



Leibniz-Rechenzentrum
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

Jahresbericht 2016

lrz

Juli 2017

LRZ-Bericht 2017-01

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	1
1 Highlights – Die wichtigsten Ereignisse am LRZ 2016	3
1.1 Nachfolge SuperMUC bewilligt	3
1.2 Ausbau bestehender Infrastrukturen und Dienstleistungen	3
1.3 Stabilisierung der Rückkühlwerke	3
1.4 Personal	4
1.5 Wissenschaftliche Kooperationen und Öffentlichkeit	4
2 Forschung und Projekte	5
2.1 Environmental Computing	5
2.1.1 ClimEx	5
2.1.2 Virtuelles Alpen-Observatorium II (VAO-II)	6
2.2 ComPat	7
2.3 Generic Research Data Infrastructure (GeRDI)	8
2.4 Dynamical Exascale Entry Platform Extended Reach (DEEP-ER)	8
2.5 FEPA: Flexibles Framework zur Energie- und Performanceanalyse hochparalleler Applikationen im Rechenzentrum	9
2.6 Software zur Energieoptimierung	10
2.7 Intel® Parallel Computing Center (IPCC)	11
2.8 KONWIHR Software-Initiative	11
2.9 Mont-Blanc & Mont-Blanc 2	12
2.10 PRACE Fourth Implementation Phase Project (PRACE-4IP)	13
2.11 Czech-Bavarian Competence Team for Supercomputing Applications (CzeBaCCA)	16
2.12 GÉANT	17
2.13 Forschungskoordination und Projektmanagement	19
3 Darstellung des LRZ in der Öffentlichkeit	20
3.1 Allgemeine Öffentlichkeit und Medien - PR	20
3.2 Hochleistungsrechnen	20
3.2.1 Supercomputing Konferenzen	20
3.2.2 SuperMUC Results Workshop und Berichtsband	21
3.2.3 Publikationen des LRZ im Bereich Hochleistungsrechnen zusammen mit Partnern	21
4 IT-Service Management	24
4.1 Einführung des Service-Management-Systems	24
4.2 Incident und Service Request Management	24
4.3 Change und Configuration Management	24
4.4 Service Portfolio Management und weitere ITSM Prozesse	24
4.5 Schulungen und weitere Aktivitäten	24
4.6 Werkzeugunterstützung für das Service-Management-System	25
4.7 Bestellbuch	25

5	IT-Sicherheit	26
5.1	Sicherheitsmanagement.....	26
5.2	Antivirus	26
5.3	Windows Software Update Service (WSUS).....	26
5.4	Virtuelle Firewalls.....	27
5.5	Technische Aspekte des Sicherheitsmanagements.....	28
5.5.1	Secomat.....	28
5.5.2	Security Information & Event Management	29
5.5.3	Sicherheits- und Netzmanagement: Nyx	29
5.5.4	Self-Service Portal; Sperr- und Entsperrmechanismen & Nessi	30
5.5.5	Network Intrusion Detection.....	31
6	IT-Basisdienste	32
6.1	E-Mail.....	32
6.1.1	Absicherung der Mail-Kommunikation.....	32
6.1.2	Notfall-Migration von Mailservern	32
6.1.3	Statistiken zur Mailnutzung.....	32
6.2	Exchange.....	35
6.2.1	Nutzung des Exchange-Dienstes	35
6.3	Webhosting.....	36
6.3.1	Aufbau einer CMS-Umgebung mit TYPO3.....	36
6.3.2	Neuer Dienst GitInvited.....	36
6.3.3	Veranstaltung "Treffen der Münchner Webmaster"	37
6.3.4	Statistik Webserver und Gitlab	37
6.4	Confluence am LRZ.....	37
6.5	Desktop-Management	37
6.5.1	Rechnerpools.....	38
6.5.2	TUM-PC	38
6.5.3	MWN-MAC.....	39
6.6	Benutzerverwaltung und Verzeichnisdienste	39
6.6.1	Benutzerverwaltung für LRZ-Dienste.....	39
6.6.2	MWN Active Directory.....	43
6.6.3	DFN-AAI/Shibboleth.....	44
6.7	Bibliotheksdienste.....	45
6.7.1	Migration Verbundsystem Aleph.....	45
6.7.2	Oracle Lizenzierung	45
6.7.3	Modernisierung interner Services	45
6.7.4	Rosetta.....	45
6.7.5	Schulungen	45
6.7.6	Münchner Digitalisierungszentrum MDZ.....	45
6.8	Video-Streaming.....	45
6.9	Digitale Geisteswissenschaften	46
7	Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C).....	47
7.1	Veröffentlichungen und Vorträge.....	47
7.2	Veranstaltungen.....	47
7.3	Projekte.....	48
7.4	Forschung und Lehre.....	48

8	IT-Server-Infrastruktur	50
8.1	Linux-Server	50
8.1.1	Virtuelle Server	50
8.1.2	Aktualisierung der Betriebssysteme	50
8.1.3	Monitoring und Logdatenanalyse	50
8.1.4	Managed Hosting für hochschulstart.de	51
8.2	Windows	51
9	Hochleistungssysteme und SuperMUC	52
9.1	Höchstleistungsrechner SuperMUC	52
9.1.1	Betrieb	52
9.1.2	Nutzung	52
9.1.3	Remote Visualisierung SuperMUC@LRZ	54
9.1.4	Das Intel Xeon Phi System (SuperMIC)	54
9.1.5	Antrag für den nächsten Höchstleistungsrechner (SiVeGCS)	54
9.1.6	Vorbereitung der Beschaffung des nächsten Höchstleistungsrechners SuperMUC-NG	55
9.2	Linux-Cluster	55
9.2.1	Nutzung des Linux-Clusters	56
9.2.2	Neue Prototyp-Systeme und System mit GPUs für Machine Learning	58
9.2.3	Ersetzung der SGI Ultraviolet Systeme	58
9.3	Anwendungs- und Benutzerunterstützung im Bereich HPC	59
9.3.1	Supportanfragen	59
9.3.2	Benutzerverwaltung für die Hochleistungssysteme	59
9.3.3	Software und spezielle Systeme für HPC	60
9.3.4	R Studio	62
9.3.5	Kurse, Ausbildung, Veranstaltungen, Zusammenarbeit	62
9.4	Application Labs	66
9.4.1	Astro Lab	67
9.4.2	Big Data Lab	67
9.4.3	Bio Lab	68
9.4.4	CFD Lab	68
9.4.5	Geo Lab	69
10	Compute-Cloud- und Grid-Aktivitäten	70
10.1	Compute-Cloud	70
10.1.1	Evaluation von OpenStack	72
10.2	Grid	72
10.3	Kurse, Ausbildung und Benutzerbetreuung	72
11	Datenhaltung	73
11.1	Überblick	73
11.2	Archiv- und Backupsystem	73
11.3	Data Science Storage	76
11.4	Online-Speicher	76
11.5	LRZ Sync+Share	78
12	Münchener Wissenschaftsnetz – Internetzugang	80
12.1	Struktur und Betrieb des Münchener Wissenschaftsnetzes (MWN)	80
12.1.1	Struktur des Backbone Netzes	86

12.1.2	Ausbau von WDM Systemen im MWN	87
12.1.3	Struktur der Gebäudenetze im MWN.....	87
12.1.4	Struktur des Rechenzentrumsnetzes (LRZ-Netz).....	88
12.2	Anschluss ans MWN und wesentliche Änderungen im Netz.....	89
12.2.1	Wesentliche Netzänderungen im Jahr 2016.....	90
12.2.2	Museen: IT-Beirat der staatlichen Museen.....	91
12.2.3	Netzausbau (Verkabelung); Netzinvestitionsprogramm	91
12.2.4	Redundante Anbindung großer Gebäudeareale am Campus Garching	92
12.2.5	Vorbereitungen für einen zweiten zentralen Netzknoten auf dem Campus Weihenstephan.....	92
12.2.6	Anbindung Studentenwohnheime.....	93
12.3	DNS und Sicherheit im DNS.....	97
12.3.1	DNSSEC.....	98
12.3.2	DNSSEC in Bayern.....	98
12.3.3	Projekt Sichere E-Mail in Bayern.....	98
12.4	DHCP.....	99
12.5	Radius.....	99
12.6	Switch-Infrastruktur / Switch-Erneuerung.....	100
12.7	Telefonie	101
12.7.1	Zugang über UMTS	101
12.7.2	Verbesserung der Mobilfunkversorgung in den LRZ-Gebäuden.....	101
12.7.3	Ausschreibung BayKOM.....	101
12.8	Unterstützung von Infrastrukturdiensten.....	102
12.8.1	Server Load Balancer (SLB).....	102
12.8.2	IPv6.....	103
12.8.3	Wellenlängenmultiplexer.....	103
12.9	Netzmanagement und –monitoring	104
12.9.2	Netzdokumentation	106
12.9.3	MWN-WLAN-Visualisierung mit OpenStreetMap für Endbenutzer	107
12.9.4	Inhaltliche Aktualisierung der Netzdokumentation.....	107
12.9.5	Überwachung der Dienstqualität.....	107
12.9.6	Reporting für Netzverantwortliche	108
12.10	Internetzugang und LAN.....	108
12.11	WLAN und Eduroam.....	109
12.11.1	Eduroam	113
12.11.2	Vorkonfigurierte Profile für eduroam (CAT)	113
12.11.3	Eduroam off Campus	114
12.11.4	Gastkennungen.....	115
12.11.5	Unterstützung von Veranstaltungen	115
12.11.6	@BayernWLAN.....	115
12.12	VPN116	
12.12.1	Technik	116
12.12.2	VPN-Software	116
12.12.3	Telearbeitsplätze von LRZ-Mitarbeitern.....	116
12.12.4	Entwicklung des Datenverkehrs über die VPN-Server	116
13	Kurse, Führungen und Vorführungen am V2C	119
13.1	Kurse und Veranstaltungen	119
13.1.1	Kursübersicht, Statistik 2016	119
13.1.2	Sicherheits- und Datenschutztag von TUM und LRZ	127

14	Software-Bezug und Lizenzen	128
14.1	Verlängerung und Ausbau bestehender Verträge	128
14.2	Adobe	129
14.3	Microsoft Bundesvertrag	129
14.4	Microsoft: Auditpolitik	129
14.5	Sophos	129
14.6	SuSE / Prosoft	129
14.7	Tagesgeschäft	130
14.7.1	Vertrieb von Lizenzen für Kunden des LRZ	130
14.7.2	Betrieb von Lizenzservern für Kunden des LRZ	131
14.8	Ausblick auf das 1. Quartal 2017	131
15	Gebäude und Infrastruktur	132
15.1	Gebäudemanagement	132
15.2	Energieeffizienz	134
16	Personal	135
17	Zahlen und Fakten	136
17.1	Verwaltung	136
17.2	E-Mail und Exchange	140
17.3	Poster und Schriften	140
17.4	Benutzerverwaltung und Shibboleth	140
17.5	Höchstleistungsrechner	141
17.6	Hochleistungs-Linux-System	141
17.7	Hochleistungs-Graphik-System	144
17.8	Datenspeicher	145
17.9	Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)	147
17.10	Netzkomponenten im MWN	148
17.10.1	Router	148
17.10.2	Switch-Komponenten	149
17.10.3	WLAN-Komponenten	150
17.10.4	Netz-Server	151

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mitarbeiter des LRZ anlässlich der Feier „LRZ 10 Jahre in Garching“.....	1
Abbildung 2: Arbeiten zur Stabilisierung der Rückkühlwerke auf dem Dach des Rechnergebäudes.....	4
Abbildung 3: Persyst-Frontend zur Visualisierung von Performance und Energie	10
Abbildung 4: Berichtsband über Projekte am SuperMUC	21
Abbildung 5: Magazin InSiDE mit Titelbild der SuperMUC durchgeführte größte kosmologische Turbulenzsimulaton.....	22
Abbildung 6: GCS-Webseiten mit den Ergebnissen auf SuperMUC.....	23
Abbildung 7: Screenshot des neuen LRZ-Bestellbuchs.....	25
Abbildung 8: Anzahl der virtuellen Firewalls; FWSM (blau), pfsense (orange).....	27
Abbildung 9: secomat1	28
Abbildung 10: secomat2	28
Abbildung 11: secomat3	28
Abbildung 12: secomat4	28
Abbildung 13: Anzahl der Geräte pro Woche im Nyx.....	30
Abbildung 14: Nessi Interface zum Sperren und Entsperrern von Rechnern.....	31
Abbildung 15: Entwicklung der Exchange-Nutzung seit 2011.....	35
Abbildung 16: Entwicklung des TUM-PCs in 2016.....	39
Abbildung 17: Computerkonten im MWN-ADS in 2016.....	43
Abbildung 18: gleichzeitige Verbindungen zum Streaming-Server im WS 2016/17	46
Abbildung 19: Gruppenfoto VRST 2016.....	48
Abbildung 20: Rendering der dreidimensionalen Rekonstruktion des Kaisersaals in Bamberg	49
Abbildung 21: Virtuelle Serverinstanzen am LRZ.....	50
Abbildung 22: Prozentuale Verteilung der Rechenzeit nach Fachgebieten.....	53
Abbildung 23: CoolMUC-2-Rechnerracks (schwarze Racks) und 6 von der Abwärme der Rechnerracks betriebene Adsorptionskältemaschinen (hellgraue Geräte rechts im Bild)	56
Abbildung 24: Entwicklung der Anzahl von Supportanfragen im Bereich HPC.....	59
Abbildung 25: LRZ CLC –Genomics-Cloud (LRZ-CGC)	61
Abbildung 26: Teilnehmer des VI-HPS Tuning Workshops vor der Brauerei Weihenstephan (Social Event).....	63
Abbildung 27: Teilnehmer des “Intel MIC Programming Workshop” am IT4Innovations Supercomputing Center, Ostrava, 3.-4.2.2016	64
Abbildung 28: Nutzung der LRZ Compute Cloud in Core-Stunden durch verschiedene Wissenschaften	70
Abbildung 29: Entwicklung der Benutzerzahlen auf der Compute Cloud in 2016.....	71
Abbildung 30: Täglicher Rechenzeitkonsum in der Cloud.....	71
Abbildung 31: Datentransfer zu/von den HPC Systemen mit GridFTP.....	72
Abbildung 32: Überblick Archiv- und Backupsysteme.....	74
Abbildung 33: Datenzuwachs in 20 Jahren	75
Abbildung 34: Primärsysteme, Replikation und Backup.....	77
Abbildung 35: Speicherbelegung MWN Storage Cloud	77
Abbildung 36: zentrales Speichersystem des MDZ.....	78

Abbildung 37: Zuwachs Sync+Share Nutzer.....	79
Abbildung 38: Räumliche Ausdehnung des Münchner Wissenschaftsnetzes (nicht maßstabsgerecht) ...	81
Abbildung 39: MWN Unterbezirke und Ausdehnung.....	82
Abbildung 40: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 1)	84
Abbildung 41: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 2)	85
Abbildung 42: Struktur des Kernnetzes des MWN.....	86
Abbildung 43: Anzahl der im MWN eingesetzten Switches	88
Abbildung 44: Struktur des LRZ-Netzes.....	89
Abbildung 45: Geplante LWL-Infrastruktur am Campus Weihenstephan	93
Abbildung 46: DHCP-Infrastruktur auf den DNS-Servern	99
Abbildung 47: RADIUS-Struktur im MWN	100
Abbildung 48: SLB Dashboard	102
Abbildung 49: Netz-Topologie des MWN	105
Abbildung 50: Port-IST-Daten des Switch swz-1-0ml	106
Abbildung 51: Durchsatz der Studentenwerks-Interfaces und X-WiN-Anbindung über 48 Stunden	107
Abbildung 52: Entwicklung der Nutzung des WiN-Anschlusses des MWN seit 2006.....	108
Abbildung 53: Anzahl der jährlich installierten Accesspoints	109
Abbildung 54: Anzahl aktiver WLAN-Verbindungen am 27.10.2016 (5-Minuten-Mittel)	110
Abbildung 55: Eduroam Nutzung durch MWN-Nutzer und Gäste.....	113
Abbildung 56: Karte der eduroam Standorte in München.....	114
Abbildung 57: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November	117
Abbildung 58: Anzahl der maximal gleichzeitig an den VPN-Servern angemeldeten Nutzer.....	118
Abbildung 59: Monatliches Datenvolumen der VPN-Server in Gigabyte im Jahr 2016.....	118
Abbildung 60: Instandsetzung der Rückkühlwerke	133
Abbildung 61: Entwicklung des Dienstreiseaufkommens.....	137
Abbildung 62: Entwicklung des Buchungsaufkommens.....	138
Abbildung 63: Entwicklung des Stromverbrauchs.....	139

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittliche eingehende und ausgehende Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate am Secomat-Cluster.	29
Tabelle 2: Anzahl der Geräte pro Woche im Nyx	30
Tabelle 3: Angenommene und abgewiesene E-Mails	33
Tabelle 4: Nutzung des Relaydienstes	33
Tabelle 5: Nutzung des Mailhostings.....	34
Tabelle 6: Nutzung der POP/IMAP-Server	34
Tabelle 7: Angenommene und abgewiesene E-Mails	35
Tabelle 8: Nutzung von E-Mail-Verteilerlisten	35
Tabelle 9: Nutzung des Exchange-Dienstes in 2016	36
Tabelle 10: Clients im MWN-ADS	38
Tabelle 11: Geräte im MWN-MAC Management.....	39
Tabelle 12: Vergabe von Kennungen für LRZ-Plattformen	41
Tabelle 13: Kennzahlen des SuperMUC Systems im Endausbau	52
Tabelle 14: Abgegebene Rechenzeit des SuperMUC in Core-Stunden	53
Tabelle 15: Anteil an Rechenzeit nach Art der Institution.....	53
Tabelle 16: Anzahl Nutzer und Projekte	56
Tabelle 17: Nutzung des Linux-Clusters 2016	56
Tabelle 18: Fachgebiet, beteiligte Codes und Anzahl der Teilnehmer des 4. Extreme Scaling Workshop	64
Tabelle 19: Summer of Simulation	68
Tabelle 20: Anzahl der im MWN eingesetzten Switches und Ports	87
Tabelle 21: Wesentliche Netzänderungen 2016	90
Tabelle 22: Studentenwohnheime im MWN	94
Tabelle 23: Übersicht über die wichtigsten Domains im MWN.....	97
Tabelle 24: Anzahl der konfigurierten Server	102
Tabelle 25: WDM-Verbindungen	103
Tabelle 26: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November.....	117
Tabelle 27: Kurse zu PC-Software 2016	119
Tabelle 28: Kurse zum Hochleistungsrechnen 2016.....	120
Tabelle 29: Führungen durch das LRZ und Vorführungen am V2C.....	121
Tabelle 30: Weitere Veranstaltungen in den Räumen des LRZ.....	121
Tabelle 31: Die wichtigsten im Tagesgeschäft vertriebenen Lizenzen	130
Tabelle 32: Die umsatzstärksten Kauflizenzen (nur MWN).....	131
Tabelle 33: Personalstand, Neueinstellungen und Abgänge 2016	136
Tabelle 34: Dienstreisen 2016.....	137
Tabelle 35: Buchungen 2016.....	138
Tabelle 36: Haushalt - Inventarisierung.....	138
Tabelle 37: Stromverbrauch 2016	139
Tabelle 38: E-Mail und Exchange.....	140

Tabelle 39: Poster und Schriften	140
Tabelle 40: Benutzerverwaltung und Shibboleth.....	140
Tabelle 41: Kennzahlen des Höchstleistungsrechners SuperMUC im Endausbau	141
Tabelle 42: Hochleistungs-Linux-Systeme (ohne SuperMUC).....	141
Tabelle 43: Hochleistungs-Graphik-System.....	144
Tabelle 44: Bruttokapazitäten Online-Speicher (NAS + SAN)	145
Tabelle 45: Kapazitäten der Nearline-Speicher	146
Tabelle 46: Das MWN in Zahlen	147
Tabelle 47: Netzkomponenten im MWN: Router.....	148
Tabelle 48: Netzkomponenten im MWN: Switches	149
Tabelle 49: Netzkomponenten im MWN: WLAN-Komponenten	150
Tabelle 50: Netzkomponenten: Server	151

Vorwort

10 Jahre LRZ in Garching

Im Jahre 2016 konnte das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften auf 54 Jahre erfolgreicher IT-Dienstleistungen für die Wissenschaft zurückschauen. Nach dem stufenweisen Umzug aus der Münchner Innenstadt / Barerstraße im Winter und Frühjahr 2006 und der feierlichen Inbetriebnahme der neuen Gebäude, in Anwesenheit von Bundesministerin Dr. Annette Schavan, Ministerpräsident Dr. Edmund Stoiber und Staatsminister Dr. Thomas Goppel am 21. Juli 2006, hat das LRZ die letzten 10 Jahre davon auf dem Forschungscampus in Garching bei München verbracht. Bereits 2008 musste wegen des rasanten Ausbaus aller Dienste des LRZ, insbesondere jedoch des Ausbaus des Bereichs Hoch- und Höchstleistungsrechnen, ein Bauantrag für Erweiterungsbauten gestellt werden, der im Juli 2009 genehmigt wurde und einen zweiten Rechnerwürfel, ein Visualisierungszentrum mit Cave und Powerwall und einen weiteren Institutstrakt umfasste. Schon im November 2011 wurden die neuen Gebäude, in Anwesenheit von Staatsminister Dr. Wolfgang Heubisch übergeben. Alle Gebäudeteile in Garching haben sich vor allem im Hinblick auf ihre funktionale und auf Energieeffizienz orientierte Ausrichtung hervorragend bewährt, sodass es guten Anlass zu einer Feier „10 Jahre LRZ in Garching“ gab.



Abbildung 1: Mitarbeiter des LRZ anlässlich der Feier „LRZ 10 Jahre in Garching“

Erfolgreiche Beantragung zum Nachfolgesystem für den europäischen Höchstleistungsrechner

Dank des stabilen Betriebs des europäischen Höchstleistungsrechners SuperMUC Phase 1 und Phase 2 konnten im Jahr 2016 zahlreiche wissenschaftliche Ergebnisse in unterschiedlichsten Fachgebieten von der Medizin bis zur Astrophysik durch Nutzer aus ganz Europa erzielt werden. Gemeinsam mit den im Gauss Centre for Supercomputing GCS e.V. zusammengeschlossenen Höchstleistungsrechenzentren FZJ in Jülich und HLRS in Stuttgart wurde deshalb ein gemeinsamer Projektförderungsantrag für die Jahre 2018 bis 2025 gestellt, der auch in vollem Umfang genehmigt wurde. Bund und Freistaat Bayern fördern im LRZ in diesem Projekt das System SuperMUC-NG („Next Generation“), für das in der zweiten Jahreshälfte die Ausschreibungsunterlagen erstellt wurden. Die im Berichtsband „High Performance Computing in Science and Engineering – Garching / Munich 2016“ ausführlich dokumentierten Ergebnisse können so auch in den Folgejahren auf dann neuer Rechnertechnik Nachfolger finden.

Ausbau bestehender Infrastrukturen und Dienste

Die IT-Infrastruktur des LRZ wurde auch im Jahr 2016 massiv erneuert und erweitert. Neben der Beschaffung und Inbetriebnahme zahlreicher Test- und Prototypsysteme zum Beispiel mit Akzeleratoren für Machine Learning sowie mit modernster Vielkern-Technologie wurden im Rahmen von Großgeräteanträgen das Kommunikationsnetz ausgebaut, der Archivspeicher und das Linux-Cluster erneuert sowie das NAS-Speichersystem für die Bayerische Staatsbibliothek ersetzt. Insbesondere die Dienste des Münchner Wissenschaftsnetzes, von Mail und Groupware, im Bereich von Cloud und Desktop Management wurden massiv erweitert.

Wissenschaftliche Veranstaltungen und Öffentlichkeitsarbeit

Das LRZ war 2016 Veranstalter und Teilnehmer vieler wissenschaftlicher Veranstaltungen wie dem 22. Symposium on Virtual Reality Software and Technology VRST '16 mit über 150 Teilnehmern sowie den Messeständen auf der ISC '16 in Frankfurt und der SC '16 in Salt Lake City. Das LRZ zeigt seine Arbeiten aber auch für die Öffentlichkeit; so in einer weiter gesteigerten Medienpräsenz bis hin zu seiner Rolle als Kulisse für den Film „Snowden“ von Oliver Stone sowie durch Erstsemesterveranstaltungen, Tage der Offenen Tür und die Teilnahme an den Münchner Wissenschaftstagen.

Bewilligung Bayerisches Big Data Kompetenzzentrum

Die Sammlung, Verarbeitung und maschinelle Analyse von sehr großen Datenmengen (Big Data, Machine Learning und Data Analytics) gewinnen immer größere Bedeutung in Wissenschaft, Dienstleistung und Produktion. Das LRZ hat deshalb im Jahr 2016 einen Antrag zur Förderung eines Big Data Kompetenzzentrums im LRZ gestellt und dafür die Förderungszusage der Bayerischen Staatsregierung erhalten. Die Arbeiten werden thematisch direkt ergänzt durch die Bewilligung des Verbundprojektes GeRDI (Generische Forschungsdaten Infrastruktur), die ebenfalls in 2016 erfolgte. Das LRZ erhielt so einen neuen Arbeitsschwerpunkt rund um das Thema „Daten“ und „Datenanalyse“.

Eine ausführliche Dokumentation der vielfältigen Dienste des LRZ finden Sie in den folgenden Kapiteln des Jahresberichtes 2016. Sie zeigen die große Breite des Angebotes vom Münchner Wissenschaftsnetz über Verzeichnisdienste, E-Mail und Backup bis hin zur Öffentlichkeitsarbeit. Sie dokumentieren den großen persönlichen Einsatz aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des LRZ, für den ich mich ganz persönlich bedanke.

Die großzügige finanzielle Unterstützung der Arbeiten des LRZ durch alle Förderer, insbesondere durch die Bayerische Staatsregierung und das Bayerische Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, hat dazu geführt, dass das LRZ heute ein international anerkanntes Wissenschaftszentrum ist.

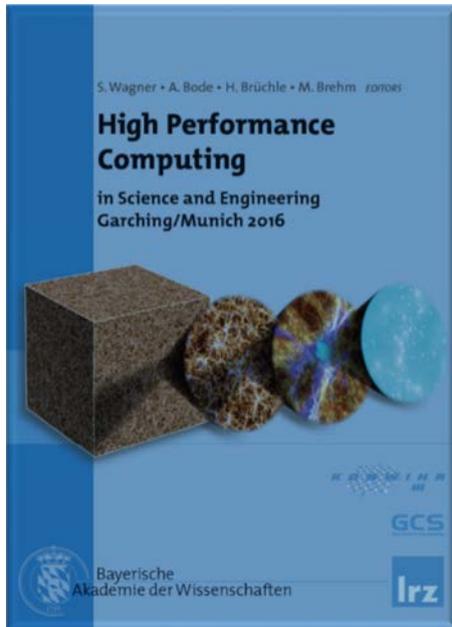
Mein besonderer Dank gilt der Mutterorganisation des LRZ, der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und speziell ihrem Präsidenten Karl-Heinz Hoffmann und der Generalsekretärin, Bianca Marzocca, die die Geschicke des LRZ stets vertrauensvoll begleiten. Mein persönlicher Dank gilt den Mitgliedern des Direktoriums, den Kollegen Hans-Joachim Bungartz, Heinz-Gerd Hegering und Dieter Kranzlmüller, sowie meinem Stellvertreter Victor Apostolescu. Allen „Kunden“ des LRZ danke ich für Ihr Vertrauen und freue mich auf neue Vorhaben im Jahr 2017.



Univ-Prof. Dr. Dr. h.c. Arndt Bode
Vorsitzender des Direktoriums des
Leibniz-Rechenzentrums
(bis 31. März 2017)

1 Highlights – Die wichtigsten Ereignisse am LRZ 2016

Auch 2016 war für das LRZ wieder ein sehr bewegtes und bewegendes Jahr. Neben den in diesem Kapitel präsentierten Highlights, gab es viele weitere wichtige Entwicklungen im LRZ über die in den folgenden Kapiteln berichtet wird.



Computing in Science and Engineering – Garching / Munich 2016“ mit Darstellung von etwa 120 Projekten auf 293 Seiten als Buch und als E-Book veröffentlicht:

<https://www.lrz.de/services/compute/supermuc/magazinesbooks/>

1.1 Nachfolge SuperMUC bewilligt

Die wichtigste strategische Entscheidung für das LRZ im Jahr 2016 wurde durch den gemeinsamen Beschluss des Bundes und der drei Sitzländer Bayern, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen der GCS-Standorte Garching, Stuttgart und Jülich getroffen, den Antrag der drei Zentren zur Koordination und Sicherstellung der weiteren Verfügbarkeit der Supercomputing-Ressourcen des GCS im Rahmen der nationalen Höchstleistungsrechner-Infrastruktur „SiVeGCS“ gemeinsam zu fördern. Damit ist die Finanzierung der Beschaffung und des Betriebs des europäischen Höchstleistungsrechnersystems SuperMUC-NG „SuperMUC Next Generation“ im LRZ in den Jahren 2018 bis 2025 sichergestellt!

Im Berichtszeitraum konnte ein stabiler Betrieb des SuperMUC dazu genutzt werden, viele wissenschaftliche Ergebnisse in unterschiedlichsten Fachgebieten zu erzielen. Im April 2016 wurden diese Ergebnisse auf dem SuperMUC Status and Results Workshop 2016 vorgetragen und der Berichtsband „High Performance

1.2 Ausbau bestehender Infrastrukturen und Dienstleistungen

Im Rahmen der Beschaffung aus bewilligten Großgeräteanträgen über das DFG-Begutachtungsverfahren konnten folgende Teile der IT-Service-Infrastruktur des LRZ ausgebaut werden:

- Ausbau des Kommunikationsnetzes
- Erneuerung des Archivspeichers
- Erneuerung des Linux Clusters
- Ersetzung eines NAS-Speichersystems

Weiterhin konnte das Münchener Wissenschaftsnetz durch Finanzierung aus Mitteln der Exzellenzinitiative und aus Mitteln für die Förderung der doppelten Studienjahrgänge für zahlreiche neue Gebäude und zusätzliche Anmietungen im Großraum München erweitert werden. Dadurch wurden u.a. die Hochschule für Politik, das TUM Science and Study Center in Raithenhaslach, das TUM Schülerforschungszentrum in Berchtesgaden, das Archiv der Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen in Dornach, das Museum Fünf Kontinente und viele weitere Einrichtungen der LMU und der TUM neu versorgt werden. Die IT-Dienstleistungen des LRZ wurden weiter ausgebaut. Stellvertretend seien hier nur der Anstieg des Exchange-Dienstes auf etwa 72.000 Nutzer und eine Speicherkapazität von 23 TBytes für Mailboxen, das Angebot des Eduroam-Dienstes auf allen öffentlichen Hotspots des „Bayern-WLAN“, der Start des Projektes „Verbesserung der E-Mail-Sicherheit in Bayern“ und die Nutzung von LRZ Sync+Share im Rahmen der BayernCloud von nun mehr als 30.000 Nutzern genannt.

1.3 Stabilisierung der Rückkühlwerke

Ohne Betriebsunterbrechung konnte in den Monaten April bis Juli 2016 durch entsprechenden Umbau die Stabilisierung von einigen Rückkühlwerken auf dem Dach des Rechnergebäudes erreicht werden. Damit

wurde die Bereinigung einer kritischen Situation in der Infrastruktur ohne jegliche Behinderung der Nutzer des LRZ umgesetzt.



Abbildung 2: Arbeiten zur Stabilisierung der Rückkühlwerke auf dem Dach des Rechnergebäudes

1.4 Personal

Unter Einrechnung der 63 studentischen Hilfskräfte beschäftigt das LRZ nun 250 Mitarbeiter. Auch im Berichtsjahr wurden wieder erfolgreich Promotions abgeschlossen, zwei Mitarbeiter erhielten Rufe auf Professuren.

1.5 Wissenschaftliche Kooperationen und Öffentlichkeit

Die Arbeit des LRZ lebt von der beständigen Weiterentwicklung der verwendeten Geräte, Verfahren und Prozesse. Mitarbeiter des LRZ nahmen deshalb in großem Umfang an wissenschaftlichen Veranstaltungen teil, bzw. veranstalten diese federführend im LRZ. Herausragende Ereignisse zur wissenschaftlichen Kooperation im Jahr 2016 waren:

- Durchführung des 22. Symposium on Virtual Reality Software and Technology VRST 2016 mit über 150 internationalen Teilnehmern im LRZ
- Aktive Beteiligung des LRZ an den Münchner Wissenschaftstagen mit dem Thema „Wasser – Resource des Lebens“ im November 2016, insbesondere mit einem Videoclip „Wasser im Computer“.
- Vorträge und Messestände des LRZ in Kooperation mit GCS auf den führenden internationalen Fachtagungen zum wissenschaftlichen Höchstleistungsrechnen ISC '16 in Frankfurt im Juni und SC '16 im November in Salt Lake City.

Weiterhin finden im LRZ fast täglich Führungen für nationale und internationale Delegationen statt, am Tag der offenen Tür im Oktober wurden mehr als 1500 Besucher durch das Rechnergebäude und das Visualisierungszentrum geführt, und das LRZ tritt auf Erstsemesterveranstaltungen der Münchner Universitäten auf.

Durch seine erfolgreiche Pressearbeit ist das LRZ regelmäßig in den Medien vertreten, nicht zuletzt mit SuperMUC und Rechnergebäude als Kulisse für den Film „Snowden“ von Oliver Stone.

Die nachfolgenden Kapitel des Jahresberichts 2016 dokumentieren ausführlich die Dienstleistungen des LRZ, aber auch die Entwicklung neuer Dienstleistungen und Kooperationen in zahlreichen Projekten aus der Grundfinanzierung des LRZ und aus Drittmittelförderung.

2 Forschung und Projekte

2.1 Environmental Computing

Um das vor einigen Jahren als Fokusthema identifizierte Arbeitsgebiet "Environmental Computing" zu stärken und weiterzuentwickeln, wurde ein inter-institutionelles Team aufgebaut, an dem sich neben LRZ-Mitarbeitern auch Mitarbeiter der Lehrstühle von Prof. Bungartz (TUM) und Prof. Kranzlmüller (LMU) beteiligen. Ziel ist es, nicht nur die informationstechnologischen Grundlagen für eine erfolgreiche Modellierung von Umweltsystemen zu legen, sondern auch zukünftige IT-technische Herausforderungen in den Geo- und Umweltwissenschaften frühzeitig zu identifizieren und geeignete Lösungen dafür zu entwickeln. Ein besonderer Fokus wird hierbei auf wissenschaftliche Partnerschaften mit den entsprechenden Wissenschaftlern gelegt, so dass in enger Zusammenarbeit neue Dienstleistungen entwickelt werden können, die langfristig für alle LRZ-Nutzer zur Verfügung stehen. Umweltsysteme eignen sich hierbei besonders, da sie vielfältige physikalische Modelle und weitere domänenspezifische Aspekte auf vielen verschiedenen Skalen mit einer großen Bandbreite an Daten kombinieren müssen. Weitere Informationen finden Sie unter www.envcomp.eu.

2.1.1 ClimEx

The ClimEx project seeks to investigate the occurrence and impacts of extreme meteorological events on the hydrology in Bavaria and Québec under climate change. It especially consists of two new aspects:

- An ensemble of 50 transient runs of the Canadian general circulation model CanESM2 (~200km resolution) from 1950 to 2100, resulting in 7500 years of modelled climate. As each of these runs is initialized with only slightly altered starting conditions, this ensemble can be interpreted as (modelled) natural variability. The CanESM2 then drives the regional climate model CRCM5 (~11km resolution) for a domain that covers most of central Europe. Both models are internationally established and widely used in the climate science community.
- A physically based hydrological model (WaSiM) is driven by this climate input for the entire hydrological Bavaria at very high temporal and spatial resolution of 3 hours and 500 meters to investigate both climate change impacts and natural variability of extreme events, especially floods.

The innovative approach utilises considerable computing power which is granted through the Gauss-Centre for Supercomputing. In 2016 the production-phase on SuperMUC has progressed to about 66% of the total envisioned synthetic climate data catalogue, and is expected to be finished within March 2017 with a final data-volume of ~500 TB of climate data, ~ 200 TB of which is hosted on the new Data-Science-Storage at LRZ for the european domain. Furthermore joint efforts of all partners realised many improvements with respect to application interfacing, data-management and visualisation-procedures.

ClimEx further strengthens the international collaboration between Bavaria and Québec as research facilities, universities and public water agencies intensify their former cooperation approaches.

Events & Conferences

ClimEx Project Meeting and Workshop, June 20th – 23rd 2016, Munich, Germany

Publications

- Presentations at ICRC CORDEX conference, May 17th – 20th 2016, Stockholm, Sweden
- Presentations at EGU general Assembly, April 17th – 22th, 2016, Vienna, Austria

Fast Facts

Project duration

2015 – 2019

Kontaktperson

Dr. Gilbert Brietzke

Funding agency

Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection

Partner institutions

- LMU Munich
- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Ouranos - Climate Scenarios and Services Group
- Centre d'Expertise hydrique du Québec (CEHQ)
- École de Technologie Supérieure (ETS) Montreal (PQ)

Website

<http://www.climex-project.org>

- Leibniz-Rechenzentrum

2.1.2 Virtuelles Alpen-Observatorium II (VAO-II)

Auf Initiative der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) auf der Zugspitze bündelt das Netzwerk „Virtuelles Alpen-Observatorium“ (VAO) die Forschungsaktivitäten der alpinen Höhenforschungsstationen in Italien, Frankreich, der Schweiz, Österreich, Norwegen und Deutschland.

Für die umweltwissenschaftlichen Forschungen im VAO entwickeln DLR, LRZ, UFS und Uni Augsburg das AlpEnDAC als kollaborative Datenarchivierungs-, Datenanalyse- und Simulationsplattform. Das AlpEnDAC initiiert einen Informationsaustausch und integriert somit entscheidend die Forschungsaktivitäten der im Alpenraum und auf der UFS aktiven Gruppen.



Das **LRZ** entwickelt für das AlpEnDAC, neben einem Massenspeicher-Backend auf Basis des iRODS-Datenmanagementsystems, eine Simulationskomponente („Computing on Demand“). Sie ermöglicht Forschern, auch wenn sie nicht computeraffin sind, Simulationen auf LRZ-Ressourcen (z.B. der LRZ Compute Cloud) direkt vom Web-Frontend aus zu triggern und diese zur Dateninterpretation zu nutzen.

Highlights in 2016

2016 wurden Frontend (Hauptarbeit UAU/DLR) sowie Datenbackend (UAU/DLR/LRZ) und Simulationsbackend (LRZ) stabilisiert und in den Produktivbetrieb überführt. Die Simulationskomponente erlaubt derzeit Simulationen mit den Codes FLEXTRA und FLEXPART, welche dem Forscher ermöglichen, die Herkunft von auf den Observatorien analysierten Luftmassen auf Basis von GFS/ECMWF-Windfeldern zu untersuchen. Dies deckt einen der prominentesten Simulations-Anwendungsfälle im betreffenden Wissenschaftsbereich ab, was sich in einer steigenden Nutzung der Simulationskomponente und einem entsprechenden Publikationsoutput (ca. 3 Konferenzbeiträge und ein submittierter Zeitschriftenartikel in 2016) widerspiegelt. Betriebswichtige Komponenten am LRZ sind das GFS- und ECMWF-Wetterdatenarchiv auf dem LRZ-DSS (wo auch täglich auf dem LRZ-Linux-Cluster gerechnete WRF-Wettersimulationen abgespeichert werden), sowie die LRZ Compute Cloud, auf der die vom Web aus angeforderten Simulationen ausgeführt werden.

Konferenzen & Veranstaltungen (Auswahl)

- AGU Fall Meeting, 12.-16. Dezember 2016, San Francisco: Poster "On-demand Simulation of Atmospheric Transport Processes on the AlpEnDAC Cloud"
- VAO-II PhD Workshop, 9. März 2016, Neuherberg

Steckbrief

Projektlaufzeit

1.8.2014 – 31.9.2017

Kontaktperson

Dr. Anton Frank, Dr. Stephan Hachinger

Förderorganisation

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

Website

www.alpendac.eu

Partnerinstitutionen

- Umweltforschungsstation Schneefernerhaus
- Technische Universität München
- Umweltbundesamt
- Leibniz-Rechenzentrum
- Helmholtzzentrum für Gesundheit und Umwelt
- Ludwig-Maximilians-Universität München
- Karlsruher Institut für Technologie
- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Universität Augsburg
- Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt

2.2 ComPat

Multiscale phenomena are ubiquitous and they are the key to understanding the complexity of our world. Despite the significant progress achieved through computer simulations over the last decades, we are still limited in our capability to accurately and reliably simulate hierarchies of interacting multiscale physical processes that span a wide range of time and length scales, thus quickly reaching the limits of contemporary high performance computing at the tera- and petascale. Exascale supercomputers promise to lift this limitation, and this project will develop multiscale computing algorithms capable of producing high-fidelity scientific results, scalable to exascale computing systems. The main objective is to develop generic and reusable High Performance Multiscale Computing algorithms that will address the exascale challenges posed by heterogeneous architectures and will enable the researchers to run multiscale applications with extreme data requirements while achieving scalability, robustness, resiliency, and energy efficiency. Our approach is based on generic multiscale computing patterns that allow to implement customized algorithms to optimise load balancing, data handling, fault tolerance, and energy consumption under generic exascale application scenarios. This project will build an experimental execution environment using pan-European computing centers, to measure performance characteristics and develop models that can provide reliable performance predictions for emerging and future exascale architectures. The viability of the approach will be demonstrated by implementing nine grand challenge applications which are exascale-ready and pave the road to unprecedented scientific discoveries. The ambition is to establish new standards for multiscale computing at exascale, and to provision a robust and reliable software technology stack that empowers multiscale modellers to transform computer simulations into predictive science.



Highlights in 2016

The Experimental Execution Environment (EEE) users' manual was prepared and hosted by LRZ. A „scheduled downtime database“ was implemented and a web interface was designed for it. Service availability tracking was implemented. We have started to accept Polish SimpleCA certificates as a back-up method for people who don't have regular Grid certificates. QCG is now run on all project sites. Work unifying the ComPat software stack was started. We have deployed initial environment modules and agreed upon naming conventions.

Conferences & Events

An all hands meetings took place in Garching from October 10 to October 15 of 2016.

Fast Facts

Project Duration

1.10.2015 – 31.9.2018

Contact person

Dr. Vytautas Jančauskas

Funding agency

European Commission

Website

<http://www.compat-project.eu>

Partner Institutions

- Universiteit van Amsterdam
- University College London
- Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk
- Max Planck Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V.
- Universiteit Leiden
- Science and Technology Facilities Council
- ARM Limited
- CBK Sci Con Limited
- Leibniz Supercomputing Centre
- Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
- Brunel University

2.3 Generic Research Data Infrastructure (GeRDI)

Das GeRDI-Projekt nimmt sich zum Ziel, bestehende und zukünftige Forschungsdatenspeicher in ganz Deutschland virtuell miteinander zu verknüpfen. Universitäten sollen dabei unterstützt werden, ihre bereits bestehenden Datenspeicher zu vernetzen bzw. eigene neue, vernetzte Forschungsdatenspeicher aufzubauen. Alle Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen in Deutschland, speziell mit kleineren Datenmengen (Stichwort ‚Long Tail of Science‘), sollen disziplinübergreifend Forschungsdaten ablegen, teilen und nutzen können. Dabei soll der gesamte Datenlebenszyklus (vom Erzeugen, Aufbereiten, Analysieren, Archivieren bis zum Weiterverwenden der Daten) unterstützt werden. GeRDI orientiert sich hierbei an der Idee der European Open Science Cloud, ergänzt bestehende Infrastrukturkonzepte für das Forschungsdatenmanagement und führt diese weiter.



In der ersten Phase, angesetzt auf drei Jahre, werden drei Pilot-Datenzentren für das Management von Forschungsdaten miteinander verknüpft. Als eines dieser Pilot-Datenzentren wird das LRZ sein Hauptaugenmerk auf die Communities der Umweltwissenschaften legen. In Phase II des Projektes soll die entwickelte Lösung in ganz Deutschland ausgerollt werden.

Das LRZ übernimmt die Leitung des Arbeitspakets Pilotbetrieb. Dieses umfasst die Einrichtung und den Betrieb der Hard- und Softwareinfrastruktur, das Community-Management mit den entsprechenden Fachcommunities, sowie die Evaluation des Proof-of-Concepts und von Sicherheitsaspekten.

Highlights in 2016

Konferenzen & Veranstaltungen

- RDA Deutschland Treffen, 28./29.11.2016, Potsdam
- GeRDI-Kickoff, 5./6.12.2016, Bonn

Steckbrief

Projektlaufzeit 1.11.2016 – 31.10.2019	Partnerinstitutionen <ul style="list-style-type: none"> • ZBW – Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft • Leibniz-Rechenzentrum • TU Dresden • DFN-Verein • Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Kontaktperson Tobias Adolph	
Förderorganisation Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)	
Website www.gerdi-project.de	

2.4 Dynamical Exascale Entry Platform Extended Reach (DEEP-ER)

DEEP-ER advances the Cluster-Booster architecture developed in the predecessor project DEEP from a hardware point of view in terms of processor technology, network interconnect, and storage. Moreover it extends the software co-design aspect with main focus on highly scalable I/O through advancing the BeeGFS, Exascale10, and SIONlib as well as advancing resiliency through task-based resiliency techniques and scalable checkpoint/restart.

Within the application workpackage of the DEEP-ER project LRZ strengthened its knowledge base in code performance evaluation, code optimization, as well as evaluating emerging technologies and concepts through the co-design process of the project. Here, LRZ focuses on a state of the art research code for earthquake faulting and scenario simulations.

In more concrete terms, LRZ contributes to improving I/O efficiency taking into account the aforementioned DEEP-ER I/O software stack and therefor makes the application code more resilient and scalable.

The co-design aspect of the project enables reporting bottlenecks early on and therefore helps improving final system- and application performance. The benchmarking efforts and experiences gained are also utilised in the procurement processes of next generation installations at LRZ.

LRZ also manages the project's dissemination and training activities ensuring the projects' visibility to the HPC community, the European Commission and the general public through a variety of communication channels.

Events and Conferences

- Presentations at SC16, November 13th – 18th 2016, Salt Lake City, United States
- Presentations ISC16, June 19th – 23rd 2016, Frankfurt, Germany

Fast Facts

Project duration

10/2013 – 3/2017

Contact Person

Sabrina Eisenreich/Dr. Gilbert Brietzke

Funding agency

European Commission

Website

<http://www.deep-er.eu>

Partner institutions

- Astron
- Barcelona Supercomputing Center
- CINECA
- Eurotech
- Fraunhofer ITWM
- German Research School for Simulation Sciences
- INRIA
- Intel
- Jülich Supercomputing Centre
- Katholieke Universiteit Leuven
- Leibniz-Rechenzentrum
- ParTec
- Seagate
- Universität Heidelberg
- Universität Regensburg

2.5 FEPA: Flexibles Framework zur Energie- und Performanceanalyse hochparalleler Applikationen im Rechenzentrum

Das Ziel von FEPA ist die Realisierung einer Monitoringssoftware zur systematischen Effizienzanalyse von Applikationen in Abhängigkeit der Charakteristiken großer HPC-Systeme. Neben der gezielten Optimierung bezüglich Anwendungsleistung und Energieverbrauch von Applikationen sollen im Projekt Erkenntnisse gewonnen werden, die eine Senkung des Energieverbrauchs durch angepasste Ausführungsmodalitäten (Frequenzanpassung, Nutzung weniger Kerne/Socket, etc.) bei vertretbaren Laufzeit-zugeständnissen ermöglichen. Die Voraussetzungen für die Entwicklung eines integrierten Monitoring-Werkzeuges bilden unter anderem die entwickelten Monitoring-Systeme aus den Vorgängerprojekten ISAR und TIMaCS. Ein weiteres Ziel des FEPA-Projekts ist die Umsetzung eines Performance-Engineering-Prozesses. Im Rahmen dieses Projektes soll u.a. das am LRZ eingesetzte Monitoring-Tool „PerSyst“ weiterentwickelt werden.

Im Verlauf ihrer im Jahr 2015 erfolgreich abgeschlossenen Promotion entwickelte eine LRZ Mitarbeiterin ein Verfahren für ein systemweites Monitoring mit integrierter Leistungsanalyse (PerSyst), das nun am LRZ routinemäßig eingesetzt wird. Die Leistungsanalysen erfolgen dabei an Hand von Strategy-Maps, in denen Expertenwissen für das Aufdecken von Leistungsengpässen in Anwendungen codiert sind. Die Skalierbarkeit des PerSyst-Tools wird durch eine hierarchisch verteilte Architektur erreicht, die so aufgebaut ist, dass die Netzwerkbelastung für das Sammeln von Daten minimiert wird. Damit steht nun am LRZ eine Infrastruktur zur Überwachung der beiden wichtigsten Betriebsparameter Anwendungsleistung und Energieeffizienz zur Verfügung. Die in einer Datenbank abgelegten Daten können von Benutzern und LRZ-Beratungspersonal für die Analyse von HPC-Anwendungen mittels eines Web-Frontendes genutzt werden.

Die Arbeiten zu FEPA wurden im Sommer 2016 abgeschlossen. Das Framework wird routinemäßig zur Analyse von Jobs am LRZ eingesetzt. Ab Herbst 2016 arbeitete ein Praktikant an der weiteren Verbesserung der Benutzeroberfläche und an der besseren Strukturierung des Quellcodes.



Abbildung 3: Persyst-Frontend zur Visualisierung von Performance und Energie

Highlights in 2016

FEPA Abschlussbericht

Steckbrief

Projektlaufzeit

1.7.2013 – 30.6.2016

Kontaktperson

Dr. Matthias Brehm

Förderorganisation

BMBF (Call: HPC-Software für skalierbare Parallelrechner)

Partnerinstitutionen

- Friedrich-Alexander-Universität
- Leibniz-Rechenzentrum
- NEC Deutschland GmbH

2.6 Software zur Energieoptimierung

Um künftig unabhängig von kommerziellen Scheduling-Lösungen die in Kooperation mit IBM entwickelte „Energy Aware Scheduling“-Funktionalität auf LRZ HPC-Systemen nutzen zu können, wurde in 2015 damit begonnen, das PerSyst-Tool – ein am LRZ entwickeltes Tool zur Überwachung der Applikations-Performance und der elektrischen Leistung – um folgende Funktionen zum Profiling sowie zur Laufzeit- und Energieverbrauchsvorhersage von Anwendungen zu erweitern:

- Vorhersage von Anwendungsausführungszeit und Energieverbrauch für alle erlaubten Prozessorfrequenzen durch ein Energie-Laufzeit-Modell. Dies war auch Hauptbestandteil der Arbeiten im mittlerweile abgeschlossenen Projekt AutoTune (www.autotune-project.eu).
- Optimale Einstellung der Prozessorfrequenz bei allen künftigen Anwendungsausführungen auf dem System
- Reporting der Energy-to-Solution für alle Anwendungen.

Ein PerSyst-Prototyp, der diese Funktionalitäten unterstützt, wurde entwickelt und im Berichtsjahr am CoolMUC2-Cluster eingesetzt. Hierbei wurde ein Energie- und Laufzeit-Modell für die Haswell-Architektur entwickelt und mit Applikationen getestet. Die systemweite Analyse von Applikationen hat gezeigt, dass noch weitere Anpassungen notwendig sind, was durch das Hinzufügen von weiteren Metriken zur Bestimmung der Applikationscharakteristiken erfolgen soll.

2.7 Intel® Parallel Computing Center (IPCC)

Intel® Parallel Computing Centers sind in ihren Bereichen führende wissenschaftliche Institutionen und Universitäten, welche sich auf die Modernisierung von wissenschaftlicher Software und Anwendungen konzentrieren. Dabei steht die Verbesserung der parallelen Effizienz und der Skalierbarkeit durch die Optimierung von Multi-Threading und der Rechenkernnutzung, der Cache-Zugriffe und der Vektorisierung im Mittelpunkt. Das gemeinsame IPCC von LRZ und Technischer Universität München (TUM) beschäftigt sich mit der Optimierung von vier weitverbreiteten Anwendungen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften, wobei sich das LRZ auf die numerische Astrophysik-Anwendung Gadget fokussiert, welche zur Simulation der kosmischen Strukturbildung genutzt wird.

Wichtige Aspekte in 2016 waren die Erhaltung eines Testzugangs zu einer Intel Knights Landing (KNL) Test-Plattform. Des Weiteren wurde in 2016 der weiterentwickelte und optimierte Gadget-Rechen-Kernel erfolgreich auf Intel Xeon (Ivy Bridge) und der Xeon-Phi-Plattform der ersten Generation (Knights Corner) getestet, wobei festzuhalten ist, dass die Anwendungsleistung auf all diesen Plattformen inklusive KNL von den eingeführten Verbesserungen stark profitiert. Verglichen mit der ursprünglichen Version, wurde die Anwendungsleistung um den Faktor 17 beschleunigt. Auch das Potential der automatischen Vektorisierung des Intel-Compilers wurde durch die Arbeit des IPCCs deutlich verbessert, so dass auf der KNL-Plattform eine Anwendungsbeschleunigung um den Faktor 6,6x bei 83% Vektorisierungseffizienz erreicht wurde.

Die erste Finanzierungsperiode des IPCCs endete im Juli 2016. Auf Grund der bisher erreichten Ergebnisse hat Intel eine Verlängerung um weitere 2 Jahre ab Oktober 2016 bereitgestellt.

2.8 KONWIHR Software-Initiative

Die Software-Initiative des Kompetenznetzwerks für technisch-wissenschaftliches Hoch- und Höchstleistungsrechnen in Bayern (KONWIHR) zielt darauf ab, in enger Zusammenarbeit zwischen Forschungsgruppen und Rechenzentren, die effiziente Nutzung von HPC-Ressourcen durch die Anwendungswissenschaftler zu verbessern. Zudem sollen die Rechenressourcen auch für Forschergruppen ohne bisher fundierte HPC-Kenntnisse zugänglicher und leichter nutzbar werden. Zur Bearbeitung der einzelnen Projekte arbeitet ein Mitarbeiter der Partnerorganisation die Hälfte seiner Arbeitszeit am LRZ, wobei aufkommende Probleme in einem wöchentlichen Treffen mit LRZ-Mitarbeitern diskutiert und Lösungsansätze entwickelt werden.



Folgende KONWIHR-Projekte wurden von den Application Labs im Jahr 2016 unterstützt:

- Prof. Dr. Bernd Bischl: Implementierung und Evaluation eines Verfahrens zur automatischen, massiv-parallelen Modellselektion im Maschinellen Lernen (BigData Lab)
- Prof. Dr. Hans-Joachim Bungartz, Dr. Philipp Neumann, Optimization of a multi-functional shallow water solver for complex overland flows (CFD Lab)
- Prof. Dr. Harald Kunstmann, Dr. Dominikus Heinzler, Variable resolution meshes in numerical weather prediction and climate research on massively parallel systems: use of accelerators and parallel I/O in the Model for Predictions Across Scales (MPAS) (Geo Lab)
- Prof. Dr. Hartmut Ruhl, Dipl.-Phys. Karl-Ulrich Bamberg, Plasma Simulation Code – “Advanced Loadbalancing”, Visualisierung und Gauß-Projekt-Unterstützung (Astro Lab)
- Prof. Markus Ege: Genetic and microbial determinants of childhood asthma and their interactions (BigData Lab)
- Prof. Burkhard Rost: High Performance Handling and Management of Sequence Analysis Results in PredictProtein (BigData Lab)
- Prof. Bernd Meyer: Improving the Parallelism of Ultrasoft Pseudopotential Calculations (Bio Lab)

Steckbrief

Kontaktperson

Dr. Ferdinand Jamitzky

Partnerinstitutionen

- Leibniz-Rechenzentrum
- Regionales Rechenzentrum Erlangen
- Institute for Computational Mechanics, TUM
- Department of Mechanical Engineering, TUM
- Physics Department, TUM
- Computer Chemie Centrum, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Department of Physics, University of Iowa, USA
- Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, USA
- Biofluid Simulation and Modeling Group, Physics Department, Universität Bayreuth
- Aerodynamics and Fluid Mechanics, TUM
- Mechanics & High Performance Computing Faculty of Mechanical Engineering, TUM.
- Department of Geography, Augsburg University
- IMK-IFU, KIT Garmisch-Partenkirchen
- Hydromechanik, TUM
- Max Planck Institute for Plasma Physics, Garching.
- Institut für Physik, Universität Augsburg
- DLR Oberpfaffenhofen
- Institute of Fluid Mechanics, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg
- CoMeT Continuum Mechanics Technologies GmbH, Erlangen
- CD-adapco, Nürnberg
- Physikalische Chemie II, Universität Bayreuth

2.9 Mont-Blanc & Mont-Blanc 2

The race to Exascale poses significant challenges to the HPC community in terms of power and energy consumption constraints. In addition to designing and deploying energy-efficient hardware, future HPC systems will necessarily need to cope with these problems by accurately monitor both their consumed power and energy and by implementing strategies and policies that facilitate their reduction.



Since October 2011, the Mont-Blanc project tried to address these challenges by designing a new type of computer architecture built from energy-efficient solutions used in embedded and mobile devices. Coordinated by the Barcelona Supercomputing Centre (BSC), the project had a budget of over 14 million, including over 8 million Euros funded by the European Commission. Two years later, the project received additional 8 million Euro funds to initiate a second phase (Mont-Blanc 2), further extending its research activities until the end of January 2017. In this last phase of the project, research efforts have been made to enable further developments of the OmpSs parallel programming model, transparent application check pointing for fault tolerance, support for ARMv8 64-bit processors, and the initial design of the Mont-Blanc Exascale architecture.

