arbeitspaketen mit. „Wir unterstützen die verschiedenen Arbeitspakete da, wo wir Forschung und Betrieb von LRZ-Diensten verbinden können“, erläutert Stefan Metzger, Gruppenleiter Netzplanung am LRZ. So zum Beispiel im Arbeitspaket 5 „Trust & Identity“: Um die Authentifizierungstechnologien der verschiedenen nationalen Forschungsnetze und der Industriepartner zu verbinden, sind einheitliche Workflows und Standards notwendig. „Innerhalb des Netzes wird zwischen Service-Providern und Identity-Providern unterschieden“, so Metzger. Greift ein:e Benutzer:in des LRZ auf eine externe Ressource zu, erfolgt die Authentifizierung über das LRZ; es ist für die Anwender:innen kein lokales Konto beim Service-Provider notwendig. Realisiert wird das über Mechanismen des föderierten Identitätsmanagements (FIM), einem zentralen Metadaten-Service, und das technische Zusammenspiel von Service- und Identity-Providern.

UNTERSCHIEDLICHE TECHNOLOGIEN VEREINEN

Auch innerhalb der einzelnen NRENs herrscht nicht immer Homogenität. So kommen im Wesentlichen zwei unterschiedliche Authentifizierungsverfahren zum Einsatz. Auf der einen Seite bevorzugen die Universitäten meist FIM auf Basis von SAML (Security Assertion Markup Language), ein XML-Framework zum Austausch von Authentifizierungs- und Autorisierungsdaten. In der Industrie hingegen ist das dezentrale Authentifizierungssystem OpenID Connect für webbasierende Dienste weit verbreitet. Auch zwischen diesen beiden Ansätzen muss eine übergreifende Lösung mit Hilfe eines Brokers vermittelt werden.

Neben diesen technischen Fragen hat die multinationale Vernetzung allerdings noch einen weiteren Aspekt, der kaum weniger anspruchsvoll ist: Die Regeln für die Zusammenarbeit. „Der so genannte Code of Conduct regelt den Umgang mit den Benutzerdaten innerhalb des Projekts“, so Metzger. „Nur Stellen, die den Code of Conduct ratifizieren, können an der Authentifizierung teilnehmen oder bekommen vom Identity Provider Nutzerattribute übermittelt. Diese Information ist Teil der Metadaten. Es ist allerdings nicht ganz einfach, über unterschiedliche Rechtssysteme und Datenschutzvorstellungen hinweg solche Verträge zu gestalten.“ Auch hieran ist das LRZ beteiligt.

MEHR GEWICHT AUF SICHERHEIT

Im Kern bleibt die Verbindung der NREN nach wie vor das zentrale Anliegen von GÉANT. Hier haben sich die Anforderungen in vielen Bereichen deutlich weiterentwickelt, etwa im Bereich Security. Mit GN4-3 wurde deswegen ein eigenes Arbeitspaket dazu eingeführt, in dem auch das LRZ aktiv mitwirkt. Der Fokus dabei liegt auf dem Aufbau eines Security Operation Centers (SOC). Metzger begrüßt diesen Plan: „Es wäre gut, wenn neben dem Network Operation Center auch ein SOC geben würde, das auf europäischer, NREN-übergreifender Ebene für Überwachung, Alarmierung und dergleichen zuständig wäre.“

Im Rahmen der GÉANT-Projekte wurde eine Infrastruktur aufgebaut, die für eine weltweit vernetzte Forschung unabdingbar ist – und die kontinuierlich weiterentwickelt wird. Eine Umfrage des Projektteams unter den beteiligten Infrastrukturbetreibern 2019 hat die eingeschlagene Richtung bestätigt: Die überwiegende Mehrheit der NREN ist mit den angebotenen Services hoch zufrieden. ■

EUROPAS SICHERHEITS- OFFENSIVE

Mit dem Projekt CONCORDIA vernetzt die EU das Wissen aus Forschung und Industrie, um die Sicherheit im Internet sowie den Datenschutz zu stärken. Das Leibniz-Rechenzentrum engagiert sich in der Ausbildung und unterstützt die Kommunikation.

Vorsicht Angriff: Der Branchenverband BITKOM summiert den Schaden von Cyberattacken für 2019 allein in Deutschland auf mehr als 100 Milliarden Euro. „Cybersecurity wird immer wichtiger, CONCORDIA baut daher ein Kompetenznetzwerk für das Thema in Europa auf und will Bewusstsein in allen gesellschaftlichen Bereichen schaffen“, erklärt Reinhard Gloger, der am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) die Arbeiten für das EU-Projekt koordiniert. CONCORDIA steht für „Cybersecurity Competence for Research and Innovation“ und vernetzt seit Frühjahr 2019 Universitäten, wissenschaftliche Rechenzentren und Firmen. Sie arbeiten an Sicherheitstechnik, Kryptografie, Standards für Datenschutz, Datensicherheit und zur Kontrolle von IT. Unter der Leitung von CODE, dem Forschungszentrum für Cyber Defence der Universität der Bundeswehr in München, sollen bis 2022 IT-Produkte sowie Services rund um Cybersicherheit entstehen: „CONCORDIA ist kein klassisches EU- oder Horizon2020-Projekt“, meint Dr. Nils Gentschen Felde, Bereichsleiter Cyber Defence bei CODE. „Statt um Grundlagenforschung geht es um die Bündelung von Erfahrung und Wissen.“

**MEHR SICHERHEIT
MIT CONCORDIA:**

<https://www.concordia-h2020.eu/>

INFORMATIONEN UND SPEZIALIST:INNEN FINDEN

Knapp 25 Millionen Euro fließen von EU, einzelnen Nationen und Firmen in das Vorhaben, das Europa in der Digitaltechnik stärken soll. Insbesondere die Branchen E-Health, Elektro-Mobilität, autonomes Fahren und Fliegen, Finanzen, Telekommunikation stehen im Mittelpunkt, außerdem die Vernetzung von Maschinen mit dem Internet. Ein Jahr nach dem Start verlinkt die Website zu dutzenden Dienstleistungen und bietet erste Open-Source-Tools für Firmen. Eine interaktive Europakarte zeigt Qualifizierungsangebote, die Datenbank nennt unterschiedlichste Sicherheits-Spezialisten. Auch die Meldeverfahren für Cyberattacken in Europa werden vereinheitlicht, damit sich eine Clearingstelle formt.



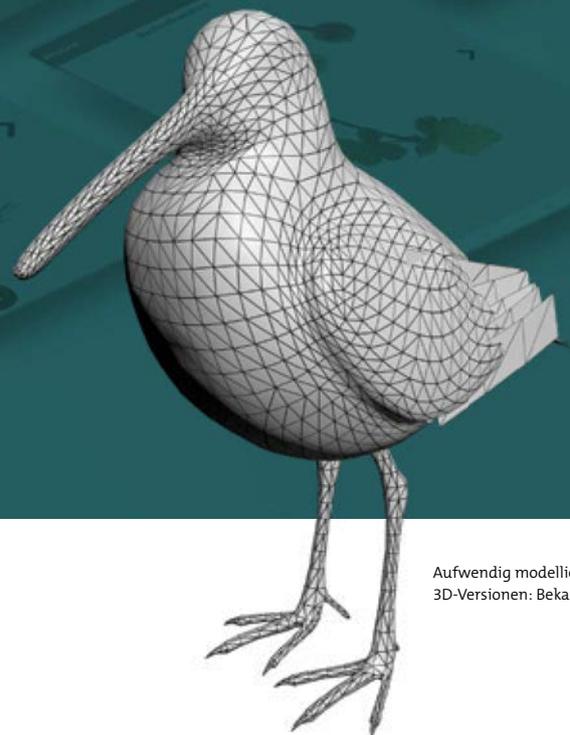
ANGRIFFE STUDIEREN UND TAKTIKEN LERNEN

Das LRZ organisiert für CONCORDIA Kommunikationsmittel sowie die Plattform GitLab für Sicherheitstools. Vor allem aber engagiert sich das LRZ in Ausbildung und Forschung: „Als Taskleader in diesem Bereich planen wir Cyber Ranges in der LRZ-Cloud“, berichtet Gloger. „Damit können Angriffsszenarien simuliert und die strategische Ausbildung verbessert werden.“ Die Programme zum Aufbau der Simulationsumgebung stammt von CONCORDIA-Partner:innen, das LRZ baut dafür eine Plattform, damit die Übungsszenarien einmal zentral abzurufen sind. Zudem kooperiert das LRZ mit der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München bei Software Defined Networks (SDN): Wenn Netze aus verschiedenen Komponenten einheitlich online gesteuert werden können, erhöht das die Sicherheit. SDN-Konzepte könnten CONCORDIA helfen, Sicherheitslösungen made in Europe zu vernetzen und bei Manipulationen schützend einzugreifen. ■

MOOSAIK

AUGMENTED REALITY IN DER UMWELTKOMMUNIKATION

Das Niedermoor Thalhamer Moos liegt im Isental westlich von Mühldorf am Inn. Seit 2004 gehört es wegen seiner besonderen Bedeutung für seltene Tier- und Pflanzenarten zum europäischen Schutzgebietsnetz Natura 2000. Um dieses heimische Ökosystem zu erhalten, werden Moorflächen naturschutzfachlich aufgewertet und extensiv bewirtschaftet. Dadurch entstehen neue Lebensräume für seltene Pflanzen, Insekten, Amphibien, Vögel und Säugetiere.



Aufwendig modellierte
3D-Versionen: Bekassine

AR-TEAMLEAD AM LRZ

Lea Weil und ein Kollege testen
die AR-App in der Natur

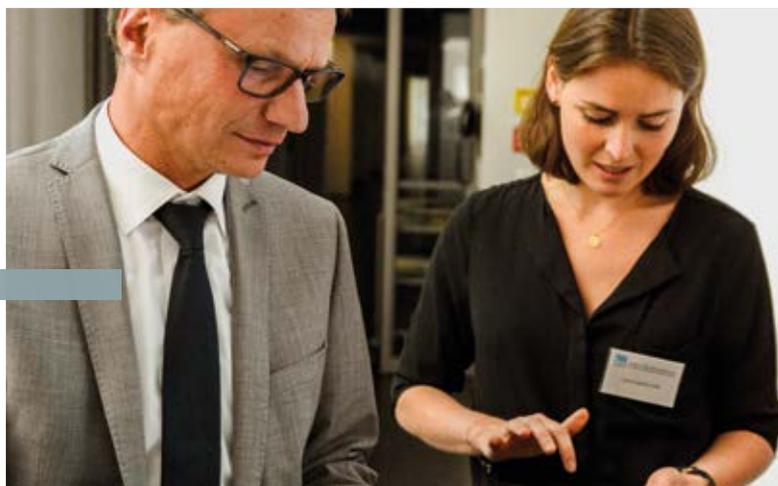


AWE KONFERENZ IN MÜNCHEN

Lea Weil demonstriert
Digitalministerin Judith Gerlach
die MOOSAIK-App auf der
AWE Konferenz im Oktober 2019
in München

BESUCH AM LRZ

Bei seinem Besuch am LRZ im
September 2019 testet Wissen-
schaftsminister Bernd Sibler
MOOSAIK





Neben den Bemühungen dieses Ökosystem zu erhalten und zu renaturieren, sollen zudem ungestörte Gebiete für die bedrohte Tier- und Pflanzenwelt geschaffen werden. Denn das Thalhamer Moos ist ein beliebtes Erholungsgebiet für die Bevölkerung. Die Wünsche der Besucher und der Umweltschutz sollen in Einklang gebracht werden. Beispielsweise ist ein Lehrpfad geplant, um die Menschen über die einzigartige Flora und Fauna zu informieren und ihnen die Bedeutung des Moores für den Schutz von Umwelt und Klima in der Region zu verdeutlichen. Aber sie sollen auch verstehen, warum der Schutz des Biotops Einschränkungen ihrerseits erfordert.

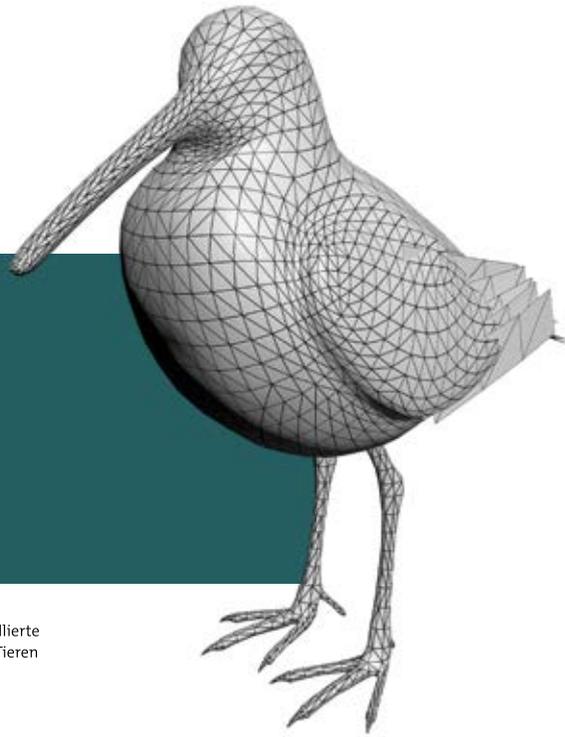
Zum ersten Mal werden diese Bemühungen unterstützt durch eine Augmented Reality (AR)-App. Die App ermöglichte die Integration von zusätzlichen Inhalten und bietet interessierten Besucher:innen weiterführende Informationen während und nach ihrem Besuch im Moor. Zusätzliche multimediale Elemente wie Tierstimmen und kurze Videosequenzen bereichern die Umweltbildung vor Ort und motivieren den Nutzer alle Sinne noch intensiver auf die Natur zu richten. Um durch die mobile AR-App das Erleben der Natur zu intensivieren und nicht von ihr abzulenken, werden verschiedene Einsatzmöglichkeiten getestet.

Menschen nehmen meist zuerst Pflanzen und Tiere wahr, von denen sie bereits wissen, dass sie bedroht sind. Die App lenkt ihre Aufmerksamkeit auf sehr scheue oder kleine Tier- und Pflanzenarten, die oft übersehen werden. Mit Hilfe von Augmented Reality werden animierte 3D-Modelle der Tiere und Pflanzen in der Realität verankert und können über ein mobiles Endgerät beobachtet werden.



AR-Methoden lassen sich zur Wissensvermittlung auch in anderen Bereichen einsetzen. Folgende Projekte waren Ende 2019 in der Diskussion:

- Vermittlung von Kulturerbe
- Lehre in der Tiermedizin



Bach-Nelkenwurz, Kibitz – modellierte 3D-Versionen von Pflanzen und Tieren bilden die Basis der AR-App



PARTNER IM PROJEKT

AR-Team am LRZ:

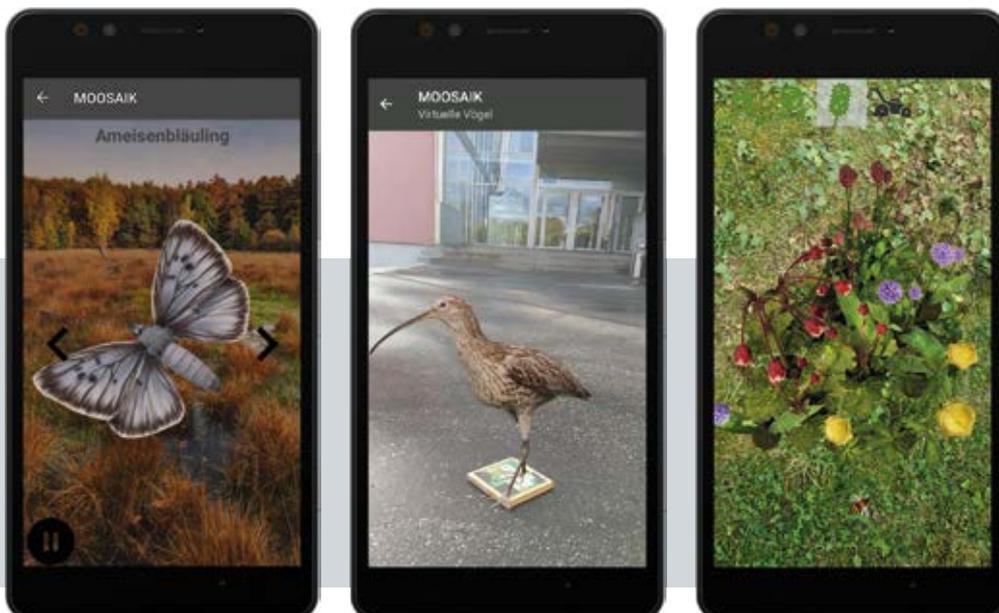
Lea Weil
Kristian Weinand
Constantin Geier

Widland Stiftung:

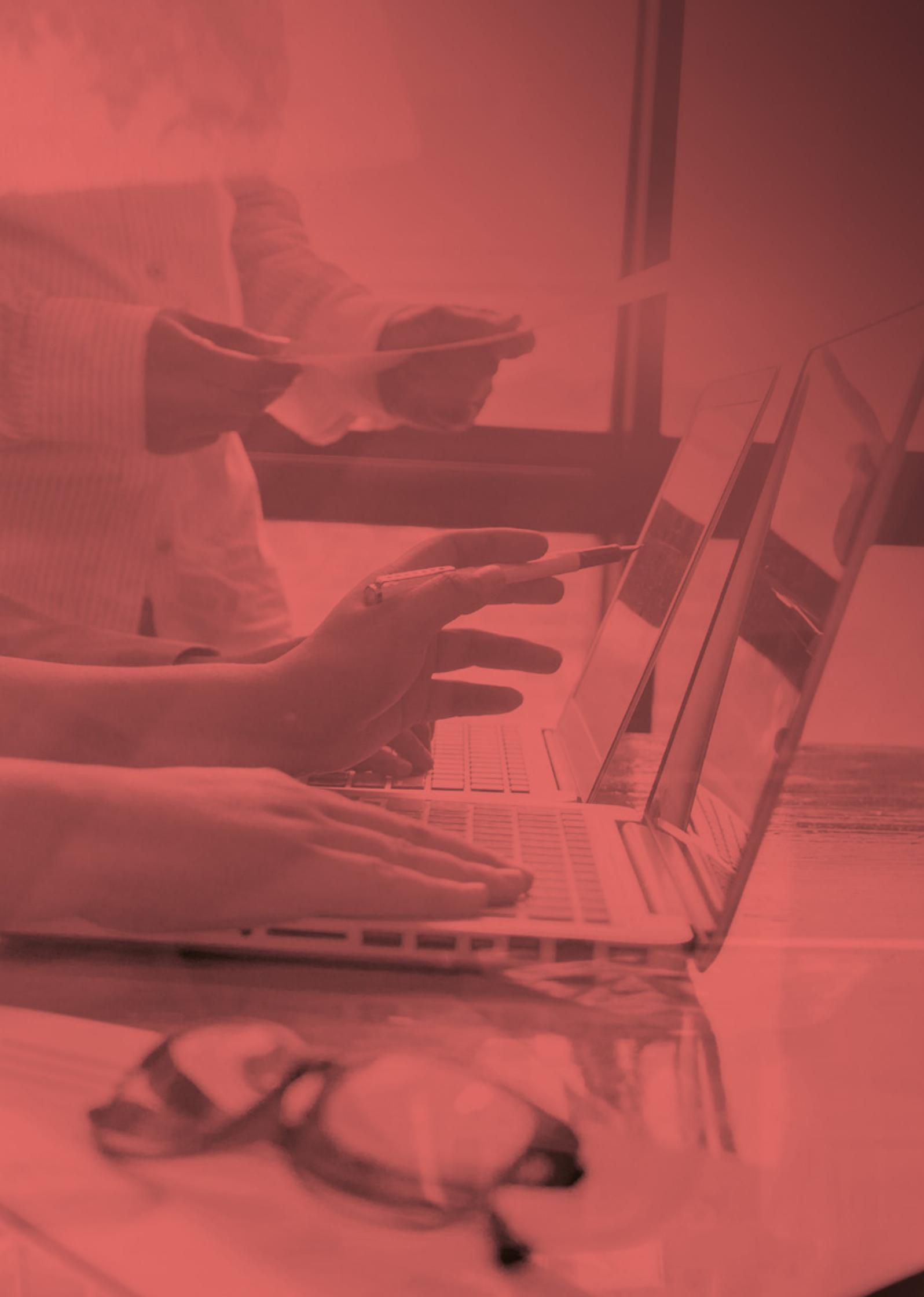
Eric Imm



Im Fokus steht dabei der Workflow zur Entwicklung der virtuellen Modelle, der durch das Vergleichen verschiedener Programme und Techniken der 3D-Modellierung, Animation und Texturierung optimiert wird. Da der Einsatz von Augmented Reality im Bereich der Umweltbildung und -kommunikation bisher kaum erprobt wurde, werden im Rahmen dieses Projekts zudem Strategien erforscht, auf die bei zukünftigen Vorhaben mit ähnlicher Zielsetzung zurückgegriffen werden kann.



Die Bilder zeigen drei Anwendungen der Moosaik AR App. Links: Der Ameisenbläuling in der "3D Bibliothek". Mitte: Der große Brachvogel in AR (Anwendung "Virtuelle Tiere") Rechts: Heimische Blumen in AR (Anwendung "Moorwiese")



05

AUS- UND WEITERBILDUNG

LRZ-Land der Lerner:innen	66
Portrait Volker Weinberg	68
Technik ausprobieren und lernen	70
Praktikum: Virtuelle Welten	72

LRZ: LAND DER LERNER:INNEN

Vom Studienstart bis zur Spitzenforschung: Die Weiterbildung und Qualifizierung von Studierenden, Forscher:innen, Coder:innen und IT-Entwickler:innen gehört zu den Kernaufgaben des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ). Im Bereich HPC und Future Computing sind die Teilnehmer:innen-Zahlen zwischen 2015 und 2019 in die Höhe geschneilt: Fünfmal mehr Interessierte nahmen 2019 an den vom LRZ angebotenen Kursen teil als noch vor vier Jahren. Fast 1500 Teilnehmer:innen bilden sich mittlerweile zu Programmierung, Data Analytics, Machine Learning und Künstliche Intelligenz oder Quantencomputing am LRZ weiter – und das pro Jahr! Tendenz steigend. Um das Kursprogramm in den letzten Jahren kontinuierlich auszubauen und in dieser Vielfalt anbieten zu können, waren das Engagement der Kolleg:innen und entsprechende Ressourcen nötig. Auch die Partnerschaften des LRZ mit Supercomputing-Zentren und IT-Partnern aus ganz Europa machten das Angebot in der Art erst möglich.

BESUCHER:INNEN AM LRZ

FÜHRUNGEN RECHNERGEBÄUDE



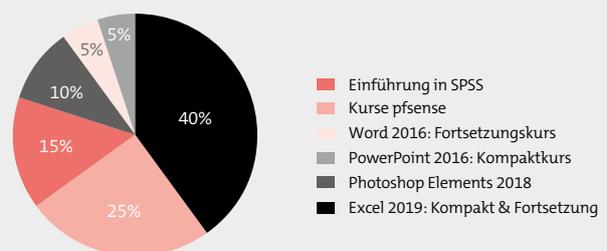
120 Termine | 1.400 Personen

V2C-DEMOS



86 Termine | 1.107 Personen

PC SOFTWARE & SONSTIGES



HPC UND FUTURE COMPUTING

QUICK FACTS



48 Kurse

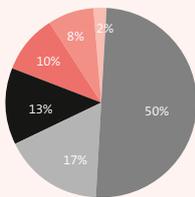


89 Kurstage



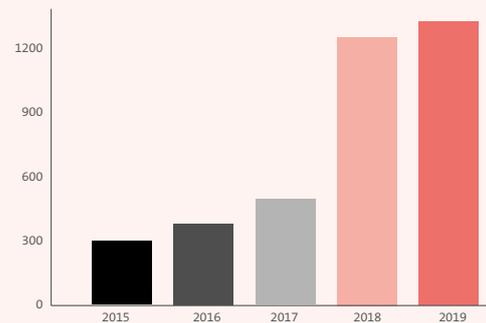
1325 Teilnehmer:innen

THEMENGEBIETE HPC + FUTURE COMPUTING



- LRZ-Systems
- Quantum Computing
- Data Analytics
- Deep Learning, Machine Learning, AI
- Code Optimisation, FPGA Programming, GPU Programming, Parallel Programming, Programming Languages
- CFD Computational Fluid Dynamics

ENTWICKLUNG TEILNEHMER:INNEN HPC UND FUTURE COMPUTING-KURSE SEIT 2015



TRAININGSPARTNER



- CADFEM** CADFEM GmbH
- CSC** IT Center for Science Ltd., Finnland
- DLI** NVIDIA Deep Learning Institute
Essential Data Science Training GmbH
- GCS** Gauss Centre for Supercomputing
- IT4I** IT4Innovations, Tschechien
- TUM** Technische Universität München
- PRACE** Partnership for Advanced Computing in Europe
- RRZE** Regionales Rechenzentrum Erlangen
- VI-HPS** Virtual Institute – High Productivity Supercomputing
- VSC** Vienna Scientific Cluster, TU Wien, Österreich

Eine Gesamtübersicht über alle Kurse finden Sie auf S. 110ff

Leiter Schulungsprogramm
Dr. Volker Weinberg

Dr. Volker Weinberg ist verantwortlich für die Aus- und Weiterbildung am LRZ und koordiniert die Schulungsprogramme von Partnerorganisationen wie GCS und PRACE.

WER IM HPC- BEREICH DIE AUSBILDUNG KOORDINIERT,



Neugierig auf Wissen und Bildung: Mit acht Jahren beginnt Volker Weinberg Japanisch zu lernen. Während des Zivildiensts organisiert der 20jährige bei der Münchner Volkshochschule Kurse für Senioren. Weil er Ähnlichkeiten zwischen dem asiatischen Weltbild und der Quantenfeldtheorie entdeckt, beschließt er in München Physik zu studieren. „Mein Interesse an Bildung und Ausbildung war schon immer hoch“, sagt er. Seine Einsätze für die IT-Technik an der Fakultät bringen ihm erste Kontakte zum Leibniz-Rechenzentrum (LRZ), die Elementar-Teilchen indes zum Supercomputing. Heute vereint Weinberg das Lernen und Lehren am größten wissenschaftlichen Rechenzentrum Bayerns, ist dort verantwortlich für die Aus- und Weiterbildung und koordiniert die Angebote von Partnerorganisationen wie dem Gauss Centre for Supercomputing (GCS) oder der Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE).

...SOLLTE DIE HERAUSFORDERUNGEN BEIM AUSLASTEN VON TAUSENDEN COMPUTERKERNEN KENNEN.



Für seine Doktorarbeit erkundet Weinberg an der Freien Universität Berlin und am Forschungszentrum DESY die Gittereichtheorie (Lattice QCD), eine Methode, numerisch das Verhalten von Quarks und Gluonen, Bausteine der Materie, zu simulieren. Dabei sammelt er praktische Erfahrungen im Supercomputing, die der promovierte Physiker seit 2008 am LRZ weitergibt: "Wer im HPC-Bereich die Ausbildung koordiniert, sollte selbst auf Multi-Prozessor-Rechnern simuliert haben und die Herausforderungen beim Auslasten von tausenden Computerkernen kennen." Weinberg will Spezialist:innen ebenso ansprechen wie Einsteiger:innen. Daher können Wissenschaftler bei PRACE, GCS und im LRZ Codes optimieren und Studierende oder Berufstätige den Umgang mit Supercomputern lernen. Natürlich beschreiben die Kurse die spezifische Architektur von Supercomputern, aber sie zeigen auch, wie Algorithmen generell parallelisiert werden. Das wiederum hat die Zusammenarbeit zwischen Rechenzentren und Universitäten gefördert.

Auch die Zukunft ist Teil der LRZ-Workshops: Schließlich beschäftigen sich Rechenzentren wie das LRZ mit neuer Technologie und planen die Ausrüstung der nächsten Systeme: "In den letzten zwei Jahren haben Big Data, künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen die Kurse stark beeinflusst. Das Interesse an diesen Themen ist stark gewachsen", stellt Weinberg fest. „Zwei LRZ-Kollegen und ich ließen uns von NVIDIA als Universitätsbotschafter zertifizieren, um die Programmierung von GPU und Deep Learning lehren zu können.“ Inzwischen unterrichtet das Trio auch an anderen Instituten, etwa in Wien, Ostrava und Helsinki. „Technologien kommen und gehen“, weiß Weinberg. „Wir brauchen Kurse zu MPI oder OpenMP. Neue Technologien basieren auf diesen Programmierstandards, sie werden daher laufend angepasst.“ Selbstredend hat der Dozent seine Fühler in diese Richtung ausgestreckt: Als Vertreter des LRZ nimmt Weinberg seit 2019 an den Treffen des OpenMP Standardisierungs-Komitees teil, wo Spezialist:innen ausgiebig Änderungsvorschläge diskutieren. Sich engagieren, lernen, lehren – das ist eben Weinbergs Lehr-Kreislauf. ■

TECHNIK AUSPROBIEREN UND LERNEN

Vom Studienstart bis zur Spitzenforschung: Das Leibniz-Rechenzentrum bietet ein vielseitiges Kursprogramm. Dieses wird von Zukunftstechnologien geprägt und von fruchtbaren Partnerschaften getragen.

Auf Quantencomputern ruhen Hoffnungen: Sie sollen schneller mehr Daten auswerten als die Supercomputer der Gegenwart. Das ist eine Verheißung für die Forschung, die in fast allen Disziplinen immer mehr Informationen produziert. Noch befindet sich die Technologie im Experimentierstadium, doch am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) konnten sich 40 Wissenschaftler:innen damit bereits beschäftigen. Während eines CIRQ-Bootcamps erfuhren sie im Dezember 2019, wie Quantencomputer funktionieren und Quantenschaltkreise programmiert und optimiert werden können.



STARTHILFEN FÜRS STUDIUM

Keiner muss gleich programmieren können, um am LRZ zu lernen: In Bayerns größtem wissenschaftlichem Rechenzentrum lernen Studierende außerdem den Umgang mit Programmen wie Word, Powerpoint, Excel und Access. Meistens ausgebucht ist das Photoshop-Training zur professionellen Bildbearbeitung. Zudem werden regelmäßig Kurse rund um die System- und Internetsicherheit angeboten.

GEMEINSAM LEHREN

Der Workshop, den das LRZ mit Google organisierte, gehörte zu den ersten Fortbildungen dieser Art in Deutschland und bildete einen der Höhepunkte im LRZ-Kursprogramm 2019. Gleichzeitig ist er ein Beispiel dafür, wie am LRZ Lehrangebote rund ums Supercomputing entstehen: durch Vernetzung und Austausch. An einem Großteil der 89 Kurstage waren neben Trainer:innen aus dem LRZ, dem Regionalen Rechenzentrum Erlangen sowie dem Höchstleistungs-Rechenzentrum Stuttgart noch Technologiepartner wie Google, ANSYS, NVIDIA oder INTEL beteiligt, um tiefere Einblicke in Soft- und Hardware, Tools und Technologien zu vermitteln. Die Workshops sind zudem eingebunden in die Angebote der Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE) und des Gauss Centre for Supercomputing (GCS): LRZ-Expert:innen lehren in Garching und Europa.

BIG DATA BEHERRSCHEN LERNEN

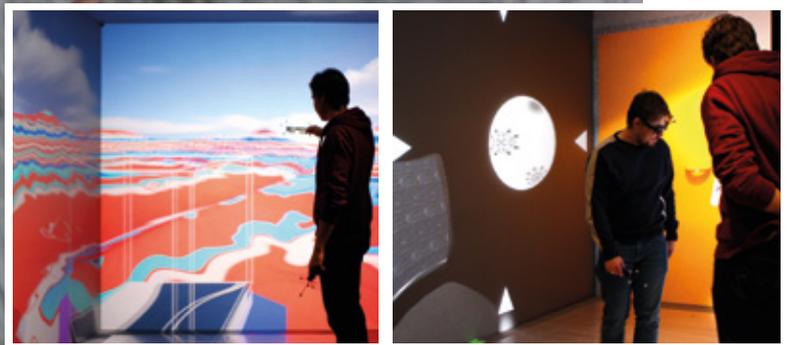
Im Trainingsprogramm 2019 findet sich nicht nur Zukunftstechnologie, es spiegelt vor allem den Bedarf wider, der in der Forschung durch Big Data wächst: Smarte Tools beschleunigen die Auswertung von Daten, allein



zum Thema Deep Learning und Künstliche Intelligenz bot das LRZ acht Veranstaltungen, 331 Wissenschaftler:innen nahmen daran teil. Neben den klassischen Programmiersprachen Fortran und C++ vermittelte das LRZ noch Python und R, die sich besonders für die Datenanalyse eignen. Diese kann auch durch Prozessoren und Akzeleratoren beschleunigt werden: So lernten Forscher:innen am LRZ, wie sie integrierbare Schaltkreise oder Field Programmable Gate Arrays (FPGA) und leistungsfähigere Grafikprozessoren für ihre Simulationen und Modellrechnungen trimmen. Eine Kunst beim HPC ist überdies, mit Algorithmen möglichst Hunderttausende Rechenkerne gleichzeitig anzusprechen. Daher zeigten LRZ-Expert:innen auch 2019 die Tricks im Umgang mit dem Linux-Cluster und SuperMUC.

Der Datenhunger der Forschung ist noch lange nicht befriedigt. Es ist absehbar, dass Quantencomputer schon bald die Supercomputer ergänzt. 2019 war es noch einmalig, aber dem CIRQ-Bootcamp werden weitere Quanten-Workshops folgen – mit anderen Partnern und neuen Tools. ■

VIRTUELLE WELTEN AUFBAUEN



Pilot:innen trainieren Start und Landung am Computer, ebenso lernen Mechaniker:innen Reparaturen an digitalen Maschinen-Modellen. Forscher:innen schätzen computergenerierte Szenarien, in denen sie Naturphänomene oder die Wirkung von Architektur und Kunst mit allen Sinnen erkunden. An dreidimensionalen Menschen-Zwillingen probieren Ärzt:innen Operationstechniken aus: Willkommen in der virtuellen Realität (VR), die uns mit immersiven Techniken in neue Welten abtauchen lassen und die Arbeitsweisen, Lernmethoden und Forschung revolutionieren. „VR entsteht im Wesentlichen aus Computergrafik und Projektionstechnik und bildet eine interessante Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine“, erläutert Professor Dr. Dieter Kranzlmüller, Leiter des Leibniz-Rechenzentrums (LRZ). „Sie spricht fast alle Sinne an, lässt uns Systeme und Prozesse oder besser: deren digitale Simulation erforschen und macht mit technischer Unterstützung Komplexes sofort begreifbar oder erlebbar.“

THEORIE AN DER UNI, PRAXIS AM LRZ

Studierende der beiden Münchener Universitäten sollen VR nicht nur theoretisch kennenlernen, sondern am Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C) des LRZ eigene Ideen realisieren. Für das Angebot kooperiert die Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) mit dem LRZ. Im Sommer vermittelt sie Wissen und technische Grundlagen, im Winter bauen bis zu 25 Teilnehmende mit Graphics und Games Engines, also Software für die Konstruktion von Simulationen und Spielwelten, auf den Computern des V2C virtuelle Szenarien. „Das Praktikum richtet sich an Masterstudierende der Fachrichtungen Informatik und Medieninformatik, die programmieren können“, sagt Markus Wiedemann vom Lehrstuhl Informatik der LMU. Der Elektrotechniker erkundet für seine Promotion die Virtualisierung großer Datenmengen, hält mit Kranzlmüller die Vorlesung und organisiert das Praktikum: „Meistens entstehen hier Spiele, manchmal auch Räume, die auf echten Messdaten basieren.“

In der Cave des V2C, in der fünfseitigen Projektionsinstallation speziell zum Erleben von VR und räumlichen Simulationen, sind mit einer 3D-Brille und dem Headset unterschiedlichste Welten zu entdecken: Zuschauer:innen tauchen ab in Blutbahnen und killen mit einem Schläger Viren. Sie entschlüsseln in Escape Rooms Zeichen und Gegenstände, um Türen zu öffnen. Sie beobachten im künstlichen Operationsaal Luftströme oder probieren aus, wie Computer Farben mischen: Sie spielen und forschen in virtuellen Welten.