In line with its vision, LRZ had the primary role of advocating an energy-efficient operation of the system by conducting research activities in Work Package 4. In the first phase of the project, LRZ developers implemented a fine-grained monitoring tool that, among other system parameters, is capable of retrieving the power consumption of the platform at the granularity of a computing node. In the second phase of the project, LRZ researchers successfully collaborated with software developers from Bull/Atos for the deployment and test of three experimental scheduling algorithms that introduce energy-aware features

in the resource and job scheduling management system, specifically the Power Adaptive Scheduling (PAS) algorithm, the Energetic Fairshare Scheduling (EFS) algorithm and the Energy Cap Scheduling algorithm. In addition to these activities, LRZ researchers developed a proof-of-concept for fingerprinting scientific applications, allowing the scheduler for optimal selection of CPU frequency consequently leading to a more energy-efficient operation of the system.

Highlights in 2016

- Best Paper Award nomination at SC16, Salt Lake City (UT), USA.
- Deployment of three energy-aware scheduling mechanisms in collaboration with Bull/Atos on the Mont-Blanc platform
- Early results on Application Fingerprinting mechanisms for energy-efficient system operation.

Events and Conference

- European HPC Summit Week, 9-12 May 2016, Prague / Czech Republic
- Co-hosted EMIIT (Emerging Technologies) Conference, June 2-3, 2016, Barcelona, Spain
- ISC'16, 19-23 June 2016, Frankfurt/Germany
- SC16, 13-18 November 2016, Salt Lake City (UT) / United States
- ARM: On the Road to HPC, 16 January 2017,

Publications:

Rajovic, Nikola, et al: "The Mont-Blanc prototype: an Alternative Approach for HPC Systems". In: Proceedings of SC16. The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis. IEEE Press. Nov. 2016. ISBN: 978-1-4673-8815-3.

Fast Facts

Project duration

01/10/2013 – 31/01/2017

Contact person

Dr. Daniele Tafani

Funding agency

European Commission FP7

Website

www.montblanc-project.eu

Partner institutions

- Bull
- ARM
- Allinea
- Leibniz Supercomputing Centre
- Jülich Supercomputing Centre
- CNRS
- CINECA
- Barcelona Supercomputing Centre
- University of Bristol
- CEA
- INRIA
- HLRS
- Universidad de Cantabria

2.10 PRACE Fourth Implementation Phase Project (PRACE-4IP)



The purpose of the PRACE Research Infrastructure is to provide a sustainable high-quality infrastructure for Europe that can meet the most demanding needs of European HPC user communities through the provision of user access to the most powerful HPC systems available worldwide at any given time. In tandem with access to Tier-0 systems, the PRACE project will foster the coordination between national HPC resources (Tier-1 systems) to best meet the needs of the European HPC user community.

PRACE AISBL and its members collaborate in PRACE-4IP, the Fourth PRACE Implementation Phase project co-ordinated by Forschungszentrum Jülich (JUELICH) on behalf of PRACE AISBL. PRACE-4IP is designed to build on and seamlessly continue the successes of the Partnership for Advanced Computing in Europe (PRACE) and start new innovative and collaborative activities. These include assisting the transition to PRACE 2; strengthening the internationally recognised PRACE brand; preparing strategies

and best practices towards exascale computing, coordinating and enhancing the operation of the multi-tier HPC systems and services, and supporting and educating users to exploit massively parallel systems and novel architectures. The following activities are central to PRACE-4IP:

- Ensure long-term sustainability of the infrastructure.
- Promote Europe's leadership in HPC applications.
- Increase European human resources skilled in HPC and HPC applications.
- Support a balanced eco-system of HPC resources for Europe's researchers.
- Evaluate new technologies and support Europe's path for using ExaFlop/s resources.
- Disseminate effectively the PRACE results.

LRZ contributes to the Work Packages WP4 (Training), WP5 (HPC Commissioning and Prototyping) and WP7 (Application Enabling and Support).

As a GCS member organisation, LRZ is one of six European „PRACE Advanced Training Centres“ (PATC) established in 2012 that offer state-of-the-art HPC courses and workshops for interested users from throughout Europe. The PATC programme is organised and coordinated by the participating centres through work package WP4 (“Training”). In 2016, over 180 visitors attended six PATC events at LRZ. The LRZ PATC contribution in the areas of advanced HPC programming, Fortran and Intel Xeon Phi programming, as well as node-level-optimisation are now well-established components of the PATC curriculum, and are considered essential for the future. A new course “Introduction to hybrid programming in HPC” was added to LRZ's curriculum. The very successful 5-day “21st VI-HPS Tuning Workshop” was also organised as a PATC event at LRZ.

Within the work package WP7 (“Application Enabling and Support”), LRZ leads the activity to create “Best Practice Guides” for the efficient use of current and future HPC architectures. This successfully continues the series of sixteen previously published guides (see <http://www.prace-ri.eu/best-practice-guides/>) that was initiated in PRACE-1IP. The following new Best Practice Guides are written within PRACE-4IP:

- Intel Knights Landing,
- Intel Haswell/Broadwell,
- GPGPU (Update of the GPGPU Best Practice Mini-Guide written in PRACE-2IP),
- Intel Xeon Phi (Intel Knights Corner, Update of the Intel Xeon Phi Best Practice Guide written in PRACE-3IP)

Highlights in 2016

Events

- PRACE PATC Course: Introduction to hybrid programming in HPC, LRZ, 14.1.2016
- PRACE PATC Course: Advanced Topics in High Performance Computing, LRZ, 4.-7.4.2016
- PRACE PATC Workshop: 21st VI-HPS Tuning Workshop, LRZ, 18.-22.4.2016
- 7th European Workshop on HPC Centre Infrastructures, LRZ, 19.-22.4.2016
- PRACE PATC Course: Intel MIC Programming Workshop, LRZ, 27.-29.6.2016
- PRACE PATC Course: Advanced Fortran Topics, LRZ, 12.-16.9.2016
- PRACE PATC Course: Node-Level Performance Engineering, LRZ, 1.-2.12.2016

Publications

- Volker Weinberg, New PATC Course: Introduction to hybrid programming in HPC, inSiDE Vol. 14 No. 1, p. 103, 2016
- Anupam Karmakar, Volker Weinberg, Brian Wylie, 21st VI-HPS Tuning Workshop at LRZ, in-SiDE Vol. 14 No. 2, p. 28ff, 2016

Fast Facts

Project duration

01.02.2015 - 30.04.2017

Contact person

Torsten Wilde / Dr. Volker Weinberg

Funding agency

European Commission Horizon 2020

Website<http://www.prace-ri.eu/prace-fourth-implementation-phase-prace-4ip-project/>**Partner institutions**

- JUELICH- Forschungszentrum Jülich GmbH (Germany, Coordinator)
- GCS – Gauss Centre for Supercomputing (GCS) e.V. (Germany)
- HLRS – Hochleistungsrechenzentrum Stuttgart (Germany)
- GENCI – Grand Equipement National de Calcul Intensif (France)
- EPCC – The University of Edinburgh (United Kingdom)
- BSC – Barcelona Supercomputing Center – Centro Nacional de Supercomputacion (Spain)
- CSC – Tieteen Tietotekniikan Keskus OY (Finland)
- ETHZ – Eidgenössische Technische Hochschule Zuerich (Switzerland)
- SURFSARA BV – SURFsara BV (The Netherlands)
- JKU – Johannes Kepler Universitaet Linz (Austria)
- SNIC – Uppsala Universitet (Sweden)
- CINECA Consorzio Interuniversitario (Italy)
- PSNC – Instytut Chemii Bioorganicznej Pan W Poznaniu (Poland)
- SIGMA2 – Uninett Sigma2 AS (Norway)
- GRNET – Greek Research and Technology Network S.A. (Greece)
- UC-LCA – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (Portugal)
- NUI Galway – National University of Ireland, Galway (Ireland)
- UYBHM – Istanbul Technical University, Ayazaga Campus (Turkey)
- CaSToRC – The Cyprus Institute (Cyprus)
- NCSA – National Centre for Supercomputing Applications (Bulgaria)
- IT4I-VSB – Technical University of Ostrava (Czech Republic)
- NIIF – Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Intézet (Hungary)
- UCPH – Københavns Universitet (Denmark)
- IUCC – Inter University Computation Center (Israel)
- PRACE – Partnership for Advanced Computing in Europe AISBL (Belgium)
- ULFME – University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering (Slovenia)
- CCSAS – Computing Centre of the Slovak Academy of Sciences (Slovakia)

2.11 Czech-Bavarian Competence Team for Supercomputing Applications (CzeBaCCA)

The Czech-Bavarian Competence Centre (CzeBaCCA) was established in January 2016 by the Leibniz Supercomputing Centre (LRZ), the Department of Informatics of the Technical University of Munich (TUM) and the IT4Innovations National Supercomputing Centre of the Czech Republic to foster the Czech-German collaboration in high performance computing

The recently inaugurated Czech supercomputer SALOMON serves as a perfect role model for training and optimisation efforts since it is the biggest Intel Xeon Phi (KNC) based system currently operating in Europe.

The aim of the initiative is threefold:

- to establish well-trained supercomputing communities,
- to improve simulation software and,
- to foster the Czech-German collaboration in scientific simulation using supercomputers.

One of the main objectives of the Competence Centre is to trigger new collaborations between German and Czech scientists via scientific workshops and many-core architecture specific technical trainings.

The successful series of workshops was initiated in February 2016 with an introductory MIC programming workshop and a symposium on “SeisMIC – Seismic Simulation on Current and Future Supercomputers” at IT4Innovations. The series was continued with an extended MIC workshop concentrating on simulations on the Intel Xeon Phi based SuperMIC cluster at LRZ combined with a scientific workshop on “High Performance Computing for Water Related Hazards” in June 2016 at LRZ.

The project is funded by the Federal Ministry of Education and Research.

Highlights in 2016

Events

- Intel MIC Programming Workshop, 3 – 4 February 2016, Ostrava, Czech Republic
- Scientific Workshop: SeisMIC - Seismic Simulation on Current and Future Supercomputers, 5 February 2016, Ostrava, Czech Republic
- PRACE PATC Course: Intel MIC Programming Workshop, 27 - 29 June 2016, Garching, Germany
- Scientific Workshop: High Performance Computing for Water Related Hazards, 29 June - 1 July 2016, Garching, Germany

Publications

- M. Bader, Arndt Bode, Volker Weinberg, Momme Allalen, Branislav Jansík, Martin Palkovic, Vít Vondrák, Ondřej Jakl: New Czech-Bavarian Competence Centre for Supercomputing Applications established, inSiDE Vol. 14 No. 1 p. 76f, 2016
- Michael Bader, Momme Allalen, Fabio Baruffa, Arndt Bode, Anton Frank, Volker Weinberg, Ondřej Jakl, Branislav Jansík, Martin Palkovic, Vít Vondrák: "Intel MIC Programming" & "HPC for Water Related Hazards" Workshops @ LRZ, inSiDE Vol. 14 No. 2, p. 25ff, 2016

Fast Facts

Project Duration

1.1.2016 – 1.7.2017

Contact person

Dr. Volker Weinberg

Funding agency

Federal Ministry of Education and Research (BMBF)

Website

<https://www.lrz.de/forschung/projekte/forschung-hpc/CzeBaCCA/>

Partner Institutions

- Leibniz Supercomputing Centre
- Technical University Munich
- IT4Innovations

2.12 GÉANT

GÉANT is the pan-European data network for the research education community. It interconnects national research and education networks (NRENs) across Europe in the Research & Education (R&E) community. GÉANT currently connects over 50 million users at 10,000 institutions across Europe, enables collaboration on projects ranging from biological science to earth observation, humanities, and arts. GN3plus and GN4 are projects funded by the European Commission to develop new network functionalities. The project members belong to the European NRENs or the head organization, GÉANT Association.



Highlights in 2016

Identity Management:

The LRZ provided until end of 2016 the task leader of the Joint Research Activity 3 Task 1 (JRA3 T1) to support campuses and federations. This includes a new version of the Code of Conduct, which incorporates the new revision of the European Data Protection, changes to profiles and recommendations as well as the categorization according to the Code of Conduct in the entities metadata. Furthermore, a software solution to obtain statistical data for eduGAIN, based on eduroams F-Tick format has been developed.

In order to better support small federations and every single identity provider, an IdP as a service solution is being worked on. This also takes into account TIER from the US federation InCommon. A survey was carried out on several federations, with the result that there's great interest in such a service, even if it's cost-related. Another work package is SIRTFI, a framework to establish security incident response processes for FIM. An interview has been prepared to understand the motivation of (explicitly not) implementing SIRTFI. Also, a checklist for helping entities during an incident has been developed. Task 2 focused on service providers and communities and worked on a simplified process (simple SP registration) for participating in the inter-federation eduGAIN. Another work package is the development of an identity assurance service including investigation of delivery models such as step-up, aggregation or reuse of NREN's assurance services.

Next generation of trust and identity services is part of task 3. To make OpenID Connect (OIDC) federation and inter-federation capable a project plan was set up. So OIDC will play an important role besides the dominant SAML-based environments in the near future. Spreading multi-factor authentication (MFA) based authentication in (inter-)federations, the LRZ provided a draft of a MFA profile and also recommendation using different MFA solutions. In coordination with the REFEDS user group and representatives of the AARC project the MFA profile has to be finalized.

Software-defined Networking:

Starting with phase 1 of the GN4 project, LRZ's research activities focus on transparent IP roaming based on the Zero Touch principle and the implementation of two SDN use cases: Infrastructure and Network as a Service (INaaS, based on OpenStack) and SDN Exchange (SDX, based on the ONOS SDN IP application). Starting phase 2 in May 2016 the next steps for testing and implementing these SDN use cases has been planned:

- SDX L2 Use Case
L2 Open-Exchange-Point (GEANTPlus) based on SDN (ONOS)
- SDX L3 Use Case
Internet-Exchange-Point based on SDN
- SDN BoD Use Case
NSI/BoD domain based on SDN including QoS features
- (Optical) Transport SDN Use Case
Control Infinera OTN switches via ONOS app

Now T2 also cooperates with ONLAB, the company responsible for ONOS. This ensures that tools developed by GÉANT can be easily integrated.

Security:

LRZ is still involved in the validation and security audits of newly developed GÉANT services. Each new service must be reviewed and audited by a team of experts from several areas across Europe before publicly released. In 2016, LRZ participated in the audit of 'Firewall on demand' (FoD) in the areas of software and documentation quality.

Since November 2015, LRZ also leads the network security task SA3 T1 in GN4-1 and JRA2 T6 in phase 2. The goal of these tasks is the specification and development of network security services: Firewall on Demand, Reputation Shield and DDoS mitigation. Additionally the idea of providing a security testbed based on the GÉANT Testbed Service (GTS) came up. Detection of malicious network activities based on flow monitoring mechanisms; sharing detected security events and automatically blocking attacks targeting systems connected to the GÉANT's and NRENs' networks in a very early stage. On the other hand JRA2 T6 focuses on certificate transparency, a mechanism for certificate validation helping users surfing the web to identify websites with faked certificates based on a Merkle-tree-based logfile. Even website providers or certificate authorities can profit using CT mechanisms (e.g. monitors) to find certificates issued for their domain.

Service Monitoring:

Ensuring service quality is one of the major challenge to be met delivering it-services. To monitor and measure those quality parameters JRA2 T4's goal is to develop a network-performance monitoring system used for GÉANT testbed service as well as static and dynamic links between several NRENs and connected institutions. Another monitoring system will be developed in JRA4 T3. This task focuses on real-time communication (WebRTC). LRZ provides STUN/TURN services for using WebRTC behind firewalls or NAT devices and is leading the development of the monitoring system.

Cloud Services:

LRZ was still active in GÉANT's cloud activities. LRZ contributes to the questionnaire containing questions to elicit the NRENs' requirements related to data security and privacy aspects and provided a simple tool calculating a risk score based on data classification. In phase 2 of GN4 in JRA4 T3, the direct follow-on project, LRZ staff added valuable content to a cookbook helping NRENs to find the right cloud service provider.

Events and Conferences

- 2nd GTS Tech+Futures Workshop, 16-17 February 2016, Utrecht, Netherlands
- 2nd SIG-ISM Workshop, 21-22 February 2016, Copenhagen, Denmark
- GN4 Secure Code Training, 01-03 March 2016, Berlin, Germany
- GÉANT Symposium, 08-09 March 2016, Vienna, Austria
- TNC 2016, 13-16 June 2016, Prague, Czech Republic
- Internet2 Technology Exchange 2016, 26-30 September 2016, Miami, USA

Fast Facts

Project duration

GN4-1 01/05/2015 – 30/04/2016
GN4-2 01/05/2016 – 31/12/2018

Contact person

Stefan Metzger

Funding agency

European Commission FP7
European Commission Horizon 2020

Website

www.geant.org

Partner institutions

- Leibniz Supercomputing Centre
- TERENA/GÉANT Association
- AMRES
- RENATER
- NORDUnet
- SURFnet
- Leibniz Supercomputing Centre / DFN
- GARR
- PSNC

2.13 Forschungskoordination und Projektmanagement

In diesem Jahr hat das Forschungskoordinations-Team die Strukturierung des Projektmanagements weiter vorangetrieben. So wurde Anfang Februar für das Management der drittmittel-geförderten Projekte ein definierter Prozess im LRZ vorgestellt und hausweit eingeführt. Dieser Prozess dient nicht nur dazu, um die Abläufe zu vereinheitlichen und transparenter zu machen, sondern auch, um die oft vernachlässigten Phasen vor, zwischen und nach Beantragung bzw. Durchführung eines Förderprojekts bewusster in den Blick zu nehmen.



Kurz nach Einführung des Prozesses am LRZ hat auch das Forschungsreferat der BAdW Interesse gezeigt, diese Struktur zur Verwaltung des Akademienprogramms zu übernehmen. Der Prozess wurde im Rahmen von nun regelmäßig stattfindenden Treffen zwischen den Forschungsreferenten des LRZ und der BAdW diskutiert und detailliert. Darüber hinaus wurde in diesem Jahr ein Doktorandenseminar neu etabliert, das dazu dienen soll, die am LRZ promovierenden Wissenschaftler bei organisatorischen Fragen zu unterstützen und den wissenschaftlichen Austausch zu fördern.

Neben der administrativen, finanziellen und teilweise auch inhaltlichen Betreuung von 22 laufenden Drittmittelprojekten, im Zuge dessen auch das Tool zur Arbeitszeiterfassung um eine Komponente für Projektarbeitszeiten erweitert wurde, war das FOR-Team des LRZ an der Erstellung von über 25 Forschungsanträgen bei diversen Fördergebern (u.a. EU-Kommission, DFG, BMBF, BMWi, BayStMBW, BayStMUV, BayStMGP, Industrie) beteiligt.

Im Rahmen der Partnerschaftsinitiative „Computational Sciences“ wurden 14 Workshops mit Teilnehmern folgender Arbeitsgruppen bzw. Institutionen durchgeführt:

- TUM Bau Geo Umwelt, Hangrutschungen (Prof. M. Krautblatter)
- alpS GmbH, Innsbruck (Dr. E. Veuillet, Dr. M. Hama)
- TUM Bau Geo Umwelt, Geodäsie (Prof. R. Pail)
- TUM, Zentrum für Allergologie und Umweltmedizin (Prof. J. Buters)
Bay. StMin Gesundheit und Pflege, Referat Umweltmedizin (Dr. M. Hicke)
- TUM Maschinenwesen, Numerische Mechanik (Prof. W. Wall)
- Umweltbundesamt (Dr. L. Ries)
- Bay. StMin Umwelt und Verbraucherschutz, Referat Klimaforschung (Dr. M. Frede)
- TUM Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Ökoklimatologie (Prof. A. Menzel)
- LMU Physik, Tropische Meteorologie (Prof. R. Smith)
- LMU Geowissenschaften, Geographische Fernerkundung (Prof. A. Löw)
- KIT IMK-IFU, Uni Augsburg, Geographie (Prof. H. Kunstmann)
- LMU Geowissenschaften, Geologie (Prof. A. Friedrich)
- Mehrere Professoren und Forschungsreferenten der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf
- UNIKA-T, Universität Augsburg, Umweltmedizin (Prof. C. Traidl-Hoffmann)

Bei diversen Konferenzen, Meetings und Besuchen wurden viele weitere Kontakte für eine zukünftige wissenschaftliche Zusammenarbeit geknüpft bzw. gepflegt. Beispielhaft genannt seien etwa das Zentrum Digitalisierung Bayern (ZD.B), das Munich Centre for Technologies in Society (MCTS), das Munich Centre for Internet Research (MCIR), die Bayerische Staatsbibliothek (BSB), das Institute of Earth System Preservation (IESP), das Landesamt für Umwelt (LfU), das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA. Neben Konferenzen und Tagungen wurden auch öffentliche Veranstaltungen genutzt, um die Forschungstätigkeit des LRZ, die durch eine Vielzahl von Publikationen belegt ist, bekannter zu machen, so etwa beim Tag der offenen Tür in Garching oder den Münchner Wissenschaftstagen.

3 Darstellung des LRZ in der Öffentlichkeit

3.1 Allgemeine Öffentlichkeit und Medien - PR

Wie in den Vorjahren war das LRZ an Ständen bei der International Supercomputing Conference (ISC'16) in Frankfurt und der Supercomputing Conference (SC16) in Salt Lake City vertreten, s.u. Am LRZ wurden viele verschiedene nationale und internationale Tagungen, Kongresse und Schulungen abgehalten. Hier ragt das 22. Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST 2016) mit über 150 Teilnehmern heraus. Ferner konnte das LRZ wieder viele nationale und internationale Delegationen mit Forschergruppen, Planern und Politikern begrüßen.

Auch 2016 bildete das LRZ und sein SuperMUC den Hintergrund für verschiedene Filme und Videos. Im September 2016 hatte der vom FilmFörderFonds Bayern geförderte Spielfilm „Snowden“ des berühmten Hollywood-Regisseurs Oliver Stone Kinopremiere, in dem eindrucksvolle Szenen des SuperMUC zu sehen sind.

Am 30.11.2016 zeigte ARTE/ZDF einen Film von Holger Preuße über Gottfried Wilhelm Leibniz, bei dem Simulationen mit dem SuperMUC und Visualisierungen im V2C eine wesentliche Rolle spielten.

Auch für Berichte über Wissenschaftler aus der Ludwigs-Maximilians-Universität und der Technischen Universität München wurde der SuperMUC gern als Drehort gewählt.

Über das ganze Jahr hinweg wurden die Experten des LRZ immer wieder von hochrangigen Medien wie Bayerischer Rundfunk, Süddeutsche Zeitung, Zweites Deutsches Fernsehen oder Scientific Computing World als Gesprächspartner gesucht.

Am Tag der offenen Tür auf dem Forschungscampus Garching am 22.10.2016 nutzten insgesamt fast 1.600 Gäste die Gelegenheit, den Rechnerwürfel zu besichtigen oder an den Vorführungen im Zentrum für Visualisierung und Virtuelle Realität (V2C) teilzunehmen. Besonders beliebt waren auch dieses Jahr wieder die Führungen speziell für Kinder. Insgesamt wurden im Jahre 2016 3.311 Besucherinnen und Besucher bei 123 Führungen durch das Rechnergebäude des LRZ geführt. 1.612 Besucherinnen und Besucher erhielten bei 93 Veranstaltungen eine Vorführung im Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung des LRZ (V2C).

Bei den 16. Münchner Wissenschaftstagen von 12. bis 15.11.2016 war das LRZ mit einem eigenen „Marktstand der Wissenschaft“ vertreten. Dieser griff das übergeordnete Thema „Wasser – Ressource des Lebens“ mit dem Titel „Wasser im Computer?!“ auf. Vorgestellt wurde die Kühlung des SuperMUC mit warmem Wasser und die Simulation von Wasser im Computer wie bei Tsunamis. Die Attraktion war eine 3D-Visualisierung der Unterspülung von Brückenpfeilern mit einer Virtual Reality-Brille. Die Kurzvorträge für die Führungen der Schulklassen wurden noch sehr viel mehr in Anspruch genommen als in den Vorjahren. Anlässlich dieser Veranstaltung wurde auch ein Video über die Warmwasserkühlung erstellt, das seit dem auch online verfügbar ist, und zwar auf Deutsch (<http://www.lrz.de/wir/wissenschaftstage/>) und auf Englisch (http://www.lrz.de/wir/SC2016_en/).

Am 17.10.2016 nutzte das LRZ wie seit vielen Jahren die Möglichkeit, seine Dienste bei der LMU-Erstsemesterbegrüßung vorzustellen.

Im Laufe des Jahres wurden neue Versionen der Imagebroschüre des LRZ auf Deutsch und Englisch sowie anderer PR-Materialien des LRZ erstellt und bei allen Gelegenheiten den Besuchern angeboten.

Seit dem Herbst treffen sich auf Initiative der Pressestelle der BAdW Pressereferenten vieler wissenschaftlicher Organisationen im Großraum München mit dem Ziel, ihre Aktivitäten in der Öffentlichkeit zu koordinieren und Erfahrungen auszutauschen. Das LRZ bringt sich aktiv in den Austausch ein.

3.2 Hochleistungsrechnen

3.2.1 Supercomputing Konferenzen

Auch im Berichtsjahr präsentierte sich das LRZ auf den beiden Supercomputing Konferenzen, der Internationalen Supercomputing Conference ISC'16, die vom 19. – 23. Juni 2016 zum zweiten Mal auf dem Gelände der Frankfurter Messe stattfand und auf der Supercomputing Conference SC16 in Salt Lake City, Utah, USA, vom 13. – 18. November.

In Frankfurt auf der ISC'16 traten die drei GCS-Zentren mit einem gemeinsamen Messestand auf. Als besonderes Exponat hatte das LRZ die neueste Adsorptions-Kältemaschinentechologie, welche im LRZ zur

Nutzung der HPC-Systemabwärme zur Kälteerzeugung eingesetzt wird, auf dem GCS-Messestand ausgestellt. Zahlreiche Messebesucher, HPC-Nutzer, Forscher und Wissenschaftler, IT-Anbieter und -Verantwortliche sowie High-Tech-Medienvertreter, fanden ihren Weg zum Messestand. Auf der Supercomputing Conference SC16 in Salt Lake City war das LRZ mit einem Messestand vertreten, auf dem die Highlights der Forschungsprojekte auf dem SuperMUC einem internationalen Publikum im Rahmen eines speziell produzierten Videos vorgestellt wurden. Das LRZ organisierte eine GSC Special Session on Applications: Advanced Disaster Prediction & Mitigation mit Vorträgen von FZJ (Passantensimulation), LMU (Erdbeben-szenarien) und KIT (Extremwetterereignisse).

3.2.2 SuperMUC Results Workshop und Berichtsband

Am 26. und 27. April 2016 fand der SuperMUC Status and Results Workshop 2016 am LRZ in Garching (ca. 70 Teilnehmer) mit 34 Vorträgen statt.

Neben den Vorträgen gab es auch Poster- und Videopräsentationen. Am Nachmittag des ersten Tages fand außerdem eine Benutzerdiskussion über den aktuellen Betrieb des Rechners und die Anforderungen der Benutzer an ein Nachfolgesystem statt. Die Abendveranstaltung bei Bier und Brezn bot dann den Benutzern Gelegenheit, sich gegenseitig über ihre Forschungsprojekte zu informieren.

Die Ergebnisse der Anwender auf SuperMUC in den letzten beiden Jahren sind in einem fast 300 Seiten starken Berichtband zusammengefasst.

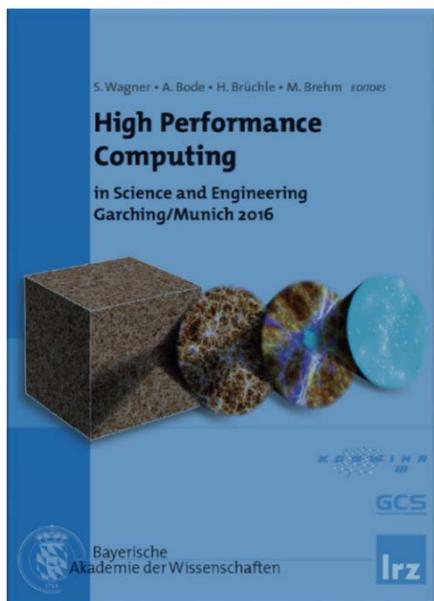


Abbildung 4: Berichtsband über Projekte am SuperMUC

High Performance Computing in Science und Engineering,
Garching/Munich 2016 (2016)

Herausg.: S. Wagner, A. Bode, H. Brüchele, M. Brehm.

ISBN: 978-3-9816675-1-6

Der Berichtband ist auch in verschiedenen elektronischen Formaten (PDF, eBook Readers) abrufbar:

<http://www.lrz.de/services/compute/supermuc/magazinesbooks/>.

3.2.3 Publikationen des LRZ im Bereich Hochleistungsrechnen zusammen mit Partnern

Seit vielen Jahren berichtet das LRZ gemeinsam mit den Partnern im GCS im Magazin InSiDe (Innovatives Supercomputing in Deutschland) über Ergebnisse von Simulationen auf den Höchstleistungsrechnern sowie über neue Forschungsaktivitäten und Veranstaltungen. Das LRZ war wiederum an der Gestaltung der beiden Ausgaben des Magazins beteiligt.

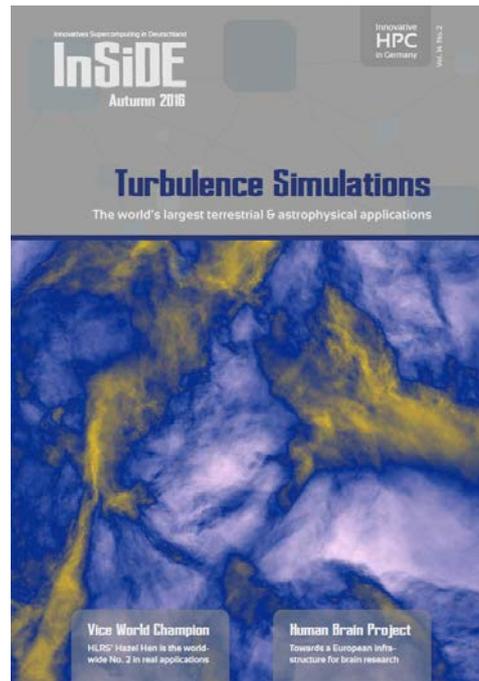


Abbildung 5: Magazin InSiDE mit Titelbild der SuperMUC durchgeführte größte kosmologische Turbulenzsimulaton

Neben der Publikation der Ergebnisse auf internationalen Konferenzen und eigenen Brochüren werden die mit den Höchstleistungsrechnern erzielten Ergebnisse auch auf den GCS Web-Seiten dargestellt.



Regelmäßig schreiben die Mitarbeiter im Bereich HPC auch für das Quartl, das offizielle Mitteilungsblatt des Kompetenznetzwerks für Technisch-Wissenschaftliches Höchstleistungsrechnen in Bayern (KONWIHR) und der Bavarian Graduate School of Computational Engineering (BGCE).

HPC SERVICES | TRAINING & WORKSHOPS | **PROJECTS** | NEWS & EVENTS | ABOUT GCS



GCS
Gauss Centre for Supercomputing



GCS Home | Projects | Environment and Energy |

Projects

- | Astrophysics
- | Elementary Particle Physics
- **Environment and Energy**
- | Life Sciences
- | Materials Sciences and Chemistry
- | Scientific Engineering
- | Large-Scale Projects

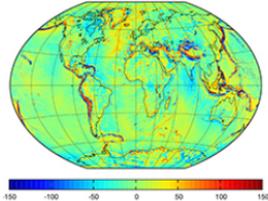
Environment and Energy

Here we present a choice of impressive projects from the environmental sciences and simulations from energy research which have been carried out on GCS supercomputers.

High Resolution Gravity Field Modelling

Exploiting the computing power and memory capacities of HPC system SuperMUC, scientists of the Technische Universität München aimed at providing a global high resolution gravity field model with hitherto unprecedented accuracy and resolution. The model can be now be used by the scientific community as a surface reference for climate studies and it serves e.g. as main input for geophysical analyses and for the determination of the ocean circulation patterns.

Principal Investigator: Thomas Gruber, Institute of Astronomical and Physical Geodesy, Technische Universität München (Germany)
HPC Platform: SuperMUC of LRZ - **Date published:** November 2015
■ [More](#)



Large-Scale Simulations and Modeling of Pollutant Emissions in Turbulent Premixed Flames

Scientists of the RWTH Aachen University have carried out a peta-scale direct numerical simulation (DNS) of a temporally evolving lean premixed methane/air jet flame. The DNS is intended to closely mimic gas turbine combustion and can be regarded as an idealized representation of a premixed flame element inside a jet burner. To realize high resolution of flame and turbulence and to obtain converged statistics, the simulation domain was discretized with almost three billion grid points which together with the chemistry model resulted in nearly 100 billion degrees of freedom.

Principal Investigator: Heinz Pitsch, Institute for Combustion Technology, RWTH Aachen University (Germany)
HPC Platform: SuperMUC of LRZ - **Date published:** October 2015
■ [More](#)



Abbildung 6: GCS-Webseiten mit den Ergebnissen auf SuperMUC

Details der Publikationen findet man unter:

- <http://inside.hlr.de>
- http://www.gauss-centre.eu/gauss-centre/EN/Home/home_node.html
- http://www.gauss-centre.eu/gauss-centre/EN/Newsroom/Publications/_node
- <http://www5.in.tum.de/wiki/index.php/Quartl>

4 IT-Service Management

Der professionelle Betrieb von IT-Dienstleistungen erfordert klar definierte Regelungen für das Zusammenspiel von Nutzern/Betreibern, Prozessen und den genutzten Technologien. Eine bewährte Möglichkeit zur Strukturierung stellt dabei eine Orientierung an Rahmenwerken wie ISO/IEC 20000, FitSM oder ITIL dar. Nachfolgend werden die organisatorischen Maßnahmen und Werkzeuge zu ihrer technischen Umsetzung beschrieben, mit denen das LRZ eine kontinuierliche Verbesserung seiner IT-Dienstleistungen verfolgt.

4.1 Einführung des Service-Management-Systems

Die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von IT-Services ist in erheblichem Maß von der effektiven und effizienten Kommunikation, Kooperation und Koordination zwischen den Mitarbeitern eines IT-Service-Providers abhängig. Ein optimales Management von IT-Diensten muss folglich über die Überwachung und Steuerung der technischen Komponenten hinausgehen und auch die betrieblichen Abläufe bzw. die Prozesse des IT-Service-Providers kontrollieren und lenken. Die Ausgestaltung eines solchen, prozessorientierten IT-Service-Managements (ITSM) ist Gegenstand verschiedener so genannter ITSM-Rahmenwerke – beispielsweise der IT Infrastructure Library (ITIL), des im Rahmen eines EU-Projekts und mit Beteiligung von LRZ-Mitarbeitern entstandenen FitSM-Ansatzes oder des internationalen Standards ISO/IEC 20000. Das LRZ baut ein Service-Management-System (SMS) nach Prozessrahmenwerk und Anforderungen von FitSM und ISO/IEC 20000 auf.

Die im Service-Management-Plan für 2016 festgelegten Ziele wurden weitestgehend erreicht.

4.2 Incident und Service Request Management

Für Incident and Service Request Management lag auch 2016 der Fokus auf der kontinuierlichen Verbesserung des Prozesses. Damit gilt im Service-Management-System (SMS) des LRZ dieser Prozess für alle Dienste und wird konform zu ISO/IEC 20000-1 bzw. FitSM-1 betrieben. Die positive Tendenz hinsichtlich der Einhaltung intern definierter Ziele für Reaktions- und Lösungszeiten hat sich 2016 fortgesetzt, trotz eines leicht erhöhten Meldungsaufkommens.

Die 2015 vorgenommene Reorganisation durch die Integration der bis dato weitgehend unabhängig voneinander agierenden Gruppen für Servicedesk (Support während regulärer Betriebszeiten) und Nachtoperateure (Nacht- und Wochenend-Support) wurde weiter vorangetrieben und erwies sich als richtige Entscheidung.

4.3 Change und Configuration Management

Im ersten Quartal 2016 konnte das Projekt zur Etablierung des Change-Managements für alle Dienste des LRZ („Change-Management-Onboarding“) erfolgreich abgeschlossen werden. Jedes dieser „Onboarding“-Teilprojekte umfasste neben Schulungen, Treffen zur gemeinsamen Definition wesentlicher Service-Komponenten des jeweiligen Dienstes bzw. LRZ-Bereichs als Configuration-Item (CI) auch Feedback- und Beratungsrunden.

4.4 Service Portfolio Management und weitere ITSM Prozesse

Die Einführung eines Service-Portfolio-Managements auf Basis von FitSM schritt auch 2016 weiter voran, die wesentlichsten Grundlagen für eine einheitlichere, strukturiertere und kundenorientiertere Darstellung des LRZ-Dienstleistungsangebots sind nun geschaffen. Diese dienen bereits als Basis für die Erstellung des Dienstleistungskatalogs 2017.

4.5 Schulungen und weitere Aktivitäten

Auch 2016 wurden am LRZ zahlreiche Schulungen im Bereich ITSM durchgeführt. Das Schulungsprogramm wurde erweitert und umfasst von nun an auch halbtägige Schulungen zum LRZ Change-Management und Incident und Service Request Management. Weiterhin wird das Zertifizierungs- und Lehrgangskonzept für IT-Service-Management nach dem FitSM-Qualifikationsprogramm fortgesetzt. Die Ergänzung dieser Schulung mit der Prozesssimulation „Fort Fantastic“ von BuGaSi Labs, einer Ausgründung der Hochschule Bochum, hat sich auch 2016 bewährt. Auch das Schulungskonzept für Informationssicherheit nach ISO/IEC 27000 wurde weiter fortgesetzt. Damit sind inzwischen eine Vielzahl der LRZ-Mitarbeiter nach diesen beiden Standards zertifiziert.

4.6 Werkzeugunterstützung für das Service-Management-System

Im Bereich der ITSM-Werkzeuge ergaben sich auch im Jahr 2016 mehrere neue Entwicklungen.

Durch das Projekt „Change-Management 2015“ wurden die Tools für das Change-Management weiter vereinheitlicht, so dass alle Change-Records nunmehr ausschließlich in der iET ITSM Suite verwaltet werden. Die geplante Ablösung des Action Request System (ARS) von BMC, in dem bis dahin nur die „KOM Change Records“ erfasst worden waren, konnte aber, entgegen der Planung, leider noch nicht vollständig abgeschlossen werden. Das lag vor allem daran, dass für dessen Asset-Management-Funktionalität in der eigens entwickelten LRZ-CMDB entsprechende Zusatz-Funktionen bereitgestellt werden müssen, um die hierauf basierenden Automatismen abzubilden. Aber insbesondere im Bereich LRZ-CMDB gab es in Bezug auf die Integration zahlreicher Quellen für Konfigurationsinformation (u.a. diverse Monitoring-Systeme, das LRZ-Bestellbuch) signifikante Fortschritte.

Nach Evaluation des Confluence-Wiki-Systems für die Lenkung der Dokumentation des Service-Management-Systems geeigneter Plug-Ins konnte die Dokumentation zu allen LRZ-Diensten und zum SMS im Allgemeinen in weiten Teilen zentralisiert und in das neue Wiki überführt werden. Dabei wurden verbesserte Verfahren und eine Tool-Unterstützung zur Lenkung der SMS-relevanten Dokumente entwickelt, die schrittweise für eine wachsende Anzahl zentraler Dokumente zur Anwendung kommen.

4.7 Bestellbuch

2015 wurde ein elektronisches Bestellbuch entwickelt, das für die haushaltsrechtlich notwendige Dokumentation der am LRZ getätigten Bestellungen verwendet werden soll. Neben der reinen Dokumentation ermöglicht es auch die bessere Steuerung und Planung des Mittelabflusses.

Als Basis des Bestellbuches wird die Open-Source Management-Software Odoo verwendet. Prinzipiell lässt sich in dem System der komplette Ablauf von Bestellung, Autorisierung, Lieferung, Lagerhaltung und Abrechnung abbilden. Für die Verwendung als Bestellbuch und um das System in die bestehenden Abläufe des LRZ einzubinden, wurde das System aber auf einige wenige Funktionen zur Bestellung und Autorisierung reduziert.

Im Jahr 2016 wurde das Bestellbuch für alle Bestellungen verpflichtend eingeführt.

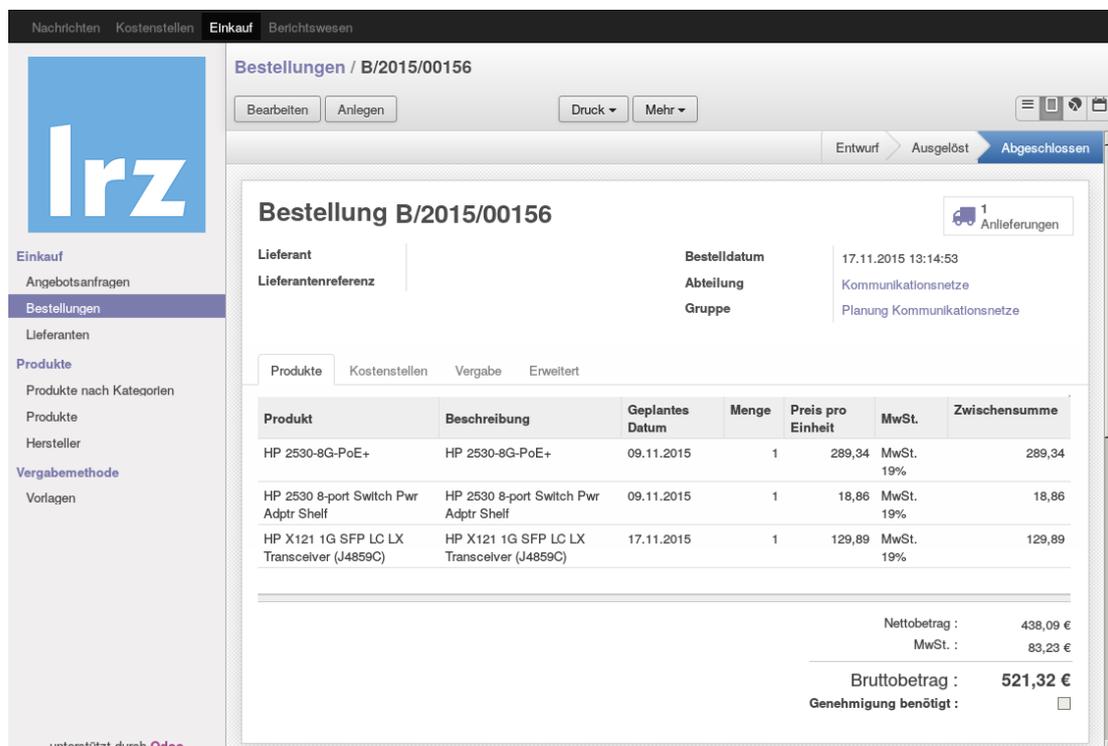


Abbildung 7: Screenshot des neuen LRZ-Bestellbuchs

5 IT-Sicherheit

Informationssicherheit ist eine Querschnittsaufgabe, die sich durch alle Abteilungen und Dienste zieht. Im Folgenden wird auf ausgewählte technische Sicherheitsmaßnahmen eingegangen, die das LRZ zum Schutz vor Schadsoftware und Angriffen aus dem Internet sowie zum Security-Monitoring innerhalb des Münchner Wissenschaftsnetzes einsetzt.

5.1 Sicherheitsmanagement

Das LRZ setzte auch 2016 seine Arbeit im Bereich Sicherheitsmanagement weiter fort. Der hier federführend verantwortliche Arbeitskreis „Security“ (AK-Security), der sich aus Vertretern aller LRZ-Abteilungen zusammensetzt, beschäftigte sich u.a. mit folgenden Themen:

- Bewertung dienstspezifischer Security-Konzepte unter anderem für neue LRZ-Dienste, die dem Forschungsdatenmanagement zuzurechnen sind.
- Konzeption und Implementierung einer Web-Anwendung für das Erstellen und Management von Sicherheitskonzepten
- Review und Aktualisierung der Security-Webseiten
- Durchführung der jährlich stattfindenden Security-Awareness-Maßnahme für alle LRZ- Mitarbeiter und zusätzlich eine vierteilige Vortragsreihe zu Security-Themen anlässlich des von der europäischen Sicherheitsbehörde ENISA veranstalteten European Cyber Security Month (ECSM).

Gerade die beiden erstgenannten Themen spielten 2016 eine zentrale Rolle. Für Dienste verantwortliche LRZ-Mitarbeiter sind aufgefordert, basierend auf einer Risikoanalyse und –bewertung geeignete Sicherheitsmaßnahmen umzusetzen und im Rahmen von (technischen) dienstspezifischen Sicherheitskonzepten zu dokumentieren. Vor einiger Zeit hat der AK-Security hierfür ein als Fragebogen konzipiertes Template entwickelt. Dadurch soll einerseits die Dokumentation vereinheitlicht werden und andererseits einfach und mit geringem Aufwand möglich sein. Dieser Fragebogen wurde in diesem Jahr in eine Web-Applikation integriert, die das Ausfüllen noch einfacher macht und andererseits auch die Verwaltung der Konzepte LRZ-weit unterstützt. Nennenswerte Beispiele aus der Konzeptverwaltung sind eine zweistufig gestaltete Genehmigungs- und Freigabeprozedur, in die neben dem für den Dienst verantwortlichen Gruppenleiter auch der Informationssicherheitsbeauftragte des LRZ eingebunden ist sowie weitere integrierte Funktionen für das jährlich durchzuführende Review eines Konzepts, Benachrichtigung verantwortlicher LRZ-Mitarbeiter oder für das LRZ-, abteilungs- oder gruppenweite Reporting.

Auch das LRZ-CSIRT musste sich, wenn auch nur wenige Male, um die Bearbeitung eingetretener Sicherheitsvorfälle kümmern. In keinem einzigen Fall ist größerer Schaden entstanden. Oftmals war ein unvorsichtiger Umgang, z.B. durch das Anklicken interessant klingender, jedoch Schadcode enthaltender E-Mail-Anhänge die Ursache. Nach der Entwicklung konnten in einem insgesamt dreimonatigen Pilot-Test erste Erfahrungen mit dieser Web-Applikation gesammelt werden. Einige wenige dabei festgestellte Defizite und Fehler konnten dadurch noch vor der im Jahr 2017 geplanten Produktivführung des Werkzeugs behoben werden.

5.2 Antivirus

Auf der Grundlage eines Landesvertrages über die Antiviren-Software der Fa. SOPHOS betreibt das LRZ eine Service-Infrastruktur zur automatischen Verteilung und Installation von SOPHOS-Virensignaturen für alle Nutzer im Münchner Wissenschaftsnetz, verbunden mit entsprechenden Beratungsleistungen zur Nutzung für Endbenutzer und CID-Betreiber in Bayern. Der Dienst wird täglich von rund 25.000 Clients im MWN genutzt. Der gesamte First-Level-Support wird von den Auszubildenden am LRZ geleistet.

5.3 Windows Software Update Service (WSUS)

Zur Versorgung von Clients im MWN mit Sicherheitsupdates für Windows-Betriebssysteme und Microsoft Applikationen wie Internet Explorer oder Office wird der „Windows Software Update Service“ (WSUS) als MWN-weiter Dienst angeboten. Der Service ist seit längerem mit guten Erfahrungen innerhalb des LRZ in Gebrauch und kann auch von allen Endkunden im MWN über das LRZ benutzt werden. Der Dienst wird täglich aktiv von rund 12.000 Rechnern genutzt.

5.4 Virtuelle Firewalls

Der Dienst virtuelle Firewalls ist im Jahr 2016 weiter gewachsen, derzeit werden damit rund 178 Kunden (2015: 152; 2014: 132) mit virtuellen Firewalls (VFW) bedient.

Das Wachstum des Dienstes bei gleichzeitiger Migration von den alten Firewall-Service Modulen (FWSM) auf die neue virtualisierte Plattform auf Basis von pfsense stellte einige Herausforderungen. Nach und nach sind alle Standorte migriert worden. Daneben gab es Vorträge über das Projekt auf einer ZKI-Tagung in Rostock sowie auf einer BHN-Tagung.

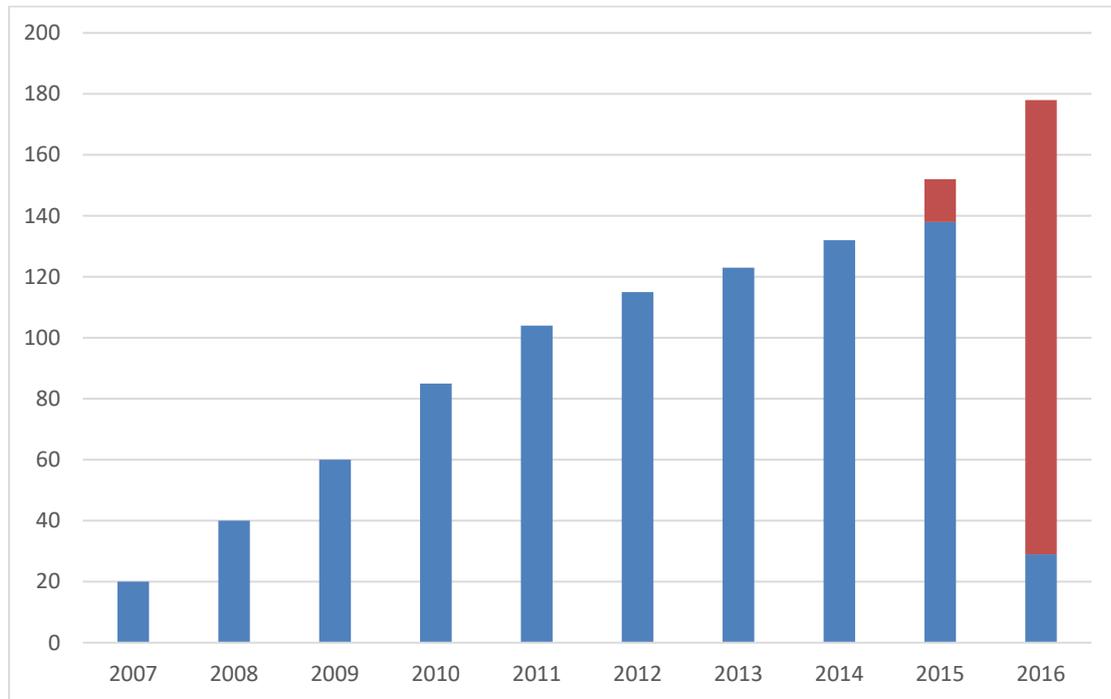


Abbildung 8: Anzahl der virtuellen Firewalls; FWSM (blau), pfsense (orange)

Der Ablauf der Migration gliederte sich in mehrere Teile:

- Information der Kunden
- Bereitstellung der neuen Firewall mit konvertierter Konfiguration
- Umstellung auf die neue Firewall
- Abschaltung der Altsysteme

Ende des Jahres 2016 waren alle Firewalls von FWSM-Kunden konvertiert. Die Umschaltung der einzelnen Firewalls wurde in vielen Fällen individuell vereinbart. Zu Beginn der Umstellung kam es zu einem Problem (Server-Raid-Controller verlor den angehängten Speicher, auf dem sich die beiden Instanzen der Kunden befanden), das zur einzigen längeren Betriebsunterbrechung (ca. 30 Minuten) für 2 Kunden führte. Im Nachgang wurden die Prozesse so angepasst, dass derartige Probleme nicht mehr auftreten können. Das entwickelte Design und Redundanzkonzept bewies sich als sehr tragfähig, denn während der Migration gab es keine größeren Betriebsunterbrechungen, obwohl mehrfach Updates an der Hardware (Firmware-Aktualisierungen) als auch an der Software (Virtualisierungsschicht, Software-Updates) durchgeführt wurden.

Schulungen zur Bedienung und Nutzung der neuen Firewall wurden regelmäßig durchgeführt. Es wurden sieben Schulungen/Workshops im Jahr 2016 mit insgesamt 57 Teilnehmern durchgeführt. Da sich dieses Konzept bewährt hat, werden auch weiterhin regelmäßig Schulungen angeboten werden.

Die Automatisierung der Managementprozesse die Firewalls betreffend konnte wesentlich vorangebracht werden. So ist durch Integration der CMDB-Daten und der Ansteuerung des Virtualisierungssystems (vSphere) eine automatisierte Erstellung der Firewalls inklusive der Interface-Konfiguration möglich. Ebenso können im laufenden Betrieb Änderungen an allen Firewalls durchgeführt werden. An den Migrationstools wurden nur noch kleinere Änderungen durchgeführt. Die verwendeten Lösungen für das Monitoring (durch Check-MK) und für Systemmanagement (Ansible) erwiesen sich in Kombination mit Rundeck als grafischen Aufsatz hierfür als gut geeignet.

Die Einrichtung von VPN-Diensten, einer der am höchsten priorisierten Kundenwünsche, kann mit der neuen Infrastruktur realisiert werden. Eine entsprechende Anleitung wurde erstellt. Der VPN-Dienst kann sowohl an LRZ-Verzeichnisdienste (AD/LDAP) als auch an eigene externe Authentifizierungssystem angebunden werden. Für ca. 800 Kennungen ist die Instituts-VPN-Berechtigung gesetzt. Viele Kunden nutzen die Anbindung an ein vorhandenes System (z.B. TUM-Online).

5.5 Technische Aspekte des Sicherheitsmanagements

5.5.1 Secomat

Das automatische proaktive Intrusion Prevention System (IPS) Secomat besteht derzeit aus einem Cluster mit 4 Nodes (Geschichte siehe Jahresbericht 2007 und 2009). Jeder Node kann eine theoretische Datenübertragungsrate von 10Gbit/s bewältigen. Die eingesetzte Technik zur Lastverteilung spaltet jedoch nur einmal 10Gbit/s auf die 4 Nodes auf.

Die folgenden Abbildungen zeigen Datenübertragungsraten (NIC intern), Benutzer und gesperrte Benutzer des Secomat-Clusters im Zeitraum von einer Woche in der vorlesungsfreien Zeit.

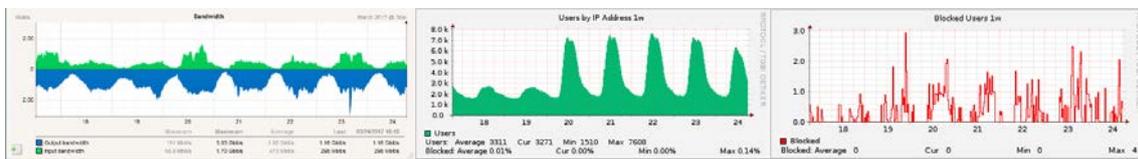


Abbildung 9: secomat1

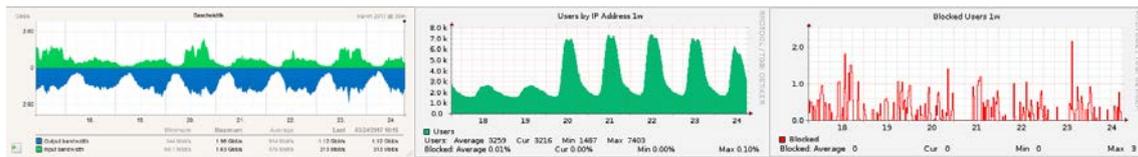


Abbildung 10: secomat2

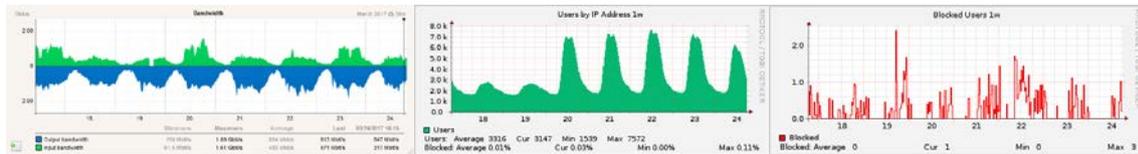


Abbildung 11: secomat3

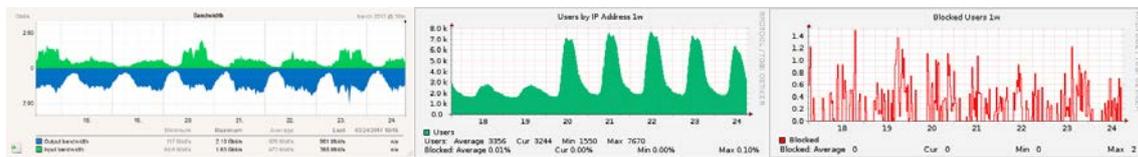


Abbildung 12: secomat4

In der Spitze verarbeitete der Secomat 44.000 gleichzeitige Benutzer. Die folgende Tabelle zeigt die durchschnittliche Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate.

Tabelle 1: Durchschnittliche eingehende und ausgehende Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate am Secomat-Cluster.

Messpunkt MWN eingehend: NIC intern, Output Messpunkt MWN ausgehend: NIC extern, Output	Durchschnittliche Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate
MWN eingehend	ca. 6,3 Gbit/s
MWN ausgehend	ca. 1,2 Gbit/s

Der Secomat-Cluster zeigt sich im Betrieb zuverlässig. Probleme, die in den letzten Jahren hauptsächlich bei der Verwendung von Skype auftraten (siehe Jahresbericht 2015), konnten gelöst werden. Dazu beigetragen haben eine geschickte Veränderung im Zählmechanismus auffälliger Datenverbindungen innerhalb des Secomaten und die Tatsache, dass aktuelle Skype-Client-Versionen in aller Regel nicht mehr zu sogenannten Supernodes mutieren können. Die Supernode-Funktion wird nun von zentralen Servern in Microsoft-Rechenzentren übernommen.

Der in einer am LRZ betreuten Bachelor-Arbeit entstandene Prototyp des Secomat 2.0 (siehe Jahresbericht 2015) wurde in LRZ-weit eingesetzte Bereitstellungsverfahren (z.B. Puppet) integriert und die Hochverfügbarkeitsfunktionalität an brandneue Betriebssystemversionen angepasst. Nach dem Facelift steht einem Produktiveinsatz des Secomat 2.0 nun nichts mehr im Weg.

5.5.2 Security Information & Event Management

Security-Monitoring im Münchner Wissenschaftsnetz hat nach wie vor einen sehr hohen Stellenwert. Die zentral mithilfe des Security Information & Event Management System (SIEM) durchgeführte Sammlung, Analyse und Korrelation von Sicherheitsereignissen, welche von unterschiedlicher Sensorik, wie dem am X-WiN-Übergang installierten Intrusion Detection System gemeldet werden, wurden 2016 erweitert und vor allem im Hinblick auf die Detektion neuer Angriffstypen angepasst. Nennenswerte Beispiele sind die Erkennung installierter Ransomware und so genannter Verschlüsselungstrojaner auf Systemen im MWN und andererseits von Amplification-Angriffen, die unter Ausnutzung vorhandener Schwachstellen einen verteilten Denial-of-Service (DDoS) Angriff ermöglichen, um Dienste und deren Qualität massiv zu beeinträchtigen. In einigen in diesem Jahr erfolgreich abgeschlossenen studentischen Abschlussarbeiten wurden verschiedene Themen betrachtet, die eine sinnvolle Ergänzung des existierenden Security-Monitorings darstellen. Ziel war es die in die SIEM-Lösung bereits integrierten Mechanismen zu nutzen, um Anomalien im Kommunikationsverhalten (Anomaly Detection Rules) auf Flow-Basis erkennen zu können. Einige, wenn auch nur wenige, der theoretisch abgeleiteten Erkennungsmethoden solcher Verkehrsanomalien konnten auch praktisch mit der am LRZ eingesetzten SIEM-Lösung umgesetzt werden. Das lag vor allem daran, dass hierfür notwendige Funktionalität fehlte oder sich leider nicht so nutzen ließ, wie in der Dokumentation beschrieben. Dem Hersteller wurden diese festgestellten Defizite in einem Abschlussbericht mitgeteilt, der hierauf aufbauend das Produkt und insbesondere diesen Typ von Regeln weiter verbessern kann.

Das LRZ ist nun auch aktiv in die Erweiterung des SIEM-Produktes um IPv6-Funktionalität eingebunden und steht hierzu direkt mit den dafür abgestellten Software-Entwicklern in Kontakt. Der Hersteller der SIEM-Lösung betreibt am LRZ auch eine eigene Instanz, um zukünftige Versionen der Software unter Realbedingungen zu testen. Damit können mithilfe des LRZ vorhandene Mängel und Schwachpunkte in der Software frühzeitig erkannt und für den täglichen Betrieb nützliche Funktionen in die Entwicklung eingebracht werden.

5.5.3 Sicherheits- und Netzmanagement: Nyx

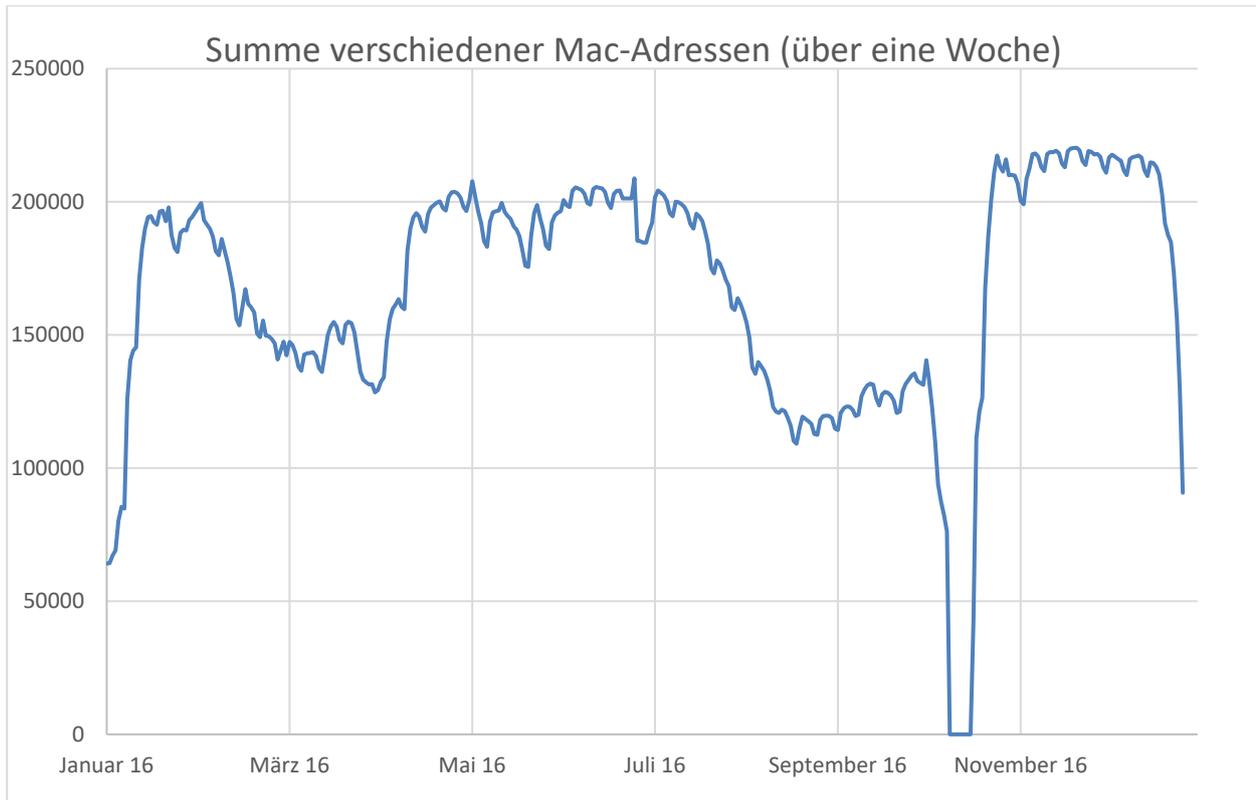
Das Nyx-System, das der Lokalisierung von Geräten im Netz dient, hat mit einer stetig wachsenden Zahl von Endgeräten zu tun. So wurden innerhalb einer Woche im Jahr 2016 erstmals mehr als 220.000 verschiedene Mac-Adressen in Nyx verarbeitet (s. Abbildung 13). Leider gab es in der Zeit vom 13. – 20. Oktober 2016 einen Ausfall, die Werte (0) wurden herausgenommen.

In der folgenden Tabelle sind jeweils die Anzahl der verschiedenen Mac-Adressen (Geräte) innerhalb eines Zeitraums von 7 Tagen angegeben. Die tatsächlichen Zahlen liegen noch höher, da die Anzahl der Endgeräte hinter kundenspezifischen Geräten mit NAT (z.B. Firewalls oder Gateways) für Nyx nicht erreichbar sind.

Tabelle 2: Anzahl der Geräte pro Woche im Nyx

	2014	2015	2016	Zuwachs (Basis 2015)
Maximale Anzahl	182.313	209.303	220.301	+4,99 %
Minimale Anzahl	46.276	54.520	42.818	
Durchschnitt	136.458	156.328	170.419	+8,27%

Es gab diverse Anpassungen der Software, dennoch gibt es an dem System noch einiges zu tun.

**Abbildung 13: Anzahl der Geräte pro Woche im Nyx**

5.5.4 Self-Service Portal; Sperr- und Entsperrmechanismen & Nessi

Das unter <https://nessi.lrz.de/NeSSI/> erreichbare Self-Service-Portal für Netzverantwortliche erlaubt den Netzverantwortlichen administrative Tätigkeiten selbst und unabhängig vom LRZ auszuführen. Der Login erfolgt mit der SIM-Kennung, die vom Netzverantwortlichen beim LRZ hinterlegt ist. So kann z.B. mittels der Abfrage der Nyx-Daten über die IP zu Mac-Adress-Zuordnung, die Switchports, der Standort und falls hinterlegt die Dose des zugehörigen Rechners ermittelt werden. Falls die Adressen per LRZ-DHCP vergeben worden sind, kann man ersehen, welchem Rechner (Mac-Adresse) welche IP zugeordnet ist. Ebenso ist es möglich, gesperrte Rechner selber zu entsperren.

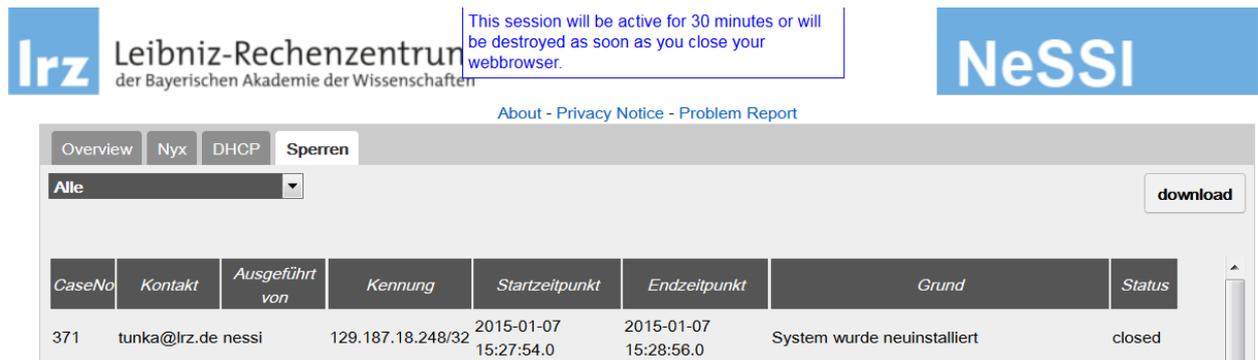


Abbildung 14: Nessi Interface zum Sperren und Entsperren von Rechnern

5.5.5 Network Intrusion Detection

Das LRZ setzt seit einigen Jahren im Rahmen des Security-Monitorings ein Network Intrusion Detection System (NIDS) ein. Am X-WiN-Übergang platziert, lassen sich so Angriffe aus dem Internet auf Ziele innerhalb des MWN genauso wie mit Malware-infizierte Systeme, die an irgendeiner Stelle, z.B. via WLAN mit dem Wissenschaftsnetz verbunden werden, anhand eines meist für die Schadsoftware charakteristischen Kommunikationsmusters erkennen. Erwähnenswerte Beispiele erkannter Schadprogramme im Jahr 2016 sind der Banking-Trojaner ZeuS, der nach wie vor präsent ist. Neuerdings tauchen aber auch vermehrt mit Schadcode infizierte Apps auf Smartphones und Tablets auf, sowie vereinzelt auch sogenannte Ransomware oder Cryptotrojaner, die alle Daten auf den infizierten Systemen verschlüsseln und für den Nutzer unzugänglich machen.

Um die Erkennungsleistung des NIDS noch weiter zu steigern, wurde im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit ein Konzept für ein Mehr-Sensor-NIDS entwickelt und prototypisch auf zwei Sensoren umgesetzt. Durch entsprechende lokale Filter an den Netz-Interfaces lässt sich der Verkehr auf diese Sensoren sehr einfach aufteilen. Durch die damit verbundene Lastreduktion war es möglich, zusätzliche Signaturen zu aktivieren, was die Erkennung weiterer Angriffe erlaubte. Zukünftig sollen noch weitere Sensoren in Betrieb genommen, das NIDS noch effizienter und vor allem noch effektiver werden. Auch neue Ansätze, wie z.B. die Erkennung des Download mit Schadcode infizierter Dateien oder auch der IP-Adress-basierte Abgleich mit Reputations- und Blacklisten im Rahmen eines angestrebten Threat Intelligence Ansatzes werden weiter vorangetrieben.

6 IT-Basisdienste

6.1 E-Mail

6.1.1 Absicherung der Mail-Kommunikation

Im Mail-Bereich stand auch im Jahr 2016 die Absicherung der Mail-Kommunikation im Mittelpunkt. Nachdem es im letzten Jahr vor allem darum ging, die Mitarbeiter und Studenten der Universitäten und Hochschulen dazu zu bringen, E-Mails nur noch über verschlüsselte Verbindungen abzurufen und zu versenden und nur noch authentifiziert mit Benutzerkennung und Passwort über ihren „Heimat-Mailserver“ zu verschicken, ging es in diesem Jahr darum, die übrigen Quellen von E-Mails zu identifizieren und zu einem authentifizierten Versand von E-Mail zu bewegen.

Bei diesen Quellen handelt es sich z.B. um administrative E-Mails von Rechnern, die den Zustand des Rechners mitteilen, um Drucker, die gescannte Dokumente versenden, um Sensoren, die einen Zustand melden, um Web-Applikationen, wie die Campus-Managementsysteme, oder um Newsletter und Umfragen, die von externen Mailservern verschickt werden. Es zeigte sich, dass sich das „Einfangen“ all dieser Quellen sehr aufwändig gestaltet und sich noch etliche Zeit hinziehen wird.

Bei den großen Applikationen müssen nicht nur die Betreiber beraten werden, wie die Applikationen korrekt konfiguriert werden müssen, sondern teilweise erst die Entwickler überzeugt werden, ihr Produkt so anzupassen, dass dies überhaupt möglich wird.

Mit einigem Aufwand ist es der TUM gelungen, ihr OTRS-Ticketsystem auf den authentifizierten Versand von E-Mails umzustellen. Dazu musste die neueste Software-Version eingesetzt werden und für jede Mailadresse/Account auf dem System der zugehörige Mailserver konfiguriert werden. Die Anbindung an verschiedene Mailserver war nötig, da nicht alle Domains der TUM am LRZ liegen.

Der ausschließliche Versand über den „Heimat-Mailserver“ ist zum einen notwendig, um zu überprüfen, ob der jeweilige Versender auch berechtigt ist, E-Mails mit dem angegebenen Absender zu versenden, und zum anderen wird die E-Mail vom Mailserver mit einer kryptographischen DKIM-Signatur versehen.

6.1.2 Notfall-Migration von Mailservern

Nicht oft, aber immer wieder kommt es vor, dass einer der knapp 130 Mailserver im MWN ausfällt und eine Reparatur sich über mehrere Tage hinzieht. In dieser Zeit ist der Empfang von E-Mails unterbrochen. In solchen Fällen kam immer wieder die Bitte, ob das LRZ nicht „wichtige“ E-Mails an eine andere Mailadresse umleiten könnte.

Für die Migration von Mailservern auf die zentralen Mailsysteme am LRZ wurde an den Postrelays des LRZ ein Split-Domain-Betrieb von Domains implementiert. Dabei wird bei ankommenden E-Mails zuerst nachgesehen, ob die Mailbox eines Empfängers auf einem der zentralen Mailsysteme liegt – dann wird die E-Mail dorthin zugestellt – oder ob sie sich noch auf dem alten Mailsystem im MWN befindet. Da der Empfang von E-Mails für die zentralen Systeme über die Postrelays läuft, während der Empfang für die Mailserver im MWN über die Mailrelays geht, musste für den Split-Domain-Betrieb zuerst eine Migration des Empfangs durchgeführt werden, der aufgrund des Cache-Verhaltens der DNS-Server mindestens 24 Stunden dauert.

Um eine Notfall-Migration von zumindest einigen Mailadressen durchführen zu können, wurde das Mailsystem auf den Mailrelays so erweitert, dass auch dort ein Split-Domain-Betrieb möglich ist.

Für TUM-Mailserver muss dann nur noch die Maildomain in TUMonline konfiguriert werden. Anschließend kann ein zuständiger Administrator Mailadressen der Domain anlegen und die Nutzer können über einen Webmailer auf die E-Mails zugreifen. Für Mailserver anderer Organisationen, wie z.B. die LMU, ist eine Notfall-Migration nur möglich, wenn es für die Organisationseinheit bereits ein Projekt in der LRZ-Benutzerverwaltung gibt, mit der die Domain verknüpft werden kann.

6.1.3 Statistiken zur Mailnutzung

6.1.3.1 Spam- und Virenabwehr

Das Gros der Spam- und Virenmails wird bereits von den Post- bzw. Mailrelays, die für die Annahme von E-Mails aus dem Internet zuständig sind, durch die dort implementierten Abwehrmechanismen abgewiesen. Bevor die E-Mails angenommen werden, werden sie auch einer inhaltlichen Überprüfung unterzogen

und mit Viren infizierte E-Mails sowie eindeutig als Spam erkennbare E-Mails werden ebenfalls abgewiesen. E-Mails, bei denen nur vermutet wird, dass es sich um Spammails handelt, werden angenommen, entsprechend markiert und an den Nutzer weitergeleitet. Die Markierung kann dann dazu verwendet werden, die betreffenden E-Mails auszufiltern (durch Konfiguration von Regeln im Webmailer Roundcube oder im eigenen Mailprogramm).

Das durchschnittliche E-Mail-Aufkommen an den Post- und Mailrelays lag 2016 bei ca. 860.000 E-Mails pro Tag. Davon wurden durch die Spam- und Virenabwehr drei Viertel direkt abgewiesen und damit mehr als im Vorjahr, in dem das Verhältnis von Ham zu Spam noch bei 1:2 lag – Details siehe nachfolgende Tabelle. Interessant ist, dass das E-Mail-Aufkommen gegenüber dem Vorjahr insgesamt um ca. 150.000 pro Tag gestiegen ist, dabei aber der Anteil der „guten“ E-Mails um knapp 10 % gefallen ist.

Tabelle 3: Angenommene und abgewiesene E-Mails

Behandlung eingehender E-Mails	Anzahl E-Mails pro Tag	in Prozent
Von den Post- und Mailrelays abgewiesene E-Mails aufgrund allgemeiner Abwehrmechanismen (z.B. Nutzung von Blacklists)	642.510	74,67 %
als Spammails erkannt	7.100	0,83 %
als Virenmails erkannt	245	0,03 %
Von den Post- und Mailrelays angenommene E-Mails		
„gute“ E-Mails	206.275	23,97 %
als mögliche Spammails markiert	4.330	0,50 %
Gesamt	ca. 860.460	100,00 %

6.1.3.2 Relaydienst

Am Übergang vom Internet in das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) ist der Port für das SMTP-Protokoll für fast alle Rechner gesperrt. Nur einige ausgewählte Mailserver – neben den Post- und Mailrelays des LRZ sind das in der Regel große Fakultätsmailserver – können daher E-Mails direkt aus dem Internet annehmen. Alle anderen Mailserver im MWN müssen diese speziellen Mailserver als Relayserver benutzen. Der Vorteil ist, dass sich ein lokaler Mailserver im MWN nicht um Viren- und Spamfilterung kümmern muss, das wird bereits durch den Relayserver erledigt.

Den Relayservice des LRZ, d.h. die Mailrelays, nehmen zurzeit 128 (Vorjahr 130) Mailserver im MWN mit insgesamt 407 (Vorjahr 415) verschiedenen Maildomains in Anspruch.

Tabelle 4: Nutzung des Relaydienstes

Einrichtung	Mailserver im MWN	Domains
Ludwig-Maximilians-Universität München	32 (31)	116 (115)
Technische Universität München	59 (62)	164 (171)
andere Hochschulen und hochschulnahe Einrichtungen	37 (37)	127 (129)
Gesamt	128 (130)	407 (415)

6.1.3.3 Mailhosting (virtuelle Mailserver)

Das LRZ bietet Hochschul- und hochschulnahen Einrichtungen, die keinen eigenen Mailserver betreiben wollen, an, den Mailedienst am LRZ zu „hosten“. Es wird dann ein *virtueller Mailserver* eingerichtet, in dem sich der Name der betreffenden Einrichtung widerspiegelt (z.B. *jura.uni-muenchen.de*) und Angehörige dieser Einrichtungen erhalten entsprechende Mailadressen. Ein virtueller Mailserver kann wiederum mehr als eine *virtuelle Maildomain* haben, z.B. im Zuge einer Umbenennung der zugehörigen Einrichtung. Die zu den virtuellen Mailservern gehörenden Mailboxen können sich sowohl auf dem POP/IMAP-Server *mailin.lrz.de* als auch auf dem vom LRZ betriebenen Exchange-Server befinden. Die Entscheidung, an

welchen Server eine E-Mail auszuliefern ist, übernimmt der sogenannte Forwarder, der sich die notwendige Information dafür aus der jeweiligen Benutzerverwaltung holt.

Ende 2016 waren am LRZ 208 (Vorjahr: 208) virtuelle Mailserver mit 513 Domains (Vorjahr 502) eingerichtet. Eine Aufteilung auf die Hauptnutzer ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 5: Nutzung des Mailhostings

Einrichtung	virtuelle Mailserver		Domains	
Ludwig-Maximilians-Universität München	88	(87)	146	(143)
Technische Universität München				
über LRZ-Benutzerverwaltung	35	(39)	60+16	(70+18)
über TUMonline			151+16	(130+18)
Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ)	44	(39)	85	(83)
Hochschule München	2	(2)	4	(7)
andere Hochschulen und hochschulnahe Einrichtungen	39	(41)	51	(51)
Gesamt	208	(208)	513	(502)

Die Angabe „+16“ bedeutet, dass sich Ende des Jahres 16 Domains in Migration von der LRZ-Benutzerverwaltung nach TUMonline befanden und die Domains daher in beiden Benutzerverwaltungen existierten.

Anhand der Zahlen kann man erkennen, dass bei der TUM die Migration von virtuellen Mailservern sowohl aus dem MWN als auch der am LRZ gehosteten auf den Exchange-Server in 2016 weiter vorangeschritten ist. Die restlichen Zahlen hingegen sind konstant geblieben, d.h. Zu- und Abgänge halten sich die Waage.

6.1.3.4 Nutzung der POP/IMAP-Messagestores

Die Anzahl der Postfächer an den POP/IMAP-Servern ging gegenüber dem Vorjahr leicht zurück (92.115 gegenüber 95.696 zum Jahresende 2015). Der Rückgang betraf im Wesentlichen den nur noch für Altnutzer betriebenen mytum-Mailserver. Nachfolgend eine Aufteilung nach Server bzw. Benutzergruppen:

Tabelle 6: Nutzung der POP/IMAP-Server

POP/IMAP-Server für ...	Anzahl Benutzer
Mitarbeiter der vom LRZ bedienten Einrichtungen (Mailserver „mailin“):	
Ludwig-Maximilians-Universität München	8.538
Technische Universität München	6.304
Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ)	216
Hochschule München	251
andere bayerische Hochschulen	54
andere wissenschaftliche Einrichtungen	2.599
Mitarbeiter und Studenten der TU München (Mailserver „mytum“)	10.679
Studenten der Ludwig-Maximilians-Universität München (Campus ^{LMU}) (inkl. Mitarbeiter, die ihre Campus ^{LMU} -Mailadresse behalten haben)	60.883
Studenten anderer Münchner Hochschulen	2.591
Gesamt	92.115

6.1.3.5 Weiterleitungs-Service

Der oben bereits erwähnte Forwarder, der für die Verteilung von E-Mails an den richtigen Message Store zuständig ist, dient auch zur Weiterleitung von E-Mails für Mailadressen, zu denen es keine Mailboxen gibt. Dabei handelt es sich zum einen um Adressen der Domain *Imu.de* und zum anderen um Adressen von Alumni der TU München.

Tabelle 7: Angenommene und abgewiesene E-Mails

Einrichtung	Weiterleitungen
Ludwig-Maximilians-Universität München (Domain lmu.de)	19.940
Technische Universität München (Alumni)	76.710
Gesamt	96.650

6.1.3.6 Nutzung von E-Mail-Verteilerlisten

Das LRZ bietet seinen Nutzern die Möglichkeit, eigene E-Mail-Verteilerlisten einzurichten (auf Basis von *Mailman*). Ende 2016 gab es 1.382 Listen (Vorjahr 1.225), die sich wie folgt verteilen:

Tabelle 8: Nutzung von E-Mail-Verteilerlisten

Einrichtung	E-Mail-Verteilerlisten
Ludwig-Maximilians-Universität München	383
Technische Universität München	724
Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ)	178
andere Hochschulen und hochschulnahe Einrichtungen	97
Gesamt	1.382

6.2 Exchange

Arbeitsschwerpunkte im Bereich Exchange waren die weitere Ausbauplanung, die Inbetriebnahme weiterer Server sowie die Vorbereitung der Migration auf Exchange 2016, die in 2017 erfolgen soll. Außerdem wurde wieder eine Reihe von Einrichtungen bei der Migration auf Exchange betreut.

6.2.1 Nutzung des Exchange-Dienstes

In 2016 verlangsamte sich zwar das Wachstum der Benutzerzahlen („nur“ noch + 10 % auf aktuell knapp 71.000 Nutzer), dagegen war der Anstieg beim Speicherplatz unverändert hoch. Er betrug wie im Vorjahr 6 TByte (+ 33 %). Aktuell belegen die Postfächer gut 24 TByte.

Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung seit Mitte 2011 (blau = Anzahl Postfächer, rot = Speicherplatz in TByte):

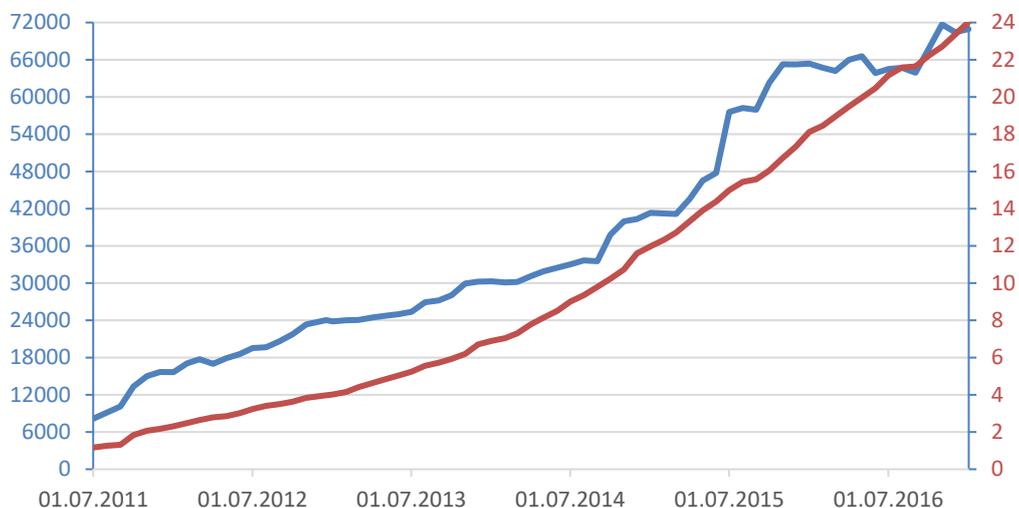


Abbildung 15: Entwicklung der Exchange-Nutzung seit 2011

Ende 2016 haben sich die Nutzer dabei wie folgt auf die teilnehmenden Einrichtungen verteilt:

Tabelle 9: Nutzung des Exchange-Dienstes in 2016

Einrichtung	Exchange-Nutzer
Ludwig-Maximilians-Universität München	2.360
Technische Universität München	42.552
Hochschule München	24.899
Katholische Stiftungsfachhochschule	407
Akademie der Bildenden Künste	40
Staatliche Museen	29
Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ)	1.240
Gesamt	71.527

6.3 Webhosting

6.3.1 Aufbau einer CMS-Umgebung mit TYPO3

6.3.1.1 Typo3 für die BAdW

Im Zuge der umfangreichen organisatorischen Umstrukturierungen an der BAdW mussten auch sämtliche Webauftritte umgearbeitet werden. In einem gemeinsamen Projekt-Team zwischen der IT-Gruppe der BAdW und dem Webteam des LRZ wurde zeitgleich auf Basis des Content-Management-Systems TYPO3 eine neue Betriebsumgebung aufgebaut, die es erlaubt, alle Webauftritte auf einem gemeinsamen TYPO3-Core zu realisieren. Durch die gemeinsame Nutzung von Ressourcen müssen Erweiterungen wie beispielsweise der Zugriff auf die interne Publikations-Datenbank sowie Templates und Styles nur einmal zentral entwickelt und gepflegt werden.

Auf Basis dieses Konzept konnten in 2016 bereits eine ganze Reihe von Webseiten für die BAdW umgesetzt werden, insbesondere auch der zentrale Webauftritt www.badw.de.

6.3.1.2 MWN-TYPO3-Nutzer-Gruppe

Parallel zu den Arbeiten am Aufbau der TYPO3-Umgebung für die BAdW wurden Kontakte zu anderen Teams im Münchner Raum und darüber hinaus geknüpft. Dieser Schritt ist sehr sinnvoll im Hinblick auf die lokale Zusammenarbeit, wo es oft um gleiche oder ähnliche Fragestellungen geht. In einer Open Source Community wie im Fall von TYPO3 erweist sich außerdem die dort gepflegte gegenseitige Hilfe und Unterstützung als sehr vorteilhaft. Dabei ist nicht nur der Austausch von Wissen und Erfahrungen von großem Wert, sondern es besteht auch die Möglichkeit, bereits durchgeführte Entwicklungen von Erweiterungen untereinander auszutauschen, so dass parallele Entwicklungen und damit mehrfache Arbeit vermieden werden können. Zum Zweck der Kooperation wurde daher unter anderem eine MWN-weite TYPO3-Nutzergruppe gebildet, die sich mindestens zweimal jährlich trifft und auch in den Zeiten dazwischen Kontakt hält.

6.3.2 Neuer Dienst GitInvited

Seit Anfang 2016 gibt es als wichtige Ergänzung zum 2015 eingeführten GitLab-Dienst eine hauseigene Entwicklung namens GitInvited. Der LRZ-GitLab-Server steht nur am LRZ registrierten Kunden zur Verfügung. Diese Webanwendung erlaubt es diesen GitLab-Benutzern, externe Kooperationspartner oder Kollegen zum LRZ-GitLab einzuladen, falls diese nicht über andere Wege eine LRZ-Kennung bekommen können. Die Einsatzmöglichkeiten von GitLab werden so deutlich erweitert und die Zusammenarbeit vereinfacht. Jeder Benutzer, der sich über die zentrale Benutzerverwaltung des LRZ (LDAP) in GitLab authentifiziert hat, kann GitInvited ohne weitere Freischaltung verwenden.

Die externen Nutzer sind an den am LRZ registrierten Kunden gekoppelt, der sie eingeladen hat, und verlieren ihre Zugangsberechtigung mit dem Weggang oder der Sperrung des registrierten Kunden. Zur

Gewährleistung langfristiger Projekte ist es ausscheidenden Anwendern möglich, die externen Nutzer an einen anderen LRZ-Kunden zu übertragen.

6.3.3 Veranstaltung "Treffen der Münchner Webmaster"

Das dritte Treffen der Münchner Webmaster wurde vom LRZ ausgerichtet. Die 12 Teilnehmer kamen aus LMU, TUM, UniBW und HM sowie aus dem LRZ-Webteam. Das Treffen findet zwei- bis dreimal jährlich statt und wird reihum ausgerichtet. Zweck ist eine offene Aussprache in kleinerer Runde, bei der insbesondere die in den Münchner Hochschulen auftretenden Probleme und Themen zur Sprache kommen. Neben zahlreichen typischen, im Webmaster-Umfeld immer wieder auftauchenden Schwierigkeiten und Sorgen, aber auch Lösungen, waren auch folgende Themen allseits von Interesse:

Es wird allgemein geklagt, dass es im Bereich der Content-Management-Systeme (u.a. auch TYPO3) wenig bis keinen Nachwuchs für Implementierungen, Pflege und Weiterentwicklung gibt. Dies betrifft sowohl die Online-Communities, Core-Teams und Entwickler der CMS-Systeme als auch die Einrichtungen, die die CMS-Systeme einsetzen.

Die Webteams befinden sich immer in einem Spannungsfeld zwischen den Wünschen, Anforderungen und Vorstellungen ihrer "Auftraggeber" (Pressestellen, Öffentlichkeitsarbeit, Professoren etc.) und den eigenen Kapazitäten. Meist ist zu wenig Personal seitens der Technik vorhanden, so dass weder die eigentlich benötigte Bandbreite an technischem Wissen und Erfahrung noch ausreichend Zeit zur Umsetzung zur Verfügung stehen. Zunehmend werden daher Agenturen beauftragt, hier zu unterstützen. Insbesondere aber auch die Steigerung von Synergie-Effekten bei allen angestrebt, die sich aus eben solchen Treffen wie diesem und einem regen Austausch untereinander ergeben.

6.3.4 Statistik Webserver und Gitlab

Zu Beginn des Jahres 2017 waren 1.149 Webserver im Webhosting registriert. In Gitlab waren 4.204 Nutzer mit insgesamt 5.642 Projekten aktiv.

6.4 Confluence am LRZ

Die kommerzielle Wiki-Software „Confluence“ der Firma Atlassian wurde in den letzten Jahren mit sehr gutem Erfolg in verschiedenen Arbeitsgruppen am LRZ für die Zusammenarbeit und Dokumentation genutzt. In 2016 wurde nun Confluence hausweit eingeführt und erfreut sich regen Zuspruchs. Confluence überzeugt hierbei vor allem durch seine einfache Benutzung.

Im Laufe des Jahres 2016 wurde auf Anfrage der TUM eine weitere Instanz für die TUM mit inzwischen über 500 Spaces und über 19.000 Seiten aufgebaut. Mit der am LRZ gehosteten Instanz konnte die TUM ihre bisher in den USA betriebene WIKI-Lösung wieder in den deutschen Datenschutzraum zurückholen.

6.5 Desktop-Management

Für das Deployment und Management von Windows Desktop- und Serversystemen kommt am LRZ Microsoft System Center Configuration Manager (SCCM) zum Einsatz. Der SCCM ermöglicht ein Betriebssystemrollout als Bare-Metal Variante (auf einem leeren System) sowie als in-place Upgrade oder Neuinstallation über ein bereits vorhandenes System. Im letzteren Fall werden dabei auch Einstellungen und Nutzerdaten migriert. Des Weiteren ist es möglich, Software auf den gemanagten Clients zu installieren, zu aktualisieren oder zu deinstallieren. Ein integriertes Reporting gibt Aufschluss über die Erfolgsrate des Rollouts und etwaige aufgetretene Fehler. Über den SCCM werden sowohl Mitarbeiter-PCs und -Laptops als auch Serversysteme und virtuelle Maschinen installiert und verwaltet.

Um das verfügbare Software Repository stets aktuell zu halten und an die Bedürfnisse der Nutzer auszurichten, wurden im vergangenen Jahr fortlaufend Software-Pakete aktualisiert sowie neue Software in das Repository eingepflegt. Insgesamt stehen derzeit über 900 Software-Pakete aus den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen (Office, Internet, Architektur, Musik, Biologie, Wirtschaft, uvm.) für die Verteilung zur Verfügung. Unterstützt werden alle aktuellen Windows Betriebssysteme. Insgesamt, d.h. MWN-weit, werden vom SCCM rund 4.200 (2.950) Client-Systeme und 235 (183) Serversysteme verwaltet.

Im Rahmen des MWN-ADS wird noch der Light-Desktop/Server angeboten, bei dem Institutionen im MWN Rechner in die Infrastruktur integrieren können und so die Vorteile des zentral gepflegten MWN-ADS für das Desktop- und Server-Management mitnutzen können, ohne selbst eine ADS-Infrastruktur betreiben zu müssen. Die komplette Administration der integrierten Light-Desktop/Server liegt dabei aber in voller Verantwortung der lokalen Administratoren der jeweiligen Institutionen.

6.5.1 Rechnerpools

Das LRZ hat unterschiedliche Modelle für die Bereitstellung von aktuellen Windows-Arbeitsplätzen für verschiedene Kundengruppen entwickelt. Die Lösungen reichen dabei vom klassischen Fat-Client über Terminalserverlösungen für Mitarbeiter bis zum virtuellen Desktop für Testzwecke. Für Studenten werden Rechnerpools angeboten. Diese Fullmanaged Desktops (MWN-PC) werden vom LRZ von der OS Installation, über die Softwarepflege bis zum Monitoring betreut. Bei den vom LRZ betreuten Systemen an der LMU, HMT (Hochschule Musik und Theater), BAdW oder TUM wird der First Level Support von Vorortbetreuern der jeweiligen Mandanten wahrgenommen, die bei Problemen oder Änderungswünschen als Ansprechpartner zum LRZ agieren.

Für die Abrechnung der Druckaufträge in den Pools der HMT, TUM und am LRZ wird die Druckkostenabrechnung Papercut verwendet. Die Papercut-Lösung ermöglicht ein voneinander unabhängiges Agieren der jeweiligen Einrichtungen und erfüllt die Erfordernisse des Datenschutzes. Die Teileinheiten können das Geld für die Druckkosten selbstständig, ohne Zutun des LRZ, einnehmen und verrechnen.

Die verschiedenen Rechnergruppen setzen sich zahlenmäßig Ende 2016 wie in Tabelle 10 zusammen:

Tabelle 10: Clients im MWN-ADS

Mandanten	Light Desktop	Pool und Kurs	Fullmanaged Desktop
LRZ		38 (36)	234 (215)
BAdW			232 (201)
TUM	8.803 (7.329)	140 (142)	3.399 (2.324)
LMU	1.841 (910)	65 (20)	
HMT		58 (58)	
Summen	10.644 (8.239)	301 (256)	3.865 (2.740)

6.5.2 TUM-PC

Ein wichtiges Ziel ist es, den SCCM für eine Nutzung durch Teiladministratoren des MWNs freizugeben. Obwohl der SCCM keine Mandantenfähigkeit im eigentlichen Sinn aufweist, konnte hierzu für die Teiladministratoren eine Möglichkeit geschaffen werden, über die SCCM Console ihre jeweiligen Systeme zu verwalten, ohne selbst eine komplette Softwareverteilungsinfrastruktur zu betreiben.

Darum wurde in enger Kooperation mit der TUM und einem externen Dienstleister in 2013 das Projekt TUM-PC ins Leben gerufen. Im Rahmen des kostenpflichtigen TUM-PCs nutzen nun verschiedene Teiladministratoren an der TUM die Methoden des SCCMs am LRZ, um Ihre Rechner an den jeweiligen Instituten zu installieren und zu verwalten. Ende 2016 waren bereits 132 (87) Einrichtungen der TUM im System registriert. Dem externen Dienstleister kommt hierbei eine besondere Rolle zu. Er übernimmt die allgemeine Vorortbetreuung an der Einrichtung, begleitet Vorort die Anbindung der Einrichtungen an den SCCM und fungiert als fachlich kompetenter Ansprechpartner gegenüber dem LRZ.

Mit dem TUM-PC können nun die teilnehmenden Einrichtungen Software-Pakete vom LRZ, die sich bereits im Software Repository befinden, jederzeit mitbenutzen - entsprechende Lizenzierung durch den Kunden vorausgesetzt. Software, die nicht vorhanden ist, in der Regel Spezialsoftware von Fakultäten, wird für den Kunden, je nach Aufwand, kostenpflichtig paketiert. Das LRZ übernimmt zudem die aus Sicherheitsgründen regelmäßig erforderliche Aktualisierung von Standardsoftware, wie z.B. Java, Mozilla Firefox oder Adobe Flash. Der TUM-PC ist des Weiteren in die definierte Infrastruktur für verwaltete Systeme am LRZ eingebettet. Dies beinhaltet das zentrale Patchmanagement, die Antivirenlösung, vordefinierte Gruppenrichtlinien und das Monitoring der einzelnen Systeme.

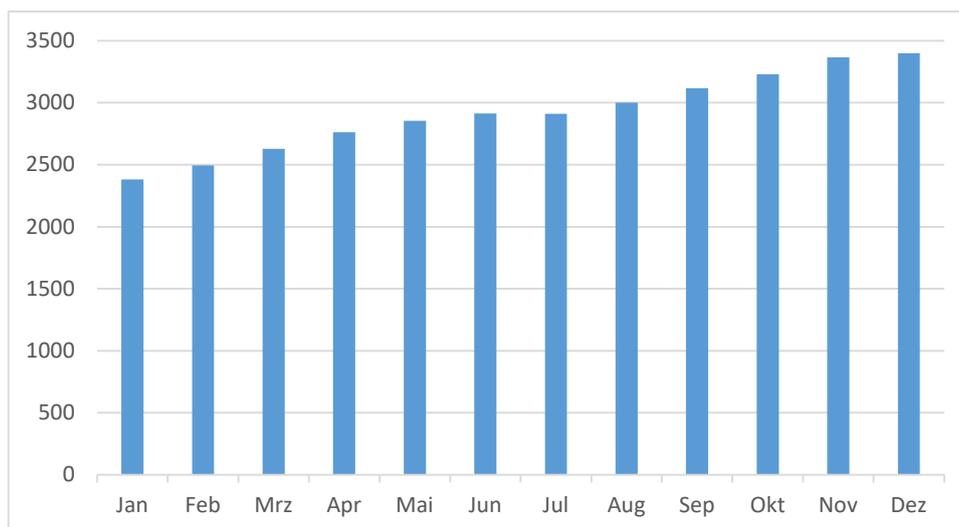


Abbildung 16: Entwicklung des TUM-PCs in 2016

6.5.3 MWN-MAC

In 2016 wurde das Client-Management-System für Apple-Geräte basierend auf der Caspersuite der Firma JAMF für MAC OSX und iOS Systeme weiter verfeinert. Die Caspersuite bietet dabei die Möglichkeit der zentralen Verteilung von Software wie auch der Konfiguration der Clients. Dabei kommen das Device Enrollment Programm (DEP) für die automatische Registrierung der Clients und das Volume Purchase Program (VPP) für die zentrale Verwaltung von Lizenzen aus dem Appstore nun in vollem Umfang zum tragen. Mit Hilfe von AutoPkg wird ein Großteil der notwendigen Software-Pakete auf Basis von „Recipes“ automatisiert erzeugt.

Mit dem Angebot MWN-MAC soll der zunehmenden Verbreitung von Apple Geräten auf dem Campus Rechnung getragen und dem kostenpflichtigen Angebot des MWN-PC zur Seite gestellt.

Tabelle 11: Geräte im MWN-MAC Management

Mandanten	Computer	Mobile Devices
ADBK	21 (4)	1
LMU	26 (21)	
LRZ	40 (29)	30 (22)
MTMH	7 (0)	
TUM	27 (24)	2 (0)
Summen	121 (78)	33 (23)

6.6 Benutzerverwaltung und Verzeichnisdienste

6.6.1 Benutzerverwaltung für LRZ-Dienste

LRZ-SIM, das LRZ-Identity-Managementsystem (IDM), ist mit seinen Verzeichnisdiensten das Zentrum der Benutzerverwaltung am LRZ. Nach einem Überblick über die derzeit vergebenen LRZ-Kennungen und ihre Verteilung auf die Hochschulen und LRZ-Plattformen wird über Entwicklungen im LRZ-SIM-Serverbetrieb, im Frontend sowie in den angebotenen Diensten und Plattformen berichtet. Danach folgen der Stand der IDM-Kopplungen mit den beiden Münchner Universitäten und der Hochschule München sowie die Entwicklungen beim MWN Active Directory als zentralem Infrastrukturdienst im Münchner Wissenschaftsnetz. Das Kapitel schließt mit den Entwicklungen zur Authentifikations- und Autorisierungsföderation des DFN (DFN-AAI), in der das LRZ als Dienstleister und Identity-Provider für die Münchner Universitäten fungiert.

6.6.1.1 Für LRZ-Systeme vergebene Kennungen

Die nachfolgende Tabelle 12 gibt einen Überblick über die vom LRZ an Hochschuleinrichtungen vergebenen Berechtigungen, und zwar pro Dienst bzw. Plattform und mit Stand von Ende 2016. Die Kennungen für den Höchstleistungsrechner SuperMUC (insgesamt 4.015) sind nur summarisch aufgeführt, da sie sich auf sehr viele Einrichtungen verteilen und aufgrund von Kooperationen häufig keine klare Zuordnung zu einer Einrichtung möglich ist.

6.6.1.2 Identity Management und Verzeichnisdienste

Das LRZ Identity-Management-System regelt als zentrale Instanz den Zugang zu den vielfältigen Dienstangeboten des LRZ. Hier laufen die für die Authentifizierung notwendigen Kennungsdaten aus dem LRZ und den IDM-Systemen der Hochschulen zusammen, hier sind die Zugriffsberechtigungen für den überwiegenden Teil der LRZ-Dienste zentral hinterlegt und über Authentifizierungsserver abrufbar und nutzbar.

LRZ-SIM basiert auf 6 Clustern von insgesamt 19 produktiven Verzeichnisdienst-Servern (MicroFocus eDirectory und OpenLDAP), deren Datenbestände durch Konnektoren (sog. Treiber des MicroFocus Identity Managers) live synchronisiert, transformiert und in die LDAP-Authentifizierungsserver, in das MWN Active Directory sowie in die direkt angebotenen Plattformen provisioniert werden. Darüber hinaus laufen etliche interne Prozesse als Eigenentwicklung des Identity Managements in Form von Dämon-Programmen oder zeitgesteuert und erledigen den Datenaustausch von Quotas, Verbrauchs- und Belegungsdaten, die Provisionierung von textbasierten Direktiven an angebotene Plattformen, die MySQL-Provisionierung für die SuperMUC-Accounting-Datenbank, die Löschung abgelaufener Kennungen und Berechtigungen, die Sperrung von Kennungen bei verfallenem Passwort, den Versand von Hinweismails für Benutzer und Dienst-Administratoren, die tägliche Erzeugung von Datenlisten und Statistiken und nicht zuletzt auch eine Reihe routinemäßiger Datenkonsistenzchecks und zusätzlicher Datensicherungen.

Für das Monitoring der IDM-Server-Infrastruktur wurde 2016 zusätzlich zur bestehenden Nagios-Überwachung eine eigene OMD/CheckMK-Instanz aufgesetzt.

6.6.1.2.1 Benutzerverwaltung und Id-Portal

Kennungen und Berechtigungen, die nicht über die später beschriebene LMU-, TUM- oder HM-Kopplung automatisch in LRZ-SIM übernommen werden, verwalten die Master User als Benutzerbeauftragte des LRZ an ihren jeweiligen Einrichtungen. Ihnen stehen die Betreuer am LRZ beratend und helfend zur Seite. Als universelles Webfrontend für LRZ-SIM dient dabei das LRZ Id-Portal (Identity-Management-Portal, <https://idportal.lrz.de>), das sowohl den Master Usern und Betreuern als auch den Benutzern, den Service-desks von LRZ, TUM, LMU und HM sowie den Administratoren der LRZ-Dienste den Zugriff auf die für sie relevanten Daten erlaubt.

Seit Anfang des Jahres ist im Id-Portal die Gruppenverwaltung für das MWN Active Directory (ADS) in Betrieb. Mit der gestuften Berechtigungsvergabe über Master User und Gruppenverwalter ist eine flexible Aufteilung der Verwaltungsaufgaben möglich. Nützlich ist zudem die Option, Gruppen als Mitglieder in anderen Gruppen zu verwenden. Für die konsistente Verwaltung der Gruppen mussten die ADS-Mandantentrennung und weitere Randbedingungen des ADS sowohl im Id-Portal als auch in den IDM-Treibern abgebildet werden.

Eine neue Webservice-Schnittstelle (REST-API) vervollständigt die ADS-Gruppenverwaltung im Hinblick auf automatische und semi-automatische Pflege der Gruppenmitgliedschaften durch LRZ-Administratoren und ADS-Teiladministratoren. Die Verwaltung der LRZ-internen ADS-Gruppen auf Basis des LRZ-Organisationsplans wurde über IDM-Treiber automatisiert. Diese Automatismen bringen eine deutliche Entlastung der ADS-Administratoren von Verwaltungsarbeit.

Im zweiten Quartal war zur Umsetzung des Standards „Lateinische Zeichen in UNICODE“ des IT-Planungsrates, die durchgehende Umstellung auf UTF-8-Codierung, ein tiefer technischer Eingriff, nicht nur in das Id-Portal, sondern in das gesamte Identity Management.

Erstmalig 2016 kam die neue Webanwendung für die elektronische Projektverlängerung (EPV) zum Einsatz, die die bisherigen Papierformulare ersetzt. Die EPV ermöglicht es Einrichtungsleitern, die Verlängerung ihrer LRZ-Projekte online zu erledigen, und zwar auch denjenigen, die selbst keine Kennung am LRZ haben. Dazu wurden sog. PV-Codes eingeführt, die den individuellen Zugang zur Verlängerung jedes einzelnen Projekts ermöglichen. Die Leiter bzw. Ansprechpartner der Einrichtungen erhielten diese PV-Codes zusammen mit weiteren Erläuterungen zur EPV.

Tabelle 12: Vergabe von Kennungen für LRZ-Plattformen

Einrichtung	Kennungen insgesamt	VPN/WLAN	Exchange	Mail	Sync+Share	Cloud Storage	Archiv / Backup	Webserver	persönliche Homepage	GitLab	Linux-Cluster	NeSSI (NV-Portal)	WebDNS
Leibniz-Rechenzentrum	1.472	572	693	114	271	1.037	89	113	100	286	254	32	65
Bayer. Akademie der Wissenschaften	924	607	547	127	340	679	57	39	33	9	6	8	2
LMU München im LRZ-Id-Portal verwaltet von der LMU importiert	13.473 95.731	11.511 95.393	2.354 6	9.701 82.438	6 84.304	4.339 59.809	679 23	125 -	411 -	41 84.281	463 562	134 36	55 2
TU München im LRZ-Id-Portal verwaltet von TUMonline importiert	9.907 140.992	7.784 66.756	- 42.552	7.611 -	1 66.750	97 66.739	1.350 -	634 -	153 -	40 66.829	1.466 -	297 226	150 72
Hochschule München im LRZ-Id-Portal verwaltet von der HM importiert	417 24.900	389 -	- 24.899	343 -	- 24.355	2 24.900	8 -	5 -	70 -	- 24.355	45 -	2 2	3 -
Hochschule für Musik und Theater	2.704	2.662	-	2.679	24	2.571	1	13	18	-	-	3	-
Hochschule für Fernsehen und Film	518	515	-	450	-	3	-	3	2	-	-	2	1
Akademie der Bildenden Künste	410	375	40	351	34	110	3	-	15	-	-	1	-
Katholische Stiftungsfachhochschule	418	297	407	-	-	-	-	2	6	-	-	2	1
andere bayerische Hochschulen	431	318	-	125	-	2	13	11	5	-	280	8	2
Öffentlich-rechtliche Einrichtungen	2.920	1.922	29	1.831	33	871	74	45	32	35	22	45	18
sonstige Einrichtungen/Studenten	914	525	-	404	96	72	-	-	1	96	473	2	-
Nutzer des SuperMUC	4.015	120	-	18	-	53	34	-	-	38	43	1	-
Gesamt	300.146	189.746	71.527	106.192	176.214	161.284	2.331	990	846	176.010	3.614	801	371

Über die EPV haben die LRZ-Betreuer alle Verlängerungsanträge samt Änderungswünschen im Blick. Für die Rückmeldung an die Einrichtungsleiter wird jeweils eine individuelle Mailvorlage erzeugt. Verlängerungsanträge ohne Datenänderungen werden komplett automatisch durch die EPV verarbeitet. Die EPV lief von Anfang an stabil und wurde sehr positiv aufgenommen. Einige wenige Verbesserungsvorschläge von Benutzerseite werden möglichst bis zur nächsten Projektverlängerungsaktion im vierten Quartal umgesetzt.

6.6.1.3 Anbindung von Plattformen und Diensten

Der Hauptzweck des Identity Managements ist die zentrale Aggregation, Pflege und Verwaltung von Benutzerdaten und Zugriffsberechtigungen (Access Management). Davon profitieren momentan 56 angebundene IT-Dienstgruppen und Server-Plattformen am LRZ (Vorjahr 51), hinter denen oft jeweils wieder eine beträchtliche Zahl von Einzelsystemen steht. Neu an LRZ-SIM angebinden wurden

- die ins Id-Portal integrierten Hotlinedienste für die Hochschule München
- das Intrusion-Detection-System QRadar
- das Videosystem OpenCast für Vorlesungsmitschnitte
- eine Intranet-Berechtigung der BAdW als zukünftige Zugriffsbasis für diverse BAdW-interne Dienste
- erste Instanzen des Big Data Storage am LRZ (Data Science Storage) samt Zugangs-Gateway.

Die meisten der angebotenen Systeme benötigen Service-Kennungen (sog. Proxy-User) in den Authentifizierungsservern. Die Verwaltung der Berechtigungen für diese Proxyuser wurde auf eine effizientere Variante umgestellt, durch Nutzung spezieller Gruppenmitgliedschaften im Managementbereich der Authentifizierungsserver. Als weitere Neuerung in den Authentifizierungsservern wurde für alle Benutzerkennungen die Gruppenmitgliedschaft als reverses Kennungsattribut parallel zum Mitgliederattribut der Gruppen in die dauerhafte Provisionierung aufgenommen. Dadurch sind eventuelle Inkonsistenzen leichter erkennbar. Außerdem ist dadurch die LDAP-Anbindung mancher Dienste, in denen ausschließlich Kennungsattribute konfiguriert werden können, erst möglich.

Für den Data Science Storage wurde ein eigenes Konzept zu gruppenbasierten Berechtigungen in LRZ-SIM entwickelt, das im Backend bereits produktiv im Einsatz ist. Dieses Konzept könnte später auch auf Berechtigungen für HOME- und WORK-Bereiche der SuperMUC-Kennungen verallgemeinert werden.

Für den SuperMUC wurden vor der Inbetriebnahme dessen zweiter Ausbaustufe alle Bestandsquotas proportional zur Ausbaugröße angehoben. Individuelle HOME- und WORK-Quotas pro Benutzer sind aktiv geschaltet, deshalb haben die Master User von SuperMUC-Projekten im Id-Portal die Möglichkeit, selbst diese individuellen Quotas anzupassen. Um einen nahtlosen Übergang im SuperMUC-Benutzerbetrieb zu gewährleisten, wurden die in früherer Zeit eingetragenen Benutzerquotas initial an die Projektquotas angeglichen und dann für Änderungen durch Master User freigegeben.

6.6.1.4 LMU-, TUM- und HM-Anbindung

Über 87 % der aktiven Kennungen im Bestand von LRZ-SIM entstammen den zentralen Verzeichnisdiensten von LMU, TUM und HM (vgl. Tabelle in Abschnitt 6.6.1.1). Die Daten dieser Benutzer synchronisieren die IDM-Treiber bzw. Konnektorprogramme automatisch und in der Regel ohne lange Wartezeiten nach LRZ-SIM. Darin enthalten sind Attribute, die die Berechtigungen für die vom LRZ erbrachten Dienste bei den einzelnen Kennungen regeln.

Das Identity-Management-System wird gerade im Bereich dieser Datenkopplungen beständig weiterentwickelt, um neuen Anforderungen von Benutzer-, System- und Verwaltungsseite gerecht zu werden. So wurde ein längerfristiges Projekt in Kooperation mit der LMU gestartet mit dem Ziel, die bisher getrennt verwalteten LMU- und LRZ-Kennungen von LMU-Angehörigen zusammenzuführen. Dadurch können die Vergabewege vereinheitlicht und alle Berechtigungen für LRZ-Dienste auf eine Kennung pro Benutzer zusammengefasst werden. Gleichzeitig können die Berechtigungen für alle Massendienste dann ebenfalls von der LMU verwaltet werden, insbesondere für den persönlichen und Instituts-Cloud-Speicher. Bei diesem Vorhaben wurde und wird mit den IT-Verantwortlichen an der LMU, den Master Usern von LRZ-Projekten, den LMU-Rechnerbetriebsgruppen und auch den Administratoren der einzelnen IT-Dienste am LRZ eng zusammengearbeitet.

Im Berichtsjahr wurden etliche Vorarbeiten für diese Konsolidierung umgesetzt: Die Möglichkeit für Master User, Kennungen in ihre Projekte zu importieren und Zusatzdienste für die LMU-Kennung vergeben zu können, ist weitgehend fertig implementiert. Die dazu benötigten Kostenschlüssel der LMU wurden in den

Einrichtungsbaum von LRZ-SIM übernommen. Die Aufsplittung des bisher kombinierten ADS- und MWN-Speicher-Dienstes wurde codetechnisch vorbereitet, so dass die Aufsplittung gleich zu Beginn des Jahres 2017 produktiv umgesetzt werden konnte. Weiterhin wurde das Umwandeln von persönlichen Kennungen in Funktionskennungen auch für Personen ermöglicht, die mehr als eine Kennung haben.

Von diesen Vorarbeiten kann auch bei der zukünftigen Konsolidierung der TUM-Kennungen profitiert werden. Die Konsolidierung der TUM-Kennungen wird etwas leichter möglich sein, da der Hauptmaildienst (Exchange) mit vielen TUM-Domains bereits jetzt schon über TUMonline verwaltet wird.

Die Hochschule München lieferte die offizielle Organisationsstruktur nach LRZ-SIM, sowohl die vereinbarten Einrichtungskürzel (ADS-Org-Präfix) als auch die Einrichtungsbezeichnungen. Mit jeder Kennung wird ihre Organisationszugehörigkeit in LRZ-SIM eingetragen und ans MWN-ADS weiterprovisioniert. Außerdem werden die Berechtigungen für Sync+Share und GitLab für HM-Kennungen über die IDM-Kopplung automatisch in LRZ-SIM übernommen, so wie es bereits bei TUM- und LMU-Kennungen der Fall ist.

6.6.2 MWN Active Directory

Als weiteren großen Infrastrukturdienst betreibt das LRZ für das MWN ein mandantenfähiges Active Directory (MWN-ADS). Das MWN-weit erreichbare ADS bildet unter anderem die Basis für zentrale Dienste wie Exchange oder den zentralen Fileservice MWN-Speicher.

Dieses MWN Active Directory ist so angelegt, dass einzelne, große Institutionen wie LMU, TUM oder die BAfW voneinander getrennt agieren können. Ziel ist es dabei, Synergien bei der Administration von Desktop-PCs zu erschließen und Mehrwerte im Funktionsumfang für Anwender und Administratoren nutzen zu können. Mit dem MWN-ADS können alle Clients ab Windows 2000 verwaltet, Mac OS X und Linux-Systeme an eine zentrale Nutzerverwaltung angebunden werden.

Jede Organisationseinheit erhält eine vordefinierte Unterstruktur (Organisational Unit, OU) im MWN-ADS. Die Unterstruktur wird wiederum in Fakultäten und Lehrstühle weiter untergliedert. Auf diesen Ebenen können von einem sog. „Teil-Administrator“ des Kunden Computerkonten, Gruppenrichtlinien, Gruppen oder Funktionskennungen eingetragen und verwaltet werden. Die Einrichtung dieser Organisationsstrukturen wird stetig in Absprache mit den teilnehmenden Kunden angepasst. Damit es nicht zu Namenskonflikten innerhalb des MWN-ADS kommt, wurde ein verbindliches Namenskonzept für Objekte im MWN-ADS entwickelt. Zur Erfüllung ihrer Aufgaben wird den Teil-Administratoren ein Set an Werkzeugen über zwei Terminalserver zur Verfügung gestellt. Die Benutzerkonten und zentralen Gruppen werden über die beiden Metaverzeichnisse (LRZBVW, TUMonline) am LRZ gepflegt. Dabei kommen Softwarelösungen der Firma Micro Focus zum Einsatz.