In räumlichen, virtuellen Welten kann nicht nur wunderbar gespielt werden. Sie veranschaulichen in Forschung und Wirtschaft komplexe Systeme und Prozesse: Am Leibniz-Rechenzentrum lernen Studierende, solche Welten am Computer aufzubauen.



DIGITALE REALITÄTEN

Immersive Technologien entführen in digitale Welten oder bereichern die Realität mit Informationen an.

Virtual Reality (VR) schafft eine künstliche 360-Grad-Umgebung, in der sich Nutzer:innen mit Brillen und Handschuhen bewegen und interagieren.

Augmented Reality (AR) erweitert die Realität um digitale Informationen, Objekte, Animationen, Bilder. AR wird meist mit mobilen Geräten aufgenommen, ist oft Teil von Apps und bietet weniger Chancen zur Interaktion.

Mixed Reality (MR) mischt reale Welt mit virtuellen, oft über die Brücke AR.

Extended oder **Cross Reality (XR)** ist der Überbegriff für immersive Technologien, mit denen räumliche Objekte oder Szenarien erstellt werden.

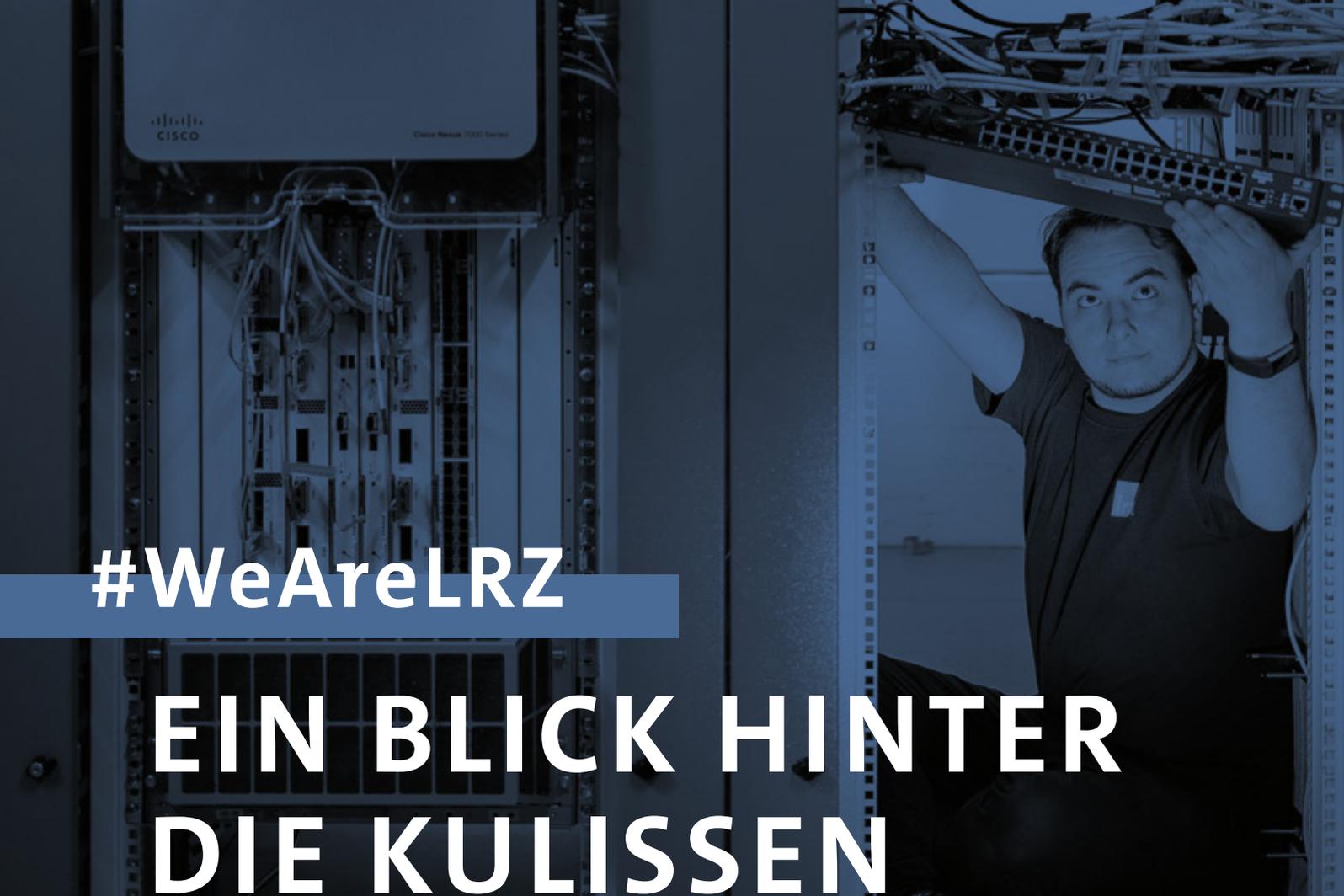
Immersion steht für das Eintauchen in Kunstwelten oder für die Illusion, in einer anderen Welt zu sein.



06

MENSCHEN

Ein Blick hinter die Kulissen	76
Generationswechsel im Direktorium	78
Sicher und Serviceorientiert	82
Interview Tanja Hanauer	84
In Tiefer Trauer	86



#WeAreLRZ

EIN BLICK HINTER DIE KULISSEN

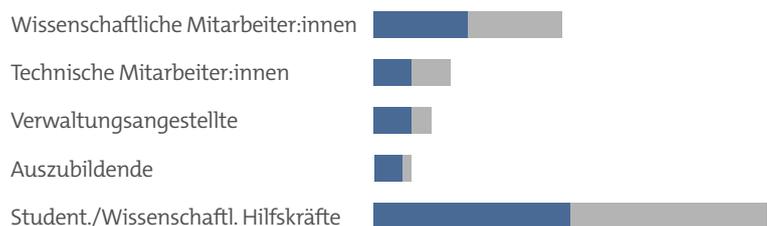
**Wir leben eine direkte
kollegiale und kooperative
Zusammenarbeit, unser
Umgang mit Kollegen und
Vorgesetzten ist respektvoll,
höflich, offen und ehrlich.**



Wissenschaftler:innen, Angestellte in den Uni-Verwaltungen und Studierende setzen auf die Dienste des LRZ an 365 Tagen im Jahr. Services sicher und zuverlässig zu betreiben, aber auch neue Dienste und Technologien für die Wissenschaft zu entwickeln ist die Hauptaufgabe des LRZ. Möglich machen dies mittlerweile fast 260 Mitarbeiter:innen – und zwar mit sehr viel Herzblut. Wissenschaftliche und technische Kolleg:innen tragen dabei genauso zum Erfolg bei, wie die Verwaltungsangestellten, die studentischen und wissenschaftlichen Hilfskräfte und die Auszubildenden.

Doch wer sind die LRZler? Was macht sie aus? Welche Werte teilen sie? Was treibt Sie an? Stellvertretend für die ganze LRZ-Familie stellen wir in diesem Kapitel Kolleg:innen vor, die 2019 mitgeprägt haben. Ein Blick hinter die Kulissen.

ZU- UND ABGÄNGE





Unser multikulturelles und internationales Umfeld ist ebenso wie unsere Zuverlässigkeit und Verbindlichkeit selbstverständlich, sowohl innerhalb der Arbeitsgruppen als auch gruppen- und abteilungsübergreifend.“

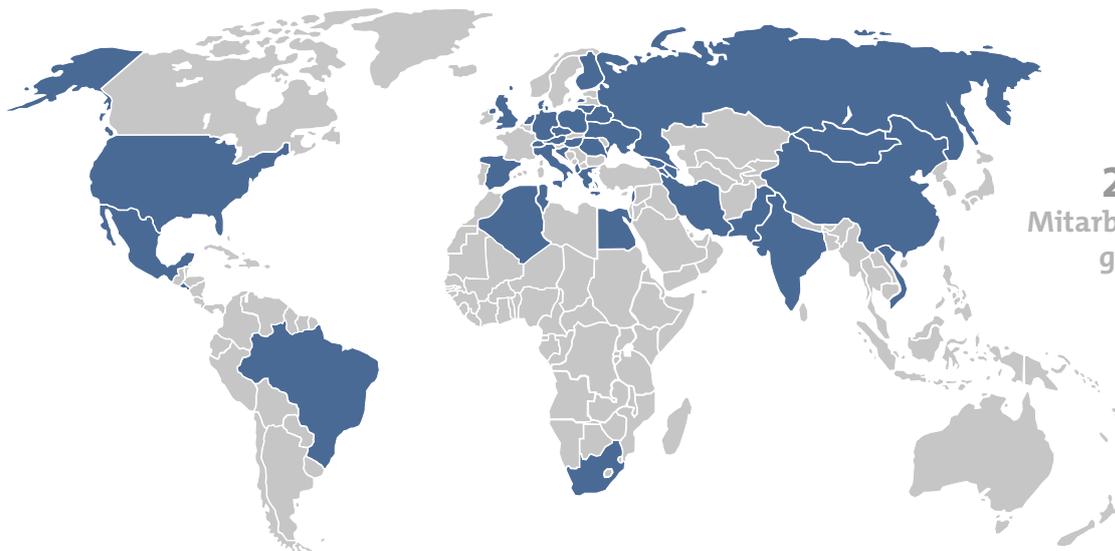
FUN FACTS



5.445,71 km pro Jahr

...radelt unser Kollege Werner auf seinem Arbeitsweg.

HIER KOMMEN UNSERE MITARBEITER:INNEN HER



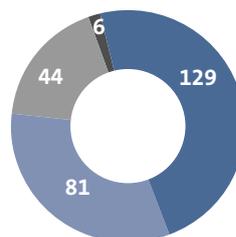
260
Mitarbeiter:innen
gesamt

Zugänge 42

Abgänge 38



MITARBEITER:INNEN IN ZAHLEN



- Wissenschaftl. Mitarbeiter:innen
- Technische Mitarbeiter:innen & Verwaltungsangestellte
- Student./Wissenschaftl. Hilfskräfte
- Auszubildende



GENERATIONSWECHSEL IM DIREKTORIUM

Zwei kommen, Zwei gehen: Das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) verabschiedet seine ehemaligen Leiter und Direktoren, die Professoren Heinz-Gerd Hegering und Arndt Bode, und heißt die Professoren Thomas Seidl und Martin Schulz im Direktorium willkommen. Zum Abschied und Start jeweils zwei Fragen.



Prof. Heinz-Gerd Hegering promovierte 1971 in Mathematik. Er lehrte an TUM und LMU, leitete 1989 bis 2008 das LRZ und gehörte bis 2019 dessen Direktorium an.



Prof. Arndt Bode promovierte 1975 in Informatik, lehrte an der TUM und war dort 1999 bis 2008 als Vizepräsident verantwortlich für die IT. 2008 bis 2017 leitete er das LRZ.

Was waren Ihre wichtigsten Momente am LRZ?

Prof. Dr. Heinz-Gerd Hegering: Meine Laufbahn wurde 1975 vom Leiter des LRZ, Prof. Gerhard Seegmüller beeinflusst. Überraschend übertrug er mir am Tag der Angebotsabgabe die Koordination aller Maßnahmen zur Einführung der neuen TR440-Systeme, dabei kannte ich nicht einmal die Ausschreibung. 1999 wurde das LRZ Bundeshöchstleistungs-Rechenzentrum. Schmerzlich war der Asbest-GAU: 1988 wurde im LRZ an der Barer Straße Asbest entdeckt, auch in Klimaanlage und Maschinenraum. Keine Neuinstallationen mehr, Arbeiten nur mit Schleusen und Schutzanzügen. Das Gebäude wurde stockwerkweise zurückgebaut: acht Jahre eine enorme Belastung mit vielen intensiven Personalgesprächen. 2001 starteten die Planungen für den Neubau in Garching, dessen Einweihung 2006 gehört zu den schönsten Momenten meines Berufslebens.

Mit wem würden Sie gerne diskutieren und warum?

Hegering: Werte-Fragen beschäftigen mich seit einer Weile. Welche ethischen Kriterien soll man beachten? Themen wie Datenschutz zeigen, dass zur Klärung von Konflikten immer öfter das Bundesverfassungsgericht bemüht wird. Darüber würde ich gerne mit Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier diskutieren. Der breite Hintergrund seiner politischen Ämter und sein sachliches Auftreten gefallen mir.

Was waren Ihre wichtigsten Momente am LRZ?

Prof. Dr. Arndt Bode: Die Ansprachen zum 14.10.2011 und 20.7.2012 waren meine Höhepunkte, weil sie wichtige Schritte auf dem Weg des LRZ zum europäischen Zentrum für Supercomputing markieren. 2011 wurden die Erweiterungsbauten für den SuperMUC in Garching eingeweiht. Das von IBM entwickelte System war mit etwa drei PFLOP/s pro Sekunde Europas leistungsfähigster Rechner und lag 2012 weltweit auf Platz 4. Der SuperMUC war konventionell programmierbar, Anwendungen konnten schnell portiert werden. Durch die Flüssigkeitskühlung war er besonders energieeffizient. Wenn auch dafür belächelt, hatten wir genau darauf hingearbeitet. Im Juli 2012 feierten wir 50 Jahre LRZ und die Einweihung des SuperMUC. Allen Mitstreiterinnen im LRZ bin ich für ihren Einsatz sehr dankbar.

Mit wem würden Sie gerne diskutieren und warum?

Bode: Mit Präsident Charles De Gaulle und Bundeskanzler Konrad Adenauer über den Zweiten Weltkrieg sowie die Aussöhnung zwischen Frankreich und Deutschland. Ich würde gerne verstehen, wie nach einem blutigen Krieg und viel Hass wieder geistige Brücken gebaut werden können. Ausgleich und Aussöhnung wären heute an vielen Stellen der Welt ein guter politischer Rat für Scharfmacher und gegen allzu einseitige Ansichten.



Prof. Thomas Seidl

Prof. Thomas Seidl studierte an der TUM Informatik und promovierte 1997 an der LMU. Nach 14 Jahren an der RWTH Aachen leitet er seit 2016 an der LMU den Lehrstuhl für Datenbanken und Data Mining sowie das MCML.

Was möchten Sie am LRZ bewegen?

Prof. Thomas Seidl: Mit dem Blick von außen die Zukunft des LRZ mitbestimmen – in dieser Rolle fühle ich mich wohl. Mein Forschungsinteresse betrifft Künstliche Intelligenz (KI), Maschinelles Lernen (ML) und Energieeffizienz. Was Green Computing betrifft, ist das LRZ schon vorne dran, mit smarterer Steuerung lassen sich in IT-Infrastrukturen mehr Potenziale heben, woran ich gerne mitwirke. Dann würde ich gerne im Bereich KI und ML weitere Kooperationen anstoßen, beide Technologien können interne Prozesse des LRZ bereichern und gewinnen in der Forschung an Relevanz. In diesem Zusammenhang wird das vom Bund geförderte Munich Center for Machine Learning (MCML), ein Forschungsprojekt von LMU und TUM, auch für das LRZ strategisch wichtig.

Was treibt Sie persönlich an?

Seidl: Den Menschen am LRZ ein gutes Umfeld zu bieten. Sie sollen gerne zur Arbeit kommen, wertschätzend miteinander umgehen und wissen, was sie leisten. Im LRZ ist eine große Aufgeschlossenheit erkennbar, was innovative Technologien und neue Services betrifft. Als Direktor unterstütze ich diese Kultur des LRZ sehr gerne. Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen versprechen so viele interessante Fragen, dafür brauchen wir die besten Köpfe.



Was möchten Sie am LRZ bewegen?

Prof. Martin Schulz: Fachlich beschäftige ich mich seit Jahren mit neuer Technik für High Performance Computing und mit Technologien zur Datenanalyse. Daher möchte ich die Computer und Komponenten für die nächste Generation von Supercomputern ans LRZ holen, und außerdem an der Einbindung von Quantencomputing ins HPC arbeiten. Das LRZ beschäftigt so viele Spezialisten und hat die Kompetenz, Hard- und Software selbst zu entwickeln und zu optimieren und damit die Bedürfnisse unterschiedlichster User aus der Forschung zu befriedigen. Daher würde ich gerne dazu beitragen, dass das LRZ seine Innovationsfähigkeiten weiter nutzt und ausbaut und damit weiter sein internationales Renommee für gutes HPC stärkt. Dazu gehört auch weitere Forschung ans LRZ zu ziehen, etwa durch mehr gemeinsame Projekte mit TUM und LMU aus der EU.

Was treibt Sie persönlich an?

Schulz: Die praktische Umsetzung von Grundlagenforschung. Ich halte wenig von Forschung, die auf Papier endet und dann verstaubt. Spannend ist doch erst die Realisierung von Forschungsergebnissen in praktische Technologien für User. Daher habe ich die Professur an der TUM angenommen – und nun die Berufung ins Direktorium des LRZ.

Prof. Martin Schulz

Prof. Martin Schulz studierte Informatik in München und arbeitete für 15 Jahre in den USA. Er promovierte 2001 an der TUM, wo er den Lehrstuhl für Rechnerarchitektur und Parallele Systeme leitet.

SICHER UND SERVICEORIENTIERT

Erstmals lässt sich das LRZ prüfen: Die Vorbereitungen zur Zertifizierung des IT-Service-Managements und der Informationssicherheit laufen 18 Monate, Projekt 47K wird zum Team-Erfolg.