Derzeit sind 9 (9) voneinander abgetrennte Mandanten im MWN-ADS eingerichtet mit rund 171.000 (167.000) Kennungen.

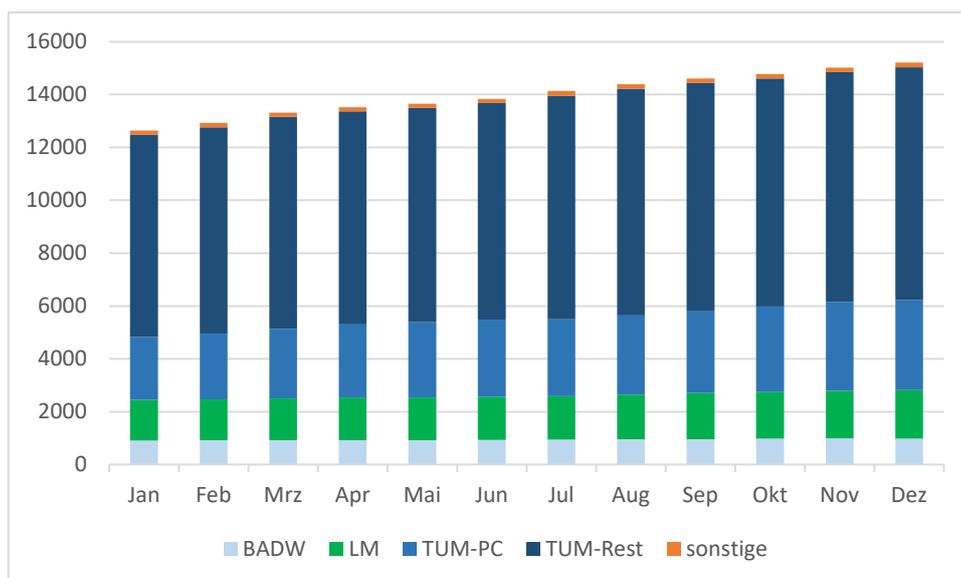


Abbildung 17: Computerkonten im MWN-ADS in 2016

Aus den Mandanten TUM, LMU, HMT (HS Musik und Theater), BVB (Bibliotheksverbund Bayern) und BAdW sind rund 13.000 (12.000) Rechner ins MWN-ADS integriert. Es wurden bisher 950 (850) Teiladmins aus 514 (478) Einrichtungen registriert und in 2016 haben sich an der Infrastruktur rund 81.000 (73.000) verschiedene Nutzer angemeldet. Dabei wurden Dienste wie der MWN-Speicher, die Groupware Exchange oder die Anmeldung an ins MWN-ADS integrierten Clientrechnern genutzt.

Die Provisionierung der Benutzerkonten aus den Metaverzeichnissen in das Active Directory erfolgt durch den „Identity Manager Driver for Scripting“ von Micro Focus, der Attributsänderungen an vom LRZ selbstentwickelte PowerShell Skripten auf ADS-Seite übergibt. Dadurch wird eine enorme Flexibilität beim Verarbeiten und der Fehlerbehandlung von Ereignissen erreicht.

6.6.3 DFN-AAI/Shibboleth

Föderiertes Identity Management (FIM) auf Basis der Software Shibboleth ermöglicht es Benutzern, Webdienste, die außerhalb ihrer eigenen Hochschule oder Einrichtung angesiedelt sind, mit der lokalen Hochschulkennung zu nutzen. Den organisatorischen Rahmen für einen solchen Diensteverbund bildet die einrichtungsübergreifende Infrastruktur für Authentifizierung und Autorisierung des DFN (DFN-AAI). Wesentliche Vorteile dieser Authentifizierungsmethode gegenüber konventioneller LDAP-Anmeldung sind für den Benutzer:

1. der bessere Schutz der persönlichen Daten, die nur bedarfsgetrieben und nur nach expliziter Genehmigung durch den Benutzer an genau den gewünschten Webdienst weitergegeben werden (kein User-Provisioning auf Vorrat),
2. die erhöhte Sicherheit vor Phishing und Account-Missbrauch, da die Passwordeingabe ausschließlich bei der Authentifizierungskomponente der Heimateinrichtung, dem sogenannten Identity Provider (IdP), stattfindet und nicht bei den vielen fremden Webdiensten (Service Provider, SPs).

Das LRZ betreibt in der DFN-AAI die IdPs für die LMU und die TUM. Als Datenbasis nutzen der LMU- und TUM-IdP die Daten aus Directorys, die gleichzeitig die Quellen für die oben beschriebene IDM-Kopplung sind. Der LRZ-eigene IdP leistet seit 2016 zusätzlich die Authentifizierung für alle BAdW-Mitarbeiter.

Die vollkommen überarbeitete neue Version 3 der Shibboleth-Software ist zwar wesentlich vielseitiger konfigurierbar, aber auch bedeutend komplexer und bietet keine stabile Upgrade-Möglichkeit. Daher war die Neuinstallation aller drei am LRZ gehosteten IdP-Server erforderlich. Die neuen IdPs bringen zwei wichtige Vorteile:

1. Die Freigabe von Benutzerattributen für neue Dienste-Provider ist unterbrechungsfrei möglich.
2. Die Authentifizierung von externen Nutzern wie Gästen, Bewerbern und Alumni kann bereits am IdP auf die für sie zugelassenen lokalen Dienste eingeschränkt werden.

Da die TUM 2016 ihr Corporate Design vollständig überarbeitet und erneuert hat, bekam auch der TUM-IdP im Zuge der Neuinstallation ein neues CI-konformes Layout auf der Login- und allen weiteren Seiten.

Betreiber von Webdiensten profitieren durch die „Shibbolethisierung“ und den Beitritt zur DFN-AAI oder zur jeweiligen hochschullokalen Föderation von den Vorteilen der AAI-Lösung bzgl. Datenschutz, Datensicherheit und Single Sign-on. Dafür waren, ähnlich wie in den Vorjahren, Abstimmungen und Anpassungen hinsichtlich der von den IdPs ausgelieferten Attribute erforderlich. In den einrichtungslokalen Föderationen konnten wieder einige interessante neue Service Provider aufgenommen werden:

- TUM-Recruiting-Server
- Kurs-Matching-Server bei der TU Mathematik (wie zuvor schon bei der Informatik)
- Fachschaftsserver der Munich School of Education
- LMU-Medizin Tick@Lab-Server
- LMU-Medizin Moodle- und Portfolio-Server
- LMU MoveON Plattform zur Verwaltung ausländischer Studierender
- LMU-Server für die Videoaufzeichnung von Vorlesungen
- Studierenden-Angebot der DATEV eG für LMU und TUM

Weiterhin ist der LRZ/BAdW-IdP durch Konfiguration des ECP-Protokolls nun auch für die Authentifizierung an nicht webbasierten Anwendungen einsetzbar.

Schließlich wurden dem Bereich Datenschutz bei der Attributfreigabe Rechnung getragen: Berechtigungsstring (sog. Entitlements) werden nicht mehr pauschal, sondern nur noch an explizit eingetragene und geprüfte SPs herausgegeben. Den nicht pseudonymen Kennungsnamen (in Form des eduPersonPrincipal-Names) geben die IdPs nur noch an SPs, die dieses Attribut in ihren Beschreibungsdaten (sog. Metadaten) explizit verlangen.

6.7 Bibliotheksdienste

6.7.1 Migration Verbundsystem Aleph

Das zentrale Katalogsystem Aleph des Bibliotheksverbundes Bayern sowie dessen Kooperationspartner ist für etwa 200 wissenschaftliche und staatliche Bibliotheken die maßgebliche Quelle für Titeldaten. Mit dem System arbeiten mehr als 1.000 Bibliothekare. Nach über 6 Monaten Planung und Tests konnte Ende Juni 2016 die Umstellung von Aleph 21 unter Solaris SPARC auf Aleph 22 unter RHEL 6 x86-64 mit minimaler Unterbrechung durchgeführt werden. Technisch herausfordernd war die Umstellung der 1,5 TB großen Oracle Cluster Datenbank auf ein anderes Endian-Format.

6.7.2 Oracle Lizenzierung

Mit der Umstellung von Aleph von SPARC auf x86 Hardware wurde es möglich, Lizenzkosten einzusparen. Nach Rücksprache mit Ex Libris, dem Hersteller von Aleph, bzgl. OEM-Lizenzen sowie der Untersuchung einer Neulizenzierung der Oracle Lizenz für die zentrale Fernleihe in 2017 konnte eine deutliche Kosteneinsparung bei den Lizenzkosten für die Oracle Datenbanksysteme für die nächsten Jahre erreicht werden. Gleichzeitig wird es ab 2017 möglich sein, auch bei der Fernleihe einen hochverfügbaren Datenbankcluster einzusetzen.

6.7.3 Modernisierung interner Services

Das vom Bibliotheksteam für den Bibliotheksverbund Bayern BVB betriebene Ticketsystem OTRS wurde auf einen leistungsfähigeren Server migriert, und dabei auch auf die aktuelle Version gebracht. Auch der zentrale Syslog und Spacewalk wurden auf leistungsfähigere Server migriert.

6.7.4 Rosetta

Das Bibliotheksteam begleitet immer wieder die Performancetests für das Langzeitarchivierungssystem Rosetta und hilft bei der Optimierung. Außerdem wurden vom Bibliotheksteam ein Upgrade der Clusterdatenbank sowie die Integration des Sophos Virenschanners in Rosetta durchgeführt.

6.7.5 Schulungen

Nach der Umstellung des Monitoringsystems auf check_mk wurde eine Schulung für die Mitarbeiter des BVB und des Münchner Digitalisierungszentrums MDZ durchgeführt. Außerdem wurde ein Vortrag über E-Mail für die BVB Mitarbeiter gehalten. Der Vortrag war notwendig, weil viele E-Mail Server Betreiber immer mehr Anti-Spam Maßnahmen einsetzen. Vor allem der Einsatz von SPF und DKIM erforderte Umstellungen bei den im LRZ betriebenen Bibliothekssystemen und OPACs der Mitglieder des BVB.

6.7.6 Münchner Digitalisierungszentrum MDZ

Das Bibliotheksteam unterstützte das MDZ beim Aufbau und Livegang von Digipress, bei Penetrationstests, beim Betrieb der SolrCloud sowie beim Umbau der Infrastruktur des MDZ von SLES auf Debian.

6.8 Video-Streaming

Aktuelle Anforderungen aus der LMU-Unterrichts-Mitschau führten zu einem Ausbau des bestehenden Video-Streaming-Dienstes und zur Einführung eines Video-Konvertierungs-Services.

Um Videoinhalte wie Vorlesungsaufzeichnungen im Bereich der Lehre einer großen Anzahl an Studierenden über Onlineplattformen zur Verfügung zu stellen, betreibt das Leibniz-Rechenzentrum einen Multimedia Streaming-Server. Vor der Onlineveröffentlichung einer Vorlesungsaufzeichnung werden für die verschiedenen Endgeräte wie Desktop, Tablet oder Smartphone unterschiedlich große Videodateien mit verschiedenen Auflösungen und Datenraten für den Streaming-Server benötigt, die aus der Original-Videodatei bei der Videokonvertierung berechnet werden.

In einem gemeinsamen Projekt mit der LMU Unterrichtsmitschau wurde zum WS 2016/17 der bisher bestehende Videoworkflow für Vorlesungsaufzeichnungen geändert und modernisiert. Durch die Unterstützung des Leibniz-Rechenzentrums konnte die bisher auf einem Institutsserver durchgeführte Videokonvertierung auf virtuelle Maschinen des Leibniz-Rechenzentrums umziehen. Dort werden bei der Videokonvertierung mittels der Open Source Software ffmpeg die unterschiedlich generierten Ausgangsformate auf die

durch YouTube geprägten Videoauflösungen von 240p, 360p und 480p angepasst. Durch die Umstellung wurden auch kürzere Produktionszeiten von ungefähr 1 – 4 Stunden erreicht, so dass den Studierenden Vorlesungsaufzeichnungen zeitnah zur Verfügung gestellt werden können.

Die Nutzung des Multimedia Streaming-Servers durch die Studierenden ist hoch und steigt vor allem in Prüfungszeiten nochmal stark an. Die nachfolgende Grafik zeigt die maximal gleichzeitig erfolgten Verbindungen zum Multimedia Streaming-Server im letzten Wintersemester 2016/17.

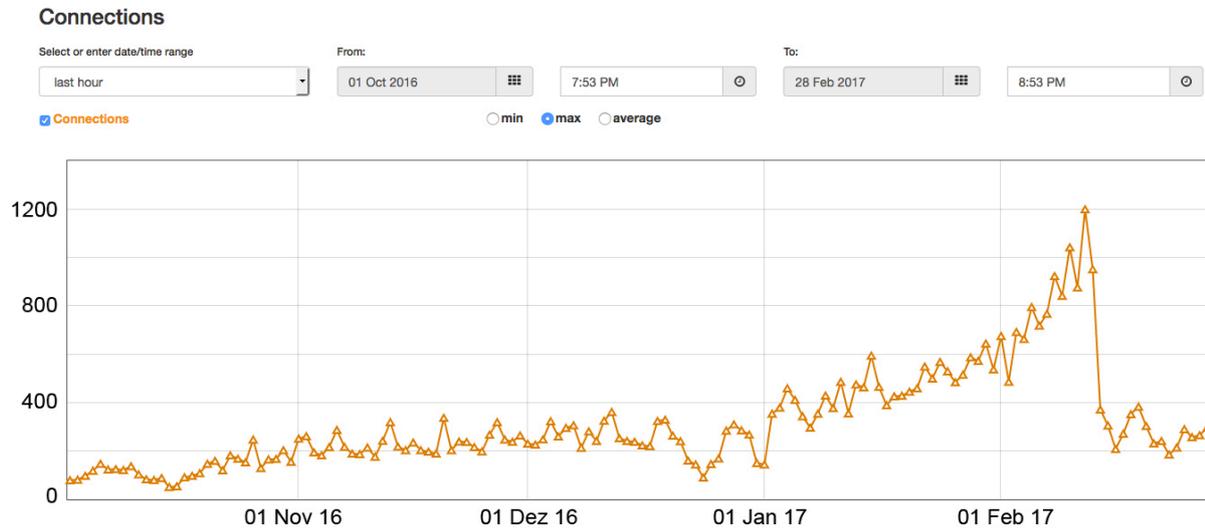


Abbildung 18: gleichzeitige Verbindungen zum Streaming-Server im WS 2016/17

6.9 Digitale Geisteswissenschaften

Im Rahmen des Arbeitskreises dhmc – Digital Humanities Munich beteiligte sich das LRZ an Planung und Umsetzung der zweiten Sommerschule. Vom 25. bis 29. Juli 2016 fand diese zum Thema „Forschungsdaten“ in den Räumen des Kerschensteiner Kollegs des Deutschen Museums statt. Den insgesamt 27 Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurden in Kursen und Vorträgen sowie einem Kaminabend vielfältige Anregungen, wie sie ihre Forschungsprojekte durch digitale Methoden unterstützen können, vermittelt.

Das LRZ ist mit der BAdW sowie weiteren Münchner Wissenschaftsinstitutionen wie LMU, UB, BSB, dem Deutschen Museum, der Monumenta Germaniae Historica, der Historischen Kommission und der Staatlichen Archive Bayerns ständiges Mitglied in diesem offenen Arbeitskreis, der es sich zum Ziel gesetzt hat, den wissenschaftlichen Austausch über Digitale Geisteswissenschaften, sowie deren Trends, Technologien und Methoden in Forschung und Lehre zu fördern.

7 Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C)

2016 wurden mehrere Vorträge über die Forschungsergebnisse am V2C gehalten. Es fanden einige öffentliche Veranstaltungen, auch außerhalb des V2C, an denen am LRZ erstellte Projekte auf V2C Hardware präsentiert wurden, statt. Insgesamt besuchten über 2.700 Gäste und Anwender an über 302 Terminen das V2C.

Die Projektarbeiten des Vorjahrs, aus den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten, wurden, sofern nicht abgeschlossen, fortgeführt und erweitert. Sie wurden um Anwendungsgebiete aus den Bereichen der Strömungsmechanik, der Sport- und Bewegungswissenschaften und der Rekonstruktion ergänzt. Der letztjährige Kurzfilm für die Darstellung auf der Kuppel des Planetariums des Deutschen Museums wurde weiterentwickelt und erweitert.

Das EU Projekt MrSymBioMath, worin sich das LRZ mit Informationsvisualisierung von Daten aus der Bioinformatik beschäftigt, wurde dieses Jahr inhaltlich erfolgreich abgeschlossen.

Das NoMaD Center of Excellence, welches im November des vergangenen Jahres begonnen wurde, lieferte bereits erste präsentable Ergebnisse.

Im Jahr 2016 erfolgte die schrittweise Umstellung des Graphikclusters auf Linux (SLES) wobei hier insbesondere Wert auf die Portierung der verschiedenen Demo-Applikationen Wert gelegt wurde.

7.1 Veröffentlichungen und Vorträge

Im Rahmen von Fachvorträgen auf internationalen Tagungen in Pilsen und Vancouver wurden das V2C sowie verschiedenste Forschungsergebnisse vorgestellt.

In der Zeitschrift „Future Generation Computer Systems“ wurde ein Artikel veröffentlicht (<https://doi.org/10.1016/j.future.2016.02.008>).

7.2 Veranstaltungen

Das LRZ war mit dem Schwerpunkt V2C Gastgeber bei mehreren Veranstaltungen.

Um den Benutzern des V2C eine Austauschmöglichkeit untereinander zu bieten und Synergien zu finden wurde das zweite V2C Benutzertreffen veranstaltet, welches großen Anklang fand.

Im Juni fand am LRZ ein Virtual Reality/Mixed Reality (VR/MR) Meetup statt, welches die beiden größten Meetup Gruppen aus dem Bereich im Münchener Umland betrifft. Dies erlaubte über 90 privat und beruflich an VR/MR Interessierten das V2C kennenzulernen und Erfahrungen auszutauschen.

Eine der bedeutendsten Veranstaltungen aus dem Virtual Reality Umfeld, das 22. ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, wurde vom 2. bis zum 4. November 2016 am Leibniz-Rechenzentrum abgehalten. Hier wurden 117 Paper und 38 Poster eingereicht. Nach Auswahl durch das Programmkomitee wurden 39 Paper und 39 Poster akzeptiert und an der VRST präsentiert. Drei hochkarätige Keynotes (Prof. Bernd Froehlich, Prof. Nadia Magnenat Thalmann und Prof. Jun Rekimoto) rundeten die Veranstaltung ab. An der Veranstaltung haben über 150 internationale Gäste von renommierten Institutionen wie der ETH, MIT, oder Stanford teilgenommen.

Im Dezember hatten Studierende die Möglichkeit, ihre in der Lehrveranstaltung Virtual Reality erstellten Projekte im Zuge des Open Lab Day der Öffentlichkeit zu präsentieren. Das LRZ konnte über 75 Gäste begrüßen. Der Münchner Merkur und die Bild Zeitung berichteten in je einem Artikel.

Auch außerhalb der gewohnten Räumlichkeiten konnte sich das V2C an einigen Veranstaltungen beteiligen:

Am Tag der offenen Tür der LMU im Januar wurde publikumswirksam eine am LRZ entwickelte, portable Version eines der studentischen Projekte des vergangenen Jahres mit Hilfe eines Datenhelms präsentiert.

Im März fanden zeitgleich Präsentationen mit zwei mobilen HMDs in Taipeh bei der ISCG und in Austin, Texas bei der SXSW statt. Wie auch im Vorjahr wurden bei den VR Days der Hochschule Fresenius LRZ Applikationen demonstriert. Am i4c des Filmzentrums (<http://i4c-event.com/>) beteiligte sich das LRZ als Partner.



Abbildung 19: Gruppenfoto VRST 2016

7.3 Projekte

NoMaD beschäftigt sich mit den Materialwissenschaften. Hier hat das LRZ die Arbeitspaketleitung in der Visualisierung inne und trägt mit Forschung und Workshops im Virtual Reality Umfeld bei. Für das NoMaD Center of Excellence wurden bereits prototypische Visualisierungsanwendungen für verschiedene Darstellungsmedien entwickelt.

Der letztjährig prototypisch erstellte Kurzfilm zum Testen der Darstellungsmöglichkeiten auf der Kuppel des Planetariums des Deutschen Museums wurde erweitert und erstmalig einem Publikum im Rahmen des ACM VRST vorgestellt. Es wurde ein Prozess erstellt, um weitere Erweiterungen und Verbesserungen, sowie mögliche neue Filmprojekte zu vereinheitlichen.

7.4 Forschung und Lehre

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden am V2C zwei weitere Geräte aus dem Bereich der Endkundenhardware beschafft, die es ermöglichen, ohne professionelle Projektionsanlage sowie Graphikcluster in eingeschränktem Maße Visualisierungen und Virtuelle Realität zu betreiben.

Es wurden zwei weitere Demoapplikationen in Zusammenarbeit mit dem Corpus der barocken Deckenmalerei erstellt. Die erste zeigt den mittels Photogrammetrie rekonstruierten Kaisersaal der Neuen Residenz in Bamberg. Im Rahmen eines Studentenprojektes der Studiengänge "Kunst und Multimedia" und "Kunstgeschichte" unter Federführung von Dr. Ute Engel und Dr. Karin Guminski wurde die Kapelle des Schloss Schleißheim rekonstruiert.

In Zusammenarbeit mit der LMU konnten fünf Masterarbeiten und drei Bachelorarbeiten erfolgreich abgeschlossen werden. Aktuell werden vier Masterarbeiten und mehrere Praktika durch das Team für VR und Visualisierung betreut.

Außerdem wurden bei renommierten Konferenzen wie der IEEE Aerospace Conference, der WSCG und der ACM VRST Konferenzbeiträge erfolgreich eingereicht und publiziert:

<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2996332>

http://wscg.zcu.cz/WSCG2016/!!_CSRN-2603.pdf (erster Beitrag)

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7500674&isnumber=7500496>

<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7500608&isnumber=7500496>



Abbildung 20: Rendering der dreidimensionalen Rekonstruktion des Kaisersaals in Bamberg

8 IT-Server-Infrastruktur

8.1 Linux-Server

8.1.1 Virtuelle Server

Auch in 2016 ist die Zahl virtueller Server (VMs) auf Basis von VMware stetig gestiegen. Ende des Jahres sind knapp 1.700 VMs im Einsatz. Davon dienen knapp 1.000 VMs zur Erbringung der LRZ-Dienste; die Hälfte im produktiven Betrieb, die andere Hälfte im Testbetrieb für Neuentwicklung und Forschung. Die restlichen über 700 VMs stehen im Rahmen der LRZ-Dienstleistung Serverhosting als Root-Server für LRZ-Kunden bereit. Letztere unterteilen sich auf etwa 50% Bibliotheksdienste, 25% Dienste für Hochschulstart sowie 25% diverse Dienste im Münchner Wissenschaftsnetz (MWZ).

Über 90% aller VMs verwenden das Betriebssystem Linux. Der Anteil von SUSE Linux Enterprise Server (SLES) liegt bei etwa 70%; knapp 30% der Linux-VMs basieren auf Debian, der geringfügige Rest auf Ubuntu, RedHat und vereinzelt Scientific Linux (SL).

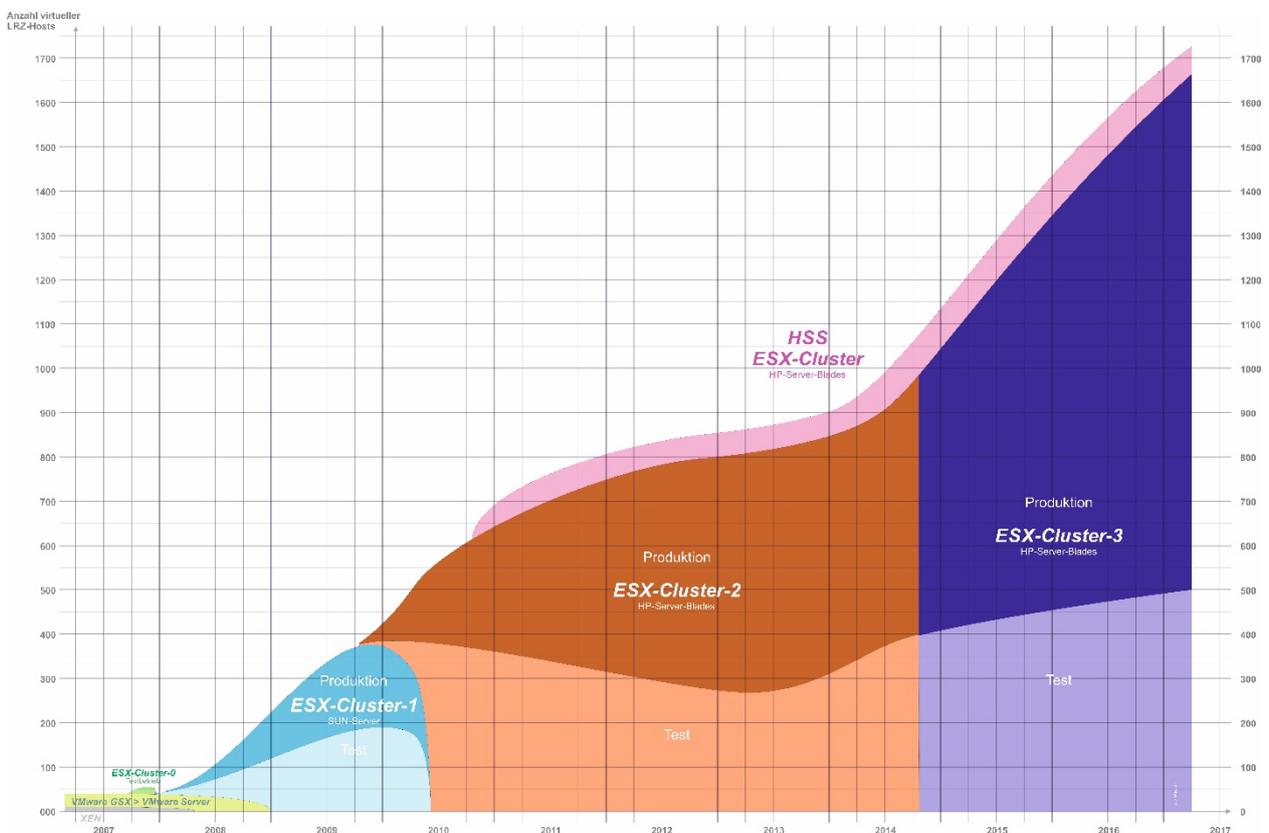


Abbildung 21: Virtuelle Serverinstanzen am LRZ

8.1.2 Aktualisierung der Betriebssysteme

Die im Vorjahr mit SLES-12 installierten Server werden bis Mitte des Jahres auf ServicePack 1 bzw. SLES-12-SP1 aktualisiert. Seit Anfang 11/2016 steht das ServicePack 2 für SLES12 bereit, dessen Upgrade bis zum Auslauf von ServicePack 1 Mitte 2017 abgeschlossen sein muss.

Bei den im Vorjahr mit SLES-11-SP4 aktualisierten Systemen stand hingegen kein Upgrade in 2016 an.

Im Bereich der Arbeitsplatz-PCs wurden Vorbereitungen für den, in Q1/2017 anstehenden Upgrade von openSUSE13.2 auf openSUSE42.2 Leap durchgeführt.

8.1.3 Monitoring und Logdatenanalyse

Zur Überwachung der Serverlandschaft dient u.a. die auf Nagios aufsetzende Check_MK Enterprise Edition (CEE). Mit einer durchschnittlichen Anzahl von 40 Services je Host – mit Service ist hier die Überwachung von CPU-, RAM-, Netzauslastung, Temperatur, Logmeldungen, Partitionsbelegung, Qualität und Quantität

jeweils vorhandener Dienste u.v.m. gemeint, beläuft sich die Gesamtzahl aller, im LRZ mittels CEE überwachter Services auf knapp 54.000.

8.1.4 Managed Hosting für hochschulstart.de

Die Hochschulstart-Systeme sind mittlerweile mit ca 350.000 Bewerbern und bis zu 10.000 Bewerbungen pro Tag sehr gut genutzt. Die Anzahl aller DoSV-Server konvergiert gegen 200. Zur besseren Fehleranalyse wurden 2016 Fehleranalyseumgebungen implementiert, die den Entwicklern erlauben, Fehler aus alten Datenbankbeständen direkt nachzuvollziehen.

8.2 Windows

Am LRZ werden derzeit rund 235 (180) physische oder virtuelle Windows Server betrieben. Der Anteil der virtuellen Systeme liegt bei über 90%. Es hat sich in den vergangenen Jahren wiederholt gezeigt, dass es unter Umständen nicht sinnvoll ist, bestimmte Systeme zu virtualisieren. So werden die Mailbox-Server für die Exchange-Infrastruktur mit physischer Hardware betrieben, um den Storage direkt anbinden zu können. Aus Performancegründen werden noch ein SQL-Cluster und vier von fünf Domain Controllern des MWN-Active Directory mit physischer Hardware betrieben, da die Leistungsfähigkeit der virtuellen Maschinen zu gering ist. Auch verhindern bestimmte Anwendungen wie z.B. für das Gebäudemanagement am LRZ oder Überwachungskomponenten, die möglichst unabhängig von weiterer Infrastruktur betrieben werden müssen, eine Virtualisierung.

Die momentan unterstützten Betriebssystemversionen am LRZ reichen von Windows Server 2008 bis zur aktuellen Version Windows Server 2016. Windows Server ist dabei das Basisbetriebssystem für verschiedene höherwertige Dienste am LRZ wie Active Directory, Exchange oder Terminalserver.

Installation, Pflege und Reporting der Systeme erfolgten über den zentralen Microsoft System Center Configuration Manager 2016 (SCCM) am LRZ, der auch für die Clientsysteme Verwendung findet. Für Monitoring und Alerting findet der Microsoft System Center Operation Manager 2012 R2 (SCOM) von Microsoft Verwendung, der mit seinen vorgefertigten Management Packs gezielt nicht nur das Betriebssystem, sondern auch die auf den Servern betriebenen Dienste wie Active Directory, Exchange oder MS SQL überwacht. Unterstützt wird das Monitoring der Hardware bei den physischen Servern durch die DELL Openmanage Suite, wodurch Hardwareprobleme direkt an den SCOM gemeldet werden.

9 Hochleistungssysteme und SuperMUC

9.1 Höchstleistungsrechner SuperMUC

9.1.1 Betrieb

Ein Schwerpunkt der Aktivitäten der Abteilung Hochleistungssysteme war die weitere Optimierung des Betriebs beider Phasen des Höchstleistungsrechners SuperMUC. Das Flaggschiff der LRZ Systeme enthält im Endausbau fast eine Viertel Million Rechenkerne; eine Übersicht ist in der folgenden Tabelle angegeben.

Tabelle 13: Kennzahlen des SuperMUC Systems im Endausbau

Installation Phase	Phase 1		Phase 2	
Installation Date	2011	2012	2013	2015
Insel-Typ	Fat Nodes	Thin Nodes	Many Core	Medium Nodes
Prozessor-Typ	Westmere	Sandy Bridge	Knights Corner / Ivy Bridge	Haswell
Gesamtzahl Cores	8,200	147,456	3,840 (Phi)	86,016
Peak-Leistung [PFlop/s]	0.078	3.2	0.064 (Phi)	3.58
Hauptspeicher [TByte]	52	288	2.56	194
Anzahl Inseln	1	18	1	6
Typischer Energieverbrauch	< 2.3 MW		~1.1 MW	

Der Benutzerbetrieb auf beiden Phasen des SuperMUC war im Berichtszeitraum stabil. Nach der letzten Aktualisierung der Betriebssoftware im Juni kam es jedoch in der zweiten Jahreshälfte zu gelegentlichen Problemen mit dem parallelen Dateisystem. Diese traten nach erfolgter Bereinigung durch die Systemadministratoren nicht mehr auf. Die genaue Ursache zu identifizieren erwies sich als sehr schwierig, konnte aber dann doch von IBM im Quellcode gefunden und behoben werden. Mit der ersten Wartung nach dem Berichtszeitraum soll hierzu ein Fix eingespielt werden.

9.1.2 Nutzung

Die folgende Tabelle zeigt die pro Quartal abgegebene Rechenzeit und die maximal mögliche Abgabe (im Zeitraum 4Q 2011- 3Q 2012 waren nur die „fetten“ SuperMUC-Knoten als Migrationssystem in Betrieb). Der Anstieg an verfügbaren Ressourcen durch die neuen Haswell-Knoten der Phase 2 ab Mitte 2015 ist deutlich erkennbar. Die Auslastung lag sowohl im 3. wie auch im 4 Quartal 2016 bei dem angestrebten Wert von 85%.

Im Jahr 2016 hat SuperMUC mehr als 1,6 Milliarden Core-Stunden an Rechenzeit abgegeben. Die jährlich abgegebene Rechenzeit ist in der folgenden Tabelle angegeben:

Tabelle 14: Abgegebene Rechenzeit des SuperMUC in Core-Stunden

2012	136 Mio
2013	993 Mio
2014	1.100 Mio
2015	1.238 Mio
2016	1.628 Mio
SuperMUC gesamt	5.096 Mio

Der Anteil an der Nutzung der Rechenzeit durch die einzelnen Fachgebiete ist in der folgenden Abbildung dargestellt. Wie in den vergangenen Jahren nutzten Projekte aus den Fachgebieten Astrophysik und Fluid-Dynamik die meiste Rechenzeit. Bemerkenswert ist aber, dass sich der über die letzten Jahre beobachtete Trend des Anstiegs der Nutzung des Höchstleistungsrechners durch die Bio- und Lebenswissenschaften verfestigt hat.

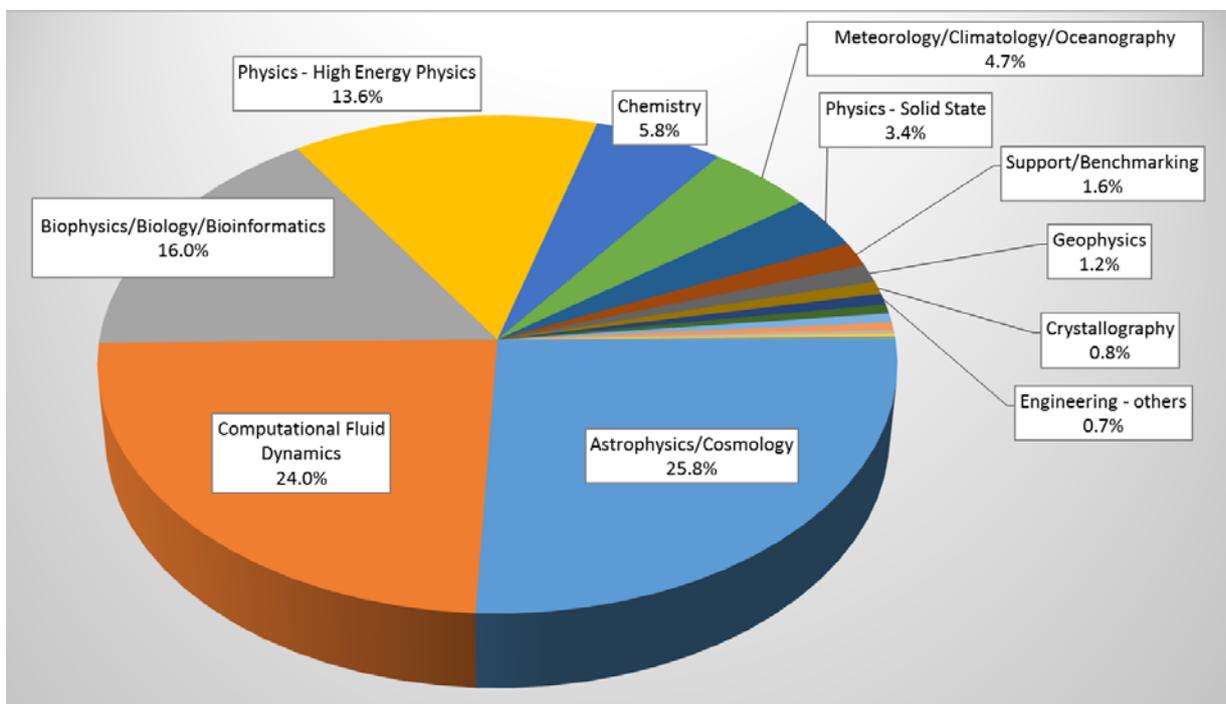


Abbildung 22: Prozentuale Verteilung der Rechenzeit nach Fachgebieten

Die Nutzerverteilung nach Institutionsart ist im Folgenden darstellt. Der diesmal etwas höhere Anteil an der Nutzung durch das LRZ wurde durch die Vorbereitung der Benchmarks für das Nachfolgesystem des Höchstleistungsrechners verursacht. Der Anteil der Nutzung durch PRACE ist stark zurückgegangen, da das LRZ seine vertraglich zugesagten Leistungen weitgehend erfüllt hat.

Tabelle 15: Anteil an Rechenzeit nach Art der Institution

Universitäten	61.2%
Max-Planck-Gesellschaft	27.3%
Helmholtz-Gemeinschaft	6.7%
Leibniz-Rechenzentrum	3.2%
PRACE	1.5%
Sonstige	0.1%

9.1.3 Remote Visualisierung SuperMUC@LRZ

Die Installation von drei zusätzlichen Visualisierungsservern hinter der SuperMUC-Firewall wurde im 1. Quartal 2016 abgeschlossen, und der Benutzerbetrieb wurde im 2. Quartal 2016 aufgenommen. Dadurch kann nun für die Durchführung von Visualisierungs-Studien ein direkter Zugriff auf die Daten der parallelen Dateisysteme des SuperMUC gewährleistet werden.

9.1.4 Das Intel Xeon Phi System (SuperMIC)

Das SuperMIC-System wird aktuell insbesondere durch Nutzer aus dem Bereich Informatik rege genutzt. Interessierte SuperMUC-Benutzer können über das LRZ Service-Desk Portal Zugang auf SuperMIC beantragen. Außerdem ist das System für Kursveranstaltungen aus dem Bereich High Performance Computing wiederholt reserviert worden.

Ein Antrag zur Beschaffung eines größeren Intel Many Core System für das Linux-Cluster wurde genehmigt. Dieses System wird es dann auch ermöglichen, bessere Aussagen über die Eignung dieser Architekturlinie für ein Nachfolgesystem von SuperMUC zu treffen.

9.1.5 Antrag für den nächsten Höchstleistungsrechner (SiVeGCS)

Mit Unterstützung durch den Bund und die Länder Baden-Württemberg, Bayern und Nordrhein-Westfalen, stellen die Zentren des 2007/2008 gegründete Gauss Centre for Supercomputing (GCS mit den Zentren LRZ, Jülich Supercomputing Centre und Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart) eine HPC-Infrastruktur der obersten Leistungsklasse für die Wissenschaft in Deutschland und Europa bereit. Schon Ende des Jahres 2015 hat das LRZ zusammen mit den beiden anderen Zentren begonnen, einen Antrag für die Sicherstellung der weiteren Verfügbarkeit von Rechenleistung im Rahmen einer nationalen Höchstleistungsrechnerinfrastruktur für die Jahre 2017 bis 2025 zu entwickeln. Diese Arbeiten wurden 2016 weiter intensiv vorangetrieben. Im dritten Quartal konnte schließlich die finale Version der Vorhabensbeschreibung beim Projektträger und den zuständigen Ministerien mit dem etwas sperrigen Titel „Koordination und Sicherstellung der weiteren Verfügbarkeit der Supercomputing-Ressourcen des GCS im Rahmen der nationalen Höchstleistungsrechner-Infrastruktur“ (SiVeGCS) eingereicht werden.

Die beantragten Fördermittel decken anteilig sowohl die Beschaffung und den Betrieb der Höchstleistungsrechner, die Unterstützung der Anwender bei der Nutzung der Rechnerressourcen als auch die für effizienten und effektiven Einsatz für Wissenschaft und Wirtschaft benötigten und durch GCS koordinierten Dienstleistungen zur Begutachtung und Rechenzeitvergabe, zur Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation sowie die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft, die nationale und internationale Kooperation sowie das Projektmanagement ab. Die Fördermittel sind Bestandteil eines gemeinsamen Förderkonzepts des BMBF und der Sitzländer der GCS-Zentren. Der Antrag baut auf dem Eckpunktpapier aus dem Jahre 2015 mit dem Titel „Höchstleistungsrechnen in Deutschland“ auf und berücksichtigt die Stellungnahme des Wissenschaftsrates zur HPC-Infrastruktur in Deutschland und zur HPC-Methodik.

Schwerpunkte der Arbeiten im Projekt SiVeGCS werden sein

- Systemausbau
- Organisation der Rechenzeitvergabe
- Deutliche Ausweitung der Anwenderunterstützung
- Vorbereitung der Hauptanwendungen für zukünftige GCS-Systeme
- Aus- und Weiterbildung
- Öffentlichkeitsarbeit
- Kooperation mit Dritten (national und international)
- Zusammenarbeit mit der Wirtschaft
- Projektmanagement (Geschäftsstelle/Projektbüro)

Der Antrag wurde im Spätherbst 2016 von den Ministerien der beteiligten Länder Bayern, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen sowie des Bundes genehmigt. Damit konnte im LRZ mit der Vorbereitung der Beschaffung des Nachfolgesystems für SuperMUC begonnen werden.

9.1.6 Vorbereitung der Beschaffung des nächsten Höchstleistungsrechners SuperMUC-NG

Im Hinblick auf die Beschaffung des nächsten Höchstleistungsrechners SuperMUC-NG („NG“ steht hier für „Next Generation“) hat das LRZ zahlreiche Aktivitäten unternommen. Hierzu zählen eine Benutzerbefragung, eine Benutzerdiskussion im Verlauf des Review-Workshops, die Koordination der Planungen innerhalb des GCS mit der zuvor genannten Antragsstellung, sowie Vorgespräche mit den Ministerien. Darüber hinaus wurden zahlreiche Gespräche mit Herstellern zur Markterkundung durchgeführt.

Auf Basis dieser Informationen und den Erfahrungen aus dem Betrieb von Höchstleistungsrechnern hat das LRZ einen umfangreichen Satz von Dokumenten (u.a. Bewerbungs- und Vertragsbedingungen, Leistungsbeschreibung, Entscheidungskriterien) und Benchmarkprogrammen für ein Beschaffungsverfahren in Form eines Wettbewerblichen Dialogs erstellt.

Wie in der Vergangenheit soll das Auswahlverfahren durch einen Auswahlausschuss begleitet werden. Das Direktorium des LRZ hat auf seiner Sitzung am 12. August 2016 einen Vorschlag zur Zusammensetzung dieses Ausschusses gemacht, der sowohl die bei den Nutzern der Superrechner vertretenen verschiedenen Fachgebiete als auch die regionale Verteilung in Deutschland berücksichtigt. Die konstituierende Sitzung des Auswahlausschusses fand am 4. November 2016 statt. Das LRZ unterrichtete das Gremium über Art und den Zeitplan des Beschaffungsverfahrens sowie das der Beschaffung zu grunde liegende Systemkonzept. Das Gremium befürwortete einstimmig die geplante Vorgehensweise.

Im Rahmen von Tests für die SuperMUC-NG Ausschreibung wurden außerdem Benchmarktests auf dem in Kapitel 9.2.2 erwähnten IBM Power8-Testsystem durchgeführt.

Der Teilnehmerwettbewerb für das SuperMUC-NG-Beschaffungsverfahren wurde noch im Dezember des Berichtsjahres gestartet.

9.2 Linux-Cluster

Das im Jahr 2015 installierte neue Cluster-Segment „CoolMUC2“ hat sich im Betrieb bewährt und wurde im Laufe des Jahres 2016 um ein weiteres Rack erweitert, dessen Rechenknoten dediziert für universitäre Einrichtungen betrieben werden („attended Housing“). Erste Schritte in Richtung auf die Integration der künftigen Big-Data Infrastruktur mit den HPC-Systemen wurden mit der Anbindung der CoolMUC2 Login-Knoten an das Data Science Storage (DSS) gemacht.

Neben dem produktiven Rechenbetrieb dient das CoolMUC2-System auch als Forschungsobjekt für innovative und energieeffiziente Kühlkonzepte. So verfügt es neben der seit Jahren am LRZ etablierten Warmwasserkühlung außerdem über sechs Adsorptionskältemaschinen der Firma Sortech. Diese erlauben es, mit geringem elektrischem Energieaufwand aus der Abwärme der Rechnerknoten Kälte zu erzeugen, die zur Kühlung des Storage Systems von SuperMUC Phase2 verwendet werden. Die Technologie hat sich dabei als sehr zuverlässig und effizient erwiesen: so wurden im Jahresmittel 2016 aus durchschnittlich 120 kW Abwärme bei 45°C etwa 50 kW Kälte bei 21°C erzeugt. Der Coefficient of Performance des Gesamtsystems lag dabei bei 12. Das heißt: Für je 12 kW Kühlleistung musste 1 kW elektrische Energie aufgewendet werden. Damit sind die Adsorptionskältemaschinen etwa um den Faktor 3 effizienter als traditionelle kompressorgestützte Kältemaschinen.



Abbildung 23: CoolMUC-2-Rechnerracks (schwarze Racks) und 6 von der Abwärme der Rechnerracks betriebene Adsorptionskältemaschinen (hellgraue Geräte rechts im Bild)

Analog zur Vorgehensweise auf dem Höchstleistungsrechner wurde auch auf CoolMUC2 und allen Login-Knoten des Clusters im Sommer 2016 die Betriebssoftware auf einen noch längerfristig von der Lieferfirma unterstützten Stand (SLES11 SP4) gebracht.

9.2.1 Nutzung des Linux-Clusters

Die Entwicklung der Anzahl von Nutzern und Projekten, der Anzahl Jobs und der abgegebenen Rechenzeit am Linux-Clusters ist in der folgenden Tabelle aufgeführt. Sowohl bei der Anzahl Nutzer als auch bei der Anzahl Projekte sind deutliche Zuwachsraten für diesen Dienst festzustellen. Ebenso ist eine deutliche Steigerung der abgeschöpften Rechenzeit und Job-Anzahl zu beobachten; der Faktor von mehr als drei bei letzterer erklärt sich aus der neuerdings im SLURM-Warteschlangensystem unterstützten „Array-Job“ Funktionalität, die die Submission einer parametrisierten Job-Sequenz mit einem Befehl ermöglicht.

Tabelle 16: Anzahl Nutzer und Projekte

Jahr	Benutzer	Projekte	Rechenzeit[(Mio Core-h)]	Jobs
2013	553	145	47,7	1.023.895
2014	448	132	49,4	1.052.479
2015	504	149	62,3	949.480
2016	634	175	118,8	3.546.001

Die nach Hochschulen und ggf. Fachgebieten aufgeschlüsselte Nutzung des Clusters ist in der folgenden Tabelle angegeben. Hier hat ebenfalls die Anzahl von Institutionen, die das Linux-Cluster nutzen, zugenommen.

Tabelle 17: Nutzung des Linux-Clusters 2016

Institution	Core-h	Anteil	Jobs	Anteil
Bayerische Akademie der Wissenschaften	560,944	0.5%	5819	0.2%
Institute	552,060	0.5%	5126	0.1%
<i>davon LRZ</i>	380,73	0.3%	3074	0.1%

Institution	Core-h	Anteil	Jobs	Anteil
Sektion III	8,885	0.0%	693	0.0%
Bayerische Hochschulen, soweit nicht gesondert erfasst	37,378,958	31.5 %	109315	3.1%
Hochschule Aschaffenburg	0	0.0%	6	0.0%
Katholische Universität Eichstätt	147,622	0.1%	552	0.0%
Universität Augsburg	918,768	0.8%	648	0.0%
Universität Bamberg	172,608	0.1%	908	0.0%
Universität Bayreuth	30,995,151	26.1%	5843	0.2%
Universität Erlangen	675,882	0.6%	3084	0.1%
Universität Regensburg	2,127,656	1.8%	94331	2.7%
Universität Würzburg	2,341,271	2.0%	3943	0.1%
Hochschule München	3,991,852	3.4%	3685	0.1%
Fakultät für angewandte Naturw. und Mechatronik	3,991,678	3.4%	3580	0.1%
Fakultät für Maschinenbau, Fahrzeug- u. Flugzeugtechnik	174	0.0%	105	0.0%
Ludwig-Maximilians-Universität München	32,323,575	27.2%	1254351	35.4%
Fakultät für Betriebswirtschaft	581	0.0%	2282	0.1%
Fakultät für Biologie	210,736	0.2%	50185	1.4%
Fakultät für Chemie und Pharmazie	3,394,910	2.9%	6885	0.2%
Fakultät für Geowissenschaften	1,555,863	1.3%	1567	0.0%
Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik	363,450	0.3%	903138	25.5%
Fakultät für Physik	10,920,701	9.2%	265739	7.5%
Fakultät für Psychologie und Pädagogik	0	0.0%	1	0.0%
Fakultät für Sprach- und Literaturwissenschaften	12,242	0.0%	83	0.0%
Medizinische Fakultät	6,254,654	5.3%	18438	0.5%
Volkswirtschaftliche Fakultät – Department of Economics	55,458	0.0%	446	0.0%
Zentrale Einrichtungen und Verwaltung	9,554,980	8.0%	5587	0.2%
Nutzer am Höchstleistungsrechner Bayern	79	0.0%	70	0.0%
Öffentlich-Rechtliche und Gemeinnützige Körperschaften	3,848	0.0%	178	0.0%
Bay.Staatsm. für Bildung und Kultus, Wissensch. Kunst	45	0.0%	11	0.0%
Hochschulnahe Einrichtungen – Sektion 0	14	0.0%	4	0.0%
Sonstige Gemeinnützige Vereinigungen	3,789	0.0%	163	0.0%
Sonstige	210,821	0.2%	198	0.0%
Technische Universität München	44,275,570	37.3%	2172385	61.3%
Fakultät für Chemie	14,203,144	12.0%	1239776	35.0%
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik	240,463	0.2%	471	0.0%

Institution	Core-h	Anteil	Jobs	Anteil
Fakultät für Informatik	1,529,355	1.3%	30558	0.9%
Fakultät für Maschinenwesen	14,906,131	12.6%	50766	1.4%
Fakultät für Mathematik	1,066,232	0.9%	12414	0.4%
Fakultät für Medizin	320,801	0.3%	37657	1.1%
Fakultät für Physik	5,349,918	4.5%	605695	17.1%
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften	8,481	0.0%	30	0.0%
Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt (BGU)	4,894,931	4.1%	182588	5.1%
Wissenschaftszentrum Weihenstephan	1,756,115	1.5%	12430	0.4%
Gesamt	118,745,646	100.0%	3546001	100.0%

9.2.2 Neue Prototyp-Systeme und System mit GPUs für Machine Learning

Für vorbereitende Arbeiten und Tests an Systemen auf Akzelerator-Basis wurden Einzelsysteme dieser Art auf der Basis eines „**Knight's Landing**“ Prototyps von der Firma Intel, sowie eines **Power-8-Hosts** mit zwei **NVidia Maxwell K80 GPUs** von der Firma IBM zur Verfügung gestellt. Neben der Ermittlung der hardwareseitigen Leistungsfähigkeit konnten mit Hilfe dieser Systeme auch Erfahrungen in Bezug auf zusätzliche Programmier-Komplexität (bei Verfügbarkeit geeigneter paralleler Programmiermodelle wie OpenMP oder OpenACC) dieser Architekturen gewonnen werden. Das Power8-System war jedoch noch nicht mit einem Hochgeschwindigkeits-Netz vom Typ NVLink ausgestattet.

Darüber hinaus wurden zwei Applied Micro X-C1 Testsysteme mit X-Gene CPUs angeschafft, um die Verfügbarkeit und Funktionalität des HPC Software Stacks auf **ARM-basierten** Systemen zu evaluieren. Dank der Erfahrungen und Vorarbeiten an solchen Systemen im MontBlanc Projekt stellte die Inbetriebnahme der Testsysteme keine große Schwierigkeit dar, da alle elementaren Komponenten des HPC Software Stacks zur Verfügung stehen.

Ende des Jahres 2016 hat das LRZ außerdem eine **Nvidia DGX-1 Multi-GPU** Maschine beschafft, um den Nutzern des LRZ den von NVidia bereitgestellten Software-Stack für Machine Learning zugänglich zu machen. Neben den Software-Innovationen ist hier auch die Untersuchung der Eigenschaften des neuartigen NVLink-Verbindungsnetzes zwischen den GPUs von Interesse, von dem man sich für Multi-GPU Anwendungen einen deutlichen Skalierbarkeits-Zuwachs verspricht. Das DGX-1 System besteht aus 8 Graphikkarten des Typs Nvidia Pascal P100 mit jeweils 16 GB RAM und insgesamt 28,672 CUDA-Rechenkernen die mit einem Hochgeschwindigkeits-Netz vom Typ NVLink untereinander und mit einem Host System auf x86 Basis (Intel Broadwell) mit 40 Rechenkernen verbunden sind. Benutzer können das gesamte System für komplexe rechenintensive Anwendungen reservieren. Das System besitzt eine Peakperformance von 56 TeraFLOPS. Auf dem System vorinstalliert sind zahlreiche Programmpakete aus dem Bereich „Maschinelles Lernen“ wie Tensorflow, Theano, CNTK, Torch, Digits und Caffe.

9.2.3 Ersetzung der SGI Ultraviolet Systeme

Als ein Nachfolge-System für das seit 2011 betriebene und inzwischen technologisch veraltete SGI Ultraviolet-System wurde Ende 2016 ein neu beschafftes 4-Sockel-System mit insgesamt 6 TByte Hauptspeicher in Betrieb genommen. Darüber hinaus wurde im November 2016 eine offene europaweite Ausschreibung für ein auf **Intel Many-Core-Technologie** („Knight's Landing“) basierendes Cluster-System gestartet, das im zweiten Quartal des Jahres 2017 in den allgemeinen Benutzerbetrieb überführt werden soll. Dieses System wird mit weiter verbesserter Direkt-Warmwasserkühltechnologie ausgestattet sein und soll als Nachfolgesystem für massiv parallele Anwendungen dienen, die das SGI Ultraviolet-System nutzten. Das System wird von der Firma MEGWARE geliefert werden und es wird mit 148 Knoten und 9.472 Rechenkernen eine Peakleistung von 394 TeraFlop/s aufweisen.

Für Anwender, die extrem viel Speicherplatz benötigen, steht außerdem seit dem 4. Quartal 2016 das System „**Teramem**“ mit 48 Cores und 6 TByte Hauptspeicher zur Verfügung.

9.3 Anwendungs- und Benutzerunterstützung im Bereich HPC

9.3.1 Supportanfragen

Nachdem in den letzten Berichtsjahren ein Rückgang bzw. eine gewisse Stagnation der Anzahl von Supportanfragen im Bereich HPC zu verzeichnen war, sind die Anfragen im Jahr 2016 sehr deutlich angestiegen. Gründe hierfür dürften vor allem die erhöhte Anzahl Nutzer, die Inbetriebnahme neuer Systeme wie CoolMUC2 sowie die Nutzung neuer Dienste wie der Compute Cloud oder wie RStudio sein. Gleichzeitig hat sich aber auch die Qualität der Anfragen verändert. Immer mehr Anfragen beziehen sich auf die Nutzung des breit angelegten Softwareportfolios und immer mehr Benutzer stellen „Service-Requests“, insbesondere fragen sie verstärkt nach der Installation von zusätzlichen Softwarepaketen bzw. neueren Versionen bereits provisionierter Softwarepakete.

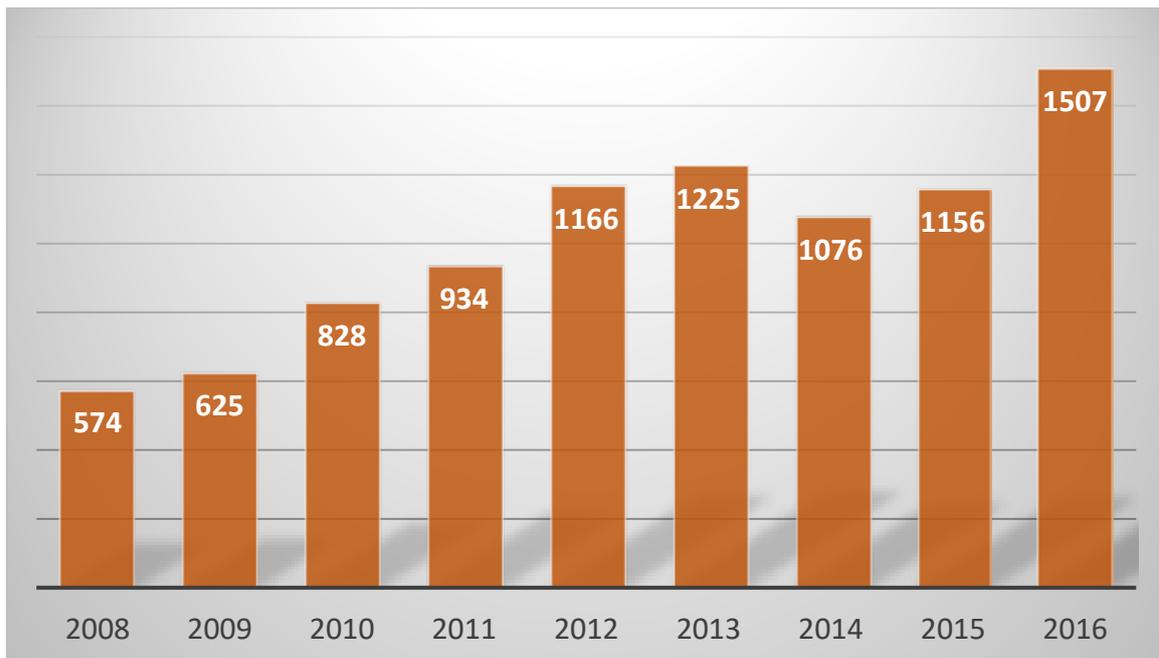


Abbildung 24: Entwicklung der Anzahl von Supportanfragen im Bereich HPC

9.3.2 Benutzerverwaltung für die Hochleistungssysteme

Neben den klassischen Arbeiten der Benutzerverwaltung wie Organisation der Begutachtung der Rechenzeitanträge, Verwaltung der Benutzeraccounts und Rechenzeitabrechnung waren noch umfangreiche technische Begutachtungsaufgaben für die Rechenzeitvergaben über die Calls von PRACE, GCS und KONWIHR durchzuführen.