„Projekt 47K war schwierig, aber wir haben Einiges bewegen können“, sagt Natalie Vogel. „Die Zertifizierungen sind geschafft.“ 18 Monate lang hat die Verantwortliche für Service-Management am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) mit Eda Seval, Leiterin des Servicedesks, und Stefan Metzger, Chief Information Security Officer, das Audit des Zertifizierungsunternehmens DEKRA vorbereitet. Dafür mit diversen Abteilungen Prozess-Dokumentationen erarbeitet, Veränderungen angestoßen und Schulungen organisiert. Vor allem aber hat das Trio regelmäßig über Projekt 47K und die Zertifizierung informiert: „Diese Kommunikation war uns wichtig“, sagt Metzger. „Anfangs hatten wir eher zu wenig berichtet, einige Mitarbeitende bekamen daher Bedenken vor der Zertifizierung.“

Seit September 2019 hat es das LRZ schriftlich: Seine IT-Dienstleistungen werden effizient und in nachvollziehbaren Prozessen abgearbeitet. Dafür bekam Bayerns führendes Rechenzentrum die Zertifikate ISO/IEC 20.000 für IT-Service-Management sowie ISO/IEC 27.001 für Informationssicherheit von der DEKRA ausgestellt. „Für eine Erst-Zertifizierung hat das LRZ ein sehr strukturiertes und breit dokumentiertes Informationssicherheits- und Service-Managementsystem etabliert“, lobt Jochen Hehn, Lead-Auditor der DEKRA. Den Prüfern gefielen besonders die Team-Arbeit an Projekt 47K, die Planung der Maßnahmen und vor allem die Transparenz bei der Umsetzung.

STARTSCHUSS FÜR VERÄNDERUNG

Ende 2017 startete 47K: In acht Teilprojekten waren neben den vier Abteilungs- und zwei Stabsstellen bis zu 25 Kolleg:innen damit beschäftigt, ihre Arbeitsschritte zu dokumentieren und bei Bedarf nach den Empfehlungen der Prüfer zu verbessern: „Durch die Dokumentation wurden Abläufe besser strukturiert“, beobachtet Seval. „Normen helfen, Prozesse

TRANSPARENTE PROJEKT-KOMMUNIKATION

Der Name 47K ergab sich aus den ISO/IEC-Nummern der Zertifikate: 20.000 + 27.001 = 47K.

Dafür wurden

- 20 Kaffeegespräche oder Vorträge für Kolleg:innen,
- 10 interne Newsletter und
- annähernd 30 Weekly Huddles, kurze wöchentliche Meetings, mit den beteiligten Teams zum Projektstatus, organisiert.



zu systematisieren. Wie unsere Abläufe sicherer werden, haben wir selbst in der Hand.“ Rund 150.000 Euro investierte das LRZ in Vorbereitung und Zertifizierung. Das LRZ ist das erste wissenschaftliche Höchstleistungs-Rechenzentrum in Europa, das mit beiden Zertifikaten beurteilt wurde: „In Wissenschaft und Forschung haben die Sicherheit, insbesondere Vertraulichkeit, Integrität und Verfügbarkeit sensibler Daten obersten Stellenwert“, sagt Professor Dr. Dieter Kranzlmüller, Leiter des LRZ. „Mit den ISO/IEC-Zertifizierungen senden wir ein starkes Signal an die Nutzer unserer Dienste, unsere Partner und unsere Mitarbeitenden.“ In den nächsten Jahren wird das LRZ regelmäßig geprüft, damit die beiden ISO/IEC-Zertifikate alle drei Jahre erneuert werden. „Das LRZ hat sich durch die Erst-Zertifizierung weiter professionalisiert, diesen Prozess führen wir fort“, so Professor Dr. Helmut Reiser, stellvertretender Leiter des LRZ. „Die Zertifizierung bietet vor allem Chancen, eine Organisation und ihre Abläufe zu optimieren, an Kundennähe zu arbeiten und neue, sichere Dienstleistungen zu entwickeln.“



IT-Sicherheitsexpertin
Tanja Hanauer

**WISSENSCHAFTLICH
ARBEITEN UND DABEI
ARBEITSERFAHRUNG
SAMMELN**

”

Sie wollte in der IT etwas bewegen und wissenschaftlich arbeiten: Tanja Hanauer wechselte aus der Beratung ans Leibniz-Rechenzentrum, um hier zu promovieren.

„Visualization-based Enhancement of IT Security Management and Operations“ ist der Titel der 283 Seiten starken Dissertation, die Tanja Hanauer, Mitarbeiterin bei IT-Infrastruktur Server und Dienste (ITS) am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ), verfasst hat. Sie erforscht darin, wie IT-Prozesse einer Organisation zuverlässiger, sicherer und besser werden können. „Das LRZ ist ein guter Ort für eine Promotion“, sagt Hanauer. „Ich konnte wissenschaftlich arbeiten und Arbeitserfahrung sammeln, im Umfeld des LRZ fand ich außerdem wichtige Ansprechpartner.“ An der Universität der Bundeswehr wird das Werk gerade begutachtet, das unter anderem Vorschläge zur Visualisierung des Status Quo enthält: fehlende Übersicht und Mängel in der Kommunikation sind häufig Ursachen von Sicherheitsdefiziten, Bilder können hier unterstützen.

Warum das Thema?

Tanja Hanauer: Aus der Sicherheit kommen viele Anforderungen an die IT, die Nutzer:innen und Administrator:innen umsetzen müssen. Doch das wissen häufig nur einzelne Spezialist:innen. Die Lücke zwischen Müssen und Tun oder zwischen individuellem und Organisationswissen interessiert mich. Es geht darum, sicherheitsbezogene Anforderungen zu verstehen, umzusetzen und die Erfahrung von Spezialist:innen in Organisationswissen zu überführen. Dabei kann Visualisierung von Daten und Prozessen helfen. Für die Dissertation habe ich Use Cases, auch mit Daten aus dem LRZ, analysiert und daraus ein Framework entwickelt, das auf andere Umgebungen, Anwendungen und datenbasierte Prozesse übertragbar ist.

Wie lange hast du daran gearbeitet?

Hanauer: Etwa 5 Jahre. 2012 stieg ich am LRZ als Mitarbeiterin für Sicherheit ein, fand mein Thema und Betreuung. Zuerst bei einem Professor an der LMU, hier merkte ich aber, dass ein Vollzeitjob in Garching schwer mit Präsenzveranstaltungen in München zu verbinden ist. Deshalb wechselte ich zu Wolfgang Hommel, der am LRZ arbeitete und jetzt Professor an der Universität der Bundeswehr ist.

Wie haben dich die Kolleg:innen unterstützt?

Hanauer: Meine Chefs, erst Christoph Biardzki, dann Winfried Raab, wussten von der Promotion. Teile meiner Diss entstanden während meiner Arbeitszeit. Ich konnte auch Master- und Bachelor-Arbeiten am LRZ betreuen und an der Universität Bremen Blockseminare halten. Ohne diese Unterstützung des Arbeitgebers ist eine Promotion in einer Vollzeitstelle nur schwer möglich.

Gab es Probleme?

Hanauer: Doktoranden sollten zu ihrem Thema in Wissenschaftszeitschriften und auf Konferenzen oder Workshops veröffentlichen. Hier fiel es mir schwer, Mittel für die Konferenz-Teilnahme zu bekommen. Auch der Zugang zu wissenschaftlichen Publikationen ist über das LRZ nicht möglich. Es fehlt ein dezidiertes Budget.

Verantwortung, Lehre, Geld – was bringt der Dokortitel?

Hanauer: In erster Linie wollte ich mich mit einem spannenden Thema intensiv beschäftigen und in der IT Sicherheit etwas bewegen. Das ist gelungen. Ich hoffe, nach der Dissertation noch mehr Bewegung in die Sache zu bringen.



WEITER-LERNEN

Mitarbeitende des LRZ sollen sich qualifizieren: Das wissenschaftliche Rechenzentrum unterstützt daher Bachelor- oder Masterstudien sowie Promotionen zu IT-Themen, die nebenberuflich entstehen. 2019 beendeten zwei Mitarbeitende am LRZ erfolgreich ein Studium. Außerdem stellt das LRZ seine Daten und Technologie zur Erforschung bereit.



Alexander von Ramm

IN TIEFER TRAUER

Freundlich. Fröhlich. Positiv. Ein allseits beliebter Kollege. Alexander von Ramm war ein besonderer Mensch. Er war abenteuerlustig und hat das Leben genossen. Gleichzeitig verfolgte er mit Ehrgeiz und Zielstrebigkeit seine beruflichen Ziele. Ein unvergessener Mensch.

Alexander war erst seit Kurzem Teil der LRZ-Familie. Nach seinem Studium der Hydrologie wagte er den Schritt, am LRZ in Informatik zu promovieren. Im Team „Environmental Computing“ konnte er seine wissenschaftliche Leidenschaft für Natur und Umwelt hervorragend verbinden mit der Technologie und Computer. Alexander beschäftigte sich mit Workflows für die Datenanalyse in der Hydrologie – ein außergewöhnliches Thema. Schon zu Beginn seiner Promotion war klar, dass er sich mit seiner Arbeit auf unsicherem Terrain bewegen wird. Aber so war Alexander: Er nahm Herausforderungen an. Sein Mut wurde belohnt. Bereits die ersten Ergebnisse seiner Studien waren wissenschaftlich so interessant, dass er sie nach kurzer Zeit publizieren konnte. Alexander war voller Engagement und Tatendrang und hatte klare Ziele, wie er sein wissenschaftliches Thema weiter vorantreiben würde.

Die Begeisterung, mit der er seine Forschung verfolgte, zeichnete ihn auch im Privaten aus. Er war ein großer Fan seines Heimatvereins Eintracht Frankfurt. Fußball-Fachsimpelei mit ihm gehörten zum gerne gepflegten Küchengespräch im Kolleg:innen-Kreis. Seine große Leidenschaft galt dem Sport: egal ob die tägliche Radlfahrt ins LRZ oder seine Berg- und Klettertouren ins Gebirge, er war immer mit Freude dabei.

Alexander wurde mit nur 27 Jahren viel zu früh aus dem Leben gerissen. Wir werden ihn vermissen – sein unbekümmertes Geschlurfe auf dem Gang und sogar das gelb-schwarz-karierte Hemd, das nur er so lässig mit Stil tragen konnte.

Die Lücke, die Alexander reißt, werden wir nicht füllen können. Was uns bleibt, ist, uns immer wieder an Alexander zu erinnern – mit einem Lächeln für seine Art, mit Respekt vor seiner Arbeit.

In Gedanken sind wir bei seiner Familie.

Möge er in Frieden ruhen!





07

KOOPERATIONEN

Unsere Partner Weltweit	90
Bayerische Allianzen	92
Interview Prof. Dech	94
Wissen katalogisieren, verbreiten und speichern	98

UNSERE PARTNER WELTWEIT



~ 50

KOOPERATIONEN
WELTWEIT



MÜNCHEN

- Digital Humanities München (dhmuc)
- Helmholtz Artificial Intelligence Cooperation Unit (HAICU)
- Hochschule München (HM)
- Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)
- Munich Center for Machine Learning (MCML)
- Munich Center for Quantum Science and Technology (MCQST)
- Munich Network Management Team (MNM)
- Munich School of Data Science (MUDS)
- Technische Universität München (TUM)
- Universität der Bundeswehr München (UniBW)



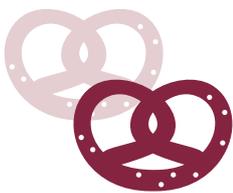
INTERNATIONAL

- Argonne National Laboratory (ARGONNE), USA
- Lawrence Berkeley National Laboratory (LBL), USA
- Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), USA
- National Energy Research Scientific Computing Center (NERSC), USA
- Oak Ridge National Laboratory (ORNL), USA



EUROPA

- Barcelona Supercomputing Center (BSC), Spanien
- CSC IT Center for Science, Finnland
- GÉANT
- Hartree Centre Science & Technology Facilities Council (STFC), UK
- Irish Centre for High-End Computing (ICHEC), Irland
- IT4Innovations (National Supercomputing Center), Tschechien
- Open Search Foundation (OSF), Hauptsitz Deutschland
- Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE)
- Poznan Supercomputing and Networking Center (PSNC), Polen
- Technical University of Denmark (DTU), Dänemark
- VSC Technische Universität Wien, Österreich



BAYERN

- Bavarian Quantum Computing eXchange (BQCX)
- Bavarian Supercomputing Alliance (BSA)
- Bayerische Forschungsallianz (BayFOR)
- Bayerische Staatsbibliothek (BSB)
- Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- Kompetenznetzwerk für wissenschaftliches Höchstleistungsrechnen in Bayern (KONWIHR)
- Rechenzentren Bayern
- Regionales Rechenzentrum Erlangen (RRZE) & Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
- Technische Hochschule Deggendorf (THD)
- Universität Regensburg (UREG)



NATIONAL

- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)
- Gauss Centre for Supercomputing (GCS)
- Gauß-Allianz (GA)
- Verein zur Förderung eines Deutschen Forschungsnetzes (DFN-Verein)
- Zentren für Kommunikation und Informationsverarbeitung e.V. (ZKI)

BAYERISCHE ALLIANZEN

**Gemeinsam stärker, sichtbarer und innovativer:
Auf dem Weg ins Exascale- und Quantencomputing-
Zeitalter vernetzt sich das Leibniz-Rechenzentrum
immer enger mit Wissenschaft und Unternehmen
in Bayern und der Welt.**



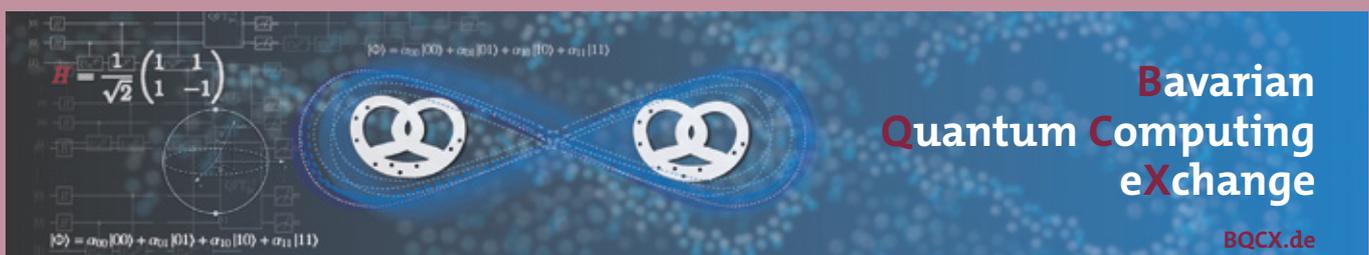
WISSENS-NETZWERK

Das Bavarian Quantum Computing eXchange-Netzwerk (BQCX) trifft sich jeden zweiten Mittwoch eines Monats – online oder in Garching. Interessierte sind willkommen.

Termine und Information:
www.bqcx.de

Bayern ist cool: Weltweit wird die Region für seine Biergärten, Traditionen, Welt-offenheit geschätzt. Und zunehmend auch für die Supercomputing Know-how, die von hier kommt. Das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) formte aus 7 Universitäten und 3 wissenschaftlichen Rechenzentren die Bavarian Supercomputing Alliance (BSA), die seither Forschungserfolge zusammen präsentiert. Maibaum und Biergärten zogen auf der SC19 in den USA Besucher aus aller Welt an.

Die BSA stärkt Sichtbarkeit, vor allem aber Kooperation: „Nicht die Maschinen, sondern die Menschen bringen mit ihren Erfahrungen und ihrem Engagement das Supercomputing voran“, sagt Professor Dieter Kranzlmüller, Leiter des LRZ: „Als Höchstleistungsrechenzentrum brauchen wir die Expertise der Hochleistungsrechenzentren und Universitäten, um die nächsten Schritte in Richtung Exascale- und Quantencomputer zu gehen.“ Energieeffizienz, Künstliche Intelligenz, auch die Technologien zur Auswertung, Speicherung und zum Austausch wachsender Datenmengen – das sind gerade Themen, zu denen die BSA bereits Software bietet und viele weitere Lösungen entwickeln will.





QUANTENCOMPUTER IN SICHT

Auch das Bavarian Quantum Computing eXchange-Netzwerk (BQCX) beweist den Vorteil gemeinsamen Vorgehens: Seit Sommer 2019 kommen Forscher:innen, Gründer:innen und die Industrie zusammen, um Entwicklungen zu diskutieren. „Bayern wird eine führende Rolle im Quantencomputing spielen, aber es gibt noch zu viele unbeantwortete Fragen“, begründet Laura Schulz, Leiterin der strategischen Entwicklung am LRZ, die Initiative. "Um sie zu beantworten, bringen wir jetzt ein breites Spektrum von Spezialisten zusammen.“ Durch BQCX hat sich das LRZ in der internationalen Quantum-Community etabliert, hochkarätige Vortragsredner aus der Forschung und von Unternehmen wie Google, Intel, D-Wave, Strangeworks IQM oder Quantum Brilliance nach Garching gezogen und mit ihnen Partner für Forschung und Lehre gewonnen. So richtete das LRZ Ende 2019 in Kooperation mit Google den ersten Quantencomputing-Workshops CIRQ für Bayerns Studierende aus; mit QuantEx folgte wenig später das erste Forschungsprojekt im Zukunftsfeld. Nur ein Anfang, auch der Forschungs- und Wirtschaftsstandort Bayern wird von der Quantenoffensive profitieren.

FORSCHUNG UND TOOLS MADE IN BAYERN

Die Bavarian Supercomputing Alliance (BSA) besteht aus

- Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen: www.fau.de
- Regionales Rechenzentrum Erlangen: www.rrze.fau.de
- Julius-Maximilians-Universität, Würzburg: www.uni-wuerzburg.de
- Universität Regensburg: www.uni-regensburg.de
- Technische Hochschule Deggendorf: www.th-deg.de
- Ludwig-Maximilians-Universität, München: www.lmu.de
- Technische Universität, München: www.tum.de
- Munich Network Management Team, München: www.mnm-team.org
- Leibniz-Rechenzentrum, Garching: www.lrz.de

Tools & Technik sowie Informationen:
www.bavariansupercomputing.de



Professor
Stefan Dech

**ERST WAS DER
MENSCH WIRKLICH
SIEHT, GLAUBT
ER AUCH.**

”

Satelliten kreisen um die Erde und liefern Daten, Daten, Daten. In so hoher Auflösung, dass konventionelle Computer längst ihre Grenzen erreichen. Um Erdbeobachtungsdaten online verfügbar zu machen, haben sich das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) im Mai 2019 zusammengetan. Gemeinsam bauen sie an einer leistungsstarken Online-Plattform sowie an Software zur vollautomatischen Auswertung von Messdaten über den Blauen Planeten. Verbunden wird diese mit dem Satellitendatenarchiv des DLR.

Von wie vielen Satelliten erhält das DLR Daten?

Professor Stefan Dech: Wir empfangen Daten von mehr als 25 zivilen Satelliten. Wichtig für unsere Forschung sind die DLR-Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X, Daten aus dem europäischen Copernicus-Programm sowie aus den USA. Von Copernicus sind bereits 7 von geplanten rund 10 Satelliten in Betrieb. Mit ihrer Sensortechnik sammeln diese Sentinels Daten von der Erdoberfläche und der Atmosphäre. Dazu kommen Radardaten mit unterschiedlichen Eigenschaften, räumlich, spektral und zeitlich, aus denen wir physikalische, topographische und biochemische Messwerte oder Indizes ableiten. Bis 2024 werden allein die Copernicus-Sentinels ein Datenvolumen von rund 40 Petabyte geliefert haben – das entspricht in etwa dem Inhalt von knapp 9 Millionen DVDs.

Die Satelliten liefern meist Bilder?

Dech: Richtig, wir sprechen auch von Bilddaten, aber letztlich stammen die Aufnahmen meistens von Spektro- oder Radiometern sowie von Radar-Sensoren mit Aufnahmetechnik. Uns interessieren letztlich vor allem physikalisch nachvollziehbare, absolut kalibrierte Werte zur Bestimmung verlässlicher Geo-Parameter, die wir über längere Zeiträume vergleichen können. Oder wir beschäftigen uns mit der Form und Lage von Objekten im Raum, dann kommt es auf hochgenaue geodätische Werte an.

Was erforscht das DLR damit?

Dech: Als Großforschungszentrum entwickelt das DLR einerseits Verfahren zur Auswertung der Messdaten in maximaler Güte. Methoden und Prozessoren verbessern sich laufend, so bereiten wir für noch genauere Analysen auch historische Datenbestände erneut auf. Dabei helfen uns zunehmend künstlich intelligente Systeme. Im Deutschen Fernerkundungszentrum geht es um globale Veränderungen der Erde – etwa die Urbanisierung. Dafür analysieren wir, wie sich Städte in der Fläche und in der Höhe ausbreiten, schätzen die Bevölkerungsdichte und unterstützen die Planung von Schutz gegen Erdbeben oder Überschwemmungen. Weitere Schwerpunkte sind die Entwicklung von Ökosystemen und landwirtschaftlichen Nutzflächen, die Luftqualität über Städten oder die Veränderungen in der Atmosphäre, der Wandel von Polargebieten und Hochgebirgsregionen. Es ist extrem spannend, die Veränderungen auf der Erdoberfläche langfristig zu analysieren. Dadurch können wir bei der

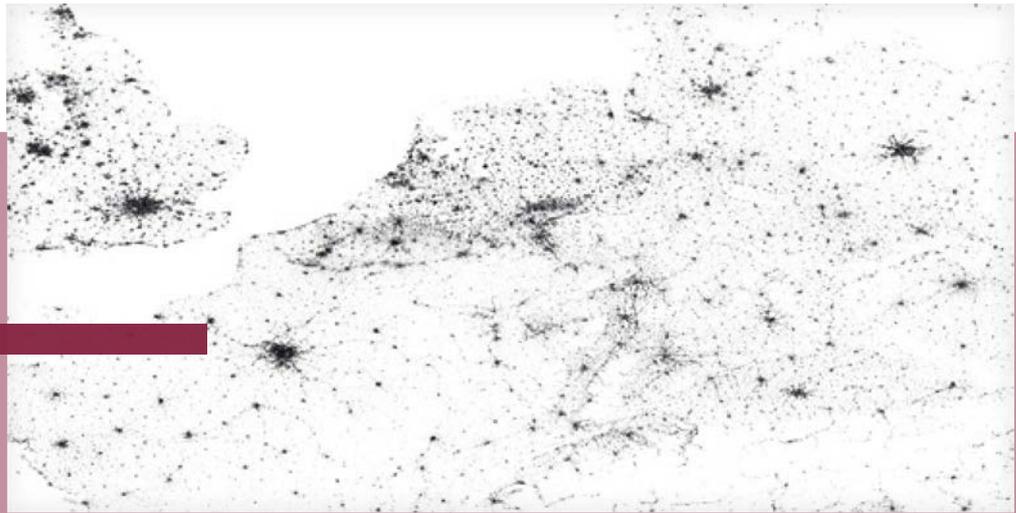


PROF. STEFAN DECH

promovierte nach dem Studium der Geographie in Würzburg 1990 am DLR zu Themen der Polarforschung. In seiner Habilitation beschäftigte er sich 1998 mit Verfahren zur operationellen Ableitung geophysikalischer Parameter aus Satellitendaten. Seit 1998 ist Dech Direktor des Deutschen Fernerkundungszentrums des DLR, aktuell außerdem Sprecher des DLR Earth Observation Center (EOC), seit 2001 Ordinarius am Lehrstuhl für Fernerkundung der Universität Würzburg.

SIEDLUNGSMUSTER

Das Siedlungsmuster von Europa wurde am DLR produziert und basiert auf TerraSAR-X und Tandem-X Daten. Mit Hilfe aktueller Satellitendaten werden Siedlungen weltweit kartiert und deren Veränderungen erfasst, um so die Dynamik der Urbanisierung zu analysieren.



Entwicklung von Strategien zum Schutz von Ökosystemen mitwirken und manchmal auch warnend die Hand heben. Erst was der Mensch wirklich sieht, glaubt er – viele unserer Daten sind erst als Bilder sehr eindringlich.

Stehen die DLR-Daten externen Forscher:innen zur Verfügung?

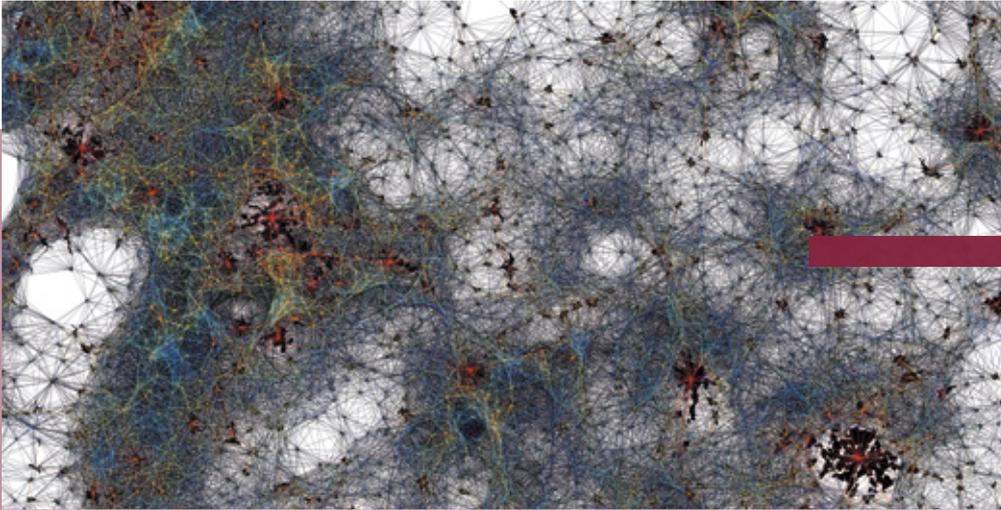
Dech: Die meisten Daten können alle nutzen, entscheidend ist, wie effektiv und effizient. Gemeinsam mit dem LRZ sorgt das DLR für eine Computer- und Dateninfrastruktur, um Erdbeobachtungsdaten in großem Volumen verfügbar zu machen. Dazu brauchen wir die Nähe zu Höchstleistungsrechnern. In Garching entsteht gerade eine hoch performante Analyse-Plattform, und in Oberpfaffenhofen bauen wir unser Langzeit-Archiv aus und verbinden es mit dem LRZ. Wir wollen uns zwar nicht mit US-Konzernen messen, ihnen aber etwas entgegensetzen, was uns wichtig ist: Datensicherheit und Verlässlichkeit eines nicht-kommerziellen Umfelds. Ein Sentinel-Satellit liefert zurzeit rund 4 Petabyte an Rohdaten pro Jahr, solche Mengen konnten bislang nur Konzerne wie Google oder Amazon online vorhalten. Forscher müssen sich hier aber auf eine Technik einlassen, die sich durch wirtschaftliche Zwänge schnell ändern kann. Außerdem müssen sie für die Bereitstellung von Rohdaten oft Forschungsergebnisse teilen. Und es bleibt ein gewisses Unbehagen, wertvolle Algorithmen auf eine Plattform irgendwo in der Welt zu spielen. Mit der High Performance Data Analytics-, oder kurz: HPDA-Plattform schaffen wir die Alternative, von der unsere Forschung und die Wissenschaft profitieren wird. Wir sind mit unserer Lösung ein echter Trendsetter und bieten einen Technologiesprung.

SuperMUC-NG ist Teil der Partnerschaft, warum?

Dech: Ein großer Teil unserer Forscher braucht zwar selten so starke Rechner, aber die Kombination aus der Online-Verfügbarkeit von Fernerkundungsdaten in Verbindung mit HPC-Systemen macht das Besondere unserer Kooperation aus. Denn bei einigen Anwendungen, etwa wenn es um atmosphärische Modellierung geht, sind Supercomputer nötig. Damit können Wissenschaftler Informationen in höchster Auflösung ableiten und Aussagen zur Entwicklung der Welt treffen. DLR und LRZ bauen die HPDA-Plattform namens Terra_Byte auf und entwickeln Software zur smarten Datenanalyse. Unsere gemeinsamen Investitionen machen sich bereits bezahlt, erste Forschungsgruppen aus dem DLR arbeiten schon mit Prototypen.

DATEN ÜBER DATEN

Seit 2014 nach und nach ins All geschossen haben die sieben Satelliten des europäischen Erdbeobachtungsprogramms Copernicus bereits mehr als 10 Petabyte Daten geliefert. 1 Petabyte entspricht in etwa dem Inhalt von rund 213.000 DVDs. Bis 2024 wird die Datenmenge der dann 16 Sentinel-Satelliten auf mehr als 40 Petabyte anschwellen. Hinzu kommen weitere Petabyte nationaler Erdbeobachtungsmissionen wie der Radarsatelliten TerraSAR-X und TANDEM-X des DLR. Damit nicht genug: Die Satellitendaten können angereichert und ergänzt werden durch Informationen zum globalen Wandel aus sozialen Netzwerken und weiteren Quellen. LRZ und DLR arbeiten daher auch an der Auswertung heterogener Daten und wollen gemeinsam auch Techniken zur Visualisierung der enormen Datenmengen entwickeln.

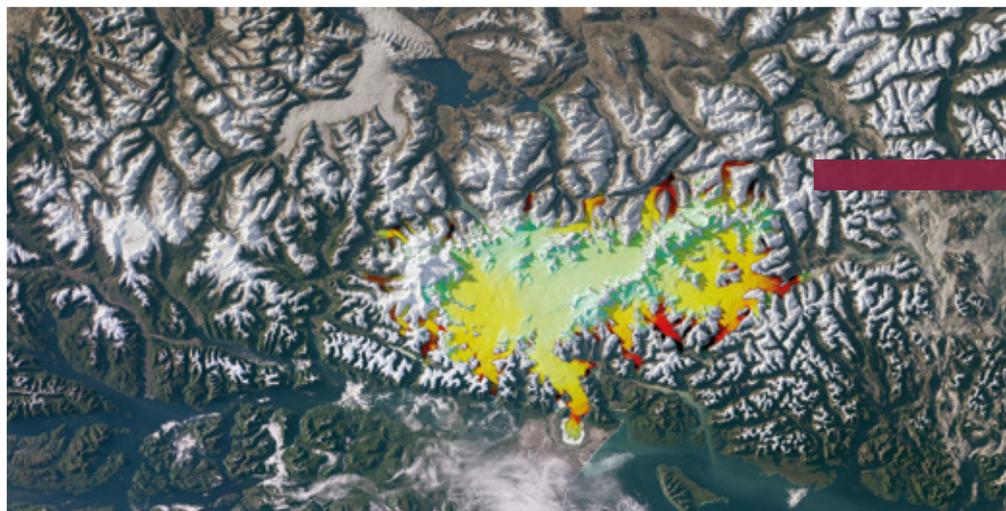
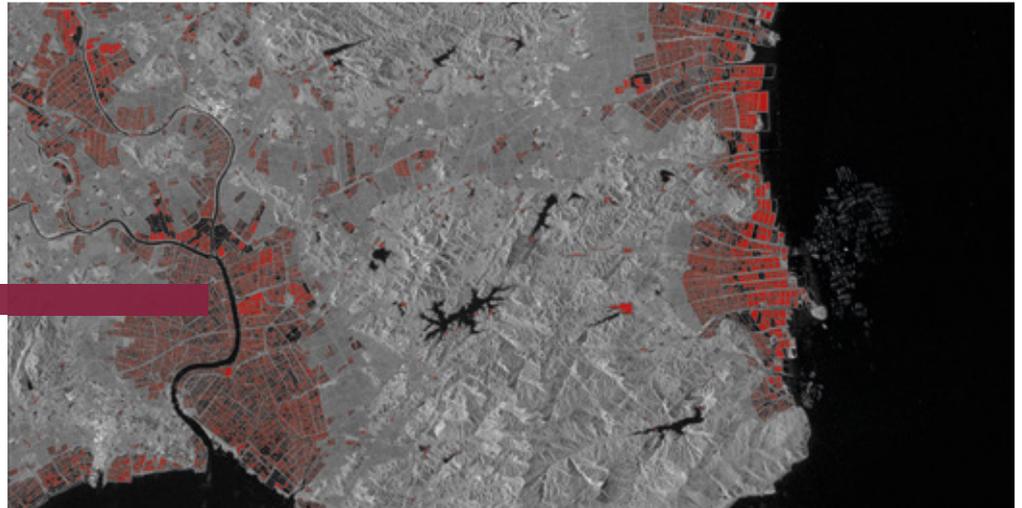


SIEDLUNGSBEZIEHUNGEN

Siedlungsmuster können weltweit über ein Netzwerk zwischen benachbarten Ortschaden analysiert werden. Zu Grunde liegen dafür die ebenfalls per Satellit kartierten Siedlungsmuster. Neben Kenngrößen zu den Ortschaden – etwa ihre Größe und Form – beschreibt es deren Zentralität in Bezug auf die Siedlungen in ihrer Umgebung. Diese Daten werden für die Infrastrukturplanung benötigt – gerade in entlegenen und gering entwickelten Regionen der Erde.

AUSBREITUNG DER AQUAKULTUR

Das Radarbild des europäischen Satelliten Sentinel-1 zeigt Aquakulturen im Pearl River Delta in China. Weltweit entwickeln sich Aquakulturen in den Küstengebieten besonders rasant. Über automatisierte Auswerteverfahren werden Aquakulturbecken kartiert, um Veränderungen des stark beanspruchten Küstenraumes kontinuierlich quantifizieren und analysieren zu können.



SCHMELZENDE EISSCHILDE

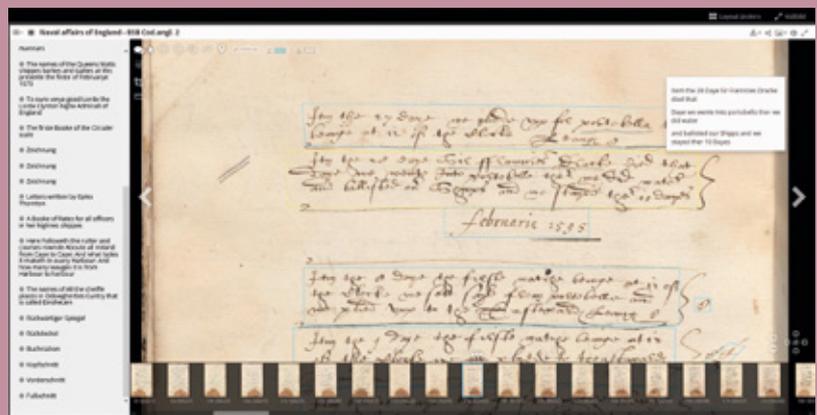
Das Campo de Hielo Norte im Norden Patagoniens ist mit 3900 Quadratkilometern das zweitgrößte verbleibende Eisfeld. Mit Hilfe von Satellitendaten kann der Massenverlust des Eisfeldes genau bestimmt werden. Der Vergleich der aktuellen TanDEM-X Höhenmessungen mit einem älteren Höhenmodell zeigt, dass einige der Gletscherzungen in diesem Zeitraum mehr als 100 Meter (rot) an Höhe verloren haben. Durchschnittlich nimmt das Eisfeld über einen Meter pro Jahr ab. Diese Messungen liefern wichtige Parameter für klimatologische Studien und geben Rückschluss auf den eisverlustbedingten Meeresspiegelanstieg.

WISSEN KATALOGISIEREN, VERBREITEN UND SPEICHERN

Hunderte virtuelle Maschinen in der Cloud und etwa ein Drittel der Speicherkapazitäten am Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) sind für die Bayerische Staatsbibliothek und weitere zehn Staatsbibliotheken eingerichtet: Damit Wissen zuverlässig bewahrt und weltweit verbreitet wird – und sich weiter mehren kann.

Etwa alle 1,5 Sekunden wird im Katalog der Bayerischen Staatsbibliothek (BSB) ein Titel online gesucht, 40 Ergebnisse gibt der Katalog pro Minute preis. Und jede Stunde leiht Bayerns erste Bibliothek knapp 340 Medien aus – viele werden weit über Bayern hinaus online und analog in alle Welt versandt.

Die 462 Jahre alte Bibliothek setzt schon seit den 1990er Jahren auf digitale Techniken, um ihren reichen Bestand – rund 34 Millionen Medien, darunter wertvollste Handschriften aus dem Mittelalter und historische Drucke – zugänglich zu machen. Seit 2007 kooperiert sie dafür mit dem Leibniz-Rechenzentrum (LRZ): „Wir betreiben eine Vielzahl von IT-Diensten und Anwendungen für die BSB“, sagt Florian Gleixner, Leiter des LRZ-Bibliotheksteams. „Das ermöglichen annähernd 700 virtuelle Maschinen sowie rund zwei Petabyte Speicherplatz.“ Nebenbei berät das LRZ die Bibliothek, empfiehlt Services, Geräte, Software. „Wir müssen uns nicht um Themen wie Datensicherheit oder Langzeitspeicherung kümmern, aber gerade diese Backup-Leistungen sind erfolgskritisch für uns“, sagt Dr. Klaus Ceynowa, Generaldirektor der BSB.