Das LRZ hat zusammen mit seinen Partnern im Gauß-Zentrum (GCS) bereits in den letzten Jahren den organisatorischen Rahmen dafür geschaffen, dass Nutzer deutschlandweit anhand der Eigenschaften der zur Verfügung stehenden Rechnersysteme sowie der an den Rechenzentren vorhandenen fachlichen Kompetenzen den für ihre Bedürfnisse am besten geeigneten Höchstleistungsrechner wählen können. Grundlage der Rechenzeitvergabe ist das im Wissenschaftsbereich etablierte und bewährte Peer-Review Verfahren.

Zusammen mit den GCS-Partnern hat das LRZ einen Antrag zur „Entwicklung eines Software-Systems zur Unterstützung der gemeinsamen Beantragungs-, Begutachtungs- und Projektverwaltungsprozesse im Projekt SiVeGCS“ erstellt. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer Web-basierten Software für den gesamten Beantragungs-, Begutachtungs-, Monitoring- und Reporting-Prozess. Die besondere Herausforderung bei dieser Entwicklung ist neben der Implementierung eines komplexen Rollenmodells die Vereinheitlichung der Datenhaltung und die Ankopplung an die bestehenden Verwaltungssysteme der GCS-Zentren. Diese Erweiterungen sind die Voraussetzung für die geplante Ausdehnung des gemeinsamen Beantragungs- und Begutachtungsprozesses von den Large-Scale-Projekten auf alle GCS-Projekte. Denn wäh-

rend für die vergleichsweise geringe Anzahl von Large-Scale-Anträgen der weitgehend manuelle Austausch von Daten und Berichten zwischen dem Verwaltungssystem der drei GCS-Zentren und den GCS-Gremien noch beherrschbar ist, ist für die künftig mehr als 300 GCS-Rechenzeitanträge pro Jahr ein gemeinsamer hochautomatisierter Prozess unabdingbar.

9.3.3 Software und spezielle Systeme für HPC

Das umfangreiche Software-Portfolio des LRZ wird laufend gepflegt und aktualisiert. Insbesondere die Bereiche der Materialwissenschaften, Chemie und Lebenswissenschaften stellen hohe Anforderungen, weil hier viele Anwender die Anwendungen nicht selber entwickeln, sondern auf von externer Stelle entwickelte Programme angewiesen sind. Insbesondere im Bereich der Quantenchemie waren Aktualisierungen, Erweiterungen und das Einspielen neuer Releases der Anwendungssoftwarepakete wie Amber, Ansys, Abinit, Turbomole, und GROMACS erforderlich. Weiterhin wurden zahlreiche neue Softwarepakete im Bereich Big Data und Lebenswissenschaften beschafft und installiert (u.a. R Studio, CLC Bio).

Viel Nachfrage seitens der Anwender gab es auch für das Paket COMSOL, das im Berichtsjahr auf den HPC Systemen bereitgestellt wurde. COMSOL, ist eine Software zur Simulation physikalischer Vorgänge, die mittels Differentialgleichungen beschrieben werden können. Die vielfältigen Anwendungsgebiete sind Fluidodynamik, Elektromagnetik, Mechanik, Wärmetransfer sowie chemisches Prozessengineering.

9.3.3.1 LRZ CLC-Genomics-Cloud (LRZ-CGC)

Die LRZ-CLC-Genomics-Cloud besteht aus einem CLC-Genomics Server - einem kommerziellen Analysewerkzeug für Genomanalyse (<https://www.qiagenbioinformatics.com/products/clc-genomics-workbench/>) - und fünf zusätzlichen Rechenknoten zur Verteilung der Rechenlast (vgl. Graphik 1). Die Rechenknoten verfügen dabei über 20 Rechenkerne sowie 240 Gigabyte Arbeitsspeicher, um die sehr speicherintensiven Anwendungen aus der Bioinformatik bzw. Genomik effizient durchführen zu können. Da in der Genomik zudem sehr umfangreiche Datensätze erzeugt werden, ist die Genomics-Cloud an den neuen Data Science Storage des LRZ angeschlossen, der für Datenmengen im Petabytebereich ausgelegt ist.

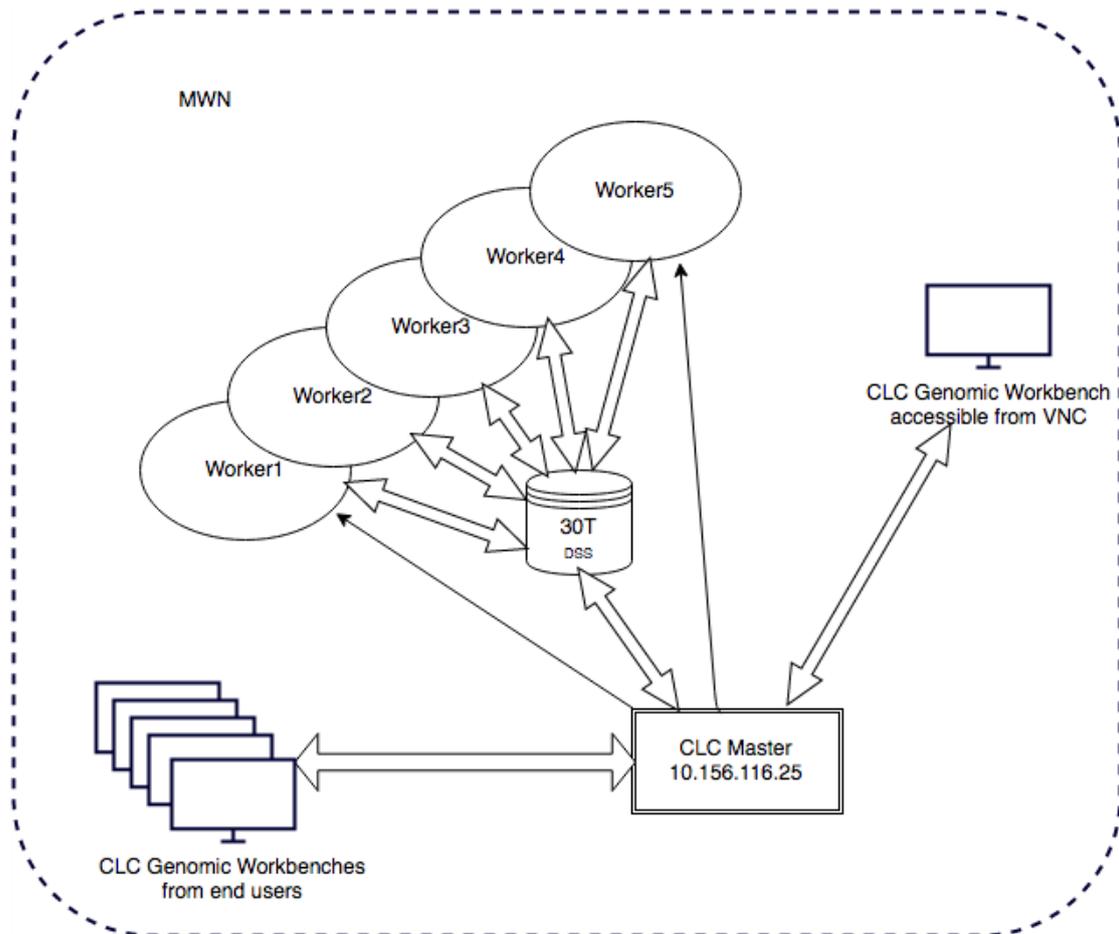


Abbildung 25: LRZ CLC –Genomics-Cloud (LRZ-CGC)

Die LRZ-CGC wird bereits für einige aufwändige Projekte aus den Bereichen der Bioinformatik, Biologie bzw. Epidemiologie benutzt, wie z.B. der De-Novo-Assemblierung von Pilzgenomen. Außerdem führte Dr. Ulrich Güldener vom Institut für Informatik und Systembiologie am Helmholtz Zentrum München (Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt, GmbH) Genomanalysen von Weinhefe (*Hanseniaspora guilliermondii* UTAD222) und dem Pilz *Fusarium asiaticum* durch. Zur Umsetzung der De-Novo-Assemblierung der PacBio-Sequenzen von *Fusarium asiaticum* wurde ein spezielles „Genome-Finishing“-Modul auf der LRZ-CGC installiert.

Ein weiteres interessantes Projekt aus dem Bereich der Mikrobiologie bzw. Genetik wurde von Dr. Matthias Reiger auf der LRZ-CGC unternommen. Im Jahr 2011 wurde bei 16 Kindern und vier Erwachsenen in München eine Infektion durch *Microsporium audouinii* diagnostiziert. Dieser krankheitserregende Pilz wurde von einigen Patienten von einem Familienurlaub in Afrika eingeschleppt. Daraufhin wurde der Pilz von den Kindern im Kindergarten verbreitet, wodurch weitere Familien angesteckt wurden. Alle Infizierten konnten erfolgreich behandelt werden und die Epidemie wurde nach 40 Wochen für beendet erklärt. Dennoch hatte sie bis dahin bereits erheblichen finanziellen Schaden angerichtet. Die Sequenzierung der Isolate einzelner Patienten sollte die Bestimmung der Reihenfolge der Infizierung auf molekularer Ebene durch die Charakterisierung einzelner Nukleotidpolymorphismen ermöglichen. Der Vergleich der gesamten Genomsequenzen der 11 Isolate sowie die De-Novo-Assemblierung haben enorme Rechen- und Arbeitsspeicheranforderungen, welche die LRZ-CGC erfüllen kann.

9.3.4 R Studio

Das Web-Interface R Studio, das eine interaktive Benutzeroberfläche zur Datenanalyse mit der Programmiersprache R bereitstellt, ging im Jahr 2016 aus dem Testbetrieb in den normalen Nutzerbetrieb über.

Der Webservice bietet dabei die Möglichkeit, die umfangreichen Ressourcen des LRZ über eine gewohnte graphische Oberfläche zu nutzen, die viele Forscher aus den Lebenswissenschaften auch in ihrem normalen Arbeitsumfeld verwenden. Im Gegensatz zum normalen Betriebsmodus des Linux-Clusters können die Nutzer ihre Daten interaktiv analysieren, was den Dienst für Neueinsteiger zu einem guten Einstiegspunkt in das Hochleistungsrechnen macht. Dabei bietet der RStudio-Server mit seinen 20 Rechenkernen und insgesamt 256 GB RAM genug Ressourcen, um aufwändige Big-Data-Analysen in R durchzuführen und mit Hilfe der in R eingebauten Parallelisierung zu beschleunigen. Zudem ist der Server als Submitknoten für das Batch-Scheduling-System des Linux-Clusters konfiguriert, sodass man bei zusätzlichem Ressourcen-Bedarf Teile der Analysen auf das Linux-Cluster auslagern kann. Hierzu existieren in R bereits einige Pakete, welche die Auslagerung von Berechnungen in Batch-Jobs automatisieren und somit eine gute Schnittstelle zu den über 10.000 Rechenkernen des Linux-Clusters darstellen. Auch eine Anbindung an zusätzliche Cloud-Ressourcen wird derzeit getestet, bei der mit Hilfe einer Datenbank für R-Objekte automatisch Berechnungen auf Cloud-Maschinen umverteilt werden. Diese Lösung implementiert einen nahtlosen Übergang zum Cloud-Computing, da der Nutzer seinen Code nicht abändern muss und die Auslagerung auf die Cloud für den Nutzer weitestgehend transparent abläuft.

Der Service wurde von den Kunden des LRZ gut angenommen und wird mittlerweile von ca. 50 Nutzern verwendet. Der Nutzerkreis ist dabei sehr weit gefasst und spiegelt damit das breite Spektrum an Wissenschaftsfeldern wieder, in denen heute Daten produziert werden, die kaum noch an einem normalen Desktoprechner analysiert werden können. Neben Nutzern aus dem Bereich Statistik, für welche die Programmiersprache ursprünglich entwickelt wurde, befinden sich nun auch Nutzergruppen aus der Biologie, Epidemiologie, dem maschinellen Lernen, Wirtschaftswissenschaften, Medizin, Pharmazie, Genetik, Tourismus, Phonetik, Landwirtschaft, Psychologie und Glaziologie. Erfreulich ist außerdem das bayernweite Interesse an dem Dienst. Neben den beiden Münchner Universitäten befinden sich auch Mitarbeiter der Universitäten Bamberg, Augsburg, Eichstätt sowie Wissenschaftler der BAdW und Universitätskliniken unter den Nutzern des Dienstes.

Weiterhin ist R Studio ein sehr nützliches Hilfsmittel für die R-Programmierkurse am LRZ, da die Weboberfläche von jedem technischen Gerät - auch Tablets und Smartphones - verwendet werden kann, auf dem ein Internetbrowser installiert ist. Man benötigt daher keinerlei zusätzliche Tools wie z.B. ssh-Clients oder X11-Server-Applikationen, und kann daher bei einem Kurs direkt in die Programmierung mit R einsteigen.

9.3.5 Kurse, Ausbildung, Veranstaltungen, Zusammenarbeit

9.3.5.1 Kurse

Im Bereich der Ausbildung arbeitet das LRZ eng mit dem Regionalen Rechenzentrum der Universität Erlangen (RRZE) und seinen Partnern innerhalb des Gauss Centre for Supercomputing (GCS) zusammen. Als Teil von GCS ist das LRZ auf europäischer Ebene eines der 6 PRACE Advanced Training Centres (PATC), die HPC Schulungen auf höchstem Niveau anbieten. Auch 2016 konnte das Angebot an Kursen und Workshops am LRZ wieder erweitert werden. Insgesamt wurden 22 Kurse und Workshops angeboten, davon sechs im Rahmen des PATC-Curriculums. Zahlreiche weitere neue Kurse, wie z.B. der PRACE PATC Kurs „Introduction to Hybrid Programming in HPC“, der bisher nur als Tutorial auf den Supercomputing Konferenzen angeboten wurde, konnten in das Kursprogramm aufgenommen werden.

Das Kursprogramm des LRZ umfasste in diesem Jahr vielfältige Themen wie:

- PRACE PATC Course: Introduction to hybrid programming in HPC
- PRACE PATC Course: Advanced Topics in High Performance Computing
- PRACE PATC Workshop: 21st VI-HPS Tuning Workshop
- PRACE PATC Course: Intel MIC Programming Workshop
- PRACE PATC Course: Advanced Fortran Topics
- PRACE PATC Course: Node-Level Performance Engineering
- Intel MIC Programming Workshop (in Ostrava)
- Scientific Workshop: SeisMIC - Seismic Simulation on Current and Future Supercomputers (in Ostrava)
- Scientific Workshop: High Performance Computing for Water Related Hazards
- Introduction to OpenFoam

- Elmer FEM Course
- Parallel Programming of High Performance Systems
- Recent Advances in Parallel Programming Languages
- Intel Workshop HPC Code Modernization
- Programming with Fortran
- C for Beginners Course
- Compact Course: Iterative Linear Solvers and Parallelization 2016
- C++ for Beginners Course
- Advanced C++ with Focus on Software Engineering
- R Course for the Life Science Community
- CLC training: NGS data analysis
- Training LRZ Compute Cloud

Die PRACE Advanced Training Centre (PATC) Kurse wurden von einem internationalen Publikum besucht und sind fester Bestandteil des PATC-Curriculums geworden.



Abbildung 26: Teilnehmer des VI-HPS Tuning Workshops vor der Brauerei Weihenstephan (Social Event)

Hervorzuheben ist der „21st VI-HPS Tuning Workshop“, der im April 2016 in enger Zusammenarbeit mit dem Jülich Supercomputing Centre (JSC) und dem VI-HPS (Virtual Institute – High Productivity Supercomputing) Konsortium am LRZ stattfand. Während des sehr gut besuchten 5-tägigen Workshops wurden Vorträge von insgesamt 15 Dozenten aus 9 Mitgliedsinstitutionen von VI-HPS gehalten – ein Rekord in der langen Geschichte der 2008 initiierten Reihe der VI-HPS Tuning Workshops. Auch der vom LRZ organisierte Social Event fand große Begeisterung bei den Teilnehmern.

Weiter hervorzuheben ist die neue, sehr fruchtbare Zusammenarbeit des LRZ mit dem tschechischen nationalen Höchstleistungsrechenzentrum IT4Innovations in Ostrava. Dort wurde im Juli 2015 der derzeit größte Intel Xeon Phi basierte Rechner in Europa in Betrieb genommen; das Interesse an einem Kurs zur Intel Xeon Phi Programmierung war daher besonders groß. Im Rahmen dieses vom BMBF geförderten Projektes Czech-Bavarian Competence Team for Supercomputing Applications (CzeBaCCA) fand 2016 eine gemeinsam von LRZ, TUM und IT4Innovations organisierte, größer angelegte Veranstaltungsreihe statt. Das erste Event in Ostrava im Februar 2016 verband einen 2-tägigen „Intel MIC Programming Workshop“ mit einem eintägigen wissenschaftlichen Workshop zum Thema „SeisMIC - Seismic Simulation on Current and Future Supercomputers“. Das zweite Event in München im Juni 2016 dehnte den „Intel MIC Programming Workshop“ auf 3 Tage aus und wurde unmittelbar gefolgt von einem zweitägigen wissenschaftlichen Symposium zum Thema „High Performance Computing for Water Related Hazards“.



Abbildung 27: Teilnehmer des “Intel MIC Programming Workshop” am IT4Innovations Supercomputing Center, Ostrava, 3.-4.2.2016

Der Kurs konzentrierte sich rein auf die Intel Xeon Phi Programmierung. Die ersten beiden Tage stellten die wesentlichen Programmiermodelle incl. Hands-on Sessions auf dem SuperMIC System vor. Der letzte Tag beinhaltete fortgeschrittene Themen zur MIC Programmierung sowie eine Plenarsitzung. Fünfzig Teilnehmer aus 6 Nationen nahmen an dem Kurs teil.

9.3.5.2 Vierter Extreme Scale Workshop und Leibniz Extreme Scaling Award

Vom 29. Februar bis 3. März 2016 wurde am LRZ der vierte SuperMUC Extreme Scale Workshop durchgeführt. Nutzer des SuperMUC hatten in diesem Zeitraum die Möglichkeit, exklusiv alle Knoten des SuperMUC Phase1 Systems für ihre Projekte zu benutzen und die Skalierbarkeit ihrer Applikationen bis zur vollen Maschinengröße (144.000 Cores) zu testen. Es wurden 13 Teams mit insgesamt 26 Teilnehmern zum Workshop eingeladen, die im Vorfeld die Skalierbarkeit ihrer Applikation bis hinauf zu 4 Inseln (32.768 Cores) zeigen konnten. Erstmals wurde während dieses Zeitraums nur Phase 1 auf Block-Betrieb umgestellt, während Phase 2 weiterhin für alle Benutzer verfügbar war. Der Block-Betrieb wurde in einen Tag und einen Nacht-Zeitraum unterteilt. Tagsüber hatten die Teilnehmer des Workshops die Möglichkeit, ihre Softwarepakete interaktiv auf allen Knoten der Phase 1 zu testen und konnten dann nachts kleine Produktionsläufe auf maximal der Hälfte des Systems durchführen.

Am Ende des Workshops wurde zum ersten Mal der **Leibniz Extreme Scaling Award** für das am besten skalierende Programm vergeben. Die Auszeichnung erhielt das Team VERTEX von Dr. Andreas Marek vom Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. VERTEX ist ein Softwarepaket zur Simulation des Core-Kollapses von Supernova-Explosionen und zeigte während des Workshops die beste Skalierungseffizienz auf SuperMUC Phase 1.

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die beteiligten Fachgebiete, die eingesetzten Codes und die Anzahl der Teilnehmer aus den jeweiligen Gruppen.

Tabelle 18: Fachgebiet, beteiligte Codes und Anzahl der Teilnehmer des 4. Extreme Scaling Workshop

Fachgebiet	Codename	Anzahl Teilnehmer
CFD	INDEXA	4
Geophysik	MPAS	1
Material	inhouse	2
CFD	HemeLB	3
Chemie	KPM	1

Fachgebiet	Codename	Anzahl Teilnehmer
Astrophysik	SWIFT	1
CFD	LISO	2
Plasma	PSC	1
CFD	ILBDC	2
CFD	walberla	2
Computer Science	GPI	1
Astrophysik	GADGET	3
Astrophysik	VERTEX	3

9.3.5.3 Trilinos User Group

Das 5. Europäische Trilinos User Group Meeting (EuroTUG2016) fand in der Zeit vom 18. bis 20. April 2016 am LRZ statt, und wurde vom LRZ gemeinsam mit dem Lehrstuhl Prof. Gee der Technischen Universität München ausgerichtet. EuroTUG ist ein jährliches Treffen von Forschern, Entwicklern und Anwendern der Open Source Scientific Software-Suite Trilinos (www.trilinos.org) der Sandia National Laboratories, USA. Das Treffen ist eine Plattform für Diskussion und Austausch von Informationen über aktuelle Trends in der wissenschaftlichen HPC-Softwareentwicklung, des massiv parallelen Rechnens, effizienter Algorithmen und HPC-Enabling-Technologien, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf der Nutzung der Trilinos-Software-Suite liegt. EuroTUG liefert einen Überblick über die Trilinos-Software-Suite sowohl für Anfänger als auch für Fortgeschrittene mit zahlreichen Tutorials. Dieses Jahr lag der Fokus auf Trilinos-Kokkos, ein Programmiermodell für leistungsstarke Anwendungen, das alle wichtigen HPC-Plattformen wie beispielsweise Nvidia GPGPUs, Intel Xeon- und Intel MIC-Prozessoren und viele komplexe Hardware-Knotenarchitekturen unterstützen soll.

9.3.5.4 OpenHPC

Mission: OpenHPC is a Linux Foundation collaborative project whose mission is to provide a reference collection of open-source HPC software components and best practices, lowering barriers to deployment, advancement, and use of modern HPC methods and tools.

Vision: OpenHPC components and best practices will enable and accelerate innovation and discoveries by broadening access to state-of-the-art, open-source HPC methods and tools in a consistent environment, supported by a collaborative, worldwide community of HPC users, developers, researchers, administrators, and vendors.

LRZ is an active and highly visible member of the OpenHPC community and has been involved in the following activities:

- Member of the Technical Steering Committee and maintainer of the Energy Efficiency packages, involved in component selection and attendance of weekly Tuesday meetings at 17:00 European time.
- Component selection for release versions in 2016; 1.0.1, 1.1, 1.1.1, 1.2 (Intel X86_64 & ARM aarch64 CPU architectures)
- Session leader OpenHPC Community Birds of a Feather at SC'16, Salt Lake City
- Paper co-author HPC Systems Professionals Workshop, SC'16, Salt Lake City; "Cluster Computing with OpenHPC"
- 2016 HPCwire Reader's Choice Awards for Best HPC Software Product or Technology
- Submission of a proposal for a Birds of a Feather session (session leader) at ISC'17, Frankfurt

9.3.5.5 Book Club: Machine Learning

Der LRZ-Book-Club ist eine selbstorganisierte Initiative von LRZ-Mitarbeitern, um Erfahrungs- und Wissensaustausch, Diskussionen und die Zusammenarbeit untereinander, im sich rasch entwickelnden Feld Machine-Learning zu verbessern. Gegenstand von Austausch und Diskussion sind die Methodik und Algorithmen, sowie Tools (z.B. Python, TensorFlow, etc.) für die neubeschafften Systeme, welche vom LRZ mit dem Fokus auf dieses Thema seit kurzem betrieben werden.

9.3.5.6 Standardisierungsaktivitäten im Bereich der parallelen Programmierung

Im Rahmen der Aktivitäten zur Standardisierung der Programmiersprache Fortran konnte das Projekt „ISO/IEC TS 18508: Additional parallel Features in Fortran“ mit der Publikation der Technischen Spezifikation erfolgreich zum Abschluss gebracht werden. Die Erweiterungen der Parallelität beinhalten folgende Eigenschaften:

- ein einseitiges Synchronisationsmodell, in Analogie zum einseitigen Datentransfer, das in größerem Umfang Vermeidung von Latenzen gestattet;
- die Möglichkeit, über Subdivision in Teams die Parallelität komponierbar zu gestalten. Dies ermöglicht es, parallele Bibliotheken unabhängig voneinander zu entwickeln und in MPMD- (Multiple Process Multiple Data) artigen Szenarien (etwa Multiphysik) einzusetzen. Disjunkte Teams müssen während ihrer Laufzeit nicht notwendigerweise miteinander synchronisiert werden;
- kollektive Funktionen (Reduktionen und Datenumverteilung), die analog zu den in MPI definierten besonders effiziente Implementierung gestatten;
- atomare Funktionen, die die Entwicklung spezieller Synchronisations-Verfahren gestatten,
- die optionale Unterstützung von Resilienz. Das ermöglicht dem Programm bei Treffen geeigneter Vorkehrungen durch den Programmierer auch dann weiterzulaufen, wenn Teile der ursprünglich zugewiesenen Ressourcen während des Programmlaufes ausfallen;

Damit wird die Semantik der in Fortran definierten Parallelität im Hinblick auf Flexibilität und Skalierbarkeit beträchtlich erweitert.

Das Standardisierungsgremium hat darüber hinaus die erste Fassung des Standardentwurfes („Fortran 2015“, ISO/IEC 1539-1) vorgelegt, in die der Inhalt der Technischen Spezifikationen TS29113 (erweiterte Interoperabilität mit C) und TS18508 (s.o.) sowie eine Reihe von kleineren Änderungen und Ergänzungen eingearbeitet sind. Damit stehen bis zur Publikation des kommenden Standards (voraussichtlich in 2018) nur noch Arbeiten zur Fehlerbereinigung des aktuellen Entwurfs an.

9.4 Application Labs

Ziel der Application Labs ist es, eine stärkere Zusammenarbeit mit besserem High Level Support für Wissenschaftler in für das LRZ strategischen HPC-Anwendungsfeldern zu etablieren. Die Application Labs zielen darauf ab, die Kooperation und Kommunikation zwischen dem LRZ und den Wissenschaftlern aus den verschiedenen Anwendungsgebieten zu verbessern. Die bessere Verzahnung von Anwendungsgebieten und Rechenzentren gewinnt zunehmend an Bedeutung, da die jeweiligen Wissenschaftsdisziplinen unterschiedliche Anforderungen an Ressourcen, Algorithmen, Software und Workflows haben.

Das Dienstleistungsangebot der AppLabs wird daher von den LRZ-Nutzern stark nachgefragt.

Die Applikations-Labore (AppLabs) des LRZ sind:

- Astro- und Plasmaphysik (AstroLab)
- BigDataLab, das Projekte mit Big-Data-Bezug und Machine Learning unterstützt
- CFDLab, das sich mit Computational Fluid Dynamics-Applikationen beschäftigt
- Energie und Umwelt (EnergyLab)
- Geowissenschaften (GeoLab)
- Life Science/Lebenswissenschaften (BioLab)

Die AppLabs ermöglichen es Anwendern, die Expertise von LRZ-Spezialisten schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt in ihre HPC Projekte einfließen zu lassen und sie erlauben es dem LRZ, das Dienstleistungsangebot besser zu strukturieren. Benutzer, die aus anderen Fachgebieten kommen, sollen aber keinesfalls einen schlechteren Support erhalten.

Ein Schwerpunkt der „Application Labs“ ist die Unterstützung von Projekten der Software-Initiative des „Kompetenznetzwerks für wissenschaftliches Höchstleistungsrechnen in Bayern“ (KONWIHR). Die Software-Initiative zielt darauf ab, in enger Zusammenarbeit zwischen Forschungsgruppen und Rechenzentren, die effiziente Nutzung von HPC-Ressourcen durch die Anwendungswissenschaftler zu verbessern.

Details zu den Labs sind unter folgendem Link verfügbar:

<https://www.lrz.de/services/compute/labs/>

9.4.1 Astro Lab

Das LRZ Application-Lab Astro- und Plasmaphysik (Astro Lab) hat im Berichtsjahr die Zusammenarbeit mit Anwendern aus den Bereichen Astro- und Plasmaphysik weiter intensiviert, um optimalen High Level Support für Wissenschaftler aus diesen Bereichen zu leisten.

Die Projekte des ersten High Level Support Calls (ADVISOR) wurden erfolgreich abgeschlossen. Alle drei Projekte haben die geplanten Ziele erreicht. Aus einem der Projekte ergaben sich zusätzliche Optimierungsarbeiten, welche in dem Nachfolgeprojekt im darauffolgenden Call bearbeitet werden. Im zweiten Quartal 2016 hat das Astro Lab diesen zweiten High Level Support Call (ADVISOR 2016) veröffentlicht. Dieses Mal wurden fünf Projekte bewilligt, wobei das Astro Lab jeweils zwischen einem halben und einem Personen-Monat (PM) einbringt. Die Projekte in Kollaboration mit wissenschaftlichen Nutzern der LRZ-Hochleistungssysteme laufen noch bis 2017.

Im Rahmen der Doktorarbeit von Antonio Raganin, welche in Zusammenarbeit mit dem Excellence Cluster Universe (<http://www.universe-cluster.de>) angefertigt wird, wurde eine Code-Portierung des Gravity-Solvers von P-Gadget3 durchgeführt. Des Weiteren wurde ein Diffusive-Domain-Decomposition-Schema implementiert

Um die Simulationsergebnisse des Magneticum-Pathfinder- und des Magneticum-Projekts (www.magneticum.org) einer breiten Wissenschaftlerbasis zur Verfügung zu stellen, wurde unter der Beteiligung des LRZ Astro Labs das Cosmological Web Portal (<http://c2papcosmosim.lrz.de>) entwickelt und 2016 als Service in Betrieb genommen. Wichtige Teile der Implementierung erfolgten im Rahmen der Doktorarbeit von Antonio Raganin und wurden in einer wissenschaftlichen Publikation veröffentlicht (Ragagnin, A., Dolag, K., Biffi, V., Cadolle Bel, M., Hammer, N.J., Krukau, A., Petkova, M., Steinborn, D., A web portal for hydrodynamical, cosmological simulations, Astronomy and Computing, doi 10.1016/j.ascom.2017.05.001 (in publication, see also arXiv:1612.06380)).

9.4.2 Big Data Lab

Da bei vielen Projekten immer mehr dateninensive Komponenten zum Tragen kommen, wurde das Big Data Lab gegründet, um Pilotprojekte mit ausgewählten Benutzern durchzuführen. Hierbei sind besonders die durch KONWIHR geförderten Projekte zu nennen, die schon eine starke Big Data Komponente mitgebracht haben. Die Unterstützung des neuen HPC-Systems „teramem“ mit 6 Terabyte Hauptspeicher, die Nutzung des Data Science Storage (DSS) sowie der Softwareprodukte CLC-Bio und R sind besondere Schwerpunkte im Big Data Lab.

Für die Auswertung von großen Datensätzen wurde das Web-Interface RStudio für die Programmiersprache R als Service bereitgestellt (<https://www.lrz.de/services/compute/labs/bigdataLab/RStudio/>). Der Webservice bietet dabei die Möglichkeit, die umfangreichen Ressourcen des LRZ über eine gewohnte graphische Oberfläche zu nutzen, die viele Forscher aus den Lebenswissenschaften auch in ihrem normalen Arbeitsumfeld verwenden. Im Gegensatz zum normalen Betriebsmodus des Linux-Clusters, können die Nutzer ihre Daten interaktiv analysieren, was den Dienst zu einem guten Einstiegspunkt für Neueinsteiger in das Hochleistungsrechnen macht.

Für die Lebenswissenschaften wurde die Software CLC-Bio von Qiagen installiert, die es erlaubt, Next-Generation Sequencingdaten am LRZ mittels eines kleinen Clusters von 5 Workern zu analysieren. Der Cluster besteht aus einem Web-Front End für die CLC Genomic Workbench, die an die Worker gekoppelt ist. Damit steht den Münchner Forschern eine leistungsfähige Plattform zur Verfügung, die durch eigene Workbench Clients erweitert werden kann. Beispielsweise werden für die neuen Sequenzierungsmethoden in der Bioinformatik sehr rasch immer neuere Anwendungen entwickelt, während andere Methoden bereits wieder aufgegeben werden.

Im Dezember 2016 startete das BigData Lab den „Winter of Workflows“ (WoW), das als Ziel hat, neue Benutzer für die CLC-Bio Cloud zu gewinnen. Zwei Projekte wurden ausgewählt, die im Frühjahr 2017 die CLC-Cloud für ihre Auswertungen benutzen werden:

- Prof. A. Tellier, Solanum Chilense Evolutionary Genomics of Seedbanks, TUM
- Prof. R. Stam, Population Genetics, WZW TUM

9.4.3 Bio Lab

Das BioLab unterstützt Projekte und Anwender aus dem Gebiet der Lebenswissenschaften mit den Schwerpunkten „Molecular Modeling“ und „Computational Chemistry“. Bei den Anforderungen aus dem Bereich der Lebenswissenschaften, ist der deutlich höhere Hauptspeicherbedarf pro Rechenkern bzw. Rechenknoten sowie eine exponentiell steigende Datenmenge zu nennen. Um sich auf diese Bedürfnisse einzustellen zu können, ist eine engere Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern der entsprechenden Disziplinen unumgänglich.

Im Mai startete das Application Lab „Life Sciences“ des LRZ den „Summer of Simulation“ (SoS), um neue Nutzer aus den Lebens- und Materialwissenschaften an das Höchstleistungsrechnen heranzuführen. Dabei wurden Master-Studenten und Doktoranden aufgerufen, kurze Rechenprojekte einzureichen. Nach dem Kickoff-Treffen hatten die acht eingeladenen Teilnehmer (siehe folgende Tabelle) zunächst einen Monat Zeit, ihre Applikationen auf SuperMUC-System zu portieren und deren Skalierbarkeit nachzuweisen. Mit einem weiteren Kurzantrag konnten sie jeweils bis zu 10 Millionen Prozessorcore-Stunden erhalten. Insgesamt wurden so ca. 50 M CPUh bewilligt. Die Teilnehmer hatten bis Ende Oktober 2017 Zeit, die ihnen zugewiesene Rechenzeit zu verbrauchen. Am 26. Oktober 2016 fand ein Abschlusskolloquium statt, in dem die Teilnehmer des „Summer of Simulation“ über ihre Ergebnisse berichteten.

Ein ausführlicher Bericht zum SoS erschien im Quartl 4/2016 und wird dieses Jahr im InSiDE 1/2017 veröffentlicht. Aus dem SoS ging bislang ein KONWIHR Nachfolgeprojekt (Prof. Meyer) hervor. Desweiteren wurden Nachfolgeanträge auf Rechenzeit gestellt oder sind in Vorbereitung.

Tabelle 19: Summer of Simulation

Lehrstuhl	Title	Applikation
Prof. D. Marx (RU Bochum)	Hubbard-corrected ab initio molecular dynamics for oxide materials	cpmd
Prof. V. Kaila (TUM)	Enzyme design by QM/MM Monte Carlo	namd / turbomole
T. Bredow (Univ. Bonn)	Ab-initio electronic structure calculation of equilibrated real size chalcopyrite nano-particles in aqueous solution	vasp
Prof M. Zacharias (TUM)	Domain dynamics of Hsp90 studied by free energy simulations	amber16, umbrella REMD
Prof. Bitzek (FAU Erlangen)	Experimentally-Informed Large-Scale Atomistic Simulations of Nanoporous Gold	lammmps, imd
Prof. B. Meyer (FAU Erlangen)	Functionalization of Oxide Surfaces from the Liquid: Chemical Reactions at the Solid/Liquid Interface;	cpmd, multiple walker
Prof. B. Meyer (FAU Erlangen)	Chemical Reactivity of Amorphous Oxide Surfaces	cpmd, multiple walker
PD J. Behler (RUB Bochum)	Cu / ZnO neural-network interaction potentials	vasp, neural network forcefield

9.4.4 CFD Lab

Die Anwender im Bereich Computational Fluid Dynamics (CFD) stellen eine der größten Benutzergruppen des SuperMUCs und des Linux-Clusters am LRZ dar. Um die effiziente Nutzung der HPC-Ressourcen zu verbessern, unterstützt das CFD Lab die Parallelisierung und Optimierung von Benutzeranwendungen. Im ersten Schritt wurden hierzu Anwendungen von Mitgliedern des Kompetenznetzwerks KONWIHR ausgewählt, welche sich aus Forschergruppen der Technischen Universität München und der Universität Bayreuth zusammensetzen. Die Themen reichen von Simulationen der menschlichen Lunge, über (Nano-) Partikel im menschlichen Blutfluss bis hin zu Schockwellen und Wechselwirkungen von Flüssigkeiten mit Grenzflächen.

In diesem Jahr kam zusätzlich das Projekt vom Lehrstuhl für Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität München (Prof. P. Rutschmann) im Rahmen der Initiative "Wasser-Zukunft-Bayern"

des Landes Bayern hinzu, in welchem die Portierung der Software Telemac auf SuperMUC Phase 2 angestrebt wird.

Am 25. Februar 2016 fand der CFD Lab-KONWIHR Workshop statt, in dem die Teilnehmer über ihre wissenschaftlichen Ergebnisse und die Leistungsfähigkeit der von ihnen verwendeten Anwendungen berichteten.

Das CFD Lab wurde auch im Jahr 2016 durch Mitarbeiter der Firma IBM im Rahmen des Applikationssupportes unterstützt.

9.4.5 Geo Lab

Innerhalb des Application Lab der Geowissenschaften (Geo Lab) konnten zahlreiche LRZ-Nutzer im Jahr 2016 vom erweiterten Applikations-Support für die Geowissenschaften profitieren. Insbesondere wurden folgende Projekte innerhalb des Geo Labs unterstützt:

- Das Projekt **ClimEx** verbindet wissenschaftliche Prognosen von Klimadaten in den Regionen Bayern und Quebec mit der Auswirkung auf die Hydrologie in diesen Untersuchungsgebieten. Für die rechenintensiven Klimamodell- und Ensemblesimulationen werden sowohl große Budget-Anforderungen bzgl. CPU-Stunden als auch Datenspeicher gestellt. Neben der Verbesserung der Applikationsschnittstellen, des Datenmanagements sowie der Visualisierungsprozeduren standen die Unterstützung der Produktion und die Nutzung des neuen Data-Science-Storage am LRZ im Jahr 2016 im Vordergrund.
- Innerhalb des Projektes **DEEP-ER** unterstützt das LRZ die Arbeiten an der seismologischen Applikation SeisSol, um diese für Exascale-Computing vorzubereiten. Ein Focus ist hierbei die Verbesserung des I/O und des effizienten Checkpointing und die Erhöhung der Fehlertoleranz. Die Evaluierungserfahrungen gehen in die Planungen der kommenden DEEP-ER Hardware und des DEEP-ER-Software-Stacks ein.
- Für das **Virtual Alpine Observatory (VAO)** arbeitet das LRZ mit dem **AlpEnDAC**-Projekt an einem Online-Datenzentrum. Darüber hinaus wird an LRZ-Cloud-basierten Lösungen für eventbasierte, spontane Simulationen mittels der FLEXPART/FLEXTRA -Air-Mass Trajectory-Codes gearbeitet (Computing on Demand).

10 Compute-Cloud- und Grid-Aktivitäten

10.1 Compute-Cloud

Der Zugriff auf Rechenressourcen, die vom Nutzer selbst konfiguriert werden können, wurde in den letzten Jahren auch am LRZ verstärkt nachgefragt. Die LRZ Compute Cloud, deren Infrastructure-as-a-Service (IaaS) Angebot dem kommerzieller Anbieter wie Microsoft Azure oder Amazon ähnelt, wurde 2015 vom LRZ in Betrieb genommen und erfreut sich wegen ihrer außergewöhnlichen Flexibilität in der Nutzung steigender Beliebtheit. So stieg die Zahl der Benutzer in 2016 von etwa 300 auf knapp 500 an. Die Cloud hat sich bei unseren Kunden bereits einen festen Platz für vorlesungsbegleitende Übungen, Computing-on-demand (bei dem automatisch die Zahl der benutzten Rechner je nach Bedarf geändert wird), für besonders langlaufende (mehrere Monate) Jobs, für interaktive Aufgaben oder für die Deckung kurzfristigen Bedarfs erobert. Was die LRZ Compute Cloud gegenüber anderen Cloud-Angeboten auszeichnet, ist unsere Unterstützung bei den ersten Schritten in der Cloud, der kostenlose Netzverkehr, die Cloud-Schulungen, eine Sicherheitsüberwachung (intrusion prevention and detection) sowie die Einbindung in andere LRZ Services, wie Speicherdienste (DSS), ID-Management (LRZ SIM), MWN. Abbildung 28 zeigt die breite Akzeptanz unserer Compute Cloud bei Wissenschaftlern der beiden Münchner Universitäten.

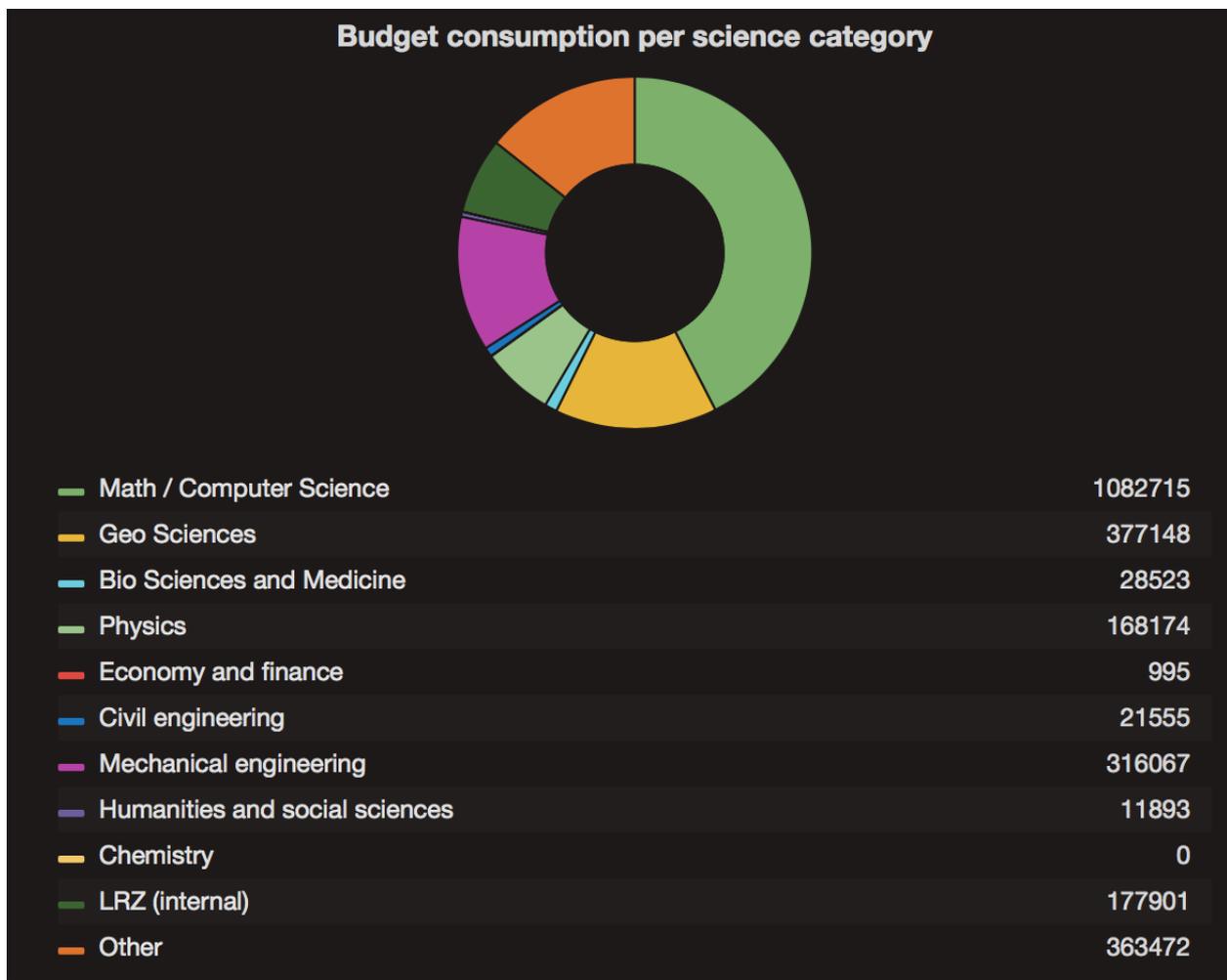


Abbildung 28: Nutzung der LRZ Compute Cloud in Core-Stunden durch verschiedene Wissenschaften

Im Rahmen des AlpEnDAC-Projektes wurden unter wissenschaftlicher Leitung von Fr. Esther Giemsa, Univ. Augsburg, auf der Compute Cloud die bisher umfassendsten Simulationen des Luftmassentransports zur Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) auf der Zugspitze durchgeführt¹. Die Simulationen

¹ <http://adsabs.harvard.edu/abs/2016EGUGA..18.7905G>

ermöglichen ein besseres Verständnis der an der UFS gemessenen Luftschadstoff- und Treibhausgaskonzentrationen. Das für die Simulationen notwendige Wetterdatenarchiv wurde zunächst in niedrigerer Auflösung auf der Cloud gehostet und wird jetzt mit hochauflösenderen ECMWF-Wetterdaten auf dem DSS neu aufgebaut. Es zeigt sich, dass die auf der UFS gemessenen Luftmassen je nach Wetterlage relativ unvermischt aus dem einen oder anderen umliegenden Land kommen, was z.B. ein Screening der Treibhausgasemissionen aus europäischen Ländern erlaubt.

In Abbildung 29 ist die Zunahme der Benutzerzahlen, aufgeschlüsselt nach Hochschule, über das Jahr 2016 dargestellt. Es zeigt sich ein zahlenmäßig höheres Interesse an Cloud-Computing bei Benutzern von der TUM.

Das typische Nutzungsszenario für die Compute-Cloud ist, kurzfristigen und vorübergehenden Bedarf schnell abdecken zu können. Abbildung 30 zeigt deutlich die daraus resultierenden erheblichen täglichen Schwankungen in der abgegebenen Rechenleistung. Diese *rapid elasticity* ist eines der Hauptmerkmale des Cloud-Computing und wird z.B. bei Praktika und Übungen zu Vorlesungen gern ausgenutzt: anstatt sich für viel Geld Rechner für Studentenübungen selbst anzuschaffen, die dann die meiste Zeit des Jahres unbenutzt sind, erzeugen die Übungsleiter nur für die Zeit der Übungen virtuelle Maschinen (VMs), die sie dann an die Studenten geben. Mit dem Löschen der VMs nach Abschluss der Übung ist dann auch sofort wieder aufgeräumt.

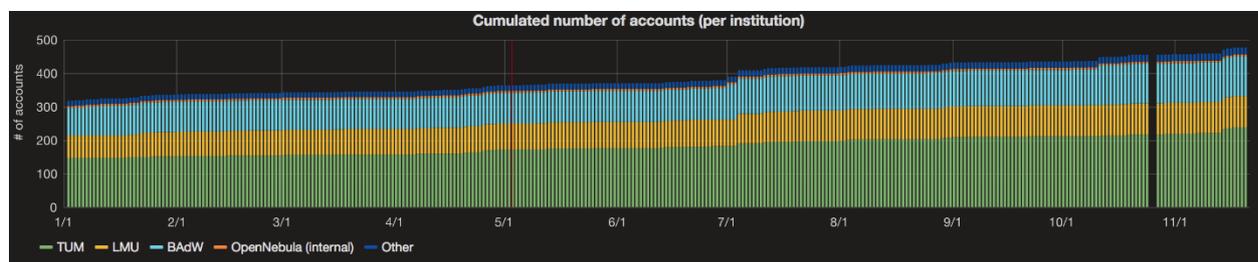


Abbildung 29: Entwicklung der Benutzerzahlen auf der Compute Cloud in 2016

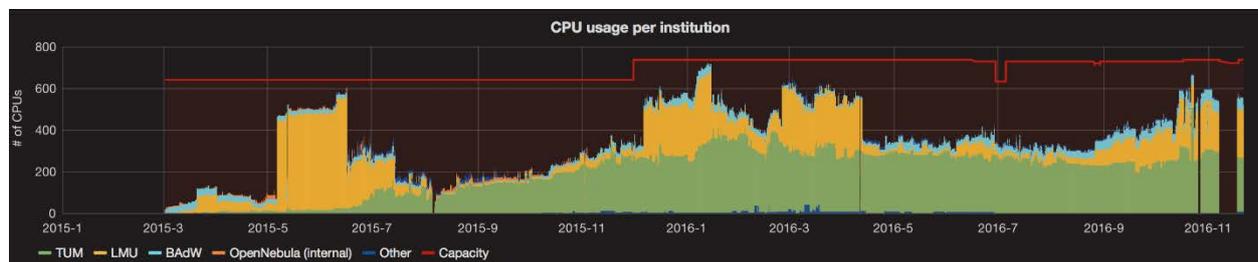


Abbildung 30: Täglicher Rechenzeitkonsum in der Cloud

Der neu eingerichtete LRZ Security Scanner (LSS) kann automatisiert verschiedene Tests durchführen, um das Sicherheitsniveau einer VM zu bestimmen. Diese Tests reichen von der Erkennung von ungeschickten NFS-Freigaben und dem ungesicherten Betrieb von Datenbanken (z.B. Redis oder CouchDB) über Passwort-Tests bis hin zur automatischen Ausführung von Exploits mit Hilfe von Frameworks, wie sie im Bereich Penetration-Testing eingesetzt werden. Eigene Tests können aufgrund einer Plugin-Schnittstelle von LSS einfach entwickelt und eingebunden werden. Mit dem LSS unterstützt das LRZ die Cloud-Benutzer darin, ihre VMs sicher zu halten.

Im Oktober 2016 wurde die Cloud Middleware OpenNebula erfolgreich auf die neueste Version 5.2 angehoben. Die enge Zusammenarbeit mit den Cloud-Entwicklern in Spanien ermöglichte die schnelle Beseitigung von kritischen Bugs in der neuen Version.

Weitere Informationen zur Compute Cloud finden Sie online unter folgendem Link: <http://www.lrz.de/cloud>

10.1.1 Evaluation von OpenStack

Im ersten Quartal 2016 wurde ein Testcluster zur Evaluation von OpenStack beschafft. Die Testumgebung besteht aus 15 HPE DL 380 Servern mit je 800 GByte SSDs und 40 GigE Netzanbindung.

In einer ersten Evaluationsphase wurde die Installations- und Managementplattform SUSE Cloud 6 untersucht. Aufgrund unzureichender Eigenschaften für den Betrieb einer stabilen, unterbrechungsfrei wartbaren Produktionsumgebung erfolgte die zweite Evaluationsphase mit dem Produkt Fuel der Fa. Mirantis. Diese Software erfüllt die LRZ-Anforderungen wesentlich besser.

10.2 Grid

Die Grid-Services wurden in 2016 in gewohnter Qualität weiter betrieben. Die Grid-Middleware Globus mit dem Daten-Transfer-Tool GridFTP und Globus Online und dem Dienst Globus Sharing avancierte zur beliebten Möglichkeit, einfach, verlässlich und schnell große Datenmengen zwischen den europäischen Rechenzentren und von und zu den wissenschaftlichen Einrichtungen oder zu Kollaborationspartnern zu übertragen. So wurden etwa im Jahr 2016 insgesamt ca. 700 Tebibyte an Daten mit Hilfe von Globus übertragen, dominiert vom SuperMUC, wie Abbildung 31 zeigt.

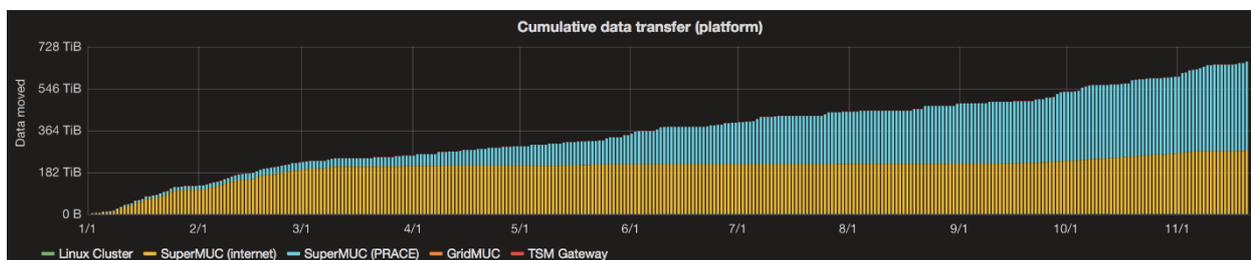


Abbildung 31: Datentransfer zu/von den HPC Systemen mit GridFTP

Seit 2015 bietet das LRZ Globus Sharing an. Darüber können Wissenschaftler ihre Daten, die etwa am SuperMUC oder Linux Cluster lagern, einfach und schnell mit anderen Wissenschaftlern teilen, auch wenn diese gar keinen Benutzeraccount am LRZ haben. Da kein Umkopieren der Daten erforderlich ist, können damit auch sehr grosse Datenvolumina etwa im Terabyte-Bereich (z.B. Ergebnisse von Simulationsrechnungen) unkompliziert mit anderen geteilt werden.

10.3 Kurse, Ausbildung und Benutzerbetreuung

Am 5.7.2016 fand ein Cloud Trainingsworkshop² am LRZ statt, der mit 30 Anmeldungen erheblich überbucht war; aus diesem Grund wird er in 2017 wiederholt werden. Es wurden sowohl für Einsteiger in die Cloud die Grundlagen (neues VM Template erstellen, VM aus Templates erstellen, Netzkonfiguration, VM konfigurieren, Software installieren), als auch Topics für Fortgeschrittene (Amazon EC2 tools mit der LRZ Compute-Cloud, Persistent disks, elastische Applikationen mit OneGate und OneFlow) unterrichtet.

² http://www.lrz.de/services/compute/cloud_en/training/2016/

11 Datenhaltung

11.1 Überblick

Noch vor wenigen Jahren wurde bei der Angabe von Speichermengen die Einheit Petabyte allenfalls im Zusammenhang mit großen Bandarchiven gebraucht. Heute begegnet man ihr im Rechenzentrum durchaus auch im Umgang mit Plattensystemen. Mit der jüngsten Beschaffung überschritt die Bandkapazität die 100 Petabyte-Grenze deutlich. Die Plattenkapazität (ohne die Arbeitsbereiche des SuperMUC) erreichte einen Umfang von 25 Petabyte.

Anfang 2016 feierte **der Archiv- und Backupdienst** des LRZ sein zwanzigjähriges Bestehen. Seit 1996 wird der Dienst mit der gleichen Software betrieben, die zwar im Laufe der Jahre ihren Namen von ADSTAR DISTRIBUTED STORAGE MANAGER (ADSM) über IBM TIVOLI STORAGE MANAGER (TSM) zu IBM SPECTRUM PROTECT mehrfach geändert hat, aber in den Grundzügen heute noch so funktioniert wie vor zwanzig Jahren. Anders als die Software unterlag die Hardware bedingt durch neue, leistungsstärkere Technologien, die dennoch kaum mit dem Datenwachstum mithalten konnten, einem ständigen Wandel. Auch 2016 wurde das System wieder deutlich erweitert. Ein neuer Typ ersetzte die älteste Generation von Bandlaufwerken am LRZ, weitere 7.000 Bandkassetten wurden über eine Ausschreibung beschafft und in Betrieb genommen.

Während es beim Archiv- und Backupsystem möglich ist, solche Ersetzungen offline durchzuführen, muss in anderen Bereichen der Datenhaltung, in denen höchste Verfügbarkeit unerlässlich ist, das System soweit irgend möglich im laufenden Betrieb ersetzt werden. Der **MWN Cloud Storage**, auf den täglich tausende von Rechnern parallel zugreifen, ist ein solcher Bereich. Nach mehrmonatiger, intensiver Vorbereitung wurde an einem Wochenende im August die Migration von 750 TB an Daten abgeschlossen. Eine ähnliche Aktion, bei der Daten (450 TB) der Bayerischen Staatsbibliothek auf ein neues System werden müssen, steht Anfang 2017 an. Eine Ausschreibung zur Beschaffung des neuen Systems wurde Ende 2016 auf den Weg gebracht.

Im Oktober 2015 ging der Dienst **LRZ Sync+Share** im Rahmen der Bayern-Cloud in Betrieb. Die Nachfrage war von Anfang an groß. Der Dienst wird intensiv genutzt mit enormen Zuwachsraten von bis zu 1.000 Neuregistrierungen pro Woche. Neben den Münchner Universitäten und der Hochschule für angewandte Wissenschaften steht der Dienst seit einiger Zeit weiteren bayerischen Hochschulen und Universitäten zur Verfügung.

DSS steht für **Data Science Storage**. DSS soll den Umgang mit großen Datenmengen auf den verschiedenen HPC-Systemen des LRZ erleichtern. Der Aufbau der dazu nötigen Infrastruktur wurde 2016 weiter vorangetrieben. Ein Basissystem mit 1 Petabyte Plattenkapazität ist in Betrieb und wird von handverlesenen Pilotprojekten genutzt.

11.2 Archiv- und Backupsystem

Konfiguration

Das Archiv- und Backupsystem des LRZ besteht aus drei großen Systemen mit Bandrobotern, nämlich

- dem Hochleistungssystem HABS, das Anfang 2006 mit - vor 10 Jahren - sehr leistungsstarken Bandlaufwerken installiert und seitdem mehrfach erweitert wurde,
- einem System mit LTO-Bandlaufwerken in mehreren Bibliotheken (LABS), das 2010 neu installiert wurde und 2014 erweitert wurde
- und einem Disaster Recovery System (DRABS), das 2012 beschafft wurde und das eine zweite Kopie der Archivdaten vorhält.