INTERVIEW

„CONTENT IN KONTEXT ZU STELLEN“

Seit über 20 Jahren scannt die Bayerische Staatsbibliothek (BSB) Handschriften, Bücher, Kunst. Das verändert die Wissenschaft, berichtet BSB-Generaldirektor Dr. Klaus Ceynowa.

Zum Bestand der BSB gehören 2,5 Millionen digitalisierte Bücher. Welche sind das?

Dr. Klaus Ceynowa: Die Stabi gehört weltweit zu den vier Bibliotheken mit den größten Beständen an wertvollsten Handschriften, Inkunabeln und historischen Drucken. Schon 1997 initiierten wir das Münchner Digitalisierungszentrum und scannen seither konservatorisch anspruchsvolles Bibliotheksgut. Das Gros der Digitalisate, 1,3 Millionen mit im Schnitt 300 Seiten, machen urheberrechtsfreie Bücher aus dem 17. bis 20. Jahrhundert aus.

Was geschieht mit der Fotosammlung des „Stern“ vom Gruner & Jahr-Verlag?

Ceynowa: Als größte geschichtswissenschaftliche Bibliothek in Deutschland ist für uns die zeitdokumentarische Fotografie sehr interessant. Diese Schenkung von rund 17 Millionen Fotos, Negativen, Dias ist ein Glücksfall für uns, wir werden sie schrittweise digitalisieren.

Digitalisieren Sie Dreidimensionales?

Ceynowa: Wir halten sehr seltene Globen, Schriftstäbchen und ägyptische Scherben mit Beschriftung vor, auch die oft geschnitzten, mit Edelmetallen und Juwelen besetzten Relief-Einbände von Handschriften brauchen Sonderbehandlung. Die BSB organisiert zudem Bavarikon, das Online-Kulturportal bayerischer Kunstschatze. Dafür unterstützen wir jetzt 142 Partner in ganz Bayern.

Wie digital ist die BSB und wie wirkt hier die Digitalisierung?

Ceynowa: Aus einer Bibliothek werden gerade zwei, eine analoge und eine digitale. Das gedruckte Buch existiert neben dem elektronischen weiter. Natürlich sind alle Werke elektronisch katalogisiert, mit Metadaten versehen und können so elektronisch genutzt werden. Trotzdem schätzen Wissenschaftler die Präsenzbibliothek, wo sie neben Literatur einen Ort des Austausches finden. Unsere Aufgabe ist, Content in Kontext zu stellen. Dazu entwickeln wir mit der Stanford University Library Software und Technologie, um virtuelle Forschungsumgebungen zu schaffen. Fest steht – wir werden auch in Zukunft einen zuverlässigen Technologie-Partner brauchen, eben das LRZ.

GEWINNBRINGENDE ARBEITSTEILUNG

Rund 2,5 Millionen urheberrechtsfreie Werke, zudem Zeitschriften und Zeitungen hat die BSB bereits eingescannt. Nutzer können online etwa im Logbuch von Sir Francis Drake blättern, in dem er 1595 seine letzte Kaperfahrt zu den Westindischen Inseln beschrieb. Das International Image Interoperability Framework (IIIF), ein Standard für den Online-Zugriff, ermöglicht dabei Markierungen, das Ergänzen von Transkriptionen unleserlicher Passagen und gemeinsame Anmerkungen.

Daneben ist die BSB Heimat der Verbundzentrale des Bibliotheksverbund Bayern – ein Zusammenschluss von mehr als 200 wissenschaftlichen Bibliotheken. Für diesen stellt sie Bibliothekssysteme und Programme bereit. „Ein gemeinsam verwalteter Online-Katalog erspart Arbeit, weil nicht mehr jede Bibliothek Medien erfassen muss“, erklärt Robert Scheuerl, Informatiker, der die Verbundzentrale kommissarisch leitet. „Die Bibliotheken konzentrieren sich auf ihre Arbeit und müssen sich kaum noch um Technik kümmern.“ Auftretende technische Probleme der BVB-Plattformen behebt dabei das LRZ, auf Fach- und Anwendungsfragen antwortet die BSB. „Das LRZ“, so Scheuerl, „verfügt über weit mehr und innovativere Technik als wir sie in einem eigenen Rechenzentrum vorhalten könnten.“



Medienbestand: 33,9 Mio

Datenvolumen digitale Objekte:

957 Terabyte

Digitalisierte Titel: 2,5 Mio

Downloads/Jahr: 2,26 Mio

1,485.746 E-Books, 23.788 E-ZS,

640 Datenbanken

78.000 Nutzer:innen

130.000 Neuanschaffungen/Jahr

1,173.121 Mio Entleihungen

116.000 Anfragen/Hilfe

8.177.816 Mio Zugriffe auf

Online-Katalog

808 Mitarbeitende

346 Öffnungstage



08

ZAHLEN UND FAKTEN

Benutzernahe Dienste	102
Hoch-und Höchstleistungsrechnen	104
Münchner Wissenschaftsnetz	106
Datenspeicher	110
Stromverbrauch	112
Gesamtübersicht Kurse Supercomputing	112
Publikationen	115

BENUTZERNAHE DIENSTE

VERGABE KENNUNGEN AUF LRZ-PLATTFORMEN

Einrichtung	Kennungen insgesamt	VPN/WLAN	Exchange	Mail
Leibniz-Rechenzentrum	2158	693	918	129
Bayer. Akademie der Wissenschaften	1055	660	709	117
LMU München – im LRZ-IDM-Portal verwaltet	11974	9166	2038	8052
LMU München – von der LMU importiert	94417	93962	1706	78157
TU München – im LRZ-IDM-Portal verwaltet	7806	5575		3081
TU München – von der TUM importiert	74109	72533	48928	
TU München – von der TUM importiert (Alumni)	113290			
Hochschule München – im LRZ-IDM-Portal verwaltet	481	364		296
Hochschule München – von der HM importiert	26235		26189	
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf – im LRZ-IDM-Portal verwaltet	53	40		11
Hochschule Weihenstephan-Triesdorf – von der HSWT importiert	7914	7669	7873	
Hochschule Landshut – im LRZ-IDM-Portal verwaltet	15	7		6
Hochschule Landshut – von der HS Landshut importiert	6553		6553	
Hochschule Ansbach – im LRZ-IDM-Portal verwaltet	0			
Hochschule Ansbach – von der HS Ansbach importiert	4288		4288	
Akademie der Bildenden Künste – im LRZ-IDM-Portal verwaltet	279	213	54	
Akademie der Bildenden Künste – von der AdBK importiert	831	831		831
Hochschule für Musik und Theater	2868	2783		1663
Hochschule für Fernsehen und Film	567	563		377
Katholische Stiftungshochschule	488	247	482	
andere bayerische Hochschulen	410	305		93
Öffentlich-rechtliche Einrichtungen	3715	2074	398	2024
Sonstige Einrichtungen/Studierende	461	443		417
Nutzer des SuperMUC und SuperMUC-NG	6882	170		18
Gesamt	366849	198298	100136	95272

ANGENOMMENE UND ABGEWIESENE E-MAILS

Behandlung eingehender E-Mails	Anzahl pro Tag	Anteil in Prozent
Von den Post- & Mailrelays abgewiesene Mails		
aufgrund allg. Abwehrmechanismen	1.383.681	86,43 %
als Spammails erkannt	6.825	0,43 %
als Virenmails erkannt	342	0,02 %
Von den Post- & Mailrelays angenommene Mails		
„gute“ E-Mails	204.409	12,77 %
als mögliche Spammails markiert	5.680	0,35 %
Gesamt	1.600.936	100 %

Sync+ Share	Cloud Storage	Backup u. Archiv	GitLab	Linux-Cluster	NeSSI (NV-Portal)	WebDNS	Webserver	Persönliche Homepage
353	1045	113	553	463	32	77	119	96
402	628	100	122	22	8	8	31	39
63	3891	704	119	757	105	46	124	368
87850	87072	282	88016	858	58	17		19
		1313	104	2048	251	30	660	121
74025	74025		74025		241	207		
	6	9	71	61	2	3	11	69
25398	25398		25398		2			
		9		1	8	1	10	1
7646			7629		1			
	1	2					1	1
134	188	3			1			15
1837	2646	2	2		3		19	22
		3			2	2	4	3
					1	1	3	7
		17	1	296		8		5
140	824	91	116	50	38	21	47	41
	2			14	2			1
98	53	78	77	420	1			
197946	195779	2726	196233	4990	756	421	1029	808

ÜBERSICHT HOCH- UND HÖCHSTLEISTUNGS- SYSTEME

System Name	Architecture			Total Numbers		Access	
	CPU	Cores per Node	RAM per Node [GB]	Nodes	Cores	Queues/Partitions	Login Node
SuperMUC-NG Thin Nodes	Intel Xeon ("Skylake")	48	96	6336	304,128	micro, general, large	skx.supermuc.lrz.de
SuperMUC-NG Fat Nodes	Intel Xeon ("Skylake")	48	768	144	8912	fat	skx.supermuc.lrz.de
SuperMUC-NG Cloud "Compute"	Intel Xeon ("Skylake")	48	96	32	1536		cc.lrz.de Self-Service VMs with custom operating system
SuperMUC-NG Cloud "GPU"	Intel Xeon ("Skylake") + 2x Nvidia V100	48	96	32	1536		cc.lrz.de Self-Service VMs with custom operating system
SuperMUC-NG Cloud "HugeMem"	Intel Xeon ("Skylake")	192	6144	1	192		cc.lrz.de Self-Service VMs with custom operating system
Linux Cluster CoolMUC-2	Intel Xeon E5-2690 v3 ("Haswell")	28	64	812	22736	cm2, serial, inter	lxlogin[1-4].lrz.de
Linux Cluster CoolMUC-3	Intel Xeon Phi (Knights Landing)	64	96	148	9472	mpp3	lxlogin8.lrz.de
Linux Cluster IvyMUC	Intel Xeon E5-2650 ("Ivy Bridge")	16	64	31	496	ivymuc	lxlogin10.lrz.de
Linux Cluster Teramem	Intel Xeon E7-8890 v4 ("Broadwell")	96	6144	1	96	inter	lxlogin[1-4].lrz.de
Machine Learning Systems DGX-1 and DGX-1v (GPU)	Nvidia Pascal P100 or V100	8	128	2	n.a.		contact servicedesk, data lab.srv.lrz.de
GPU Cloud	Nvidia Pascal P100	1	128	4	n.a.		contact servicedesk, data lab.srv.lrz.de
LRZ Compute Cloud	Intel Xeon Gold 6148 ("Skylake")	40	192	85	3400		cc.lrz.de Self-Service VMs with custom operating system
LRZ Compute Cloud (GPU)	Intel Xeon Gold 6148 („Skylake“) + Nvidia Pascal P100	2	768	32	1280		cc.lrz.de Self-Service VMs with custom operating system
LRZ Virtual Machines	Intel Xeon E5-2660 v2 ("Sandy Bridge")	1-8	1-32	90	1800	Managed Hosting	http://www.lrz.de/services/serverbetrieb/

Quelle: <https://toku.lrz.de/display/PUBLIC/Access+and+Overview+of+HPC+Systems>

STATISTIKEN NUTZUNG LINUX-CLUSTER

Institution	Core-h	Anteil (%)	Jobs	Anteil (%)
LRZ und Bayerische Akademie der Wissenschaften	3,537,886	2.0	19427	0.2
Bayerische Hochschulen, soweit nicht gesondert erfasst	29,755,359	17.2	36321	0.3
Hochschule Regensburg	203,334	0.1	469	0.0
Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt	132,157	0.1	1788	0.0
Universität Augsburg	962,900	0.6	5545	0.1
Universität Bamberg	763,181	0.4	2332	0.0
Universität Bayreuth	24,471,263	14.1	3428	0.0
Universität Erlangen	1,326,105	0.8	627	0.0
Universität Regensburg	452,940	0.3	17081	0.2
Universität Würzburg	1,443,479	0.8	5051	0.0
Hochschule München	9,951,773	5.7	4793	0.0
Angewandte Naturw. und Mechatronik	9,874,922	5.7	4698	0.0
Maschinenbau, Fahrzeug- und Flugzeugtechnik	76,851	0.0	95	0.0
Ludwig-Maximilians-Universität München	32,197,551	18.5	3863028	35.4
Betriebswirtschaft	35,938	0.0	11815	0.1
Biologie	2,224,842	1.3	108135	1.0
Chemie und Pharmazie	13,129,549	7.6	350427	3.2
Geowissenschaften	1,106,029	0.6	4818	0.0
Mathematik, Informatik und Statistik	2,406,881	1.4	1817365	16.7
Medizin	1,323,888	0.8	238086	2.2
Psychologie und Pädagogik	11,782,567	6.8	1208071	11.1
Sprach- und Literaturwissenschaften	62,243	0.0	124134	1.1
Department of Economics	71,577	0.0	67	0.0
Zentrale Einrichtungen und Verwaltung	54,037	0.0	110	0.0
Technische Universität München	75,617,170	43.8	2077365	19.0
Chemie	24,059,908	13.9	973726	8.9
Elektrotechnik und Informationstechnik	1,556,198	0.9	2776	0.0
Informatik	3,640,157	2.1	195345	1.8
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt (BGU)	4,265,230	2.5	602251	5.5
Maschinenwesen	33,515,636	19.4	46303	0.4
Mathematik	2,187,416	1.3	61872	0.6
Medizin	436,602	0.3	7081	0.1
Physik	4,312,489	2.5	103592	1.0
TUM School of Education	29,185	0.0	72	0.0
Wirtschaftswissenschaften	81,365	0.0	348	0.0
Wissenschaftszentrum Weihenstephan für	983,215	0.6	79032	0.7
Zentrale Einrichtungen und Verwaltung	549,769	0.3	4967	0.0
Bayerische Staatsbibliothek Digitalisierung	446,938	0.3	2279995	20.9
Large Hederon Collider Grid (LCG)	21,182,221	12.2	2616309	24.0
Sonstige	375,434	0.2	369	0.0
Gesamt	173,064,332	100.0	10897607	100.0

MÜNCHNER WISSENSCHAFTSNETZ

ANZAHL DER IM MWN EINGESETZTEN SWITCHES UND PORTS

Jahr	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Switches	1.950	1.858	1.528	1.564	1.507	1.469	1.406	1.310	1.247	1.126
Ports	125.085	119.367	112.137	111.046	104.576	100.557	97.000	88.777	85.161	66.856

ROUTER-PORTS

Anzahl	Hersteller/Typ	Einsatz	Aktive Ports 100GE	Aktive Ports 40GE	Aktive Ports 10GE	Aktive Ports 1GE	Aktive Ports FE
10	Cisco Nexus 7010	Backbone-Router	14	46	206	180	0
2	Cisco Nexus 7010	RZ-Router	0	0	167	0	0
2	Cisco Nexus 7710	RZ-Router	12	24	88	0	0
1	Cisco ASR1001-X	Anbindung Straubing	0	0	0	2	0
2	Cisco ASR1001-X	Anbindung Triesdorf	0	0	2	4	0
2	Cisco ASR1001-X	Tunnel-Router	0	0	0	4	0
2	Cisco 2911	Anbindung FFB	0	0	0	2	2
44	Cisco 1921	Standortanbindung	0	0	0	63	25
10	Cisco ISR1100	Standortanbindung	0	0	0	20	0
16	Cisco Nexus 9364C	RZ-Leaf+Spine	281	116	0	0	0
10	Cisco Nexus 9336CFX2	RZ-Leaf+Spine	40	0	28	0	0
2	F5 BigIP i5800	Server Load Balancer	0	0	4	0	0
103	Router gesamt		347	186	495	275	27

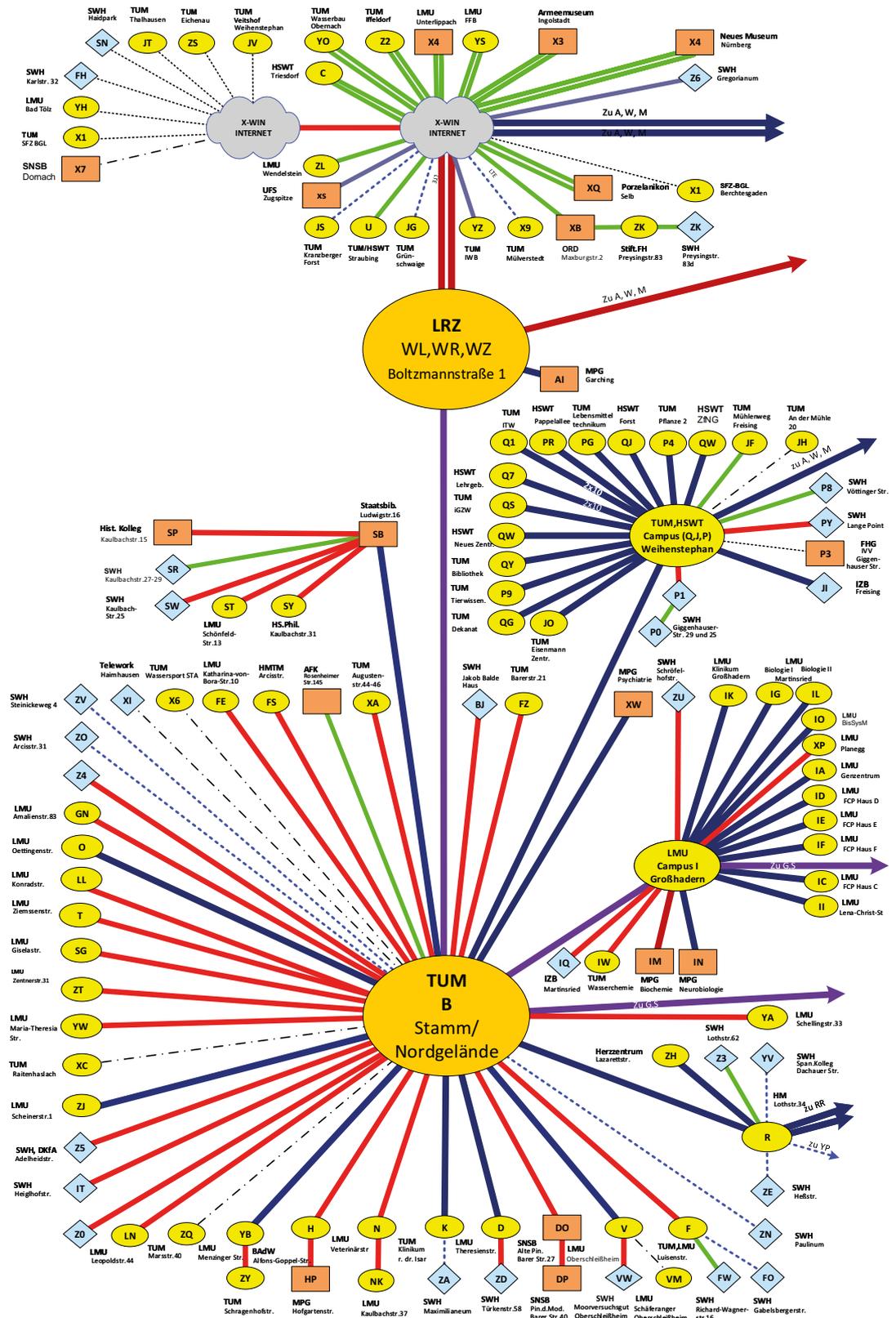
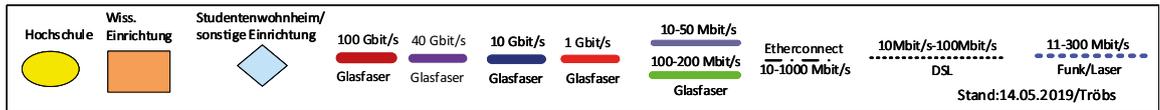
WLAN KOMPONENTEN

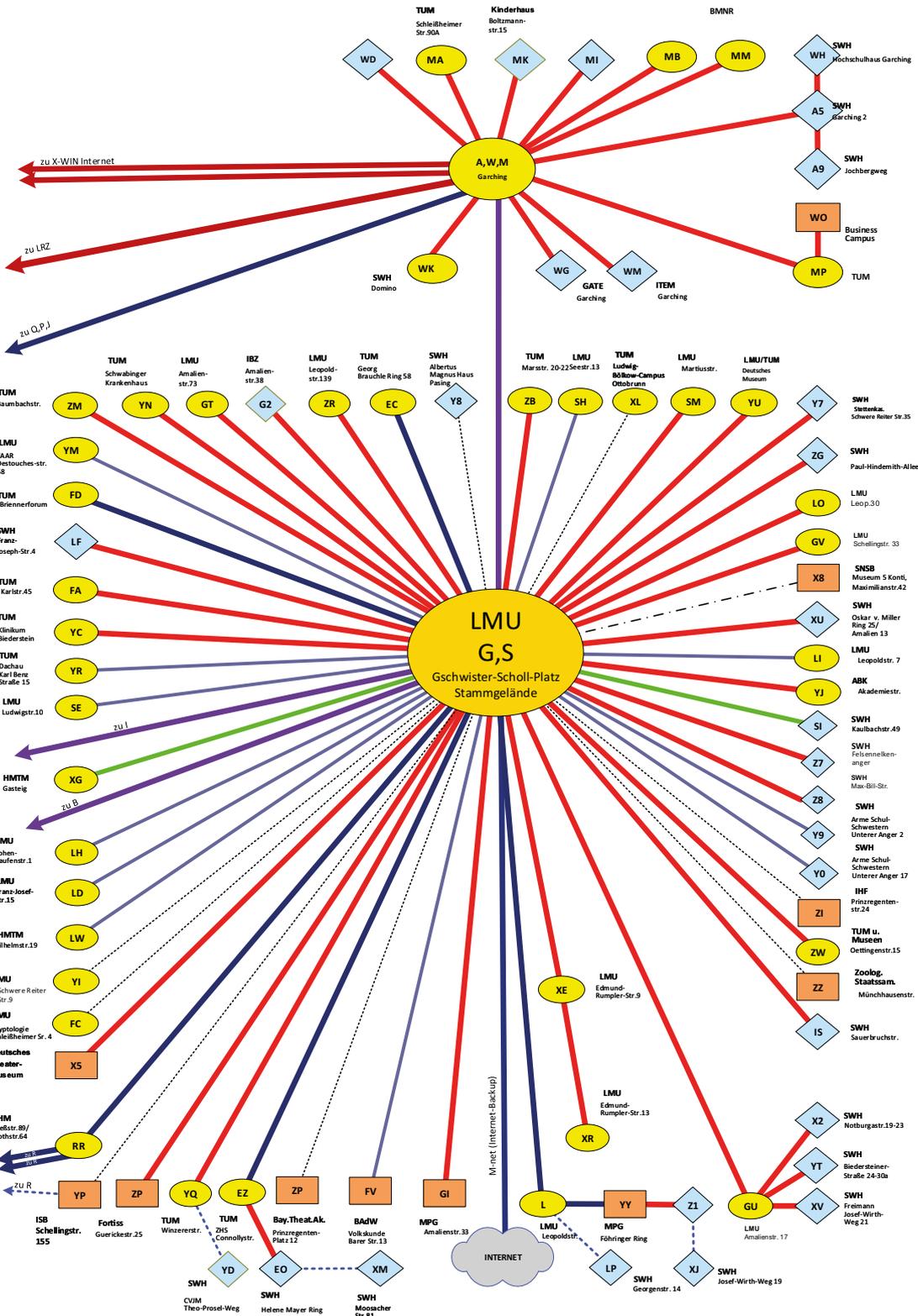
Anzahl	Hersteller/Typ	Verwendung	Standards	Radios
1.339	Alcatel-Lucent AP-135	Access Point	802.11a/g/n	2
11	Alcatel-Lucent AP-134	Access Point	802.11 a/g/n	2
198	Alcatel-Lucent AP-215	Access Point	802.11ac/a/g/n	2
7	Alcatel-Lucent AP-214	Access Point	802.11ac/a/g/n	2
2.534	Alcatel-Lucent AP-325	Access Point	802.11ac w2/a/g/n	2
22	Alcatel-Lucent AP-324	Access Point	802.11ac w2/a/g/n	2
33	Alcatel-Lucent AP-275	Access Point outdoor	802.11ac/a/g/n	2
86	Alcatel-Lucent AP-365	Access Point outdoor	802.11ac w2/a/g/n	2
343	Alcatel-Lucent AP-303h	Access Point	802.11ac w2/a/g/n	2
26	Alcatel-Lucent RAP3WNP	Remote Access Point	802.11ac/a/g/n	1
11	Alcatel-Lucent OAW-4650EU	Controller		
13	HP MSM 310	Access Point	802.11b/g	1
6	HP MSM 320	Access Point	802.11a/b/g	2
36	HP MSM 422	Access Point	802.11a/g/n	2
57	HP MSM 460	Access Point	802.11a/g/n	2
2	HP MSM 466	Access Point	802.11a/g/n	2
2	Cisco 2911	Anbindung FFB	0	0
4.724	WLAN gesamt			

ÜBERSICHT DER WICHTIGSTEN DOMAINS IM MWN

Zone	Delegierte Zonen	Sub-domains	A-Records	AAAA-Records	Aliase	MX-Records	Mail-domains	WWW-Records
uni-muenchen.de	414	2919	37167	3453	6640	2854	1392	2427
lmu.de	160	1731	5841	1878	3081	2459	1215	1861
tu-muenchen.de	145	2778	15918	4559	2430	7863	7586	214
tum.de	479	5418	27367	5220	5450	10355	10011	2015
fh-muenchen.de	49	74	3055	0	167	443	207	29
hm.edu	80	588	15306	0	401	275	111	106
fh-weihenstephan.de	2	1	0	0	6	1	1	4
hswt.de	0	59	201	0	100	5	3	10
badw-muenchen.de	23	55	21	0	24	73	36	43
badw.de	42	123	150	20	171	91	45	227
lrz-muenchen.de	1	5	5	0	25	16	8	4
lrz.de	116	771	35606	9341	1386	62	27	32
mhn.de	63	1861	13787	122	783	37310	12442	134
mwn.de	43	241	210190	469	343	34	18	105
Gesamt	1617	16624	364614	25062	21007	61841	33102	7211

STANDORTE UND VERBINDUNGEN MWN





DATENSPEICHER

BRUTTOKAPAZITÄTEN PLATTENSPEICHER

Die Tabelle gibt, differenziert nach Speicherarchitektur, einen Überblick über die Bruttokapazität der Plattenspeichersysteme des LRZ Ende 2019 und deren primäre Verwendung. Die HPC-Speichersysteme des SuperMUC sind nicht enthalten. Die tatsächliche Nutzspeicherkapazität ist um ein Viertel bis ein Drittel geringer, je nachdem wie redundant das System konfiguriert ist (RAID, Checksummen, Hotspare).

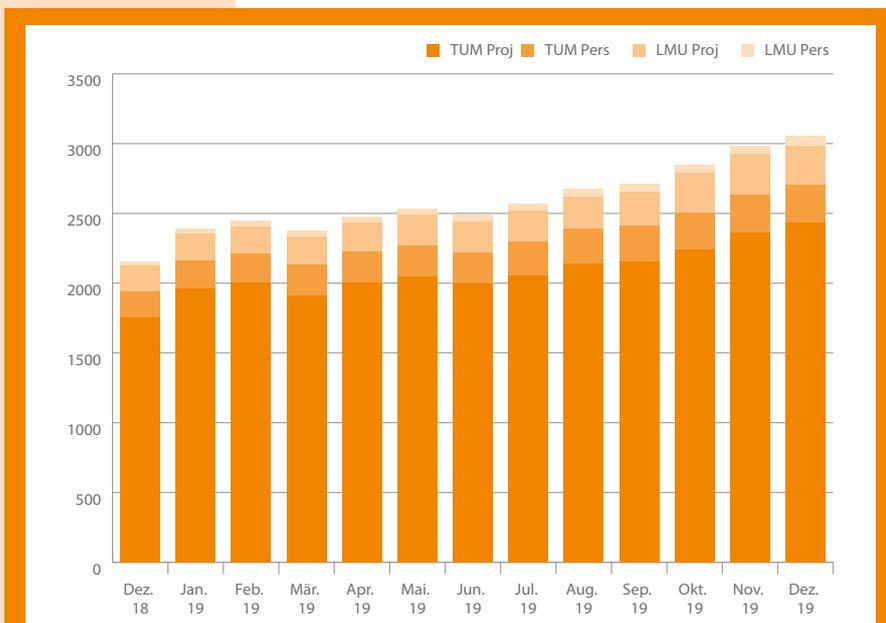
Modell	Anwendung	Kapazität
4 x NetApp FAS 6280 2 x NetApp FAS 9000	Speicher für MWN Cloud Storage, Sync+Share, NFS-Dateidienste, Linux-Mailsysteme	3.400 TB
4 x NetApp FAS 6280	Replikationssystem für MWN Cloud Storage, Sync+Share, NFS-Dateidienste, Linux-Mailsysteme	2.600 TB
4 x NetApp FAS 6290	Speicher für VMWare (inkl. Replikation)	670 TB
2 x NetApp FAS 8200	Speicher für LZA-Projekte der BSB	1.500 TB
2 x NetApp FAS 6280	Replikation für LZA-Projekte der BSB	800 TB
12 x NetApp FAS 6280	Projektspeicherplatz für SuperMUC	5.000 TB
4 x NetApp FAS 6280	Replikation Projektspeicherplatz für SuperMUC und VMware	4.100 TB
2 x NetApp FAS 8200	Metrocluster für Hochschulstart.de	130 TB
1 x NetApp FAS 2650	Replikation für Hochschulstart.de	50 TB
1 x DDN SFA12KX GridScaler (GPFS)	LRZ Data Science Storage	2.300 TB
1 x DDN SFA7700X Storage System	TUM Data Science Storage	1.500 TB
1 x DDN SFA12KX GridScaler (GPFS)	TSM Disk Cache + Backup to Disk	5.600 TB
2 x NetApp EF560 AllFlash	DB für Archiv- und Backupsystem	150 TB
Gesamt		27.800 TB

KAPAZITÄTEN DER NEARLINE-SPEICHER

Unter Nearline-Systemen versteht man Speicher, die nicht in direktem Zugriff sind. Der Datenträger (in der Regel Magnetband oder Kassette) muss erst in ein Laufwerk geladen werden. Tabelle 2 gibt die Mindestkapazitäten differenziert nach Typ des Datenträgers an. Durch die Hardwarekomprimierung der Bandlaufwerke wird in der Praxis eine deutlich höhere Speicherbelegung erreicht, als in der Tabelle angegeben.

Verbund	Library	Anzahl	Laufwerke	TB pro Cart.	Bänder	Kapazität in PB
DRABS	IBM TS3500	7	LTO-5	1,5	9.842	14,76
		8	LTO-6	2,5	7.264	18,16
HABS	Oracle SL8500	38	LTO-7	6,0	7.200	43,20
	IBM TS3500	15	LTO-5	1,5	4.879	7,31
		10	LTO-6	2,5	5.268	13,17
	Oracle SL8500	40	LTO-7	6,0	7.922	47,53
Gesamt		118			42.375	144,13

BELEGTER SPEICHER IM MWN CLOUD STORAGE



STROMVERBRAUCH

STROMVERBRAUCH 2018

2019

6.454 kW Lastspitze (15 min Intervall)

40.867 MWh Verbrauch insgesamt

GESAMTÜBERSICHT KURSE SUPERCOMPUTING

SCHULUNGEN UND VERANSTALTUNGEN 2019

Start	Ende	Kurse, Workshops und Konferenzen	Veranstalter	Ort	Sprache	Tage	Art	Teilnehmer
14.01.19	18.01.19	CFD mit OpenFOAM	LRZ	Garching	English	5	GCS-Kurs	32
28.01.19	29.01.19	PRACE Course: Introduction to hybrid programming in HPC	LRZ	Garching	English	2	PRACE-Kurs	30
11.02.19	15.02.19	C++ for Beginners @ RRZE	RRZE	Erlangen	English	5	GCS-Kurs	28
20.02.19	21.02.19	PRACE Course: Node-Level Performance Engineering	LRZ	Garching	English	2	PRACE-Kurs	32
25.02.19	01.03.19	Parallel Programming of High Performance Systems	LRZ	Garching	English	5	GCS-Kurs	27
27.02.19	27.02.19	Workshop – ANSYS Technology Day @ LRZ	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	25
06.03.19	08.03.19	Programming with Fortran	LRZ	Garching	English	3	GCS-Kurs	29
11.03.19	11.03.19	Parallel computing with MATLAB	LRZ	Garching	English	0.5	GCS-Kurs	16
14.03.19	14.03.19	NVIDIA DLI Course: Fundamentals of Accelerated Computing with OpenACC	LRZ	Garching	English	1	DLI-Kurs	15

Start	Ende	Kurse, Workshops und Konferenzen	Veranstalter	Ort	Sprache	Tage	Art	Teilnehmer
15.03.19	15.03.19	NVIDIA DLI Course: Fundamentals of Deep Learning for Multiple Data Types	LRZ	Garching	English	1	DLI-Kurs	29
18.03.19	21.03.19	PRACE Course: Advanced Topics in High Performance Computing	LRZ	Garching	English	4	PRACE-Kurs	14
27.02.19	29.03.19	Deep Learning and GPU programming using OpenACC @ VSC Vienna	VSC	Wien	English	3	DLI-Kurs	40
04.04.19	04.04.19	Introduction to Semantic Patching of C programs with Coccinelle	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	10
08.04.19	12.04.19	Introduction to ANSYS Fluid Dynamics (CFX, Fluent) on LRZ HPC Systems	LRZ	Garching	English	5	GCS-Kurs	19
09.04.19	09.04.19	Introduction to the LRZ Supercomputing & Machine Learning Infrastructure	LRZ	Garching	English	1	TUM-Kurs	56
10.04.19	10.04.19	Using R at LRZ	LRZ	Garching	English	1	TUM-Kurs	25
11.04.19	11.04.19	Intel Artificial Intelligence Workshop	LRZ	Garching	English	1	TUM-Kurs	46
12.04.19	12.04.19	Using Python at LRZ	LRZ	Garching	English	1	TUM-Kurs	52
20.05.19	22.05.19	PRACE Workshop: HPC code optimisation workshop	LRZ	Garching	English	3	PRACE-Kurs	24
21.05.19	21.05.19	Introduction to Intel FPGA Programming Models	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	24
03.06.19	06.06.19	PRACE Course: Deep Learning and GPU programming workshop	LRZ	Garching	English	4	PRACE/DLI-Kurs	56
12.06.19	14.06.19	Advanced C++ with Focus on Software Engineering	LRZ	Garching	English	3	GCS-Kurs	29
02.07.19	02.07.19	LRZ Introduction to Linux Cluster and Compute Cloud	LRZ	Garching	English	1	LRZ-Kurs	9
15.07.19	17.07.19	Deep Learning and GPU programming using OpenACC @ HLRS Stuttgart	HLRS	Stuttgart	English	3	DLI-Kurs	70
02.09.19	06.09.19	Introduction to ANSYS Fluid Dynamics (CFX, Fluent) on LRZ HPC Systems	LRZ	Garching	English	5	GCS-Kurs	15
09.09.19	13.09.19	PRACE Course: Advanced Fortran Topics	LRZ	Garching	English	5	PRACE-Kurs	7
16.09.19	20.09.19	Compact Course: Iterative Linear Solvers and Parallelization	LRZ	Garching	German	5	GCS-Kurs	13
07.10.19	07.10.19	Introduction to GNU/Linux and the Shell	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	45
07.10.19	07.10.19	Introduction to Working on Remote Systems with SSH	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	41
08.10.19	08.10.19	Introduction to the LRZ HPC Infrastructure	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	43
08.10.19	08.10.19	Introduction to the LRZ Compute Cloud	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	28
08.10.19	08.10.19	Introduction to Semantic Patching of C programs with Coccinelle	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	7
09.10.19	09.10.19	Using Python at LRZ	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	32
09.10.19	09.10.19	Using R at LRZ	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	28

SCHULUNGEN UND VERANSTALTUNGEN 2019

Start	Ende	Kurse, Workshops und Konferenzen	Veranstalter	Ort	Sprache	Tage	Art	Teilnehmer
10.10.19	10.10.19	Intel® Artificial Intelligence Workshop: Enhance Machine Learning Performance with Intel® Software Tools	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	33
10.10.19	10.10.19	Intel® Artificial Intelligence Workshop: Deep Learning at Scale using Distributed Frameworks	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	33
11.10.19	11.10.19	Advanced HPC Cluster Usage with R	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	24
11.10.19	11.10.19	Machine Learning with R at LRZ	LRZ	Garching	English	0.5	TUM-Kurs	28
15.10.19	15.10.19	Intel® Artificial Intelligence Workshop: AI From the Data Center to the Edge	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	24
22.10.19	22.10.19	Using LRZ Linux Cluster and Compute Cloud Hands-on	LRZ	Garching	English	0.5	LRZ-Kurs	7
24.10.19	24.10.19	Performance Portability Programming with Kokkos	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	17
20.11.19	22.11.19	Advanced C++ with Focus on Software Engineering	LRZ	Garching	English	3	GCS-Kurs	28
25.11.19	29.11.19	C++ Language for Beginners	LRZ	Garching	English	5	GCS-Kurs	26
03.12.19	04.12.19	PRACE Course: Node-Level Performance Engineering	LRZ	Garching	English	2	PRACE-Kurs	15
03.12.19	03.12.19	Python for Beginners	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	28
04.12.19	04.12.19	Molecular Modeling with Schrödinger-Suite Workshop @ LRZ	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	18
05.12.19	05.12.19	Materials Workshop @ LRZ	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	8
16.12.19	16.12.19	Cirq Bootcamp @ LRZ	LRZ	Garching	English	1	GCS-Kurs	40
Gesamt		48				89		1325



TUM-Kurse: in Kooperation mit TUM Data Innovation Lab, aber offen für alle !