Das letztgenannte System ist, um die Ausfallsicherheit zu erhöhen, räumlich getrennt am Rechenzentrum Garching der Max-Planck-Gesellschaft (RZG) installiert. Ebenfalls aus Gründen der Ausfallsicherheit befinden sich die Komponenten der drei Systeme in weitgehend getrennten Speichernetzen (SAN Fabrics). An die SAN Fabrics sind die Stageserver, alle Bandlaufwerke der Libraries und alle Systeme mit hohem Datenverkehr, insbesondere zwei SuperMUC-Loginknoten, die NAS-Filerköpfe und die Backupserver angeschlossen. Die SAN Fabrics sind Grundlage für einen effizienten Transport von großen Datenmengen. Dadurch wird die Last am LAN reduziert und eine dynamische Zuordnung der Speicherkomponenten zu den Verbrauchern ermöglicht.

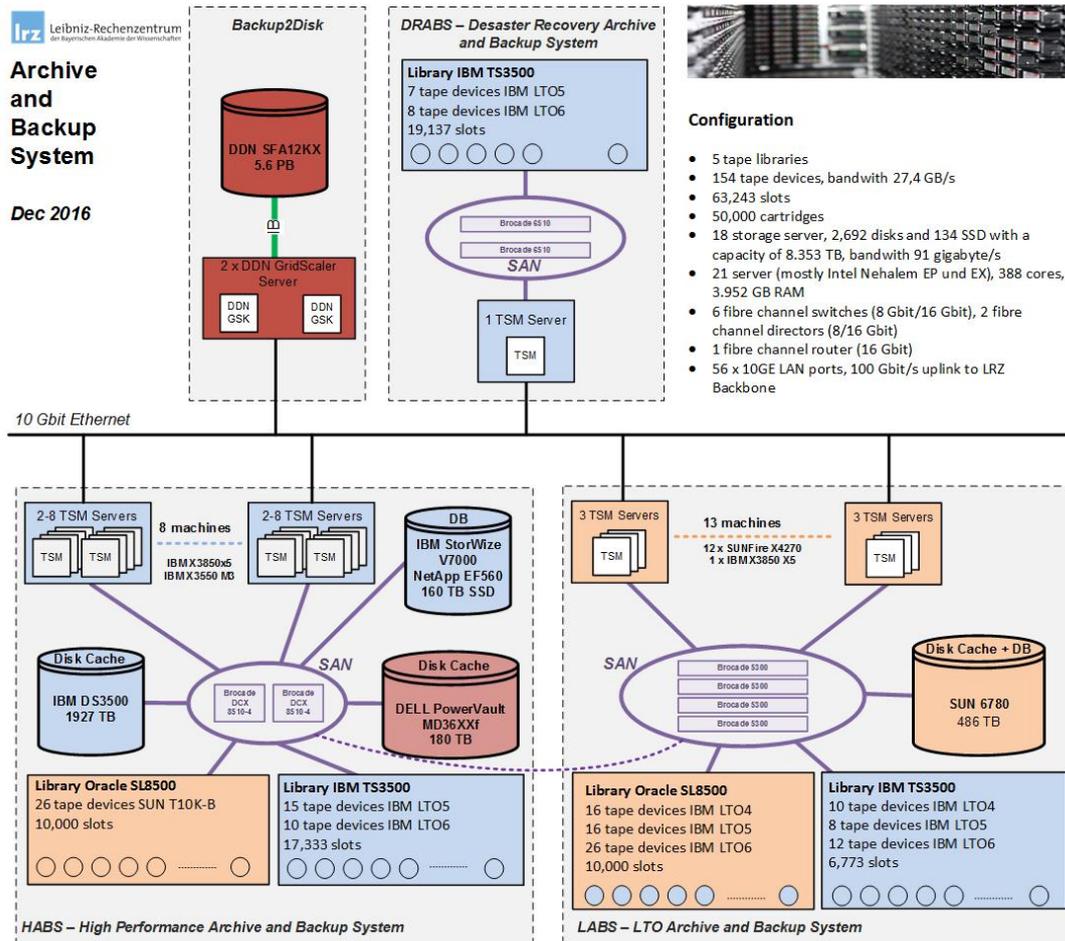


Abbildung 32: Überblick Archiv- und Backupsysteme

Software-seitig wird die gesamte Architektur mit dem IBM-Produkt *IBM Spectrum Protect aka Tivoli Storage Manager* betrieben. Auf den 21 Rechnern des Systems laufen jeweils mehrere Instanzen des *Tivoli Storage Manager*. Insgesamt waren Ende 2016 60 TSM-Server in Betrieb.

Aktivitäten

Backup to Disk

In einer Ausschreibung im Jahr 2015 wurde ein modulares, skalierbares und verteiltes Backup-to-Disk-System beschafft. Kernkomponente des Systems sind Speichersysteme der Firma Data Direct Network mit einer Nutzkapazität von über 4 Petabytes. Die Abnahme des Systems sollte Anfang des Jahres stattfinden, zog sich dann aber wegen Lieferschwierigkeiten und diverser technischen Mängel bis Ende Juni 2016 hin.

Library Sanierung

In einem Großgeräteantrag der Länder wurde im Frühjahr 2016 die Generalüberholung einer der Bandbibliotheken des Archiv- und Backupsystems beantragt. Die Library, die saniert werden sollte, war Teil eines Systems, das vor 10 Jahren am LRZ installiert wurde. Die Laufwerke und die Kassetten (Oracle T10K-B) sollten mit den beantragten Mitteln ersetzt werden. Die Bandbibliothek an sich sollte weiter genutzt werden, musste aber, was Elektronik und Roboterarme betrifft, auf den neuesten Stand gebracht werden. Der Antrag wurde sehr spät, im August 2016, genehmigt. Eine Ausschreibung zur Beschaffung der beantragten Geräte zusammen mit anderen Infrastrukturkomponenten (Server, FC-Directoren) wurde unverzüglich gestartet. Ende Oktober wurde der Zuschlag erteilt. Alle Komponenten, darunter 7.000 Cartridges und 52 LTO7-Bandlaufwerke wurden noch im gleichen Jahr geliefert, installiert und in Betrieb genommen. Eine vollständige Abnahme aller Komponenten konnte jedoch 2016 nicht mehr abgeschlossen werden. Wenn die Geräte 2017 endgültig in Betrieb gehen, stehen den Nutzern des Archiv- und Backupsystems weitere 20 Petabyte für die Speicherung ihrer Daten zur Verfügung.

Konvertierung TSM-Datenbanken

In den TSM-Datenbanken werden Einträge zu 25 Milliarden Dateien verwaltet. Die Datenbanken haben ein Volumen von knapp 20 TB. Der schnelle Zugriff auf die Datenbanken ist essentiell für den reibungslosen Betrieb des ganzen Systems. Die Datenbanken werden daher auf SSDs gespeichert. Im Nachgang zu einem Release Upgrade der TSM-Software wurden sämtliche Datenbanken reorganisiert. Die Konvertierung der hochsensiblen Datenbanken zog sich über ein halbes Jahr hin. Erfreulicher Nebeneffekt war die Reduktion der Größe. Nach der Reorganisation belegten die Datenbanken nur noch 13 TB des relativ teuren SSD-Speichers.

Data Science Archive

Eigenständiger Teil des Archiv- und Backupsystems ist das sogenannte SuperMUC-Archiv, in dem die Eingabe-/bzw. Ausgabedaten der am SuperMUC gerechneten Projekte gespeichert werden. Parallel zum Nachfolger des SuperMUC wird auch ein Nachfolger für das SuperMUC-Archiv gesucht. Eine adäquate, bezahlbare Lösung zu finden, die den hohen Durchsatzanforderungen im HPC-Umfeld gerecht wird, erweist sich als schwierig. Die Markterkundung zu diesem Thema wurde bereits 2016 gestartet. Die eigentliche Beschaffung eines „Data Science Archive“ ist frühestens für 2018 geplant.

Statistik

Im Jahr 2016 wuchs der Datenbestand um insgesamt 9 Petabyte. Ende 2016 waren in den **5 Libraries** des Archiv- und Backupsystems auf **46.000 Kassetten 61 Petabyte** in knapp **25 Milliarden Dateien** gespeichert. Täglich wurden auf die Systeme **durchschnittlich 100 Terabyte** neu geschrieben. Die Daten stammen von rund **9.600 Rechnern** im MWN aus rund **500 Einrichtungen**. Die Zahl der Rechner ändert sich dynamisch. 2016 wurden 877 Rechner neu registriert und 856 alte Rechner inklusive ihrer gespeicherten Daten gelöscht.

Bereits Mitte 1995 gingen die ersten Komponenten des Archiv- und Backupsystems in den Testbetrieb. Offizieller Produktionsstart war der 1.1.1996. Abbildung 33 zeigt das kontinuierliche Wachstum des Datenbestands über zwanzig Jahre hinweg.

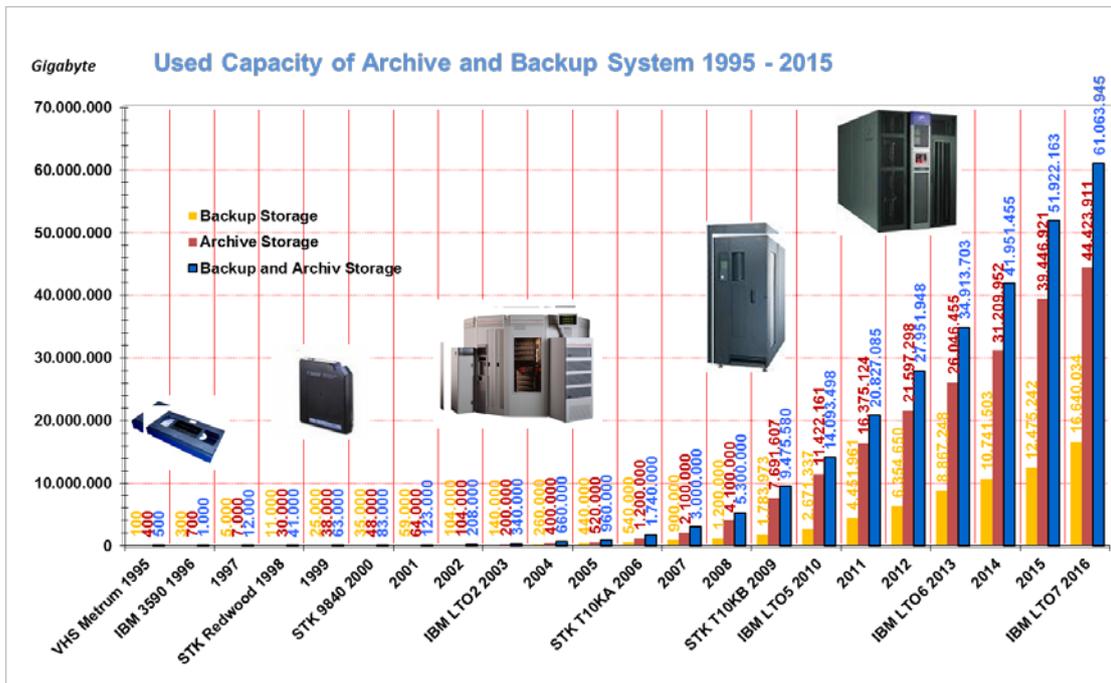


Abbildung 33: Datenzuwachs in 20 Jahren

Heute kaum mehr vorstellbar ist, dass für Speichermengen, die heute ohne Probleme auf einer Festplatte oder Kassette unterzubringen sind, vor zwanzig Jahren ein ganzes Rechenzentrum nötig war.

Plattform für digitale Langzeitarchivierung

Die Standardaufbewahrungsdauer im Archiv beträgt 10 Jahre. Nur ein Bruchteil der Archivdatenmenge ist für die Langzeitarchivierung mit nicht begrenzter Aufbewahrungszeit vorgesehen. Für die Bayerische Staatsbibliothek (BSB) ist diese Langzeitarchivierung ganz besonders von Interesse. Seit 2004 besteht

eine Kooperation zwischen der BSB und dem LRZ, in deren Kontext mehrere DFG-geförderte Projekte, die BSB-Google-Partnerschaft und die Einführung des Managementsystems zur Langzeitarchivierung *Rosetta* der Firma Exlibris zustande kamen. Die langfristige Speicherung der Daten übernimmt bei allen Projekten ein NAS-System und das Archiv- und Backupsystem des LRZ.

2016 ist der Bestand im Langzeitarchiv um 39 TB in 154 Millionen Objekten auf insgesamt **1.614 Millionen Objekte** mit einem Umfang **von 663 TB** gewachsen. Da aus Sicherheitsgründen eine Zweitkopie von allen Archivdaten erstellt wird, ist die tatsächliche Objektanzahl und das tatsächliche Datenvolumen auf den Speichermedien doppelt so hoch.

Die entgegengenommenen Daten werden aufbereitet, archiviert und für eine Webpräsenz bereitgestellt. Dies geschieht auf über 200 Servern, die zum überwiegenden Teil auf der virtuellen Serverplattform des LRZ betrieben werden. Beispiele für solche Systeme sind unter anderem das Kulturportal Bayern *bavariikon*, die Verkündungsplattform Bayern oder auch die Bayerische Landesbibliothek online (BLO).

11.3 Data Science Storage

Durch die fortschreitende Digitalisierung erwarten immer mehr Forschungsbereiche, die in der Vergangenheit oft überhaupt nicht für Erzeugung und Verarbeitung großer Datenmengen bekannt waren, in den nächsten Jahren ein enormes Datenwachstum. Ein Beispiel für solch einen Forschungsbereich sind die Lebenswissenschaften, die mit Next-Generation-Sequencing und ultrahochauflösenden Mikroskopen innerhalb der nächsten 5 Jahre viele Petabyte an Daten generieren werden. Für diese und ähnlich aufgestellte Benutzergruppen hat das LRZ in 2015 das Konzept des Data-Science-Storage (DSS) entwickelt. Ein Rahmenvertrag gestattet es Großkunden, Software-defined-Storage zu beschaffen, der im und vom LRZ betrieben wird. Große Datenmengen im Petabyte-Bereich, die an Hochschulinstituten vor Ort erzeugt werden, werden auf den modular aufgebauten Festplattensystemen des DSS im LRZ dauerhaft gespeichert werden, um sie performant auf den HPC-, Cloud- und Visualisierungssystemen am LRZ zu analysieren. Die dazu nötige leistungsfähige, skalierbare und nachhaltige Speicherarchitektur wird gleichzeitig an die LRZ-HPC-Systeme (*Spectrum Scale Client Cluster*) sowie an weitere Rechnerressourcen im Münchner Hochschul Umfeld angebunden.

Auf einer vom LRZ aus Eigenmitteln beschafften Instanz des DSS mit 1 PB Nutzkapazität speichern ausgewählte Projekte (AlpEnDAC, ClimEx, Magneticum+HydroClues, CLCBio) aus den Bereichen Klima- und Umweltforschung sowie Bioinformatik ihre Daten. Auf diese „data repositories“ wird über die Cloud-Infrastruktur des LRZ von den Instituten im MWN, aber auch weltweit zugegriffen, oder sie werden an den HPC-Systemen des LRZ analysiert.

11.4 Online-Speicher

Konfiguration

Die NAS-Systeme am LRZ haben sich als Speicherplattform aufgrund ihrer Stabilität, Ausfallsicherheit und hohen Datensicherheit seit vielen Jahren bewährt und als strategische Plattform etabliert. Die ständig wachsenden Datenmengen erfordern eine gute Skalierbarkeit der eingesetzten Systeme. Im Jahr 2005 betrug das Bruttospeichervolumen der gesamten NAS-Infrastruktur überschaubare 54 TB auf etwa 350 Festplatten, heute liegt es bei **15.000 TB** auf **9.000 Festplatten**

Abbildung 34 zeigt die Konfiguration der Speicherinfrastruktur aller Primärspeichersysteme inklusive der Replikations- und Backupsysteme. Zwischen Primär- und Replikationsspeichersystemen werden die Daten in der Regel asynchron gespiegelt. Im VMware-Umfeld, wo die Verfügbarkeit eine besonders große Rolle spielt, erfolgt eine zusätzliche Spiegelung zwischen den auf unterschiedliche Brandabschnitte aufgeteilten Produktivsystemen. Zur weiteren Erhöhung der Datensicherheit werden die Daten von den meisten Replikationssystemen zusätzlich auf Magnetbänder gesichert.

Wachstum MWN Cloud Storage

Das LRZ stellt seit Mitte 2008 sichere, hochverfügbare Speicherkapazitäten für alle Studierenden und Beschäftigten der Universitäten in Form von persönlich nutzbarem Speicher sowie gemeinsam nutzbaren Projektspeicher MWN-weit zur Verfügung. Die Nutzung der *MWN Storage Cloud* nimmt beständig zu. Die simultanen Zugriffe haben sich innerhalb der letzten drei Jahre von ca. 3.000 auf ca. 6.500 mehr als verdoppelt.

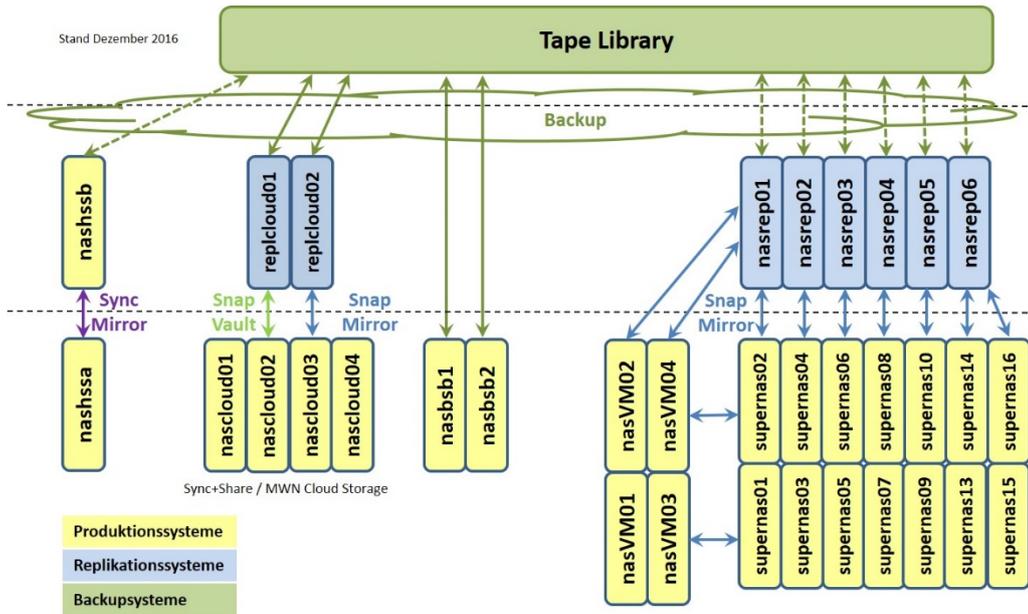


Abbildung 34: Primärsysteme, Replikation und Backup

Hauptnutzer des *MWN Cloud Storage* ist die TU München. Auch die LMU nutzt zunehmend diesen Speicher, wenn auch noch nicht in dem Maße wie die TUM. Insgesamt ist die Speicherbelegung im Laufe des Jahres um ziemlich genau 50 % (268 TB) gewachsen, siehe Abbildung 35. Der Zuwachsfaktor ist mit 1,5 etwas niedriger als im Vorjahr (1,69). Mögliche Ursache für die Stagnation ist die Einführung des neuen Sync+Share-Dienstes.

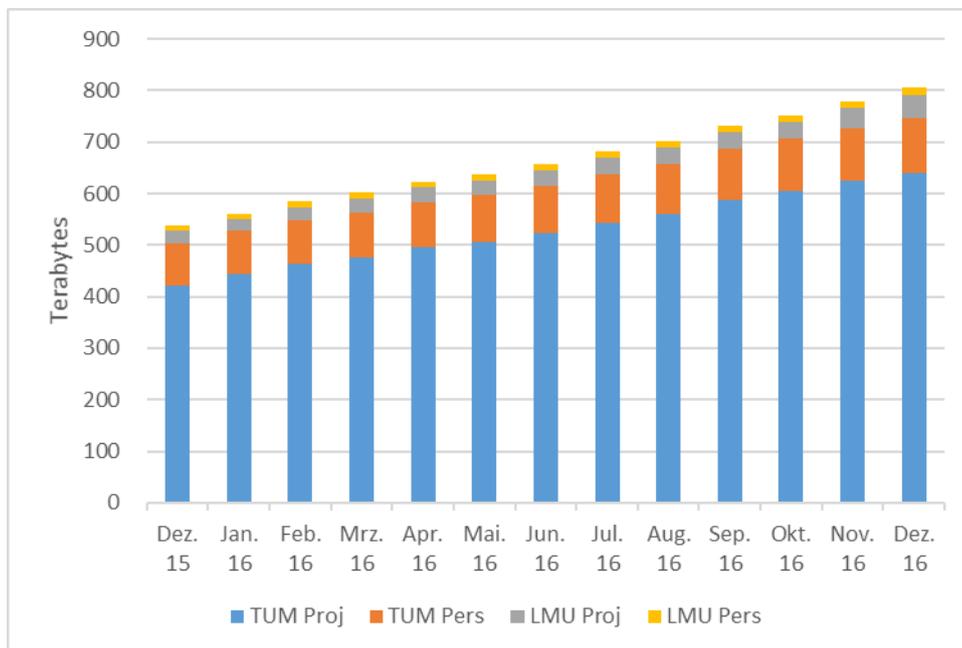


Abbildung 35: Speicherbelegung MWN Storage Cloud

MWN Cloud Storage wird clusterfähig

Herausragendes Ereignis im Dienstbetrieb der Storage Cloud war der Major Change 4222. Schon seit langem war wegen der starken Nutzung geplant, von einem zwar stabil laufenden, aber leistungstechnisch kaum erweiterbaren System auf eine leistungsfähigere und skalierbare Konfiguration (c-mode) zu wechseln. Im Cluster-Modus (c-mode) können an das System jederzeit weitere Filerköpfe angeschlossen werden und die Last kann auf alle verteilt werden. Leistungsfähigkeit und Ausfallsicherheit werden damit gleich-

ermaßen erhöht. Leider erforderte die Umstellung das komplette Umkopieren der Daten auf das neue System. Die Migration von 750 TB dauert auch auf leistungsstarker Hardware ihre Zeit. Zunächst lief im laufenden Betrieb im Hintergrund transparent aus Nutzersicht der Aufbau eines Spiegels. Der Aufbau dauerte viele Wochen. Für den finalen Abgleich und das Umschalten des Systems war schließlich eine eintägige Betriebsunterbrechung geplant. Der Abgleich wurde an einem Wochenende im August während der Semesterferien durchgeführt. Um einen konsistenten Datenbestand zu erhalten, musste zunächst der Zugriff auf das alte Produktivsystem unterbunden werden. Danach wurden die letzten aufgelaufenen Änderungen an den Daten vom Quellsystem auf das Zielsystem übertragen und schließlich wurde der Cut-Over durchgeführt. Der Nutzerbetrieb konnte bereits nach nur 4 Stunden Unterbrechung wiederaufgenommen werden.

Die Unterbrechung im Betrieb war die erste seit vielen Jahren. Durch die breite Nutzung des Dienstes im gesamten MWN sind Störungen hier besonders kritisch. Die Umstellung wurde minutiös vorbereitet, um die Unterbrechungszeit so kurz wie möglich zu halten. Ein Team von Spezialisten stand am Tag X bereit, inklusive Fachleute der Herstellerfirma. Seit der Umstellung wird das System mit 4 Filerköpfen betrieben.

Neue Hardware für das Münchner Digitalisierungszentrum

Das LRZ erbringt seit vielen Jahren Dienstleistungen für die Bayerische Staatsbibliothek (BSB) und ist heute ihr primärer IT Service Provider. Die Anfänge des Betriebs von exklusiven Speichersystemen für die BSB gehen zurück auf das Jahr 2007. Seit dieser Zeit betreibt das LRZ für die BSB ein zentrales NAS-Speichersystem sowie ein Compute Cluster für Bild-Konvertierungsjobs. Für beide Systeme (rot umrandet in Abbildung 36) wurde im Frühjahr bei der DFG ein Großgeräteantrag auf Ersetzung durch technologisch zeitgemäße Systeme gestellt.

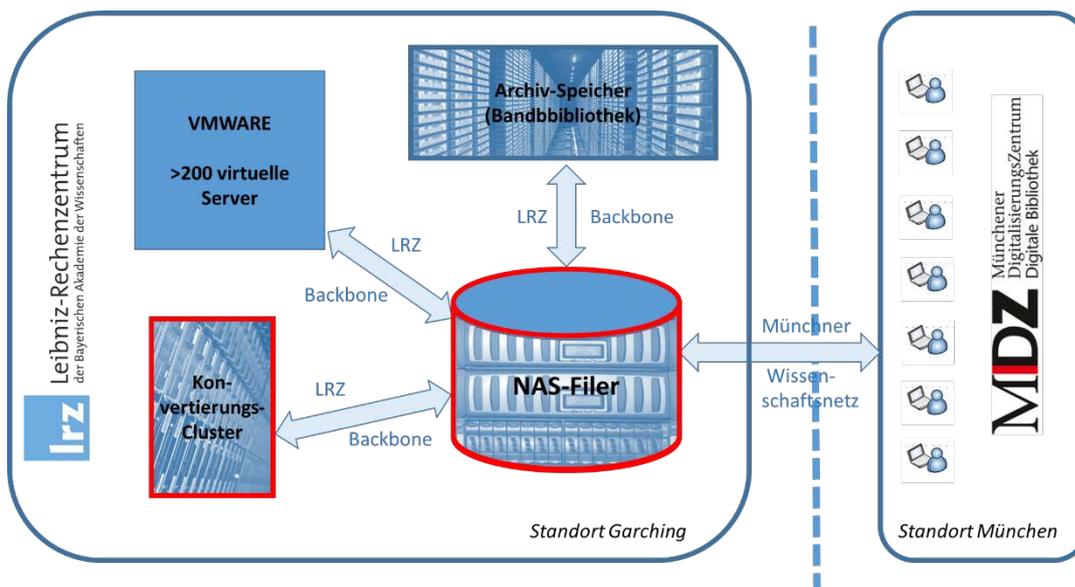


Abbildung 36: zentrales Speichersystem des MDZ

Der Antrag wurde spät im Jahr genehmigt, eine Ausschreibung zur Beschaffung der Systeme wurde noch 2016 gestartet. Die Installation des neuen Systems und die Migration der Daten wird sich weit ins Jahr 2017 ziehen.

11.5 LRZ Sync+Share

Der Dienst LRZ Sync+Share ist seit gut einem Jahr Teil des Service Portfolios. Der Regelbetrieb für TUM und LMU wurde zum Wintersemester 2015/16 aufgenommen. Die Nutzerzahlen sind seitdem stark gewachsen. Zum Wintersemester 2016/17 gab es Tage mit mehreren hundert Neuregistrierungen pro Tag, siehe Abbildung 37. Spitzenreiter war ein Tag im Dezember 2015 mit über 650 Neuregistrierungen.

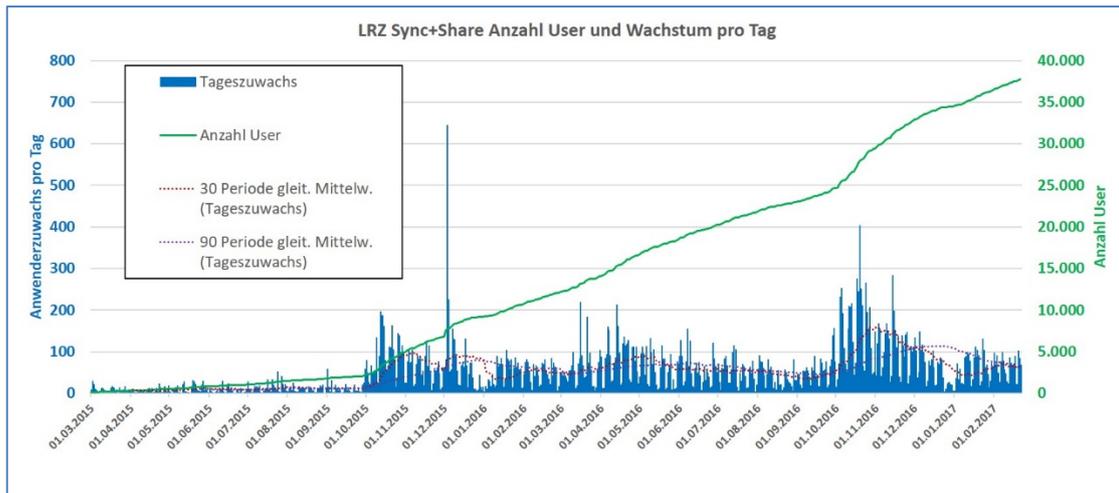


Abbildung 37: Zuwachs Sync+Share Nutzer

Die beiden Münchner Universitäten stellen erwartungsgemäß den hauptsächlichen Nutzerkreis. Im Laufe des Jahres wurden weitere Hochschulen an den Dienst angeschlossen, zunächst die Hochschule München über LDAP, dann die OTH Regensburg, die FH Rosenheim und die Hochschule Kempten über Shibboleth. Weitere Interessenten stehen auf der Warteliste.

Ende 2016 waren 34.000 Accounts registriert. Mehr als ein Drittel davon sogenannte externe Nutzer. Externe Nutzer haben keinen eigenen Speicherbereich. Sie werden von regulären Nutzern eingeladen und können deren Speicherkontingent nutzen. Der hohe Anteil an externen Teilnehmern bestätigt, dass der Datenaustausch mit externen Kollegen als eine wesentliche Funktionalität von LRZ Sync+Share wahrgenommen wird.

Der Sync+Share-Dienst wird komplett über ein Cluster von virtuellen Servern realisiert, die Speicherbereiche liegen auf den hoch verfügbaren NAS-Speichern des LRZ. Neben dem Produktionscluster werden noch zwei weitere virtuelle Cluster, eines für das Prestaging, eines für Tests, betrieben.

Neue Dienste erfordern in der Einführungsphase besonders viel Aufwand, der durch die Stammmannschaft zusätzlich abgedeckt werden musste. Dadurch mussten zwangsläufig andere Arbeiten zurückgestellt werden. Die Erfolgsgeschichte der Einführung zeigt aber, dass der Aufwand gerechtfertigt ist.

12 Münchner Wissenschaftsnetz – Internetzugang

Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) verbindet vor allem Standorte der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), der Technischen Universität München (TUM), der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (BAW), der Hochschule München (HM) und der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (HSWT) miteinander. Es wird aber auch von anderen wissenschaftlichen Einrichtungen (u. a. Max-Planck-Gesellschaft, Fraunhofer-Gesellschaft, Kunst-Hochschulen, Museen) mit genutzt. Das Münchner Wissenschaftsnetz bildet die Grundlage für die Kommunikation und Kooperation innerhalb und zwischen den angeschlossenen Institutionen sowie mit Kooperationspartnern in Deutschland, Europa und auch international.

Die besonders hervorzuhebenden Aktionen und Ereignisse im Jahr 2016 waren:

- Beginn des Ausbaus der LWL-Strecken und Vorbereitung eines zweiten zentralen Netzknotens am Campus Weihenstephan (vgl. Abschnitt 12.2.5)
- Verstärkter Einsatz von DNSSEC, Start des bayernweiten Projektes „Sichere E-Mail mit DNSSEC und DANE“ (vgl. Abschnitt 12.3.2)
- Erheblicher Ausbau des WLAN und Erneuerung veralteter WLAN Access Points (vgl. Abschnitt 12.11)
- Zuschlag für BayernWLAN und erste Universitäten mit BayernWLAN (vgl. Abschnitt 12.11.6)

12.1 Struktur und Betrieb des Münchner Wissenschaftsnetzes (MWN)

Die Standorte der angeschlossenen Institutionen sind insbesondere über die gesamte Münchner Region (i. W. Münchner Stadtgebiet, Garching, Großhadern/Martinsried und Weihenstephan) verteilt, es gibt aber auch weitere Standorte in Bayern. Abbildung 38 gibt einen Überblick über die räumliche Ausdehnung des MWN. Die Lage von Standorten, die außerhalb des Münchner Stadtgebietes liegen, ist in der Abbildung nicht maßstabsgetreu dargestellt, sondern lediglich schematisch (Himmelsrichtung) angedeutet.

Derzeit sind an das MWN mehr als 500 als Unterbezirke bezeichnete Gebäudegruppen angebunden und es werden bis zu 200.000 Geräte über das MWN versorgt, wobei während des Semesters die Anzahl der mobilen Geräte überwiegt. Die Größe der zu versorgenden Areale ist sehr unterschiedlich; sie reicht von einem einzelnen Gebäude bis zu einem gesamten „Campusbereich“ (z.B. Garching, Weihenstephan) mit mehr als 30 Gebäuden. Derzeit sind 54 Studentenwohnheime mit insgesamt knapp 12.900 Wohnheimplätzen am MWN angeschlossen.

Abbildung 40 zeigt die Ausdehnung und Größe des MWN auf einer Karte. Die Nadeln repräsentieren dabei die Unterbezirke. Sind mehrere Unterbezirke an einem Ort, so werden diese in einem Kreis zusammengefasst und die Zahl gibt an, wie viele Unterbezirke zusammengefasst wurden.

Das LRZ ist für das gesamte Backbone-Netz und einen Großteil der angeschlossenen Institutsnetze zuständig. Eine Ausnahme bilden die internen Netze der Medizinischen Fakultäten der Münchner Universitäten (u. a. Rechts der Isar (TUM), Großhadern und Innenstadt-Kliniken (LMU)) sowie der Informatik der TUM. Sie werden von den jeweiligen Rechenzentren der Fakultäten selbst betrieben und betreut. Das LRZ ist jedoch für die Anbindung dieser Netze an das MWN zuständig.

Das MWN ist mehrstufig realisiert:

- Das Backbone-Netz verbindet mittels Routern die einzelnen (Hochschul-)Standorte (Areale) und Gebäude innerhalb der Areale.
- Innerhalb eines Gebäudes dient das Gebäudenetz mittels Switches zur Verbindung der einzelnen Rechner und der Bildung von Institutsnetzen.
- Eine Sonderstellung nimmt das Rechenzentrumsnetz ein, das die zentralen Rechner im Rechenwürfel des LRZ miteinander verbindet.

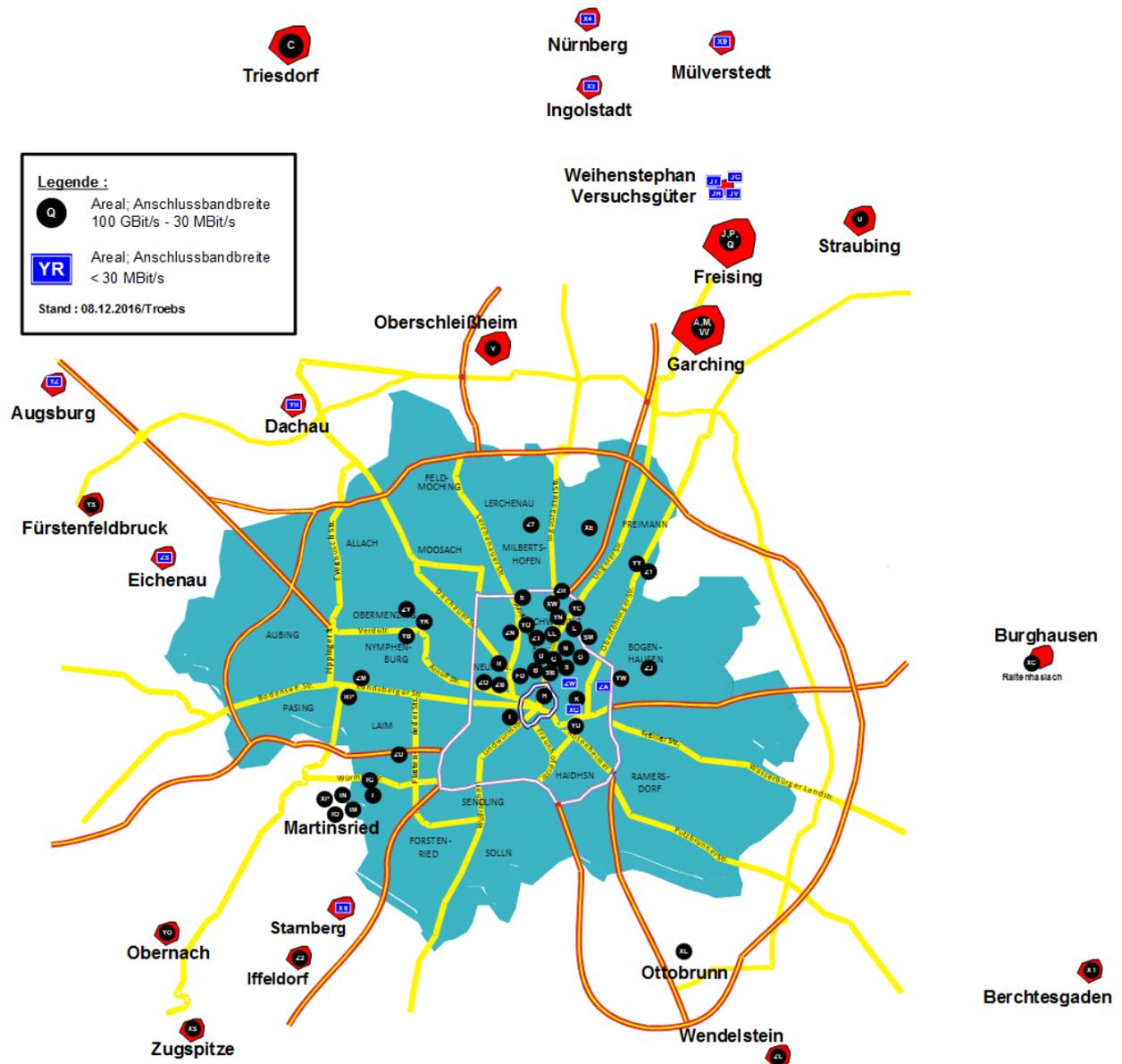


Abbildung 38: Räumliche Ausdehnung des Münchner Wissenschaftsnetzes (nicht maßstabsgerecht)

Etwas genauer lässt sich diese Realisierung wie folgt beschreiben:

- Die Router werden über das Backbone-Netz miteinander verbunden und bilden den inneren Kern des MWN. Die Verbindungsstrecken des Backbone-Netzes sind je nach Nutzungsgrad verschieden ausgeführt. Im Normalfall sind die Strecken Glasfaserverbindungen, die langfristig von der Deutschen Telekom, M-net, Colt und Gasline angemietet sind. Auf den Glasfaserstrecken wird mit 10, 20 bzw. 100 Gbit/s übertragen. Die Verbindung der Strecken übernehmen neun Backbone-Router, die untereinander aus Redundanzgründen mehrere Ringe bilden. Netze mit einer geringen Zahl von Endgeräten werden überwiegend mit SDSL-Verbindungen (bis zu 25 Mbit/s) von M-net oder der Telekom oder über WLAN-Verbindungen auf Basis von IEEE 802.11a, g oder n (bis zu 150 Mbit/s) angebunden. Das Backbone-Netz wird genauer im folgenden Abschnitt beschrieben.

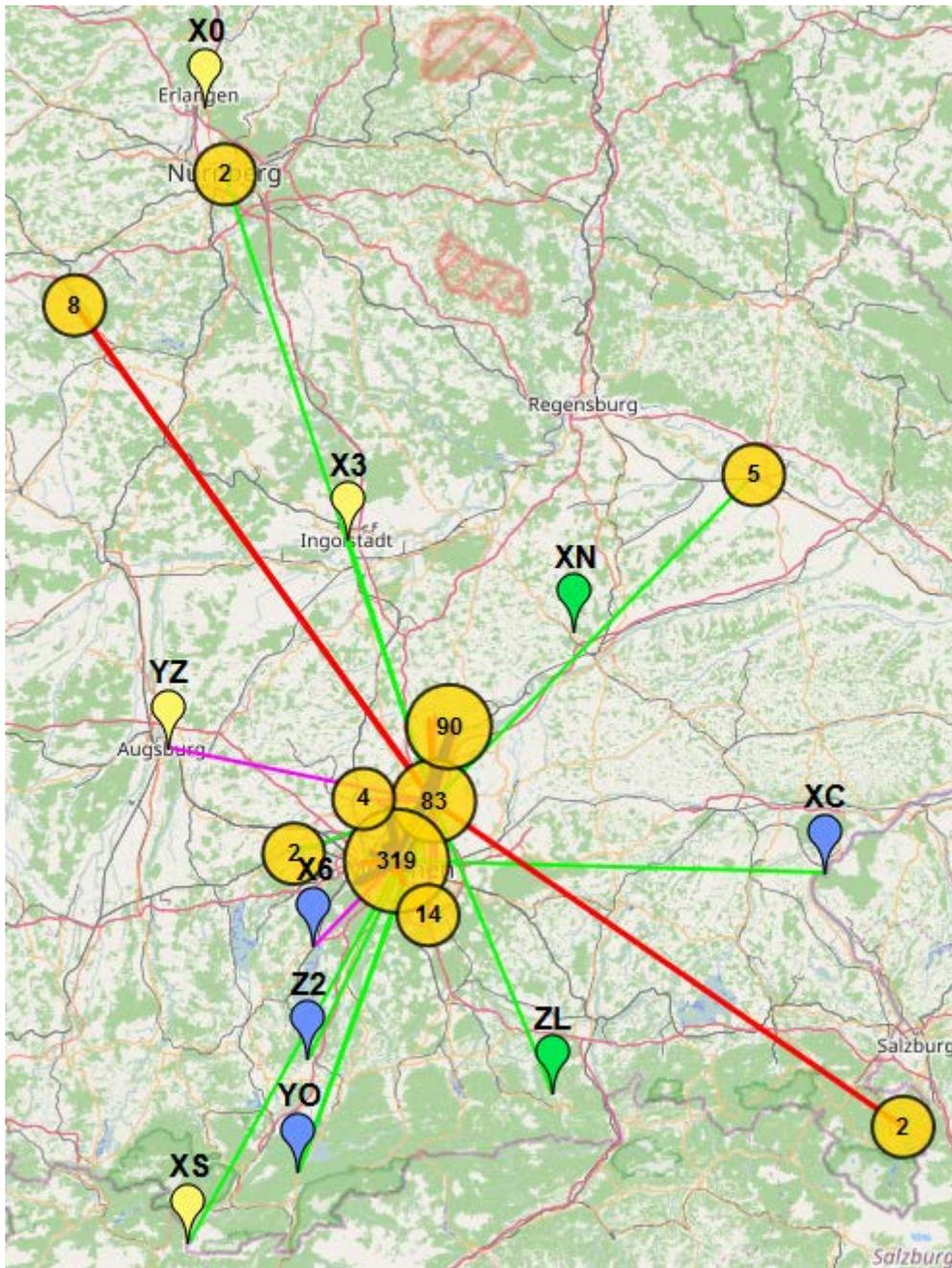


Abbildung 39: MWN Unterbezirke und Ausdehnung

- Die Switches eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe werden mittels Glasfaser noch zum größten Teil mit 1 Gbit/s, aber auch mit 10 Gbit/s an die Router herangeführt.
- In den Gebäuden geschieht die Anbindung von Datenendgeräten über Ethernet. Die Anbindung wird entweder über „Twisted-Pair“-Kupferkabel (100/1.000 Mbit/s) und Lichtwellenleiter (100 Mbit/s oder 1 Gbit/s) oder zu einem sehr geringen Teil noch über Koaxial-Kabel (10 Mbit/s) realisiert. Server-Rechner werden in der Regel mit 1 Gbit/s, zum Teil auch mit 10 Gbit/s angeschlossen. Die Gebäudenetze werden in Abschnitt 12.1.3 erläutert.
- Die zentralen Rechner im LRZ (der Höchstleistungsrechner SuperMUC, die Linux-Cluster, die Server des Backup- und Archivsystems und die zahlreichen Server-Systeme) sind untereinander mit mehrfach 40 Gbit/s bzw. 10 Gbit/s mittels Switches verbunden. Diese Netzstruktur der zentralen Rechner ist über einen Router (mehrfach 10 Gbit/s) mit dem MWN-Backbone verbunden. Die Struktur des Rechenzentrumsnetzes beschreibt Abschnitt 12.1.4.
- Im MWN wird ausschließlich das Protokoll IP benutzt.

Abbildung 40 und Abbildung 41 zeigen die für das Backbone-Netz verwendeten Strecken, deren Übertragungsgeschwindigkeiten und Endpunkte. Hieraus lässt sich die Ausdehnung des Netzes ablesen. Die Areale des MWN werden zu Dokumentationszwecken auch mit Kürzeln aus ein oder zwei Zeichen (Unterbezirke) benannt (eine Liste der in der Abbildung verwendeten Unterbezirke findet sich im MWN-Netzkonzept (s. <https://www.lrz.de/services/netz/mwn-netzkonzept/mwn-netzkonzept-2017.pdf>)).

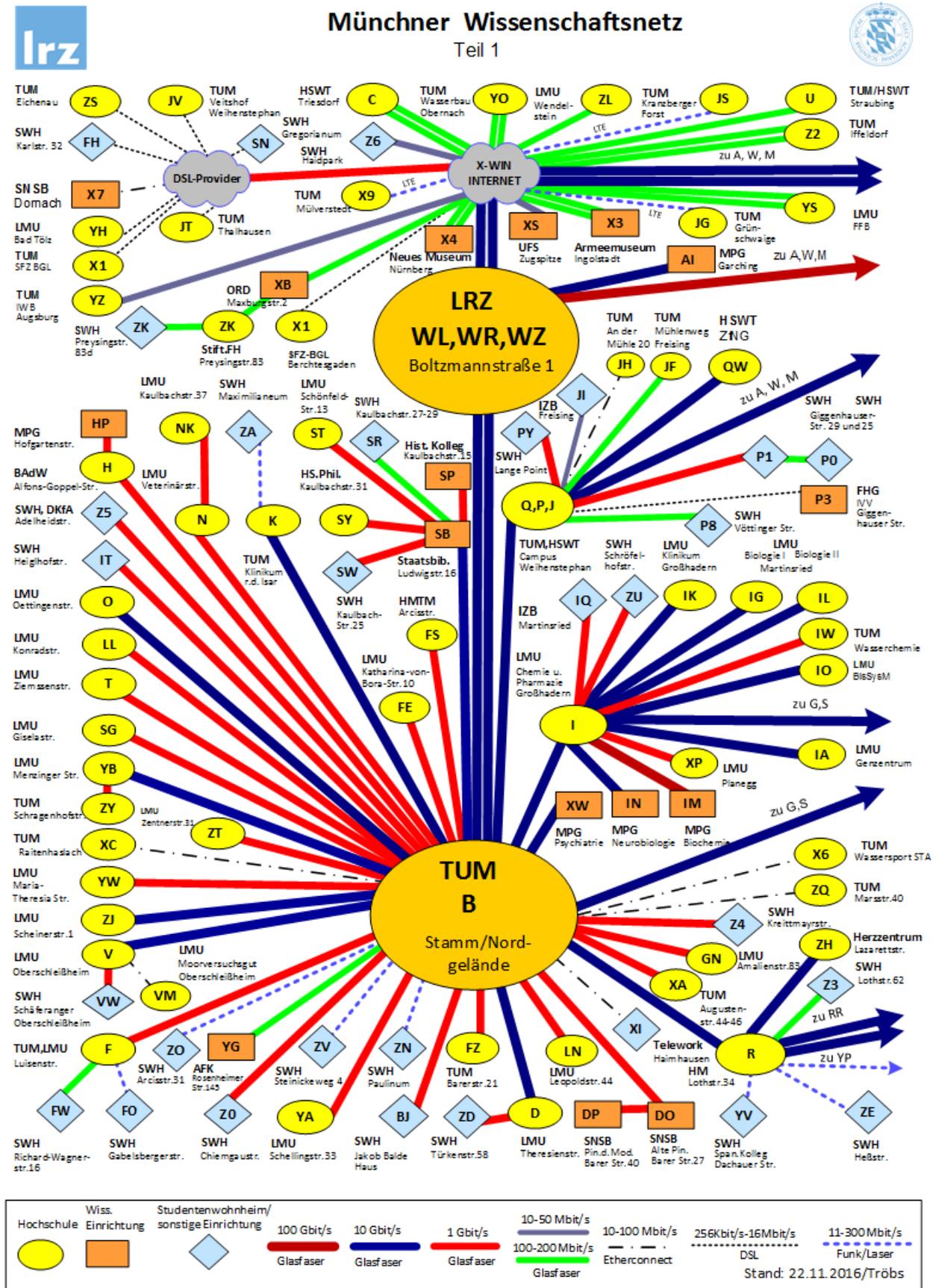


Abbildung 40: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 1)

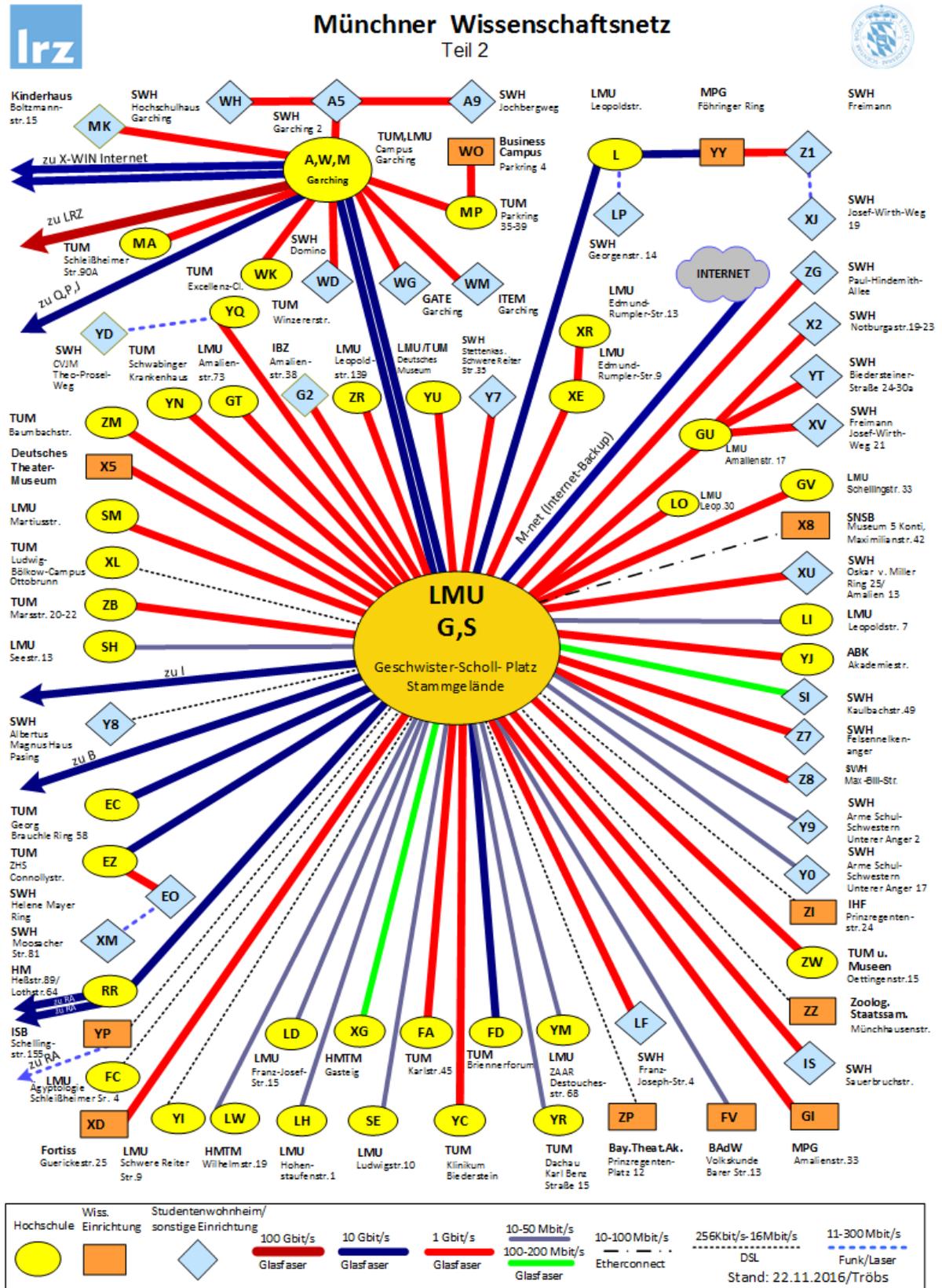


Abbildung 41: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 2)

12.1.1 Struktur des Backbone Netzes

Den Kern des MWN-Backbones bilden Cisco Nexus 7010 Switches/Router, die untereinander mit 10, 20 GBit/s und 100 Gbit/s verbunden sind. Während Abbildung 40 und Abbildung 41 die topologische Struktur, die Standorte und deren Verbindungen zeigt, stellt Abbildung 42 die technische Struktur des Kernnetzes dar. Die Anbindung der Standorte erfolgt über LWL (Lichtwellenleiter). Das LRZ selbst ist über einen virtuellen Router (bestehend aus zwei Cisco Nexus 7010) an das Backbone angebunden. Die meisten Telekom-Glasfasern enden im zentralen Netzraum des TUM-Stammgeländes. Die M-net-Glasfasern enden im zentralen Netzraum des LMU-Stammgeländes.

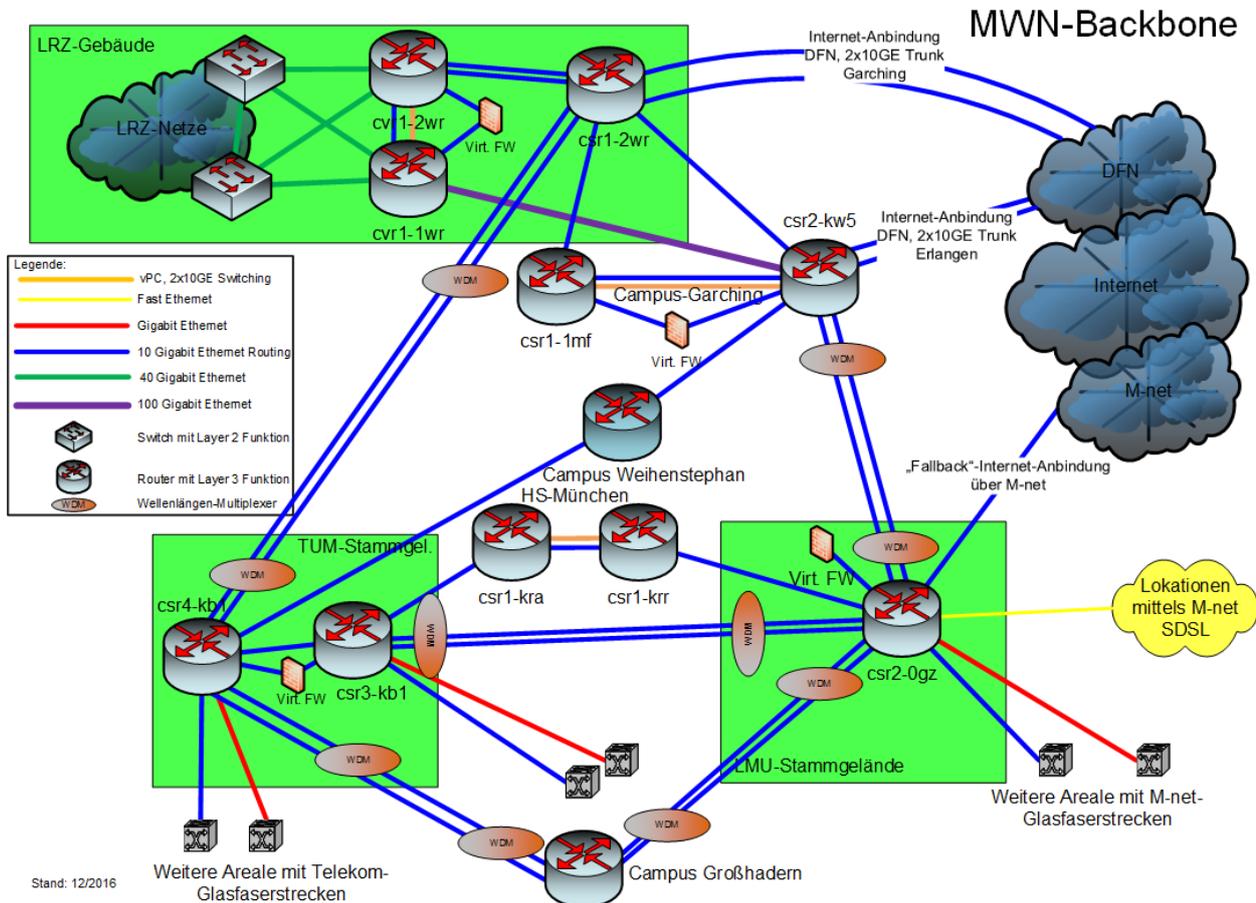


Abbildung 42: Struktur des Kernnetzes des MWN

Das Router-Backbone bildet mehrere Zyklen, die der Redundanz dienen. Alle Router haben eine mindestens doppelte Anbindung an den Backbone und bei einem Leitungsaufall auch mindestens einen alternativen Weg. Mittlerweile gibt es drei vPC (virtual Port Channels) Router-Pärchen am Campus-Garching an der Hochschule München und im LRZ, die von außen wie ein Gerät wirken und auch den Ausfall eines kompletten Router-Gehäuses abfangen können.

Wichtige Standorte in Garching wurden von den Gebäudeswitches über redundante Wege mit 160 Gbit/s (4x 40 Gbit/s) an zwei verschiedene und örtlich getrennte Zentralrouter geführt (LRZ, TUM Chemie, TUM Physik zu TUM Maschinenwesen und TUM CRC).

Die Router im Backbone koordinieren sich über Punkt-zu-Punkt Verbindungen mittels OSPF (Open Shortest Path First). Der Verkehr fließt von der Quelle zum Ziel über die Leitungen mit der kleinsten „Hop“-Anzahl (Weg, der über die wenigsten Router führt).

Ausnahmen zu dieser generellen Regel bilden der über „Policy-Based-Routing“ geführte Verkehr, der in einem eigenen VLAN (Virtual LAN) fließt, und spezielle VLANs, die über das gesamte MWN gezogen wurden. Dies ist nötig, um die besonderen Anforderungen von MWN-Mitnutzern (MPG-Institute, Staatsbibliothek, etc.) zu erfüllen.

Einige Institutionen (LMU-Medizin, TUM-Informatik) haben doppelte Anbindungen an das MWN. Mittels BGP (Border-Gateway-Protocol) wird hier die redundante Wegeführung realisiert.

Ebenfalls über BGP sind die Anbindungen ins Internet ausgeführt. Dabei dient die M-net Anbindung nur als „Notfall“ Backup. Normalerweise werden die Daten über die beiden 20 GBit/s Bündel zu den DFN Super-Cores in Erlangen und Garching geleitet.

12.1.2 Ausbau von WDM Systemen im MWN

Zwischen den verschiedenen Backbone-Standorten werden gemietete Glasfasern genutzt, die eine beschränkte Ressource darstellen. Um über diese Fasern höhere Bandbreiten und verschiedene Dienste realisieren zu können, wurde eine Infrastruktur aus Wave Division Multiplexer (WDM) Systemen installiert (siehe Jahresbericht 2015). Mit Hilfe dieser WDMs lassen sich auf einem Faserpaar mehrere Wellenlängen und damit verschiedene Kanäle realisieren. Seit 2016 ergänzt ein WDM Pärchen zwischen TUM-Stammgelände und LMU-Stammgelände die bestehenden WDM Verbindungen.

Diese Technologie wird auch verwendet, um spezielle abgeschlossene Kundennetze innerhalb des MWN zu realisieren. So werden beispielsweise die Institute der Max-Planck-Gesellschaft in Martinsried mit dem Max-Planck Computing and Data Facility (MPCDF) in Garching über eigene Hochgeschwindigkeitsstrecken verbunden. Außerdem konnten damit die Strecken im inneren Backbone auf 2 x 10 Gbit/s angehoben werden. Sowohl ein weiteres Bandbreitenwachstum, als auch spezielle Dienste für Kunden, sind damit einfach umsetzbar. Die Zukunft und Flexibilität des Münchener Wissenschaftsnetzes kann damit für die nächsten Jahre gesichert werden

12.1.3 Struktur der Gebäudenetze im MWN

In den Gebäuden, die durch das MWN miteinander verbunden werden, existiert grundsätzlich eine strukturierte Verkabelung, bestehend aus Kupferkabeln (Twisted Pair (TP) der Kategorie 5/6/7) oder Multimode-Lichtwellenleiter-Kabeln (50/125 µm). In einigen Bereichen ist allerdings nur eine alte Vier-Draht-Verkabelung verfügbar, die keine Verbindungen mit Gigabit-Ethernet gestattet und beim Betrieb mit modernen Switches Probleme bereitet. Inzwischen wurden Mittel zur Ersetzung durch eine 8-Draht-Verkabelung nach Kategorie 6a genehmigt und bereits einzelne Gebäudeteile saniert. Bis die alte Verkabelung vollständig ersetzt ist, wird es allerdings noch einige Jahre dauern. Zu einem sehr geringen Anteil ist in einigen Gebäuden auch noch Ethernet-Koax-Kabel (Yellow Cable) vorhanden.

Als aktive Komponenten zur Verbindung mit den Endgeräten werden (Layer-2-) Switches eingesetzt. Derzeit sind in den Gebäude- und Etagenverteilern vor allem Geräte der Serien HP 4200 und HP 5400 im Einsatz. Hierbei handelt es sich um modulare Switches, in die maximal 8 (HP 4200) bzw. 12 (HP 5400) Linecards eingebaut werden können. Damit ergibt sich eine maximale Anzahl von 192 Gigabit-Ports beim HP 4200 und 288 beim HP 5400. Beim HP 5400 können außerdem bis zu 96 10GE-Ports in einem Chassis zur Verfügung gestellt werden. Für die zweite Generation des HP 5400 sind seit Mitte 2015 auch Linecards mit zwei 40GE-Ports verfügbar. Die Switches der Serie HP 4200 werden in den nächsten Jahren sukzessive durch Geräte der Serie HP 5400 ersetzt, da diese veraltet sind und hinsichtlich Performance und Funktionalität nicht mehr den aktuellen Anforderungen entsprechen. In Gebäuden mit nur sehr wenigen Anschlüssen kommen auch Switches mit fester Portanzahl (stackable Switches) zum Einsatz. Switches dieser Bauform kommen ebenfalls in Serverräumen zum Einsatz.

Zum Jahresende 2016 wurden vom LRZ insgesamt 1.564 Switches betrieben. Einen Vergleich zu den Vorjahren zeigen Tabelle 20 und Abbildung 43. Daraus ergibt sich, dass sich in den letzten 10 Jahren die Anzahl der Switches im Durchschnitt um 80 Stück pro Jahr erhöht hat. Die Port-Anzahl ist im selben Zeitraum um durchschnittlich 6.500 pro Jahr gestiegen.

Tabelle 20: Anzahl der im MWN eingesetzten Switches und Ports

	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
Switches	1.564	1.507	1.469	1.406	1.310	1.247	1.126	990	914
Ports	111.046	104.576	100.557	97.000	88.777	85.161	73.882	66.856	59.836

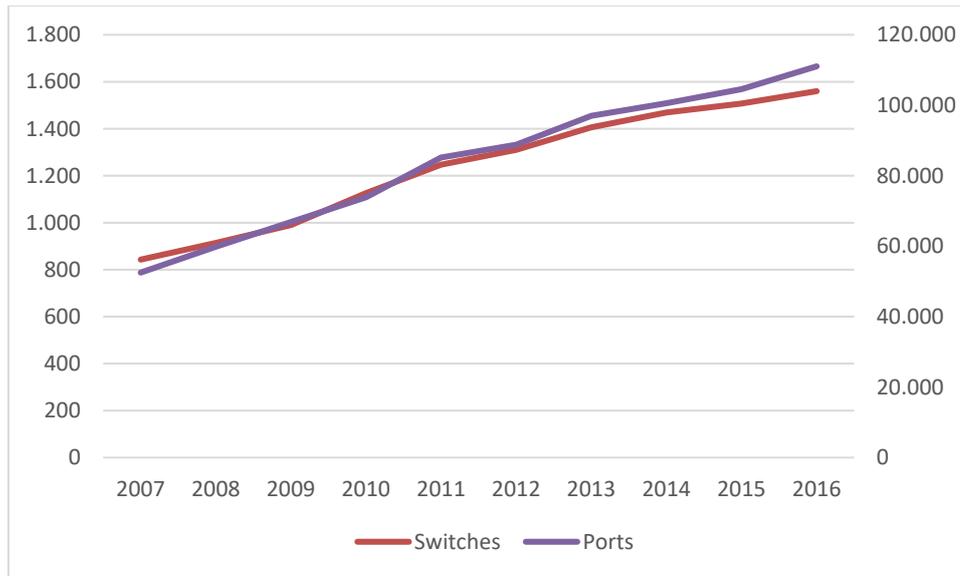


Abbildung 43: Anzahl der im MWN eingesetzten Switches

12.1.4 Struktur des Rechenzentrumsnetzes (LRZ-Netz)

Ein wichtiger Punkt für eine möglichst nahtlose und störungsfreie Dienstleistung durch das LRZ sind geeignete Redundanzmechanismen, die sich natürlich auch im zugrundeliegenden Netz widerspiegeln müssen.

Abbildung 44 stellt die Struktur des Kernnetzes im Rechnergebäude des LRZ dar. Das Grundprinzip hierbei ist, dass jede kritische Komponente und jede Verbindung mindestens doppelt vorhanden sind. Über geeignete Mechanismen ist dafür zu sorgen, dass bei Ausfall einer Komponente oder einer Verbindung der Datenverkehr vollautomatisch über redundante Wege und Komponenten abgewickelt werden kann. Um auch gegen Infrastrukturprobleme oder größere Schäden wie z.B. Brände gewappnet zu sein, sind alle Komponenten konsequent auf zwei verschiedene Brandabschnitte in zwei Gebäudeteilen verteilt. In Abbildung 50 sind alle Komponenten links von der Mitte im NSR 0 im Altbau des Rechnerwürfels, die Komponenten rechts von der Mitte im DAR 1 im Erweiterungsbau untergebracht.

Das Zentrum des Rechenzentrums-Netzes bilden eine Reihe von Switches (HP) mit einer Bandbreite von 4x40 GBit/s (4x40 GE) und ein vPC (Virtual-Port-Channel)-Paar von Cisco Switches/Routern (Cisco Nexus 7010). Das vPC Protokoll ist eine Virtualisierungstechnologie und ein vPC Paar wirkt für den Nutzer wie ein einzelnes Gerät. So können z.B. Verbindungen (sog. Port-Channels) geschaltet werden, die auch beim vollständigen Ausfall eines der beiden Chassis weiterhin funktionieren. vPC gehört zur Familie der Multichassis EtherChannel (MCEC) Technologien. Die Chassis des vPC Paares (cvr1-1wr, cvr1-2wr) sind räumlich getrennt, in zwei verschiedenen Brandabschnitten des Rechnergebäudes untergebracht, genauso wie die zentralen HP-Switches und die Firewalls. Die Layer 3 (Routing)-Redundanz wird mittels des Hot-Standby-Routing-Protocols (HSRP) realisiert. Die Verbindung zum MWN erfolgt von jedem der Nexus-Geräte aus, separat aber redundant, über Routing-Protokolle.

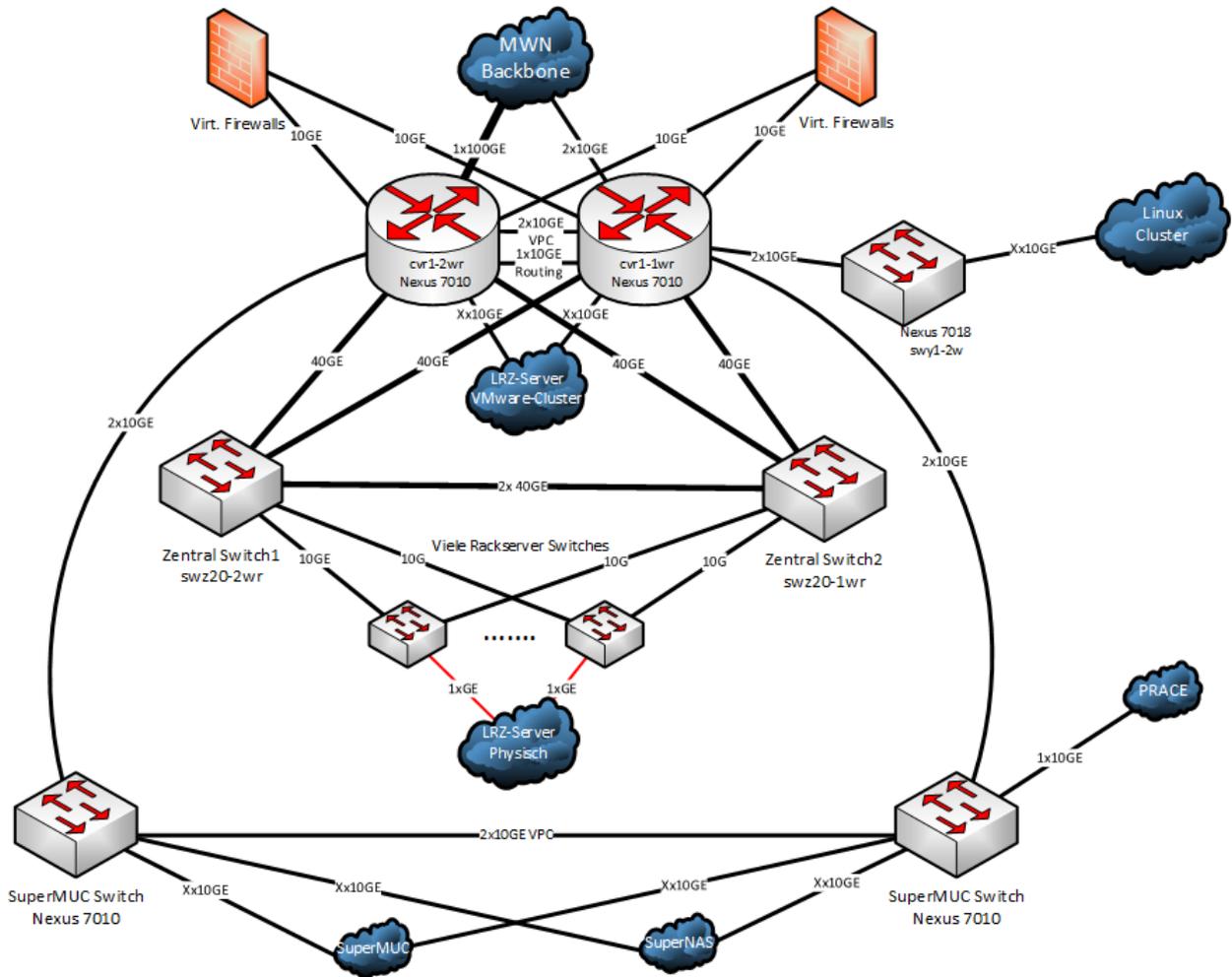


Abbildung 44: Struktur des LRZ-Netzes

Die Anbindung der Systeme und Dienste erfolgt über den Verbund von Zentralswitches. Das vPC Nexus-Paar und die zentralen HP Switches sind mehrfach redundant miteinander verbunden (s. Abbildung 44). Die verschiedenen physischen, aber auch die virtualisierten Server, sind auch wieder redundant über zwei verschiedene Zentralswitches, und über zwei auch räumlich getrennte Verbindungen, am Netz angeschlossen.

Der SuperMUC und das SuperNAS sind über zwei dedizierte Cisco Nexus 7010 redundant angebunden (s. Abbildung 44). Eines dieser Geräte übernimmt auch die Verbindung des SuperMUC-Systems an den europäischen PRACE-Verbund. Das Linux-Cluster wird über einen Cisco Nexus 7018 Switch versorgt. Für diese Systeme ist derzeit keine netztechnische Redundanz erforderlich bzw. wäre in der Realisierung zu teuer.

12.2 Anschluss ans MWN und wesentliche Änderungen im Netz

In einem Netz mit so vielen Standorten wie dem MWN ergeben sich naturgemäß sehr viele Änderungen in der Netzstruktur. Dies wird verursacht durch Änderungen in der Nutzung von Standorten, neuen Standorten, der Aufgabe von Standorten sowie Sanierungen an Gebäuden und Netzen. Diese Veränderungen werden in den nächsten Abschnitten erläutert. Daneben gibt es aber auch strukturelle Änderungen, um die Redundanz und damit die Stabilität und Ausfallsicherheit des Netzes zu erhöhen oder neue Kundengruppen ans Münchner Wissenschaftsnetz anzubinden. Im Berichtsjahr wurde damit begonnen die Redundanz am Campus Weihenstephan zu verbessern (vgl. Abschnitt 12.2.5).

12.2.1 Wesentliche Netzänderungen im Jahr 2016

Im Jahr 2016 gab es folgende, in chronologischer Reihenfolge aufgeführte, wesentliche Netzveränderungen:

Tabelle 21: Wesentliche Netzänderungen 2016

Abschlußdatum	Netzänderung
26.01.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme LMU Gebäude Schleißheimer Str. 4 (Ägyptologie, Koptologie) mittels Fibre DSL (10 Mbit/s)
Januar 2016	Redundante Anbindung des Zentralinstituts für Katalyseforschung (KaTUM) sowie des LRZ mit je 4 x 40 Gbit/s
15.02.2016	Redundante X-WiN Anbindung TUM Versuchsanstalt für Wasserbau Oberrach (2 x 100 Mbit/s)
16.02.2016	Anbindung Oettingenstr. 15 (TUM, Bayerisches Nationalmuseum, Archäologische Staatssammlung) per LWL (1 Gbit/s)
16.02.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme TUM Standort An der Mühle in Freising Weihenstephan (10 Mbit/s)
22.02.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme TUM Wassersportzentrum in Starnberg (10 Mbit/s)
Februar 2016	Redundante Anbindung des Chemie Areals in Garching mit 4 x 40 Gbit/s
06.04.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme BioSysM in Großhadern (2 x 10 Gbit/s)
29.04.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme des TUM Science & Study Center Raitenhaslach (100 Mbit/s)
16.06.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme TUM Schülerforschungszentrum Berchtesgaden (100 Mbit/s)
18.06.2016	Neuanschluss des SWH Max-Bill-Straße über LWL (1 Gbit/s)
30.06.2016	Anbindung LMU Amalienstraße 83 per LWL (Ersetzung der Funkbrücke)
Juni 2016	Redundante Anbindung des Physik Areals in Garching mit 4 x 40 Gbit/s
04.07.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme Brienner Forum, Richard-Wagner-Str. 1-3 (Hochschule für Politik und TUM) per LWL (1 Gbit/s)
05.07.2016	Bandbreitenerhöhung Ludwigstr. 33 auf 10 Gbit/s
07.07.2016	Neuanschluss Studentenwerk Haimhausen (10 Mbit/s)
15.07.2016	Bandbreitenerhöhung des Deutschen Herzzentrums auf 10 Gbit/s
26.07.2016	Neuanschluss Museum Fünf Kontinente (100 Mbit/s)
02.08.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme LMU Leopoldstraße 30 (1 Gbit/s)
10.08.2016	Bandbreitenerhöhung LMU Luisenstraße 37 (10 Gbit/s)
30.09.2016	Bandbreitenerhöhung TUM Versuchsgut Thalhausen (aDSL 16000)
13.10.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme LMU-Neubau CALA am Campus Garching (10 Gbit/s)
11.10.2016	Versorgung der Landesfachstelle für das öffentliche Bibliothekswesen in Nürnberg mit einem Remote Access Point
13.10.2016	Neuanschluss und Inbetriebnahme des Neubaus Zentrum für naturwissenschaftliche Grundlagen der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (10 GE)
22.10.2016	Bandbreitenerhöhung LMU Ludwigstraße 33 (10 Gbit/s)

Abschlußdatum	Netzänderung
27.10.2016	Neuanschluss des Deutschen Museums (1 Gbit/s)
November 2016	Redundante Anbindung des Maschinenwesens in Garching mit 4 x 40 Gbit/s
08.11.2016	Bandbreitenerhöhung TUM Geodäsie Außenstelle Eichenau (aDSL 16000)
08.11.2016	Bandbreitenerhöhung TUM Veitshof, Freising-Weihenstephan (VDSL 50000)
08.11.2016	Bandbreitenerhöhung LMU Hauptgebäude Mitteltrakt (10 Gbit/s)
11.11.2016	Rückbau der Anbindung für EIT Health
21.11.2016	Neuananschluß Karolinenplatz 4 per LWL, Hochschule für Musik (1 Gbit/s)
29.11.2016	Bandbreitenerhöhung, LMU Genzentrum, Großhadern (2 x 10 Gbit/s)
09.12.2016	Neuanschluss Archiv der Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen in Dornach (SDSL 10 Mbit/s)
23.12.2016	Bandbreitenerhöhung UnternehmerTUM (1 Gbit/s)

12.2.2 Museen: IT-Beirat der staatlichen Museen

Im Jahr 2012 wurde ein IT-Beirat der staatlichen Museen eingesetzt, um die IT-Infrastruktur zu optimieren und die Rezentralisierung von IT-Diensten zu ermöglichen. Basis für eine solche Zentralisierung von Museums-IT-Diensten ist eine angemessene Netzanbindung. Da viele Museen in München bereits am MWN angeschlossen sind und die zentrale IT ebenfalls in München angesiedelt ist, war relativ schnell klar, dass das MWN für diese Zwecke mitgenutzt werden soll. Im Jahr 2015 wurde das Museum Fünf Kontinente in München neu ans MWN angebunden. Auch das Porzellanikum in Selb wurde an die zentrale IT der staatlichen Museen angebunden.

12.2.3 Netzausbau (Verkabelung); Netzinvestitionsprogramm

Mit dem Netzinvestitionsprogramm in Bayern (NIP) wurde zwar eine flächendeckende Vernetzung erreicht, diese ist jedoch an der TUM in München und Garching noch zu einem sehr geringen Teil in Koax ausgeführt. Bis Ende 2008 sollte diese Koax-Verkabelung durch eine strukturierte Verkabelung (Kupfer oder Glasfaser) ersetzt werden. Das Ziel wurde aber nicht erreicht, da einige Gebäude noch auf eine endgültige Generalsanierung warten bzw. es unklar ist, welche spätere Nutzung dort vorgesehen ist.

12.2.3.1 TU München

Derzeit gibt es noch Koax-Kabel in Bau 0503, 0106 (N6) und zum Teil in Gebäude 5402 (CH2 in Garching); hier soll aber Koax im Rahmen anderer Maßnahmen ersetzt werden.

Für das Gebäude 0503 auf dem TUM Stammgelände befindet sich die Große Baumaßnahme in der Ausführungsphase. Der erste von insgesamt 3 Bauabschnitten konnte bereits abgeschlossen werden. Der zweite Bauabschnitt soll bis Mitte 2017 zum Abschluss kommen. Der zu Beginn der Maßnahme als vierter Bauabschnitt vorgesehene Bereich des Uhrenturms wird nun als separates Projekt parallel zur Großen Maßnahme geführt. Im Rahmen dieser Sanierungsmaßnahmen wird auch die Datenverkabelung erneuert, dabei wird die Koaxverkabelung komplett zurückgebaut.

Mit einer strukturierten Verkabelung der Kategorie 6A wurden folgende TUM-Gebäude im Jahr 2016 ertüchtigt:

Garching	Chemiegebäude CH 6 – Flur 5
München	Stammgelände Gebäude 0503 1. Bauabschnitt
Freising	Gebäude 4110 Braufakultät

12.2.3.2 LMU

Im Bereich der LMU München sind alle Gebäude mit einer strukturierten Verkabelung versehen. Es gibt jedoch teilweise Defizite in der Verwendung der installierten Medien (nur vier-drahtiger Anschluss (Cable-sharing) oder Installation von Kategorie 5 - Kabeln bzw. Anschlusskomponenten). Das betrifft aktuell noch 17 Gebäude (NIP V-2. Bauabschnitt). Die Kosten für die Sanierung dieser Gebäude in Höhe von ca. 11 Mio. € wurden vom Landtag bewilligt.

Diese Gebäude werden seit Frühjahr 2015 im Rahmen des 2. Bauabschnittes der NIP V-Maßnahme mit einer Verkabelung der Kategorie 6A modernisiert.

Mit einer strukturierten Verkabelung der Kategorie 6A wurden folgende LMU-Gebäude im Jahr 2016 ertüchtigt:

Garching	Fertigstellung der Aufstockung Sektion Physik Werkstattgebäude Neuverkabelung einzelner Bereiche Sektion Physik Laborgebäude CALA Neubau
München	Fakultät für Chemie und Pharmazie Maria Theresia-Straße 21 Kaulbachstraße 45
Oberschleißheim	Schönleutnerstraße 8
Fürstfeldbruck	Geophysikalisches Observatorium Ludwigshöhe 8

12.2.3.3 Weihenstephan (TU München)

Auf dem Campus Weihenstephan der TU München sind alle Gebäude mit einer strukturierten Verkabelung versehen, entweder Kupfer (Kategorie 6-Kabel) oder Glasfaser (Multimode).

12.2.4 Redundante Anbindung großer Gebäudeareale am Campus Garching

Auf dem Campus Garching wurden 2016 die Gebäudeareale Chemie, Catalysis Research Center (CRC), Physikdepartment und Maschinenwesen redundant an das MWN-Backbone angeschlossen. Dazu wurden in jedem der o.g. Areale zwei neue Zentral-Switches installiert, die jeweils mit 2 x 40 Gbit/s an die beiden Backbone-Router im CRC und im Maschinenwesen angeschlossen sind. An die neuen Zentral-Switches wurde jeder einzelne Switch in den Etagenverteiler ebenfalls redundant mit 2 x 10 Gbit/s angebunden. Somit ist selbst bei einem kompletten Ausfall einer zentralen Komponente (Backbone-Router, Zentral-Switch) weiterhin die Konnektivität zum MWN bzw. ins Internet gegeben.

12.2.5 Vorbereitungen für einen zweiten zentralen Netzknoten auf dem Campus Weihenstephan

Analog zum Campus Garching soll auch die Redundanz der Gebäudeanbindungen sowie des zentralen Netzknotens am Campus Weihenstephan erhöht werden. Das Ziel ist der Aufbau eines zweiten zentralen Netzknoten mit einem virtuellen Routerpärchen, das über die beiden Netzknoten verteilt betrieben wird. Außerdem soll es künftig dann möglich werden wichtige und große Gebäudeareale über zwei unabhängige Wege mit den beiden zentralen Netzknoten zu verbinden.

Da am Campus Weihenstephan noch viele Gebäude nur über Multimode-Glasfasern angeschlossen waren, wurde 2016 ein Projekt zur Nachverkabelung mit Singlemode-Glasfasern, sowie die redundante Anbindung großer Areale, als erster Schritt gestartet.

Für die gesamte Baumaßnahme werden 67 Kabelstrecken bestehend aus ca. 1.900 Einzelfasern mit einer Gesamtlänge von 22 km nachinstalliert.

Baubeginn war im Oktober 2016 die voraussichtliche Fertigstellung wird für November 2017 erwartet.

Außerdem wurde bereits ein Raum für einen redundanten Verteilerknoten im Bibliotheksgebäude 4220 (Unterbezirk QY) ertüchtigt.

Abbildung 45 zeigt die geplante Faser-Infrastruktur, sowie die redundanten Anbindungen (gestrichelte Linien) zum zweiten zentralen Netzverteiler im Geb. 4220 (QY).

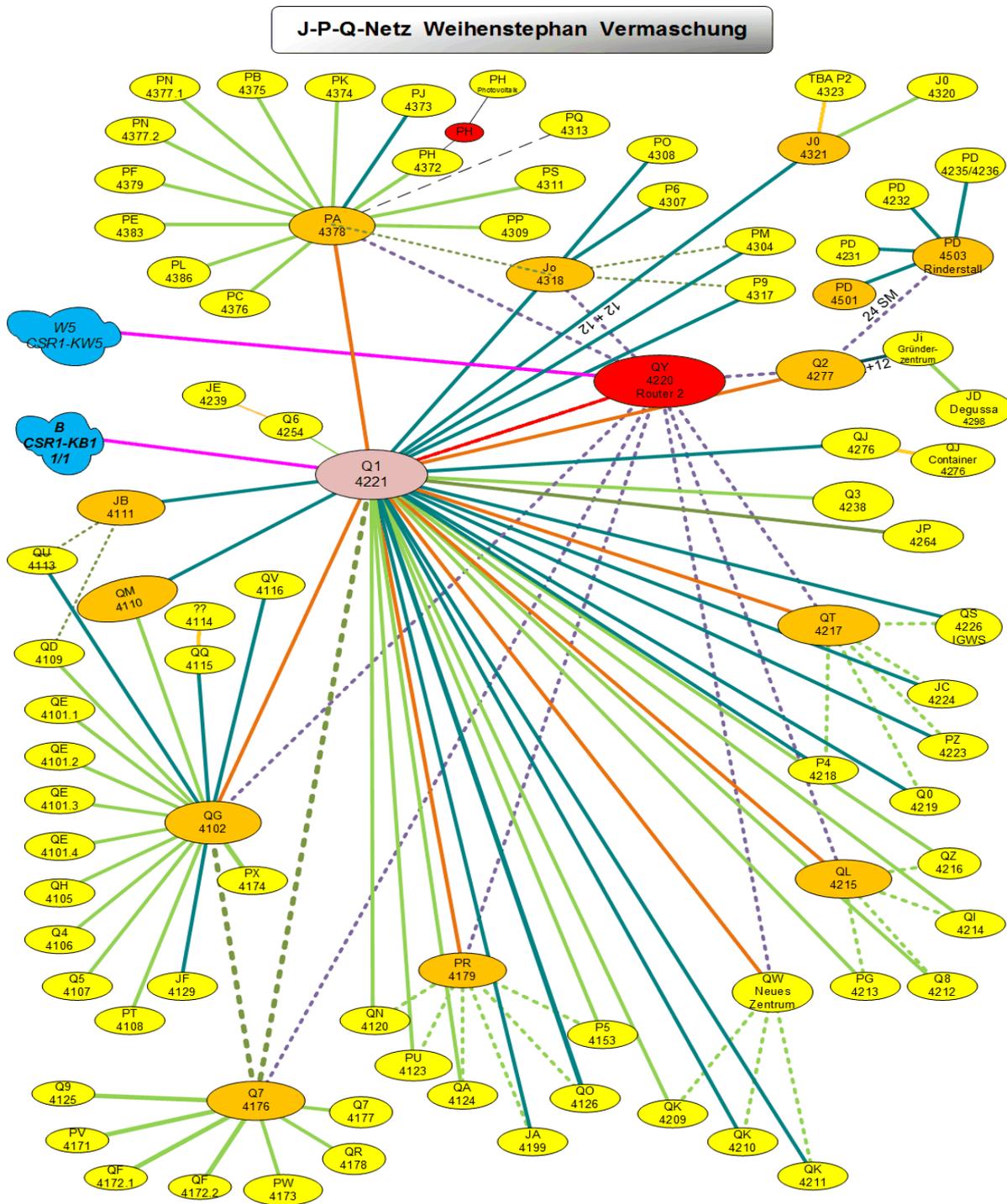


Abbildung 45: Geplante LWL-Infrastruktur am Campus Weihenstephan

12.2.6 Anbindung Studentenwohnheime

Das LRZ ermöglicht Wohnheimen eine feste Anbindung über Standleitungen, DSL-Technik oder Funkstrecken an das MWN und damit an das Internet. Die Kosten der Anbindung hat der Heimträger zu übernehmen. Für kommerzielle Heime, ohne öffentliche Förderung, ist der Zugang ins Internet über das MWN nur über eine VPN-Verbindung möglich.

Zum Jahresende 2016 sind knapp 12.900 Wohnheimplätze in 54 Heimen an das MWN angeschlossen, davon 35 über eine Glasfaserleitung (LWL) mit 100 Mbit/s bis zu 2 Gbit/s, zwei über FibreDSL mit 10 Mbit/s, neun über Funkstrecken, drei über DSL, eines über Mikrowellenfunk, eines über 100 Mbit/s Laserlink sowie zwei über einen GRE-Tunnel. In einem Heim wird nur das WLAN vom LRZ betrieben.

Tabelle 22: Studentenwohnheime im MWN

Name	Adresse	Träger	Plätze	Anschluss
Adelheidstr. (mit Deutschkurse für Ausländer)	Adelheidstr. 13	Studentenwerk	374	LWL zu TUM
Internationales Haus	Adelheidstr. 17	Studentenwerk	92	über Adelheidstr. 13 angeschlossen
Haidpark	Admiralbogen 37-49	Münchner Arbeiterwohlfahrt	204	Nur WLAN vom LRZ
Hugo-Maser-Haus	Arcisstr. 31	Verein evangelischer Studentenwohnheime	72	Funk zu TUM-Uhrenturm
St. Albertus Magnus Haus	Avenariusstr. 15 (Pasing)	St. Albertus Magnus-Stiftung (Kath.)	114	SDSL M-net
Studentenwohnanlage Biederstein	Biedersteiner Str. 24-30a	Studentenwerk	168	LWL zu Amalienstr. 17
Studentenstadt Freimann	Christoph-Probst-Str. 10	Studentenwerk	2.439	LWL zu MPI Freimann
Spanisches Kolleg	Dachauerstr. 145	Katholische Kirche	35	Funk 802.11a zur HM
Felsennelkenanger	Felsennelkenanger 7-21	Studentenwerk	545	M-net LWL
Sophie-Barat-Haus	Franz-Josef-Str. 4	Katholisches Ordinariat	103	LWL zu Ordinariat
Weihenstephan II	Freising, Giggenhauser Str. 25	Studentenwerk	226	LWL über Weihenstephan IV
Weihenstephan IV	Freising, Giggenhauser Str. 27-33	Studentenwerk	236	LWL zur Telefonzentrale
Lange Point (Weihenstephan III)	Freising, Lange Point 1-35	Studentenwerk	384	LWL zu HSWT Heizhaus
Vöttinger Str. (Weihenstephan I)	Freising, Vöttinger Str. 49	Studentenwerk	110	LWL zu alter DVS
Deutsche Burse e.V.	Friedrichstr. 34	KDStV Vandalia	84	M-Net DSL privat
Albertia, Ottonia, Erwinia	Gabelsbergerstr. 24	Stud.-Verbindungen Albertia, Ottonia, Erwinia	25	Funk zu Richard-Wagner-Str. 18

Name	Adresse	Träger	Plätze	Anschluss
Garching II	Garching, Enzianstr. 1, 3	Studentenwerk	112	LWL zu TU-Heizkraftwerk
Hochschulhaus Garching	Garching, Enzianstr. 5	Evangelische Studentenwohnheime	95	LWL zu Wohnheim Garching II
Garching I	Garching, Jochbergweg 1 – 7	Studentenwerk	110	Telekom LWL
Dominohaus	Garching, Untere Strassäcker 21	Dominobau	82	LWL zu TU-Heizkraftwerk
Priesterseminar St. Johannes der Täufer	Georgenstr. 14	Katholisches Ordinariat	28	Funk zu Georgenstr. 11
Heiglhofstraße	Heiglhofstr. 64,66	Studentenwerk	414	Telekom LWL
Studentenviertel auf dem Oberwiesenfeld	Helene-Mayer-Ring 9	Studentenwerk	1.953	LWL zu ZHS
Wohnheimsiedlung Maßmannplatz	Heßstr. 77	Wohnheimsiedlung Maßmannplatz e.V.	124	Funk zu HM Dachauerstr.
Josef-Wirth-Weg 19	Josef-Wirth-Weg 19	Studentenwerk	190	100 MBit/s Mikrowellenfunk
Studentenwohnheim Freimann	Josef-Wirth-Weg 21	Grammer Immobilien	449	LWL zu Amalienstr. 17
Johannes-Hanselmann-Haus	Kaulbachstr. 25	Ev. Waisenhausverein	117	LWL zu Staatsbibliothek
Newman-Haus	Kaulbachstr. 27 – 29	Newman-Verein e.V	129	LWL zu Staatsbibliothek
Marie-Antonie-Haus	Kaulbachstr. 49	Studentenwerk	96	LWL zu Ludwigstr. 28
Kreittmayrstraße	Kreittmayrstr. 14	Studentenwerk	43	LWL zu TUM
Lothstraße	Lothstr. 62	Studentenwerk	61	LWL zu Dachauer Str. 98b
Max-Bill-Straße	Max-Bill-Str. 67	Studentenwerk	140	M-Net LWL
Stiftung Maximilianum	Max-Planck-Str. 1	Stiftung Maximilianum	26	Funk zu KH Rechts der Isar
Moosacher Straße	Moosacher Str. 81	Studentenwerk	170	100 MBit/s Laserlink
Frauendorfer Haus	Notburgastr. 19 – 23	Studentenwerk	151	LWL zu Amalienstr. 17

Name	Adresse	Träger	Plätze	Anschluss
Oberschleißheim	Oberschleißheim, Am Schäferanger 9 – 15	Studentenwerk	171	LWL zu Rinderklinik
Oskar von Miller Forum	Oskar-von-Miller-Ring 25	Oskar von Miller Forum	80	LWL zu Amalienstr. 17
Heidemannstraße	Paul-Hindemith-Allee 4	Studentenwerk	310	M-net LWL
Johann-Michael-Sailer-Haus	Preysingstr. 93a	Katholisches Ordinariat	26	LWL zu Ordinariat
Herzogliches Georgianum	Professor-Huber-Platz 1	Erzdiözese München-Freising	45	ADSL, intern WLAN
Studentenheim "Paulinum"	Rambergstr. 6	Studentenwohnheim Paulinum e.V. (Kath.)	58	Funk zu TUM-Uhrenturm
Wohnheim Richard Wagner-Str. 16	Richard-Wagner-Str. 16	Ingeborg van-Calker Stiftung	36	LWL zu Richard-Wagner-Str. 18
Rosenheim I	Rosenheim, Marienberger Str. 36-38	Studentenwerk	113	über Tunnel und Secomat
Rosenheim II	Rosenheim, Westendorfer Str. 47a – m	Studentenwerk	343	über Tunnel und Secomat
Sauerbruchstraße	Sauerbruchstraße 59, 61, Heiglhofstraße 44, 46	Studentenwerk	259	M-net LWL
Wohnheim Stiftsbogen	Schröfelhofstr. 4	Studentenwerk	598	LWL zu Campus Großhadern
Stettenkaserne	Schwere-Reiter-Str. 35	Studentenwerk	243	M-net LWL
Ökumenisches Studentenheim	Steinickeweg 4	Verein evangelischer Studentenwohnheime	78	Funk zu TUM-Uhrenturm
John-Mott-Haus	Theo-Prosel-Weg 16	CVJM München e.V.	67	Funk zu Winzerstr.
Jakob Balde Haus	Theresienstr. 100	Studienseminar Neuburg-Donau	96	LWL zu TUM
Chiemgaustraße	Traunsteiner Str. 1 – 13	Studentenwerk	436	Telekom-LWL zu TUM
Türkenstraße	Türkenstr. 58	Studentenwerk	99	LWL zu Theresienstr. , Intern mit Funk vernetzt

Name	Adresse	Träger	Plätze	Anschluss
Am Anger II	Unterer Anger 17	Orden der Armen Schulschwestern	85	M-net FibreDSL
Am Anger I	Unterer Anger 2	Orden der Armen Schulschwestern	50	M-net FibreDSL
54 Wohnheime		Summe insgesamt	12.894	

12.3 DNS und Sicherheit im DNS

Der Domain Name Service (DNS) im Internet dient dazu, lesbare Namen anstelle von IP-Adressen verwenden zu können. Im weltweiten Verbund dienen die Domain-Nameserver zur Auflösung (Resolving) der Domainnamen, d.h. sie liefern für einen Verbindungsaufbau die IP-Adresse zum verwendeten Domainnamen. Die Namen sind hierarchisch strukturiert, wobei die einzelnen Stufen durch Punkte getrennt geschrieben werden. Die höchste Ebene (Top Level Domain) steht dabei ganz rechts und bezeichnet häufig das Land (z.B. "de" für Deutschland). Die zweite Stufe steht dann für die Organisation bzw. Firma (z.B. lrz.de).

Im Bereich des MWN bietet das LRZ die Möglichkeit, über seine Nameserver den DNS-Dienst für Einrichtungen im MWN zu erbringen. Daneben betreiben einige Fakultäten und Institute für ihre Bereiche auch eigene Nameserver. Ziel ist aber die weitgehende Zentralisierung des Dienstes über die hochverfügbaren und gut gepflegten Server des LRZ. Der DNS-Dienst wird mandantenfähig angeboten. Über eine Webchnittstelle (WebDNS) können Netzverantwortliche die Ihnen zugewiesenen Namensräume selbstständig verwalten.

Der WebDNS-Dienst wird inzwischen von 386 (+24) Nutzern zur Pflege der DNS-Einträge verwendet. Die Anzahl der über WebDNS verwalteten DNS-Zonen stieg von 2.310 auf 2.393.

Tabelle 23: Übersicht über die wichtigsten Domains im MWN

Zone	Zonen	Sub-Domains	A-Records	AAAA-Records	Aliase	MX-Records	Mail-Domains	WWW-Records
uni-muenchen.de	381	2.522	15.282	4.036	4.988	3.210	1.562	1.917
lmu.de	124	1.581	5.468	1.544	2.790	2.795	1.380	1.578
tu-muenchen.de	251	1.891	18.979	2.039	1.799	7.542	7.150	253
tum.de	482	7.460	28.868	4.264	4.832	2.392	2.009	1.757
fh-muenchen.de	49	127	2.925	0	237	547	228	31
fh-weihenstephan.de	2	26	25	0	22	2	2	4
hswt.de	0	50	183	0	95	3	3	7
badw-muenchen.de	23	64	27	0	22	81	40	47
badw.de	35	88	35	9	89	89	44	48
lrz-muenchen.de	2	3	6	0	25	16	8	1
lrz.de	106	206	32.728	6.462	1.591	46	23	22
mhn.de	62	1.480	50.082	116	1.433	37.235	12.419	133
mwn.de	43	226	206.913	256	418	37	19	82
Gesamt	1.639	16.237	373.906	18.726	18.669	54.269	24.995	5.974

Es wurden 39 (-7) neue Domains unter verschiedenen Toplevel-Domains (z.B. de, org, eu, bayern) für Institute und Organisationen über den DNS-Reseller InternetX registriert, 22 (+2) wurden von anderen Providern transferiert.

Tabelle 23 zeigt eine Übersicht über die wichtigsten Domains im MWN. Die reale Anzahl der Zonen und Einträge ist um einiges höher, kann aber nicht exakt ermittelt werden, da viele Instituts-Server keine Auflistungs-Abfragen beantworten.

Die Spalte A-Records bezeichnet die IPv4 Einträge, AAAA-Records die für IPv6 und MX-Records beinhaltet die Mail-Server.

Insgesamt sind 828 (Vorjahr 791) Second-Level-Domains auf den Nameservern des LRZ konfiguriert.

12.3.1 DNSSEC

Ende des Jahres 2016 waren 102 (Vorjahr: 45) DNS-Zonen mit kryptographischer Absicherung der DNS-Inhalte ausgestattet. Die Steigerung kam zum einen durch die nun standardmäßig erfolgende Aktivierung von DNSSEC bei neu registrierten Domains zustande, zum anderen durch die Signierung bestehender Domains. Hier sind insbesondere die Fakultäten Elektrotechnik und Physik der TUM sowie einzelne Institute der BAdW zu nennen.

Ein Artikel zu DNSSEC wurde in den DFN-Mitteilungen Mai 2016 veröffentlicht. Aufgrund der umfangreichen Erfahrungen des LRZ im Bereich DNSSEC konnte ein Projekt zur Steigerung der E-Mail-Sicherheit in Bayern (unter Nutzung von DNSSEC) gestartet werden, bei dem das LRZ andere bayerische Universitäten und Hochschulen unterstützt (siehe folgende Abschnitte).

12.3.2 DNSSEC in Bayern

Das Bayerische Wissenschaftsministerium hat das Projekt „DNSSEC/DANE in Bayern“ im Jahr 2016 gestartet. Ziel des Projekts ist die bayernweite Einführung von DNSSEC und DANE an allen bayerischen Universitäten und Hochschulen.

DNSSEC benutzt kryptographische Signaturen nach dem PKI Verfahren, um für die Antworten von Nameservern Authentizität und Integrität sicherzustellen, das heißt, der Anfragende kann zweifelsfrei überprüfen, ob der rechtmäßige Domänenbetreiber antwortet und die Daten auch unverfälscht empfangen wurden.

Dazu müssen die Nameserver der bayerischen Hochschulen, die die DNS-Zonen verwalten, entsprechend auf aktuelle Softwarestände aktualisiert und die DNSSEC-Infrastruktur eingerichtet werden. Die Verwaltung der kryptographischen Schlüssel muss sehr sorgfältig geschehen.

Zu den technischen und organisatorischen Schwierigkeiten, die dabei auftreten können, steuert das LRZ seine jahrelange Erfahrung mit dem Betrieb einer DNSSEC-Infrastruktur bei, um die lokalen Systemadministratoren einen leichteren Einstieg zu ermöglichen.

Das LRZ bietet einen direkten Ansprechpartner für Fragen und Unterstützung anderer bayerischer Hochschulen und fördert auch den Austausch der Systemadministratoren untereinander.

12.3.3 Projekt Sichere E-Mail in Bayern

Auf DNSSEC aufbauend kann man die Authentizität anderer Dienste sicherstellen. Die TLS-verschlüsselte Kommunikation zwischen den Mailservern der beteiligten Universitäten und Hochschulen soll so abgesichert werden. Das verwendete TLS-Protokoll ist sonst nur opportunistisch, aber nicht verpflichtend, das heißt, es werden bei unzureichenden Zertifikaten unverschlüsselte Verbindungen aufgebaut. DANE verhindert dies und stellt die Authentizität der Verbindung durch DNSSEC-gesicherte Signaturen der Zertifikate im DNS sicher. Der Vorteil der Kombination von DANE und DNSSEC ist, im Vergleich zu anderen Lösungen, dass diese Konzepte auf internationalen Standards basieren und nicht proprietäre Techniken einsetzen.

Die lokalen Netzwerkadministratoren werden bei der Einführung von DANE mit Schulungen und Expertise unterstützt werden. Das LRZ veranstaltete am 7. und 8. November einen zweitägigen Einführungskurs zu DNSSEC und DANE. Besonderes Augenmerk wurde dabei auch auf praktische Übungen gelegt, die die Einrichtung der Dienste am Beispiel von BIND vermittelten.

Als weitere Resource bietet das LRZ-Wiki Informationen zur zugrundelegenden Funktionsweise von DNSSEC und DANE, sowie Anleitungen zur Einrichtung auf eigenen Systemen. Desweiteren ist es eine Austauschplattform für die Hochschuladministratoren untereinander.

Durch das Projekt soll eine baldige Verwendung von DANE in der E-Mail-Kommunikation zwischen allen Hochschulen und Universitäten in Bayern erreicht werden.

12.4 DHCP

Seit ca. 12 Jahren betreibt das LRZ einen DHCP-Dienst, der von allen Münchner Hochschulen für die automatische IP-Konfiguration von institutseigenen Rechnern genutzt werden kann. Außerdem wird dieser Dienst für einige zentrale Anwendungen verwendet, wie z.B. für die WLAN-Zugänge im MWN oder die Netzanschlüsse in Hörsälen und Seminarräumen. Insgesamt wird der DHCP-Dienst von 265 Instituten genutzt und verwaltet dabei 1.088 Subnetze mit 390.359 dynamisch vergebenen IP-Adressen. Falls gewünscht, tragen die DHCP-Server die Namen der Clients auch automatisch in die zugeordnete Zone auf den zuständigen DNS-Servern ein (Dynamic DNS).

Der DHCP-Dienst läuft auf denselben Servern wie der DNS-Dienst (Standorte: LMU-Stammgelände, TU-Stammgelände, LRZ Garching und Weihenstephan). Jeden größeren Router-Standort bedient ein eigenes Failover-Paar, wobei die Paare je auf 2 DNS-Server verteilt sind. Die Server sind räumlich getrennt und über mehrere Routen erreichbar. Sollte also einer der Server oder eine Route zum Server ausfallen, übernimmt ein anderer Server bzw. eine andere Route. Die Konfiguration der Server wird zentral in einem Subversion-Repository verwaltet und automatisch auf Fehler überprüft. Das Monitoring erkennt nicht nur Ausfälle eines Servers, sondern auch einen Synchronisationsausfall der Failover-Peers und Netze ohne verfügbare IP-Adressen.

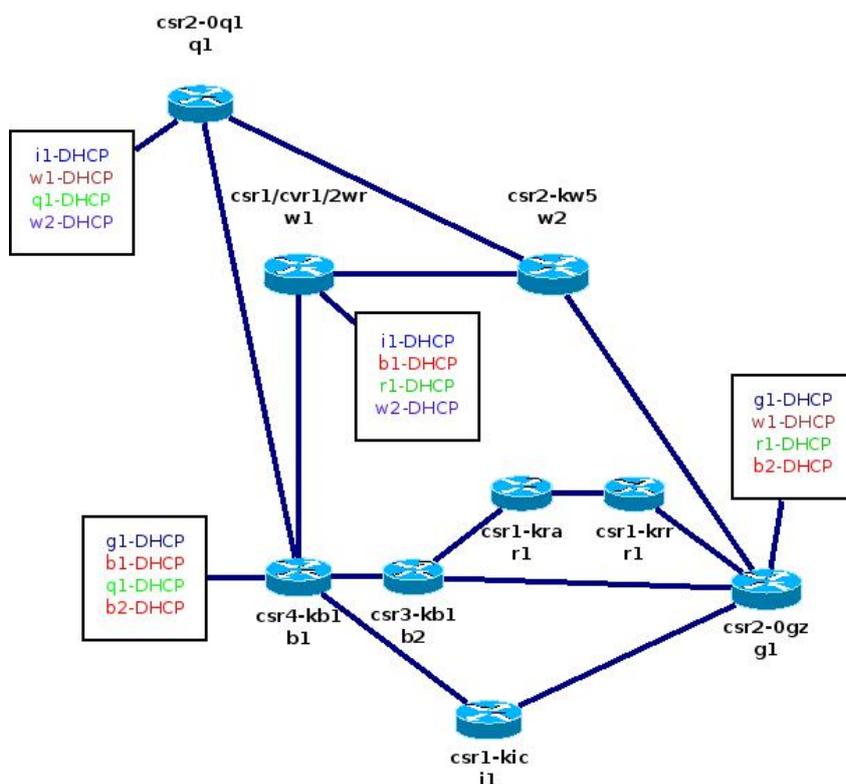


Abbildung 46: DHCP-Infrastruktur auf den DNS-Servern

Durch Übermitteln einer CSV-Datei kann ein Bereich von Adressen statisch definiert werden.

Der DHCPv6-Dienst wird ebenfalls auf den DNS-Servern betrieben. Da das LRZ den DHCPv6-Dienst stateless betreibt, kann der Dienst über Anycast erreicht werden. Fällt einer der Server aus, schwenkt die Anycast-Route automatisch zu einem anderen Server, der DHCP-Dienst ist also mehrfach redundant.

12.5 Radius

Über Radiuszonen können einzelne Institutionen für ihre Beschäftigten bzw. Studierenden die Berechtigung für den Wählzugang und andere Netzdienste, wie VPN, Eduroam oder Authentifizierung am Netzrand selbst verwalten. RADIUS steht für „Remote Authentication Dial-In User Service“. Ein Schema der physischen Struktur des RADIUS-Dienstes zeigt Abbildung 47.

Die Funktionsweise ist folgende:

Nutzer verbinden sich zu einem RAS (Remote Access Server), das kann ein VPN-Server, ein Einwahl-Server, ein WLAN-Access-Point, ein Access-Switch, etc. sein. Diese RAS-Geräte schicken die Authentifizierungs-Anfragen an den RADIUS-Proxy-Dienst weiter, der über eine virtuelle IP-Adresse an unseren SLBs (Server-Load-Balancer) erreichbar ist. Der RADIUS-Proxy seinerseits wählt anhand der Zonenbezeichnung (siehe weiter unten) den Authentifizierungs-Service aus, der die eigentliche Benutzerauthentifizierung durchführt. Das kann ein weiterer RADIUS-Server, eine lokale User-Datei, ein LDAP-Server, Windows AD oder ähnliches sein. War die Authentifizierung erfolgreich, wird eine entsprechende Freigabe an den RAS geschickt, andernfalls wird die Zugangsanfrage abgelehnt.

Die von uns eingesetzte RADIUS Software (FreeRADIUS) unterscheidet zwischen Autorisierung und Authentifizierung. So hat nicht jeder Nutzer, der authentifiziert wird, auch automatisch Zugang zu allen RAS Geräten.

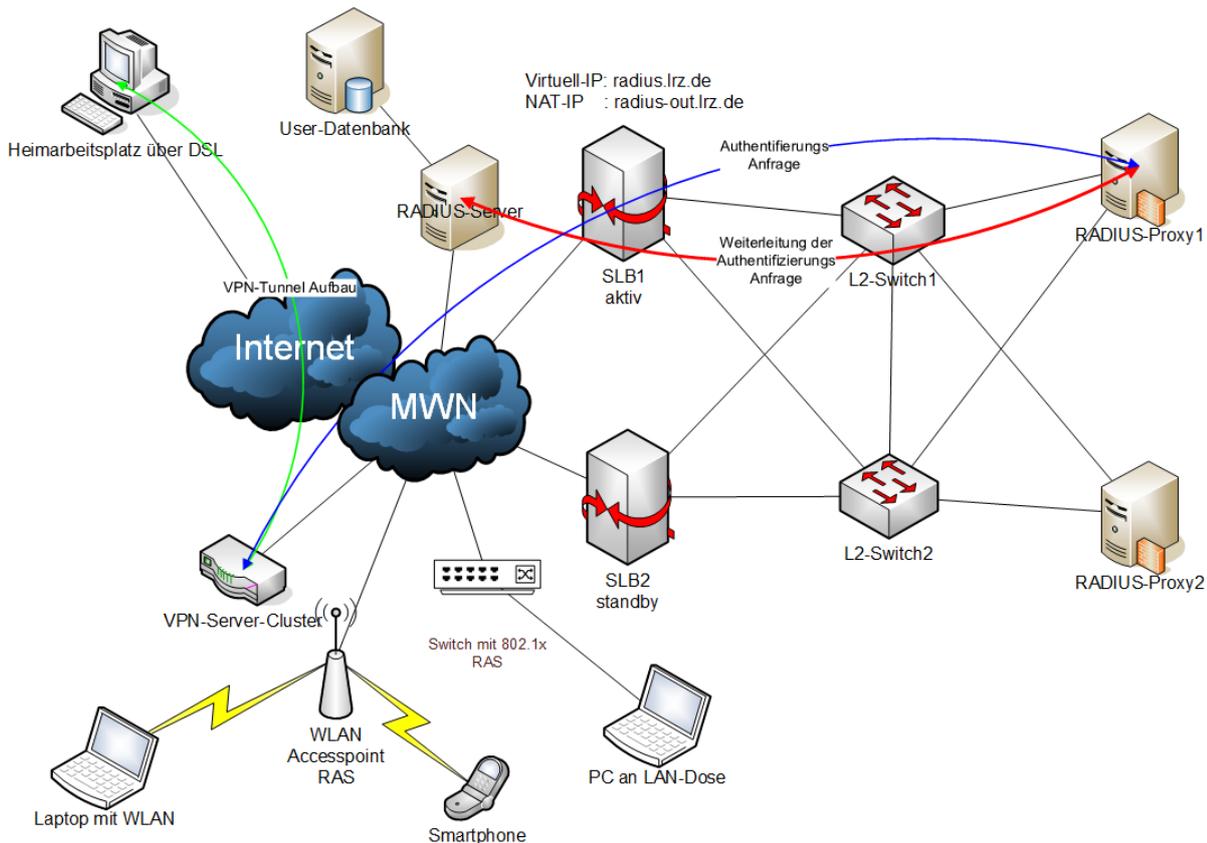


Abbildung 47: RADIUS-Struktur im MWN

Zum Jahresende 2016 waren 49 RADIUSzonen konfiguriert. Eine Auflistung der RADIUSzonen findet sich im Jahresbericht 2012.

12.6 Switch-Infrastruktur / Switch-Erneuerung

Das LRZ setzt seit Mitte 2006 Switches vom Typ HP 4200 ein. Zum 01.01.2016 waren hiervon noch 172 Geräte im Einsatz. Dieser Switch-Typ entspricht aber schon seit einigen Jahren nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik: Die Kapazität der Backplane ist auf 4,5 Gbit/s pro Slot begrenzt; daher gibt es für diesen Switch-Typ keine Module mit 10GE-Ports. Ferner fehlen wichtige Funktionalitäten moderner Switches, wie z.B. Power over Ethernet (PoE). Außerdem wird die Software dieses Switch-Typs bereits seit einigen Jahren nicht mehr weiterentwickelt. Darüber hinaus wird dieser Switch nicht mehr von der Firma HP angeboten, d.h. der Nachkauf von Komponenten zur Erweiterung von Switches ist nicht mehr möglich. Daher wurde im Jahr 2016 damit begonnen, diese Switches durch eine aktuelle Gerätegeneration (HP 5400) zu ersetzen. Bis Ende 2016 wurden insgesamt 43 Switches dieses Typs ausgetauscht.

12.7 Telefonie

Die seit dem Umzug des LRZ nach Garching installierte VoIP-Telekommunikations-Anlage auf Basis der offenen Software Asterisk unter Linux arbeitet weiterhin im Rahmen der vorgegebenen Parameter.

Die Server wurden mit aktuellen Geräten von HP ersetzt. Die Übertragung der Sprachdaten zwischen Telefonen im LRZ und der TK Anlage erfolgen verschlüsselt. Dies wurde 2016 auch für die Telefone im Exzellenz-Cluster der TUM eingerichtet. Der Verbindungsaufbau erfolgt ebenfalls für alle an der TK Anlage angeschlossenen Geräte verschlüsselt. Ausgenommen sind einzelne Telearbeitsplatztelefone, die noch nicht hinter die Remote Accesspoints gezogen wurden.

Insgesamt wurden durch die VoIP-Telefonanlage im Jahr 2016 ca. 132.000 (2014 ca. 144.000) Gespräche mit einer durchschnittlichen Länge von 3:28 (2015 3:29) Minuten oder insgesamt ca. 457.600 (2015 501.500) Gesprächsminuten vermittelt.

Dies entspricht einer Gesprächsvolumenabnahme von ca. 43.900 Gesprächsminuten im Vergleich zum Jahr 2015, wobei die durchschnittliche Dauer der Gespräche in etwa gleich blieb.

Es konnten ca. 8.350 (2015 ca. 10.300) Gesprächsminuten direkt über SIP zu externen Teilnehmern abgewickelt werden. Der Wert hat sich im Vergleich zum Vorjahreswert leicht reduziert. Zu den über SIP erreichbaren Zielen gehören die Universitäten Ulm, Wien, das cesnet und vor allem das VC System des DFN mit 8.290 Gesprächsminuten.

Die Ankündigung der Abschaltung von ISDN und Primärmultiplex-Anschlüssen der verschiedenen Provider im Laufe der nächsten Jahre macht eine Planung für die Migration zu All-IP notwendig.

2016 ist es nicht nur bei der Planung geblieben und so wurden bereits die Modem-Einwahlnummern von M-net, vom Provider gekündigt und die VC Systeme auf IP umgestellt. Für 2017 ist die Umstellung auf All-IP mit verschlüsselten Verbindungen zu den Providern Vodafone und DFN geplant.