PUBLIKATIONEN

19

ARTIKEL

Cielo, S., Iapichino, L., & Baruffa, F. (2019). Speeding simulation analysis up with yt and Intel Distribution for Python. *Intel Parallel Universe*, 38, 27-32. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2019arXiv191007855C>

Dogaru, D., Mauser, W., Balteanu, D., Krimly, T., Lippert, C., Sima, M., Szolgay, J., Kohnova, S., Hanel, M., Nikolova, M., Szalai, S., Frank, A. (11 2019). Irrigation Water Use in the Danube Basin: Facts, Governance and Approach to Sustainability. *Journal of Environmental Geography*, 12, 1-12. doi:10.2478/jengeo-2019-0007

Durillo Barrionuevo, Juan , Gschwandtner, P., Kofler, K. and Fahringer, T. (2019): Multi-Objective region-Aware optimization of parallel programs. *Parallel Computing*, 83, 3-21. <https://doi.org/10.1016/j.par-co.2018.03.010>

García-Hernández, R. J., Miyagi, H., & Kranzlmüller, D. (2019). Virtual reality application case illustrations: usability in tourism. *Asian Journal of Information and Communications*, 11, 46-58.

García-Hernández, R. J., & Kranzlmüller, D. (2019). NOMAD VR: multiplatform virtual reality viewer for chemistry simulations. *Computer Physics Communications*, 237C, 230-237. doi:10.1016/j.cpc.2018.11.013

Gebler, S., Kurtz, W., Pauwels, V. R., Kollet, S. J., Vereecken, H., & Hendricks Franssen, H.-J. (2019). Assimilation of High-Resolution Soil Moisture Data Into an Integrated Terrestrial Model for a Small-Scale Head-Water Catchment. *Water Resources Research*, 55, 10358-10385. doi:10.1029/2018WR024658

Giemsa, E., Jacobeit, J., Ries, L., & Hachinger, S. (7 2019). Investigating regional source and sink patterns of Alpine CO₂ and CH₄ concentrations based on a back trajectory receptor model. *Environmental Sciences Europe*, 31, 49. doi:10.1186/s12302-019-0233-x

Hirt, C., Yang, M., Kuhn, M., Bucha, B., Kurzmann, A., & Pail, R. (2019). SRTM2gravity: An ultrahigh resolution global model of gravimetric terrain corrections. *Geophysical Research Letters*, 46, 4618-4627. doi:10.1029/2019GL082521

Iapichino, L. (2019). I supercomputer: strumenti indispensabili per la scienza moderna. *Le Stelle*, 189, 65. http://www.astronomianews.it/index.php?p=le_stelle&num=189

Jancauskas, V., Piontek, T., Kopta, P., & Bosak, B. (2019). Predicting queue wait time probabilities for multi-scale computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 377, 20180151. doi:10.1098/rsta.2018.0151

John, R. S., Paul, S., Iapichino, L., Mannheim, K., & Kumar, H. (2019). Manufacturing cosmic rays in the evolving dynamical states of galaxy clusters. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 488, 1301-1319. doi:10.1093/mnras/stz1785

PUBLIKATIONEN

ARTIKEL

Kunkel, J. M., Shoukourian, H., Heidari, M. R., & Wilde, T. (2019). Interference of billing and scheduling strategies for energy and cost savings in modern data centers. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 23, 49-66. doi:10.1016/j.suscom.2019.04.003

Leduc, M., Mailhot, A., Frigon, A., Martel, J.-L., Ludwig, R., Brietzke, G. B., Giguère, M., Brissette, F., Turcotte, R., Braun, M., Scinocca, J. (2019). The ClimEx Project: A 50-Member Ensemble of Climate Change Projections at 12-km Resolution over Europe and Northeastern North America with the Canadian Regional Climate Model (CRCM5). *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 58, 663-693. doi:10.1175/JAMC-D-18-0021.1

Mittermeier, M., Braun, M., Hofstätter, M., Wang, Y., & Ludwig, R. (2019). Detecting Climate Change Effects on Vb Cyclones in a 50-Member Single-Model Ensemble Using Machine Learning. *Geophysical Research Letters*, 46, 14653-14661. doi:10.1029/2019GL084969

Naz, B. S., Kurtz, W., Montzka, C., Sharples, W., Goergen, K., Keune, J., Gao, H., Springer, A., Kollet, S. (2019). Improving soil moisture and runoff simulations at 3 km over Europe using land surface data assimilation. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23, 277-301. doi:10.5194/hess-23-277-2019

Santiago, A., Dorronsoro, B., Nebro, A.J., Durillo Barrionuevo, Juan, Castillo, O. and Fraire, H.J. (2019): A novel multi-objective evolutionary algorithm with fuzzy logic based adaptive selection of operators: FAME. *Information Sciences*, 471, 233-251. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.09.005>

Springer, A., Karegar, M. A., Kusche, J., Keune, J., Kurtz, W., & Kollet, S. (01. 10 2019). Evidence of daily hydrological loading in GPS time series over Europe. *Journal of Geodesy*, 93, 2145-2153. doi:10.1007/s00190-019-01295-1

Taubenberger, S., Floers, A., Vogl, C., Kromer, M., Spyromilio, J., Aldering, G., Antilogus, P., Bailey, S., Baltay, C., Bongard, S., Boone, K., Buton, C., Chotard, N., Copin, Y., Dixon, S., Fouchez, D., Fransson, C., Gangler, E., Gupta, R. R., Hachinger, S., Hayden, B., Hillebrandt, W., Kim, A. G., Kowalski, M., Leget, P. -F., Leibundgut, B., Mazzali, P. A., Noebauer, U. M., Nordin, J., Pain, R., Pakmor, R., Pecontal, E., Pereira, R., Perlmutter, S., Ponder, K. A., Rabinowitz, D., Rigault, M., Rubin, D., Runge, K., Saunders, C., Smadja, G., Tao, C., Thomas, R. C. (2019). SN 2012dn from early to late times: 09dc-like supernovae reassessed. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 488, 5473-5488. doi:10.1093/mnras/stz1977

Zhao, X., Marshall, J., Hachinger, S., Gerbig, C., Frey, M., Hase, F., & Chen, J. (9 2019). Analysis of total column CO₂, CH₄ measurements in Berlin with WRF-GHG. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 19, 11279-11302. doi:10.5194/acp-19-11279-2019

2 | BÜCHER

Schaldach, R., K.-H. Simon, J. Weismüller, und V. Wohlgemuth, . Advances and New Trends in Environmental Informatics. Springer Nature Switzerland, 2019.

Schaldach, R., K.-H. Simon, J. Weismüller, und V. Wohlgemuth, . Environmental Informatics: Computational Sustainability: ICT methods to achieve the UN sustainable development goals. Shaker, 2019.

2 | BUCHKAPITEL

Shoukourian, H., A. Bode, H. Huber, M. Ott, und D. Kranzlmüller. Contemporary High Performance Computing: from Petascale toward Exascale. Bd. 3, Kapitel SuperMUC - the First High-Temperature Direct Liquid Cooled Petascale Supercomputer Operated by LRZ, Herausgeber: Jeffrey S. Vetter, 317-336. Chapman & Hall/CRC Computational Science, CRC Press, 2019.

Ziegler, Jule Anna, Michael Schmidt, und Mikael Linden. Improving Identity and Authentication Assurance in Research & Education Federations. Bd. 11738, in Security and Trust Management, Herausgeber: S. Mauw und M. Conti, 1-18. Springer International Publishing, 2019.

12 | PROCEEDINGS

Batsaikhan, Anudari, Jens Weismüller, und Stephan Hachinger. „Building an IT Infrastructure for Citizen Science Research on Climate Change.“ Proceedings of Science. 2019.

Divanis, A., A. Batsaikhan, und L. Meng. „Developing a citizen science portal on climate change – data management and visualization.“ Herausgeber: R. Schaldach, K.-H. Simon, J. Weismüller und V. Wohlgemuth. Environmental Informatics: Computational Sustainability: ICT methods to achieve the UN sustainable development goals. 2019. 10-16.

Gomez-Sanchez, Pilar, Sandra Mendez, Javier Panadero, Aprigio Bezerra, Dolores Rexachs, und Emilio Luque. „Cloud, a flexible environment to test HPC I/O configurations.“ Herausgeber: Hamid R. Arabnia, Makoto Iwata und Joe Kazuki. Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (2018 Worldcamp International Conference Proceedings). CSREA Press, 2019. 197-203.

PUBLIKATIONEN

PROCEEDINGS

Kronbichler, Martin, und Momme Allalen. „Efficient High-Order Discontinuous Galerkin Finite Elements with Matrix-Free Implementations.“ Herausgeber: Hans-Joachim Bungartz, Dieter Kranzlmüller, Volker Weinberg, Jens Weismüller und Volker Wohlgemuth. *Advances and New Trends in Environmental Informatics*. Cham: Springer International Publishing, 2018. 89-110.

Pedrotti, Maxime, und Nicolae Nistor. „How Students Fail to Self-regulate Their Online Learning Experience.“ Herausgeber: Maren Scheffel, Julien Broisin, Viktoria Pammer-Schindler, Andri Ioannou und Jan Schneider. *Transforming Learning with Meaningful Technologies*. Cham: Springer International Publishing, 2019. 377-385.

Prodan R., Torre E., Durillo Barrionuevo, Juan, Aujla G.S., Kummar N., Fard H.M., Benedikt S. (2019): Dynamic Multi-objective Virtual Machine Placement in Cloud Data Centers. 45th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications – SEAA 2019. IEEE. (10.1109/SEAA.2019.00023)

Ramm, Alexander, Jens Weismüller, Wolfgang Kurtz, und Tobias Neckel. „Comparing Domain Decomposition Methods for the Parallelization of Distributed Land Surface Models.“ Herausgeber: João M. F. Rodrigues, et al. *Computational Science – ICCS 2019*. Cham: Springer International Publishing, 2019. 197-210.

Sakai, Yoshiyuki, et al. „Performance Optimisation of the Parallel CFD Code MGLET across Different HPC Platforms.“ *Proceedings of the Platform for Advanced Scientific Computing Conference*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2019.

Schmidt, M., und J. Ziegler. „An Identity Provider as a Service platform for the research and education community.“ Herausgeber: Joe Betser, Carol Fung, Nick Cohen und Barbara Martini. 16th IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management - Demo Papers. IFIP Open Digital Library, 2019. 739-740.

Scionti, Alberto, et al. „HPC, Cloud and Big-Data Convergent Architectures: The LEXIS Approach.“ Herausgeber: Barolli Leonard, Khadeer Hussain Farookh und Ikeda Makoto. *Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems – Proceedings of the 13th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems, CISIS 2019, Sydney, NSW, Australia, 3-5 July 2019*. Springer, 2019. 200-212.

Weil, L., D. Kolb, J. Weismüller, E. Imm, und D. Kranzlmüller. „Raising awareness for endangered species using augmented reality.“ Herausgeber: R. Schaldach, K.-H. Simon, J. Weismüller und V. Wohlgemuth. *Environmental Informatics: Computational Sustainability: ICT methods to achieve the UN sustainable development goals*. 2019. 360-371.

Weismüller, Jens, und Anton Frank. „Scientific Partnership: A Pledge For a New Level of Collaboration Between Scientists and IT Specialists.“ Herausgeber: R. Schaldach. *Advances and New Trends in Environmental Informatics, Progress in IS*. 2019.

2

MASTER-THESIS

Kirschstein, Andreas. „Kriterien und Potentiale der Nutzung von Rechenabwärme in Mischgebieten – Modellierung und Optimierung eines Energiereferenzsystems.“ Master’s thesis, Fakultät für Elektrotechnik der Technischen Universität München, 2019.

Nguyen, Manh Duy. „Processing of Historical Phonetic Maps using Computer Vision and Deep Learning“, Master’s Thesis, Institut für Informatik der Ludwig-Maximilians-Universität München, 2019

6

TECHNISCHE BERICHTE

Allalen, Momme, und Sebastian Lührs. „Best Practice Guide – Modern Interconnects.“ Tech. rep., PRACE, 2019.

Guo, X., C. Morales, O. W. Saastad, A. Shamakina, W. Rijks, und V. Weinberg. „Best Practice Guide – ARM64.“ Tech. rep., PRACE, 2019.

Mendez, S., S. Lührs, D. Sloan-Murphy, A. Turner, und V. Weinberg. „Best Practice Guide – Parallel I/O.“ Tech. rep., PRACE, 2019.

Podareanu, D., V. Codreanu, S. Aigner, C. Leeuwen, und V. Weinberg. „Best Practice Guide – Deep Learning.“ Tech. rep., PRACE, 2019.

Shoukourian, H., et al. „Extended best practice guide for prototypes and demonstrators PRACE (Partnership for Advanced Computing in Europe).“ techreport, PRACE, 2019.

Vroutsis, A., S. Mendez, T. Sloan, und V. Weinberg. „Best Practice Guide – HPC for Data Science on the Cray Urika.“ Tech. rep., PRACE, 2019.



IMPRESSUM

Herausgeber

Leibniz-Rechenzentrum der
Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Konzeption und Redaktion

PR-Team LRZ

Autoren

Jan Schulze
Susanne Vieser
Sabrina Schulte

Grafik & Layout

Ivana Steinbeiß, artizfaction design
Veronika Hohenegger
Erika Krimmer

Bildnachweise

S. 4 + 11 + 76: LRZ-Direktorium, A. Podo für LRZ
S. 11: Kooperationspartner Terra_Byte, A. Podo für LRZ
S. 10: Besuch Québec, A. Podo für LRZ
S. 22 + 24: SuperMUC, AA für LRZ
S. 26: Prof Janka, Max-Planck-Institut
S. 28: SuperMUC-NG, V. Hohenegger für LRZ
S. 33: Compute Cloud, Niels Fallenbeck
S. 37: Hardware am LRZ, A. Heddergott für LRZ
S. 43: Tape Library am LRZ, A. Heddergott für LRZ
S. 44: Lea Weil, Privatbild
S. 46: Hardware am LRZ, A. Heddergott für LRZ
S. 52: ClimEx, V2C-Team für LRZ
S. 54: GEANT Infrastruktur, GEANT Webseite
S. 56-61: MOOSAIK; V2C-Team für LRZ
S. 70: VR-Praktikum; V2C-Team für LRZ
S. 72: Weibl u. Prommersberger; R. Brembeck für BAdW
S. 74: A. Podo; R. Brembeck für BAdW
S. 77: Prof. Hegering; A. Podo für LRZ
S. 77: Prof Bode, A. Heddergott für LRZ
S. 78: Prof Seidl, LMU
S. 79: Prof Schulz, A. Heddergott für TUM
S. 82: Tanja Hanauer, Privatbild
S. 84: Alex von Ramm; Privatbild
S. 85: LRZ Würfel; K. Behler für LRZ
S. 92: Prof Dech; Privatbild
S. 94-95: Aufnahmen des DLR
S. 96: Aufnahmen der BSB

ÜBER DAS LRZ

Über das LRZ

Das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ist seit knapp 60 Jahren der kompetente IT-Partner der Münchner Universitäten und Hochschulen sowie wissenschaftlicher Einrichtungen in Bayern, Deutschland und Europa. Es bietet die komplette Bandbreite an IT-Dienstleistungen und -Technologie sowie Beratung und Support – von E-Mail, Webserver, bis hin zu Internetzugang, virtuellen Maschinen, Cloud-Lösungen und dem Münchner Wissenschaftsnetz (MWN). Mit dem Höchstleistungsrechner SuperMUC-NG gehört das LRZ zu den international führenden Supercomputing-Zentren und widmet sich im Bereich Future Computing schwerpunktmäßig neu aufkommenden Technologien, Künstlicher Intelligenz und Machine Learning sowie Quantencomputing.

MIT UNS KÖNNEN SIE RECHNEN!



Kontakt

Leibniz-Rechenzentrum
Boltzmannstraße 1 • 85748 Garching b. München
Tel: (089) 35831 8000 • Internet: www.lrz.de