Weitere Informationen zur VoIP-Telefonanlage, wie z.B. Aufbau und Vermittlungsstatistik, können den Jahresberichten ab 2006 entnommen werden.

12.7.1 Zugang über UMTS

Der Zugangspunkt wird weiterhin vom LRZ übernommen, wodurch die Nutzer der Verträge aus BayKOM den Weg ins Internet mit MWN IP-Adressen nutzen können.

Bei Nutzung einer Rufnummer für mehrere Endgeräte (Multi-SIM) oder speziellen Diensten wie z.B. WiFi Calling ist eine Nutzung des Zugangspunktes systembedingt nicht möglich.

12.7.2 Verbesserung der Mobilfunkversorgung in den LRZ-Gebäuden

Die seit 2014 laufenden Bemühungen, die Erreichbarkeit von Personen in den Gebäuden des LRZ insbesondere im Rechnerwürfel zu erhöhen, scheiterte bisher an den prohibitiv hohen Kosten der Provider.

Die vom LRZ favorisierte Lösung, bei der die Funkmodule über das normale Datennetz an eine zentrale Einheit angebunden werden, wird noch von keinem Mobilfunkanbieter unterstützt.

Als Alternative zeichnet sich WiFi Calling ab. Dies muss vom Provider für den Mobilfunkvertrag freigeschaltet werden und das Handy muss vom Provider für diese Funktion zugelassen sein. Bei WiFi-Calling wird vom Provider auf dem Handy ein Profil hinterlegt, das sich über eine bestehende WLAN-Verbindung beim Provider registriert. Das Handy ist dann über WLAN über der Mobilfunknummer erreichbar und es können abgehende Gespräche geführt werden. Die Anzahl der unterstützten Geräte ist noch sehr klein. Solange kein offenes WLAN existiert, hilft diese Option Fremdfirmen, die im LRZ tätig sind, oder Nutzern, die ihr Handy nicht über den Provider beziehen wollen, nicht.

12.7.3 Ausschreibung BayKOM

Der Freistaat Bayern hat seine Kommunikationsdienste im Rahmen von BayKOM 2017 neu ausgeschrieben. Dazu wurden 2014 verschiedene ressortübergreifende Fachgruppen gebildet, um die entsprechenden Leistungsverzeichnisse zu erarbeiten. Das LRZ war hier an den Fachgruppen für Telefonie, Mobilfunk und WLAN beteiligt.

Die Ausschreibung wurde 2015 als EU-weite Ausschreibung in Form eines Teilnehmerwettbewerbes gestartet und enthält 4 Lose. Im Los 1 wurde das Datennetz (Bayerisches Behördenetz) ausgeschrieben.

Die Universitäten, Fachhochschulen und sonstigen Forschungseinrichtungen sind von diesem Los ausgenommen und können auch weiterhin auf die Netzdienste des DFN zurückgreifen. Im Los 2 wird ein offenes WLAN für den Freistaat Bayern ausgeschrieben (s. Abschnitt 12.11.6, @BayernWLAN), Los 3 behandelt Mobilfunk und Los 4 Telefonie. Der Zuschlag wurde Anfang 2016 für alle Lose an die Firma Vodafone erteilt.

12.8 Unterstützung von Infrastrukturdiensten

Um Netzdienste anbieten zu können, bedarf es einer Menge von Infrastrukturdiensten, mit denen der Nutzer nur selten direkt in Kontakt kommt. In diesem Abschnitt werden diese Basisdienste wie Server Load Balancer, IPv6 sowie Wellenlängen- und IP-Multiplexsysteme vorgestellt.

12.8.1 Server Load Balancer (SLB)

Für immer mehr Dienste, sowohl intern, als auch extern, stehen erhöhte Verfügbarkeitsanforderungen im Fokus; daher wurden auch im Jahr 2016 weitere Dienste am SLB eingerichtet. Der SLB dient dazu Dienst Anfragen transparent an verschiedene Server-Instanzen zu verteilen und erhöht damit die Ausfallsicherheit und die Skalierbarkeit der Dienste. Einige nicht mehr benötigte Dienste wurden abgebaut.

In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der konfigurierten Server angegeben, die Anzahl der aktiven Server ist deutlich kleiner. Bei den Pools handelt es sich um Zusammenfassungen von Rechnern zu einer Gruppe. Da die Rechner auf verschiedenen Ports mehrere Dienste anbieten können, weicht diese Zahl deutlich von der Anzahl der konfigurierten Nodes (insgesamt 216, 2015:199; 2014:179) ab.

Tabelle 24: Anzahl der konfigurierten Server

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Virtuelle Server	280	212	240	244	281	299
Gruppen (Pools)	177	182	175	147	165	171
Pool Members	492	292	365	384	367	390

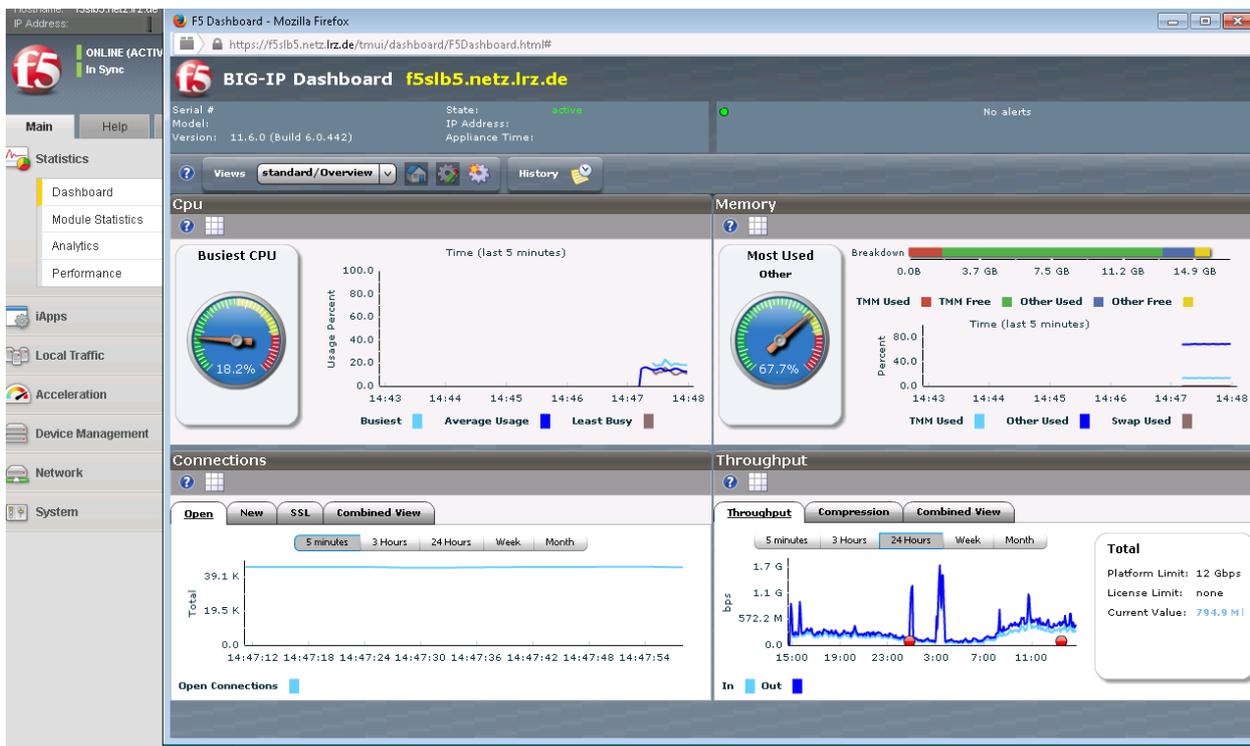


Abbildung 48: SLB Dashboard

Durch Sicherheitslücken erforderliche Updates wurden im Jahr 2016 eingespielt. Problematisch war, dass einige Software-Versionen Fehler in der Behandlung des RAM Caches aufwiesen, die erst durch umfangreiches Debugging gefunden werden konnten.

12.8.2 IPv6

Auch im Jahr 2016 verlief der Betrieb im MWN unauffällig. Die Managementnetze wurden vollständig auf IPv4/IPv6-Dualstack-Betrieb umgestellt.

Durch den Austausch der Tunnelrouter können die Tunnel zu Außenstandorten nun auch über IPv6 geführt werden. Dies wird bei den meisten Standorten mit zwei Anbindungen bereits genutzt, so dass die Verbindung auch bei einer Störung von IPv4 noch verfügbar ist. Der Anteil von IPv6 am Verkehr zum X-WiN/Internet ist durch diese Änderung auf über 20% gestiegen.

Die Einführung von IPv6 bei den Traffic-intensiven Diensten SuperMUC, Sync&Share und NAS verzögert sich weiterhin.

12.8.3 Wellenlängenmultiplexer

Das LRZ setzt seit 1997 Wellenlängenmultiplexer (Wavelength-Division-Multiplexer, WDM) auf den angemieteten Glasfaserleitungen der lokalen Provider (Telekom und M-net) ein. Hierdurch lassen sich auf Leitungsebene getrennte Strukturen aufbauen. Seit 2015 setzt das LRZ DWDM-Systeme (DWDM=Dense Wavelength Division Multiplex) ein. Diese werden derzeit im MWN dazu verwendet, um die verfügbaren Glasfaserleitungen optimal zu nutzen. In Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft wurde das System geplant, um standortübergreifende Dienste redundant erbringen zu können und gleichzeitig in einfacher Weise Bandbreitenerhöhungen durchzuführen. Für die Beschaffung der neuen DWDM-Komponenten wurde in der zweiten Jahreshälfte 2014 von der Max-Planck-Gesellschaft eine Ausschreibung durchgeführt. Die Entscheidung fiel dabei auf Geräte des Herstellers ADVA (FSP 3000R7). Installiert wurden die Geräte bis zum März 2015.

Tabelle 25: WDM-Verbindungen

Verbindung	WDM-Typ	Einsatzzweck
Großhadern FCP - TU-Stammgelände	ADVA FSP 3000R7	Verbindung der MWN Backbone-Router (2x 10 Gbit/s) Intranet der Max-Planck-Gesellschaft (1x 100 Gbit/s)
TU-Stammgelände - Katalysezentrum Garching	ADVA FSP 3000R7	Verbindung der MWN Backbone-Router (2x 10 Gbit/s) Intranet der Max-Planck-Gesellschaft (1x 100 Gbit/s)
Großhadern FCP - LMU-Stammgelände	ADVA FSP 3000R7	Verbindung der MWN Backbone-Router (2x 10 Gbit/s) Intranet der Max-Planck-Gesellschaft (1x 10 Gbit/s)
LMU-Stammgelände - Maschinenwesen Garching	ADVA FSP 3000R7	Verbindung der MWN Backbone-Router (2x 10 Gbit/s) Intranet der Max-Planck-Gesellschaft (1x 10 Gbit/s)
LMU-Stammgelände - TU-Stammgelände	ADVA FSP 3000R7	Verbindung der MWN Backbone-Router (2x 10 Gbit/s)
LMU-Stammgelände - Martiusstraße 4	PanDacom T-3009-LC (passiver WDM)	Anbindung des Gebäudes Martiusstr. 4 an das MWN (1x 1 Gbit/s) Intranet der LMU-Verwaltung (1x 1 Gbit/s) Fiber-Channel-Kopplung der LMU-Verwaltung (2x 4 Gbit/s)

Im Jahr 2016 wurden die WDM-Systeme im TU- und LMU-Stammgelände erweitert, so dass nun die direkte Backbone-Verbindung zwischen diesen beiden Standorten auch mit 2x10 Gbit/s erfolgt.

Die Hochschule München setzt darüber hinaus noch auf einigen internen Verbindungen WDMs zur Kopplung von TK-Anlagen und Datendiensten ein. Dabei werden passiv arbeitende WDMs verwendet.

12.9 Netzmanagement und –monitoring

Das Netzmanagement bildet die Basis für die Qualität der Netzdienstleistungen des LRZ im MWN. Wesentliche Komponenten des Netzmanagements sind das Konfigurations-, das Fehler- und das Performance-Management. Die Aufgaben des Konfigurations- und Fehler-Managements werden im MWN durch den Netzmanagement-Server und der auf dem Server eingesetzten Netzmanagement-Software erfüllt. Die Aufgaben des Performance-Managements werden im Service Level Management Werkzeug InfoVista umgesetzt (siehe folgende Abschnitte).

12.9.1.1 Netzmanagement-Software und Netzmanagement-Server

Im Jahr 2008 wurde der IBM Tivoli Network Manager IP (ITNM) als neue Netzmanagement-Software ausgewählt und 2010 produktiv geführt. Seitdem übernimmt ITNM die Überwachung des MWN und wird laufend an Änderungen im MWN angepasst.

Das Netzmanagementsystem Version 3.9 des ITNM wurde im Jahr 2016 an neue Geräte-Typen (bei den Switchen und USVs) und ein geändertes Verhalten der Geräte durch neue Firmware-Versionen (bei den Routern) angepasst. Desweiteren mussten einige Sicherheitspatches bzgl. Java und der darauf basierenden Web-Oberfläche eingespielt werden. Verschiedene Fehler in den SNMP MIBs der Geräte machten es zudem immer wieder nötig, die von ITNM nicht vollständig richtig erkannte Layer 2 Netz-Topologie des MWN durch manuelle Eingriffe zu korrigieren oder zu ergänzen.

Der als Test-System von ITNM genutzte Server wurde in einen separaten Brandabschnitt im LRZ-Recheregebäude verlagert und so vorbereitet, dass im Notfall das produktive Netz-Monitoring dorthin verlagert werden kann. Damit ist von nun an eine eingeschränkte, da die Umschaltung noch manuell zu erfolgen hat) Redundanz beim Netz-Monitoring gegeben.

Abbildung 49 zeigt die Topologie des gesamten MWN Anfang des Jahres 2017.

Zu diesem Zeitpunkt wurden vom IBM Tivoli Network Manager ca. 5.600 (im Vorjahr 4.550) Netzkomponenten und Server (mit netz-relevanten Diensten) überwacht. Das ist eine Steigerung von ca. 1.000 Geräten gegenüber 2015. Diese deutliche Steigerung ist darauf zurückzuführen, dass nun auch alle WLAN-Accesspoints der Firma Alcatel in die Überwachung des ITNM aufgenommen wurden. Die Alcatel WLAN-APs können durch ITNM jedoch nur über IPv6 überwacht werden, da keine Erreichbarkeit über IPv4 besteht. Für die Überwachung über IPv6 mussten erst entsprechende Änderungen im DNS und in den Routern vorgenommen werden, deshalb wurden erst im Jahr 2016 alle Alcatel APs durch ITNM überwacht.

Der Netzmanagement Server auf dem der IBM Tivoli Network Manager installiert ist, hat außerdem noch folgende Funktionen:

- Arbeitsserver für die Geräteadministratoren
- Zentrales Repository für die Gerätekonfigurationen
- Notfallzugriff auf Geräte im LRZ über serielle Verbindungen
- Server für diverse Skripte, die für den Betrieb und das Management des MWN benötigt werden

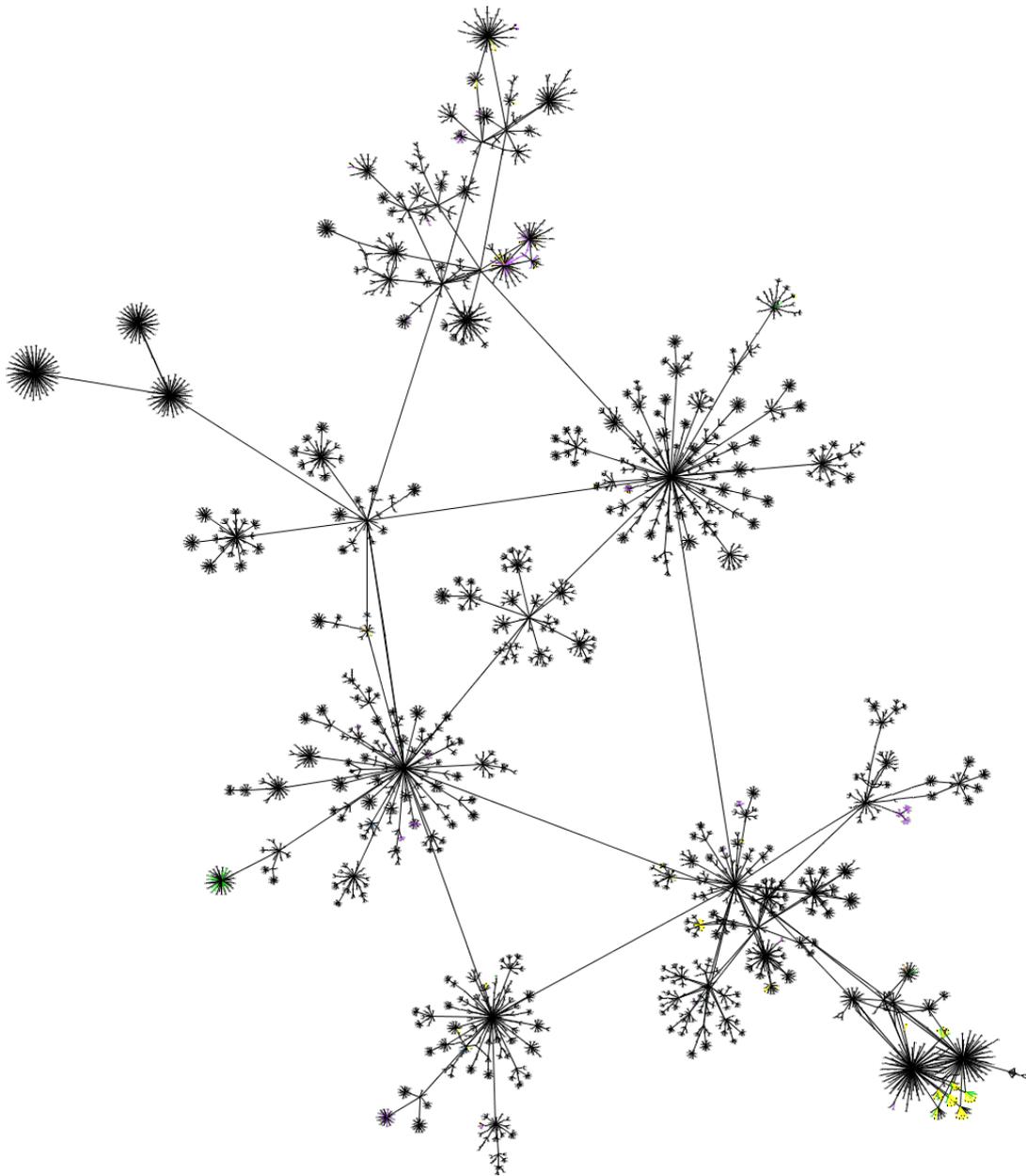


Abbildung 49: Netz-Topologie des MWN

12.9.1.2 WWW-Server zum Netzmanagement

Auf einem separaten Webserver sind seit 2002 aktuelle Informationen über die Topologie für die Nutzer des Münchner Wissenschaftsnetzes und die Performance des MWN-Backbone abrufbar. Unter <http://wwwmwn.lrz.de/> werden Performance-Daten zu den wichtigsten Elementen des MWN (Backbone, X-WiN Anbindung, IPv6 Verkehr, Secomat, Demilitarisierte Zone (DMZ) des LRZ, Modem- und ISDN-Zugang, usw.) dargestellt. Die Performance-Daten werden dazu jeweils in Form von MRTG Statistiken oder InfoVista Reports bereitgestellt. MRTG (siehe <http://www.mrtg.org>) ist ein Werkzeug zur Überwachung des Verkehrs auf Netzwerkverbindungen, kann aber auch zur Überwachung anderer Kennzahlen eingesetzt werden. Der WWW-Server zum Netzmanagement dient als Schnittstelle zu den Kunden im MWN, um die Netz-Dienstleistung MWN des LRZ transparenter zu machen. In 2016 waren auch hier einige Anpassungen bzgl. Interface-Änderungen an den Backbone Routern notwendig.

12.9.2 Netzdokumentation

In der LRZ Netzdokumentation werden für den Betrieb des MWN relevante Informationen (Netzkomponenten, Subnetze, VLANs, Ansprechpartner, Räume, ...) gespeichert.

In 2016 wurde die Netz-Topologie in der Netzdokumentation von der bisherig manuell durchgeführten Pflege auf eine automatische Übernahme der Topologie aus dem IBM Tivoli Network Manager (ITNM) umgestellt. Die aktuelle Netz-Topologie wird täglich aus der Datenbank des ITNM übernommen und für 90 Tage in der Datenbank der Netzdokumentation gespeichert. Bei jeder Komponente kann dadurch angezeigt werden, welche Komponente mit welcher anderen Komponente verbunden ist. Mit der Speicherung für 90 Tage ist zudem eine Historie über die Netz-Topologie bei den Port-IST-Daten (s. Abbildung 50) verfügbar.

Aliasname	swz1-0ml									
Produkt	HPE - HP ProCurve 5406ZL									
Produktklasse	Ethernet-Switch									
Unterbezirk	ML									
Raum	003									
Rack										
Inventarnummer										
Geräteticket-Nr.	14164									
Anschluss mit										
Bemerkung										
Ansprechpartner	Keine									

Zuletzt aktualisiert am 30.03.2015 16:45:30 von Rozalija Kantor / a2624aq

Port IST Daten << | Stand | aktuellster ▾

Stand: 10.01.2017 12:29:59
 Letzter Reset: 15.09.2016 07:16:50

Port	VLANs Untagged	VLANs Tagged	Geschwindigkeit	Typ	Admin Status	Duplex Status	POE Status	Benutzt	verbunden mit
A21		10 34 102 115 909 1659 1725 1957 1975 1976 2013-2020 2047-2054 4001	10 GBit/s	10GIGBASE-GEN	Up	Full		Ja	swz10-0ml B8 10GIGBASE-GEN
A22		10 34 102 115 909 1659 1725 1957 1975 1976 2013-2020 2047-2054 4001	10 GBit/s	10GIGBASE-GEN	Up	Full		Ja	swz11-0ml B8 10GIGBASE-GEN
A1	1957		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	
A2	1976		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Ja	
A3	1725		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	
A4	1725		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Ja	
A5	1976		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	
A6	1976		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	
A7	1976		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	
A8	1975		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	
A9	1975		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	
A10	1976		1 GBit/s	100/1000BASE-T	Up	Full	Inaktiv	Nein	

Abbildung 50: Port-IST-Daten des Switch swz-1-0ml

Einige Komponenten im MWN sind allerdings über Medienkonverter oder vergleichbare passive Netz-Geräte angeschlossen. Diese können leider nicht durch den ITNM erkannt werden. Deshalb wurde bei Komponenten das neue Feld ‚Anschluss mit‘ hinzugefügt, um zusätzlich eine manuelle Dokumentation in diesem Fall zu ermöglichen.

Desweiteren werden von nun an weitere von den Geräten per SNMP ausgelesene Daten angezeigt, um die Aktualität und Korrektheit der Netzdokumentation weiter zu verbessern. Diese Daten umfassen die Geschwindigkeit des Interfaces, dessen Typ, sein administrativer Status, Duplex Status, Power over Ethernet (POE) Status und ob das Interface benutzt wird oder wurde als auch welche anderen Komponenten mit dieser Komponente verbunden sind.

Weitere Änderungen, die 2016 in der Netzdokumentation durchgeführt wurden, sind:

- Bei Subnetzen können jetzt auch IST-Routen (per Skript gesammelt) angezeigt werden.
- Das Bearbeiten von Subnetzen erlaubt das Kopieren von Subnetzbereichen.
- Die Spalten von VLAN-IST-Tabellen bei Komponenten können per Maus-Klick sortiert werden.
- Bei den VLAN-IST-Daten kann angezeigt werden, ob ein Port des betreffenden VLANs benutzt wird oder nicht.
- Aktive LRZ-SIM-Projekte sowie ADS-Gruppen werden importiert und können mit Firewalls bzw. Filtern verknüpft werden.

12.9.3 MWN-WLAN-Visualisierung mit OpenStreetMap für Endbenutzer

Die 2015 für Endbenutzer eingerichtete OpenStreetMap Karte mit einer Übersicht über das ganze MWN basiert jetzt ebenso auf der aktuellen Netz-Topologie aus dem IBM Tivoli Network Manager (und nicht mehr auf manuell gepflegten Daten), wie die in der Netzdokumentation integrierte Karte. Die Karte ist weiterhin unter <https://www.lrz.de/services/netz/map/index.html> erreichbar.

12.9.4 Inhaltliche Aktualisierung der Netzdokumentation

Um die Aktualität der Informationen zu den Netzverantwortlichen zu sichern, wurde 2016 wieder eine Benachrichtigung und Überprüfung der Kontaktinformationen durchgeführt. Jeder der 1.066 Netzverantwortlichen erhielt per E-Mail die Liste der Subnetze und Subnetzbereiche, für die er zuständig ist und die in der Netzdokumentation gespeicherten persönlichen Daten. Diese Daten sollten entweder bestätigt oder bei Bedarf korrigiert werden. In der E-Mail wurde auch explizit auf das Self-Service-Portal NeSSI für Netzverantwortliche hingewiesen.

Die durchgeführte Bearbeitung der Antworten führte zu insgesamt 140 Änderungen bei Einträgen zu Netzverantwortlichen. Neben dieser jährlich durchgeführten Aktualisierung der Netzverantwortlichendaten werden aktuelle Änderungen im MWN auch laufend in die Netzdokumentation übernommen.

12.9.5 Überwachung der Dienstqualität

Das Service Level Management Werkzeug InfoVista dient dazu, die Qualität von IT-Diensten zu überwachen und in Form von graphischen Reports darzustellen. Es wird seit dem Jahr 2000 zur Überwachung der Dienstqualität im Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) eingesetzt. Das InfoVista System wird ständig an die Entwicklungen im MWN angepasst bzw. Veränderungen im Netz werden in InfoVista übernommen.

Im Jahr 2016 wurden Reports angelegt, um den Durchsatz und das Daten-Volumen der VMware-basierten pfSense-Firewalls zu überwachen. Dazu wurden für die Firewalls an den Standorten Campus Garching, TU München, LMU München, Weihenstephan und LRZ-Rechnergebäude Reports erstellt, die Datendurchsatz und das Volumen auf allen betreffenden Router-Interfaces sowohl einzeln als auch aufsummiert darstellen. Um den Anteil am gesamten X-WiN-Verkehr ausgewählter Kunden transparent zu machen, wurde ein Report erstellt, der den Durchsatz aller Router-Interfaces zu Kundeneinrichtungen und den Durchsatz der beiden X-WiN Anbindungen untereinander darstellt. Abbildung 51 zeigt exemplarisch einen solchen kundenspezifischen Report für das Studentenwerk.

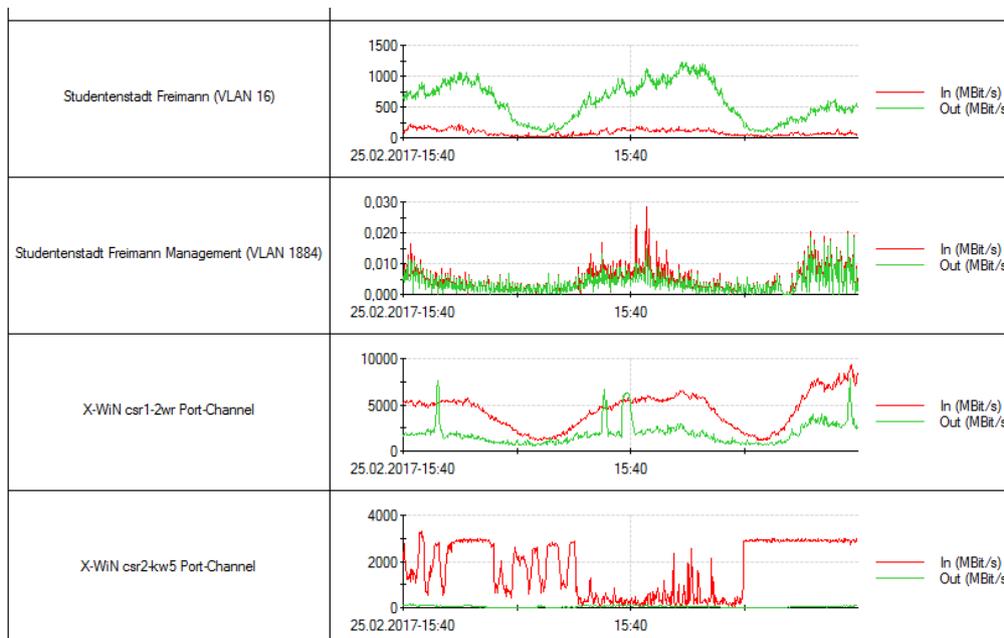


Abbildung 51: Durchsatz der Studentenwerks-Interfaces und X-WiN-Anbindung über 48 Stunden

Um die Aktualität der in InfoVista bereitgestellten Daten sicherzustellen, wurden konfigurierte Instanzen und Reports für Switche überprüft und falls notwendig korrigiert bzw. durch neue Switch-Instanzen und Reports ersetzt.

12.9.6 Reporting für Netzverantwortliche

Die Institute im MWN haben mit den Switch-Reports für Netzverantwortliche über die WWW-Schnittstelle VistaPortal (<https://vistaportal.lrz.de>) zu InfoVista eine Übersicht über das Gerät und auch über die Port-Auslastung der Switches, an denen sie angeschlossen sind. Durch die Reports wird die Diensterbringung des LRZ transparent und außerdem kann die Fehlersuche in einem Institut erheblich erleichtert werden. Die Reports können im HTML-, GIF-, PNG-, PDF-, Text- oder Excel-Format abgerufen werden.

Zu den bereits in den Jahren 2003 - 2015 instanziierten Reports für Netzverantwortliche kamen 2016 weitere Reports für die TUM School of Education, den TUM Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen und die WMI Tieftemperaturforschung hinzu.

12.10 Internetzugang und LAN

Der Zugang zum weltweiten Internet wird über das Deutsche Wissenschaftsnetz (WiN) realisiert, die nutzbare Bandbreite liegt bei 23,6 Gbit/s.

Die monatliche Nutzung (übertragene Datenmenge) des WiN-Anschlusses seit Januar 2006 zeigt Abbildung 52. Die Datenmenge pro Monat hat mehrfach die Grenze von zwei Petabyte z.T. deutlich überschritten. Im Jahr 2016 nimmt der Verkehr wiederum deutlich zu.

Um diese hohen Bandbreitenanforderungen im MWN zu erfüllen, hat der DFN das MWN direkt an seinen sogenannten Super-Core angebunden. Das MWN ist mit zwei Trunks über zwei unabhängige Pfade an den SuperCore in Erlangen und in Garching angebunden. Die Trunks selbst bestehen aus je zwei 10 Gbit/s-Schnittstellen, die Bandbreite ist pro Trunk auf je 11,3 Gbit/s beschränkt. Das MWN ist außerdem noch über M-net mit einer Bandbreite von 10 Gbit/s mit dem Internet verbunden.

Damit wird ein dreistufiges Ausfallkonzept mit Backups für den Internetzugang umgesetzt (s.u).

MWN: Monatliches Datenaufkommen in Gigabyte

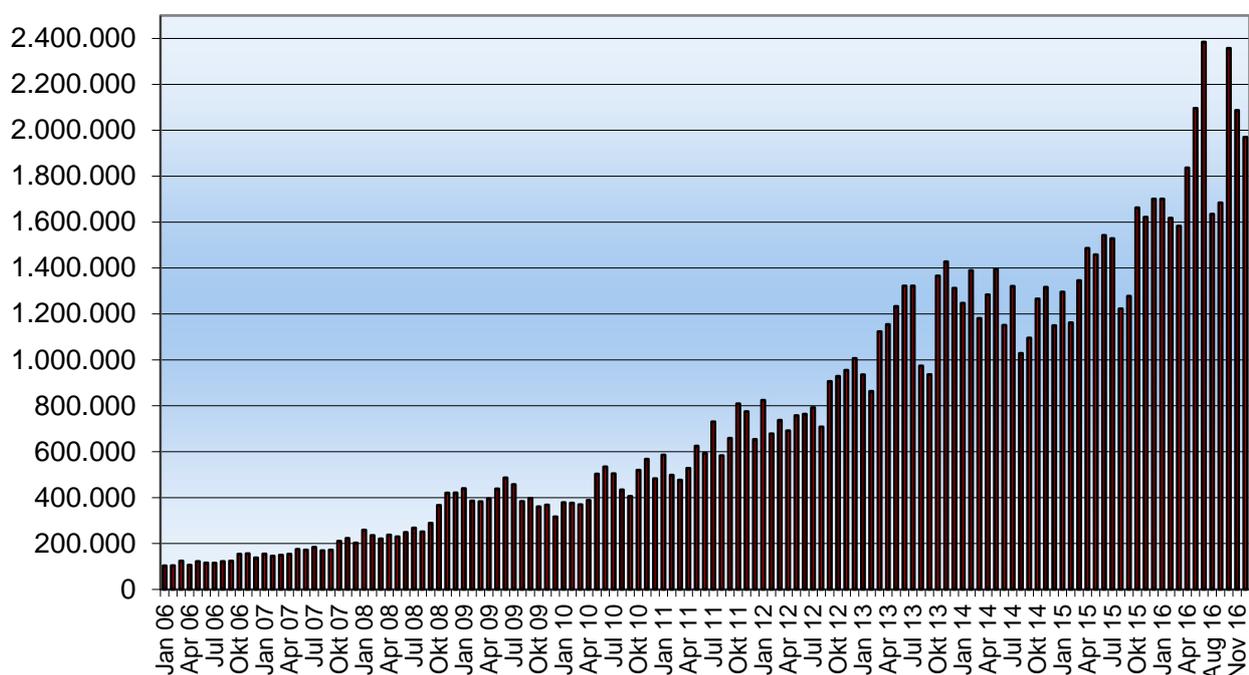


Abbildung 52: Entwicklung der Nutzung des WiN-Anschlusses des MWN seit 2006

12.11 WLAN und Eduroam

Das LRZ versorgt primär öffentliche Bereiche (Seminarräume, Hörsäle, Bibliotheken, Foyers, Uni-Lounges) mit Wireless LAN, eine Flächendeckung für Bürobereiche kann bis auf weiteres nicht realisiert werden. Trotzdem sind Ende 2016 bereits 3.424 Accesspoints in Betrieb. Im Berichtsjahr 2016 wurden 403 Accesspoints neu installiert und 578 gegen neuere Modelle ausgetauscht, 40 nicht mehr benötigte wurden abgebaut. Das heißt, im Berichtsjahr mussten nahezu 1.000 Accesspoints bearbeitet, konfiguriert, montiert, getestet und dokumentiert werden.

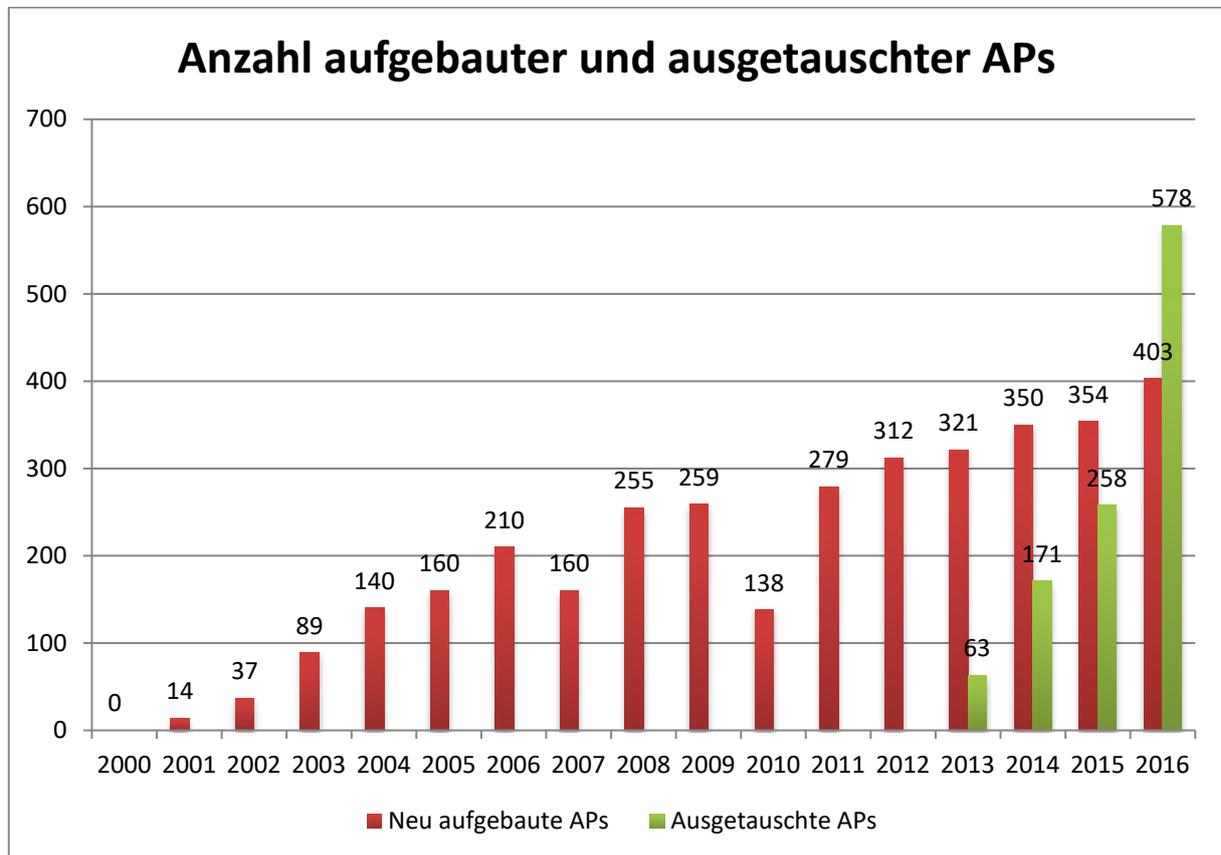


Abbildung 53: Anzahl der jährlich installierten Accesspoints

Die Nutzung stieg erneut stark an, insbesondere bedingt durch die weiter zunehmende Anzahl von Smartphones und Tablets. Die im Jahr 2015 gemessene Zahl von 33.184 gleichzeitigen Verbindungen stieg 2016 auf maximal 37.159 an, insgesamt wurden dabei über 125.000 verschiedene Geräte in 7 Tagen beobachtet. Nachgefragt wurde das WLAN auch bei 289 Kongressen und Tagungen innerhalb des Jahres 2016.

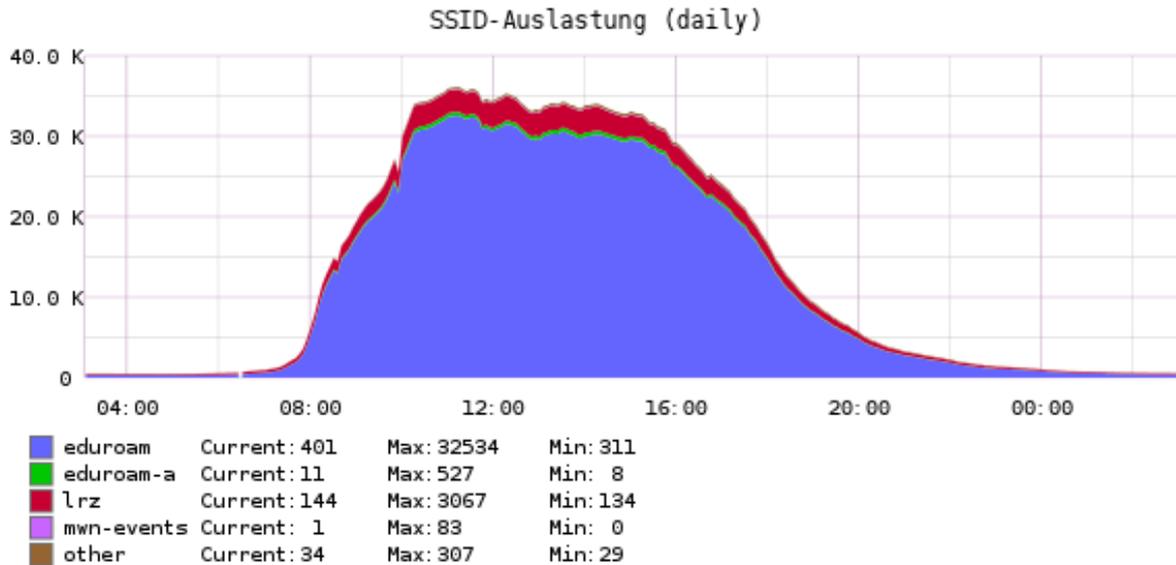


Abbildung 54: Anzahl aktiver WLAN-Verbindungen am 27.10.2016 (5-Minuten-Mittel)

Die am stärksten frequentierten Accesspoints waren mit bis zu 220 gleichzeitigen Verbindungen belegt. Ältere hoch belastete Accesspoints wurden durch die aktuellste Geräte-Generation ersetzt, etliche Hörsäle wurden durch die Installation zusätzlicher Accesspoints verstärkt.

Als Zugangskomponenten werden Accesspoints der Typen AP-325, AP-215 und AP-135 von Alcatel-Lucent sowie MSM310, MSM320, MSM422 und MSM460 der Firma HP eingesetzt. Ab 2016 wurden Accesspoints mit dem neuen Standard 802.11ac Wave 2, die Datenraten von mehr als 1.7 Gbit/s unterstützten eingesetzt. Der Betrieb wird über acht Controller OAW-4650-EU gesteuert, welche im Rechnergebäude des LRZ in verschiedenen Brandabschnitten und bei den Routern in der LMU, TU, HM, HSWT und in Martinsried installiert sind. Sie sind im sog. Master / Master-Standby-Setup mit Local Controllern konfiguriert d.h. die Local Controller in den Standorten und ein Master Controller sind aktiv, der Standby-Master übernimmt nur bei Ausfall des Master-Controllers. Fällt einer oder mehrere Local Controller aus übernimmt der aktive Master die APs.

Wegen der Mischung von Alcatel-Lucent und HP-Accesspoints wird an den meisten Standorten der sogenannte Bridge-Modus verwendet. Nur in Neubauten oder Bereichen die komplett auf Alcatel umgestellt wurden wird der Tunnel-Modus eingesetzt, wobei die Daten über den Controller geroutet werden und auch alle Vorteile die der Controller bietet (z.B. Load Balancing, Load Sharing, usw.) genutzt werden können.

Im Laufe des Jahres 2016 wurden folgende Bereiche neu mit WLAN ausgestattet:

- TUM, Geb. 4275, Stallgebäude
- LMU, Neubau BioSysM, (Erweiterung Genzentrum)
- TUM Science & Study Centre, Kloster Raitenhaslach
- TUM Schülerforschungszentrum Berchtesgaden
- TUM, Brienner Forum, Sprachenzentrum Haus B, Hochschule für Politik Haus C und H
- LMU Leopoldstr. 30
- LMU, Laboratory for Extreme Photonics (LEX), Center for Advanced Laser Applications (CALA)
- Landesfachstelle für das öffentliche Bibliothekswesen
- HSWT Weihenstephan, 4281 Zentrum für Naturwissenschaftliche Grundlagen,
- HMTM, Karolinenplatz 4 (ehem. Lotteriegelände)
- SNSB Archiv Dornach

In folgenden Bereichen sind nur Accesspoints von Alcatel aufgebaut:

- | | |
|----|--|
| A2 | TUM, Geb. 6104, Feuerwehr |
| AB | TUM, LMU, Geb. 5120, Beschleunigerbereich |
| AC | TUM, Geb. 5402, Chemiegebäude Bau Ch2 |
| AF | TUM, Geb. 5401, Chemiegebäude Bau Ch1, Bibliothek, Hörsaal |
| AG | TUM, Geb. 5406, Chemiegebäude Bau Ch6 |
| AJ | TUM, Geb. 5204, Umformtechnik und Gießereiwesen |

AL	LMU, Geb. 5109, Physikgebäude
AN	TUM, Geb. 5302, Mensa, Raumfahrttechnik
AQ	TUM, Geb. 5107, Physik II
AV	TUM, Geb. 5103, Betriebsgebäude II (Siemensbau)
AW	TUM, Geb. 5111, Wassergütewirtschaft
AY	WSI, Geb. 5112, Walter-Schottky-Institut
BA	TUM, Geb. 0510 (Stammgelände), TU-Verwaltung
BB	TUM, Geb. 0501 (Stammgelände)
BC	TUM, Geb. 0502 (Stammgelände)
BG	TUM, Geb. 0506 (Stammgelände-Theresianum)
BH	TUM, Geb. 0507 (Stammgelände)
BN	TUM, Geb. 0206, Mensa
DB	LMU, Block B
DO	Alte Pinakothek
EN	TUM, Geb. 2305, ZHS
FD	TUM, Brienner Forum
GB	LMU, Geb. 0030, Hauptgebäude inkl. Turmgebäude, Bibliothek
GC	LMU, Fakultät für Geschichte (Historicum)
GD	LMU, Geb. 0010, Hauptgebäude an der Adalbertstraße
GF	LMU, Geb. 0090, Amalienstr. 54
GK	LMU, Geb. 0020, Hauptgebäude/Kernbereich, Physik-Altbau, Salinenhof
GM	LMU, Geb. 0000M, Hauptgebäude/Mitteltrakt
GN	LMU, Amalienstr. 83
GP	LMU, Geb. 0040, Philosophie
GW	LMU, Geb. 0000W, Hauptgebäude, Geschwister-Scholl-Platz 1, Nord
GX	LMU, Geb. 0060, Schellingstr. 10
GY	LMU, Geb. 0050, Schellingstr. 4
GZ	LMU, Geb. 0000Z, Hauptgebäude, Telefonzentrale
HK	BAdW, Kapellenhof, Akademiegebäude
HZ	BAdW, Bau B, Akademiegebäude
IJ	Mensa Martinsried
IO	LMU, Neubau BioSysM
JD	TUM, Geb. 4298
JO	TUM Geb. 4318, Hans Eisenmann-Zentrum
JQ	TUM, Geb. 4103, Sammlungsbau
JT	TUM, Geb. 4601-4620
KW	TUM, Geb. 551, Hörsaalgebäude
LH	LMU, Seniorenstudium
LJ	ABZ, Ausbildungszentrum für Pastoralreferenten
LN	LMU, Leopoldstraße 44
LO	LMU Leopoldstr. 30
LT	LMU, Geb. 0620
LZ	BVB/Bayerische Staatsbibliothek
MC	TUM, Exzellenzcluster MIAPP
MF	TUM, Forschungszentrum für Katalyse CRC
MJ	TUM Geb. 5519, Leichtbauhalle
MN	TUM, ZNN Zentrum für Nanotechnologie und Nanomaterialien
MT	UnternehmerTUM Neubau
NA	LMU, Geb. C (früher 0802), Anatomie
ND	LMU, Geb. N (früher 0825), Chirurgie
NM	LMU, Geb. S (früher 0850), Mikrobiologie+Pathologie
NO	LMU, Geb. Q (früher 0835), Rechnerbetriebsgruppe
NP	LMU, Geb. H (früher 0826), Pharmazie
NT	LMU, Geb. B (früher 0801), Tierzucht
NY	LMU, Geb. A (früher 0800), Physiologie
OZ	LMU, Gebäudeteil Z, Hauptgebäude, Mitte
P4	TUM, Geb. 4218, Zierpflanzenbau, Botanik, Mikrobiologie
P5	TUM, Geb. 4153, Teilverwaltung TUM
P9	TUM, Geb. 4317, Neubau Tierwissenschaften
PD	TUM, Geb. 4231/4232/4234/4235, Versuchsgut Dürnast
PG	TUM, Geb. 4213, Lebensmitteltechnikum

PH	HSWT, Geb. 4372, Hörsäle L - P
PO	TUM, Geb. 4308, Tierernährung-Institutsgebäude
PP	TUM, Geb. 4309, Wirtschaftslehre des Gartenbaus
PT	TUM, Geb. 4108
PX	HSWT, Geb. 4174, FH Bibliothek
PZ	TUM, Geb. 4223, Anbau an Geb. 4219, Genetik
Q0	TUM, Geb. 4219, Landpflege und Botanik
Q1	TUM, Geb. 4221, Telefonzentrale
Q2	TUM, Geb. 4277, Forstwissenschaft, FVA
Q3	TUM, Geb. 4238, Werksfeuerwehr
Q4	TUM, Geb. 4106, Wirtschaftslehre des Landbaus
Q5	TUM, Geb. 4107, Ernährungslehre
Q8	TUM, Geb. 4212, Physik, Chemie, Zentrallaboratorium
QA	TUM, Geb. 4124, FML neu - Zentrum für Milch- und Lebensmittel
QD	TUM, Geb. 4109, LS f. Maschinenkunde der Brauerei u. Lebensmittelverpackungstechnik
QE	TUM, Geb. 4101
QG	TUM, Geb. 4102, Bibliothek und Dekanatsgebäude
QH	TUM, Geb. 4105, Ökologischer Landbau, Grünlandlehre
QI	TUM, Geb. 4214, Zentrales Hörsaalgebäude
QK	TUM, Geb. 4210 Landtechnik
QL	TUM, Geb. 4215, Zentrales Praktikagebäude
QM	TUM, Geb. 4110, Brauerei I
QO	TUM, Geb. 4126, Lebensmittelverfahrenstechnik
QR	HSWT, Geb. 4178, Kleine Kustermannhalle
QS	TUM, Geb. 4226, Internationales Getränkewissenschaftliches Zentrum
QT	TUM, Geb. 4217, Bodenkunde
QW	HSWT Weihenstephan, 4281 Zentrum für Naturwissenschaftliche Grundlagen, Geb. D1
QY	TUM, Geb. 4220, Bibliothek Neubau
QZ	TUM, Geb. 4216, Mensa
RB	HM, Gebäude B
RH	HM, Gebäude H
RI	HM, Erweiterungsbau Bibliothek
RK	HM, Gebäude K, Altbau
RL	HM, Gebäude L, Pasing, Neubau
SP	Historisches Kolleg
SQ	LMU, Kaulbachstr. 45
SV	LMU, Jura, Veterinärstr. 5
SY	Hochschule für Philosophie, Institut für Gesellschaftspolitik
TH	LMU, Medizinische Lesehalle
UA	WZS, Straubing Neubau
UC	WZS, Straubing Klostertrakte
UE	WZS, ehemalige VHS
VH	LMU, Versuchsgut St. Hubertus
VM	LMU, Moorversuchsgut Badersfeld
VP	LMU, Reptilienklinik Oberscheißheim
WC	LRZ, Institutsgebäude 2
WK	TUM, Exzellenz-Cluster Universe
WL	LRZ, Institutstrakt
WU	Garching U-Bahnhof Forschungsgelände
WZ	LRZ, Hörsaaltrakt
X1	Schülerforschungszentrum Berchtesgaden
X6	TUM Wassersportzentrum
X7	SNSB Archiv Dornach
XC	TUM Science & Study Centre, Kloster Raitenhaslach
XE	LMU, Universitätsarchiv + Physik
XR	LMU, Edmund-Rumpler-Str. 13
YW	LMU, CAP
ZB	TUM, Marsstraße 20-22
ZQ	TUM Marsstr. 40
ZR	TUM, Betriebswirtschaftslehre

12.11.1 Eduroam

Das LRZ nimmt seit Anfang 2005 am Eduroam (früher DFN-Roaming) teil. Damit ist es Wissenschaftlern möglich, mittels einer vorhandenen Kennung ihrer Heimat-Hochschule einen einfachen Zugang ins Internet zu erhalten, wenn sie sich im Bereich des MWN aufhalten. Als Zugangspunkte dienen die vorhandenen WLAN-Accesspoints.

Die SSID *eduroam* wird auf allen Accesspoints im MWN zur Verfügung gestellt. Außerdem ist noch die SSID *eduroam-ipv6* konfiguriert, welche Verbindungen nur über IPv6 erlaubt.

Wie bereits Abbildung 54 zeigt, ist eduroam mittlerweile die absolut dominierende SSID. Die blauen und grünen Bereiche zeigen die Nutzerzahlen von *eduroam*. Hier zeigt sich auch das größte Wachstum bei den Nutzerzahlen.

Eduroam erfreut sich so großer Beliebtheit, weil diese Technik, nach einmaliger Konfiguration, an allen teilnehmenden Einrichtungen genutzt werden kann. Dies zeigt auch die in Abbildung 55 dargestellte Nutzungsstatistik, in der die Anzahl der im eduroam angemeldeten Geräte pro Woche dargestellt wird. Während des Semesters waren pro Woche mehr als 50.000 Geräte im eduroam aktiv. Gleichzeitig verwendeten bis zu knapp 17.000 Nutzer aus dem WMN das eduroam in anderen besuchten Einrichtungen. Die Anzahl der Besucher im MWN lag in der Spitze ebenfalls bei knapp 17.000. Die Besucher kamen aus über 40 unterschiedlichen Top-Level Domains. Addiert man die MWN-Nutzer die eduroam im MWN und außerhalb nutzen, so ergibt sich eine Geräteanzahl von mehr als 70.000.

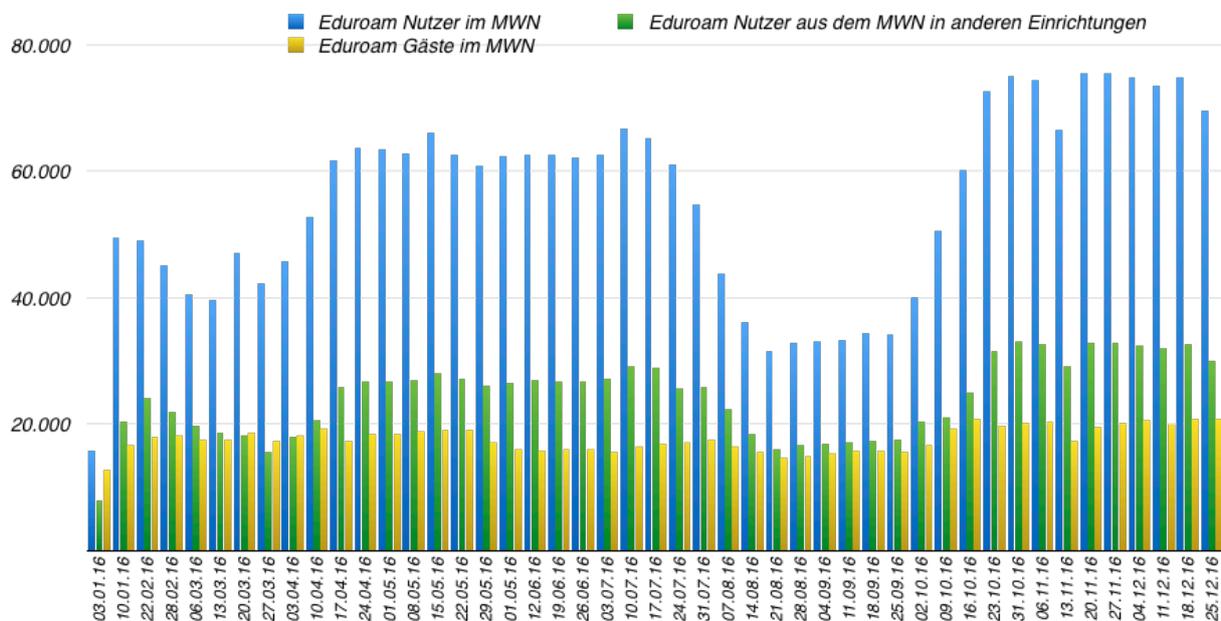


Abbildung 55: Eduroam Nutzung durch MWN-Nutzer und Gäste

12.11.2 Vorkonfigurierte Profile für eduroam (CAT)

Über die Kollaborationsplattform **eduroam CAT** (<https://cat.eduroam.org/>) wurden Profile für die einfache und sichere Eduroam-Einrichtung im MWN erzeugt. Sie werden den Nutzern über eine Webseite zum Download angeboten. Mittels der Profile wird automatisch das nötige Wurzel-Zertifikat **Deutsche Telekom Root CA 2** installiert und eine korrekte Eduroam-Konfiguration inklusive der Prüfung des Radius-Servers angelegt. Der Nutzer muss lediglich seine Kennung und sein Passwort angeben, alles weitere für eine sichere Eduroam-Verbindung übernimmt das CAT-Tool.

Für die folgenden Systeme sind CAT-Profile verfügbar:

- Windows 7
- Windows 8
- Windows Vista
- Linux
- IOS (iPhone und iPad)
- MAC OS X
- Android

12.11.3 Eduroam off Campus

Im Rahmen des ZKI gibt es seit 2011 eine Kommission „eduroam off campus (EoC)“ in der das LRZ mitarbeitet. Das Ziel dieser Kommission ist es, die Beschränkung von eduroam auf Campus-Bereiche aufzuheben, eduroam auch in anderen Bereichen anzubieten und damit Studenten und Wissenschaftlern den Zugang mit der Kennung ihrer Heimatuniversität möglich zu machen.

Die Stadt München betreibt seit 2013 in Kooperation mit den Stadtwerken München ein offenes City-WLAN (M-WLAN). Anfang 2014 wurde in einer engen Kooperation zwischen den Stadtwerken, dem LRZ und dem DFN Verein eduroam auf den städtischen Access Points freigeschaltet und in Betrieb genommen.

Mittlerweile gibt es 25 Standorte in der Stadt München an denen eduroam über M-WLAN empfangen werden kann: Marienplatz, Odeonsplatz, Sendlinger Tor, Karlsplatz Stachus, Gärtnerplatz, Mariahilfplatz, Marienhof, Orleansplatz, Lehel, Harras, Münchner Freiheit, Wettersteinplatz, Giesing, Rotkreuzplatz, Neuperlach Zentrum, Deutsches Museum, Coubertinplatz im Olympiapark, am Hauptbahnhof, Hohenzollernplatz, Königsplatz, Kolumbusplatz, Mangfallplatz, Viktualienmarkt, Willy-Brandt-Platz und in der Messestadt West.

Die Standorte der Access Points der SWM wurden mit in die Übersichtskarte der Access Points im MWN (https://www.lrz.de/services/netz/mobil/mobil_ap/map/) aufgenommen (s. Abbildung 56) und mit einem eigenen gelb umrandeten Symbol versehen.

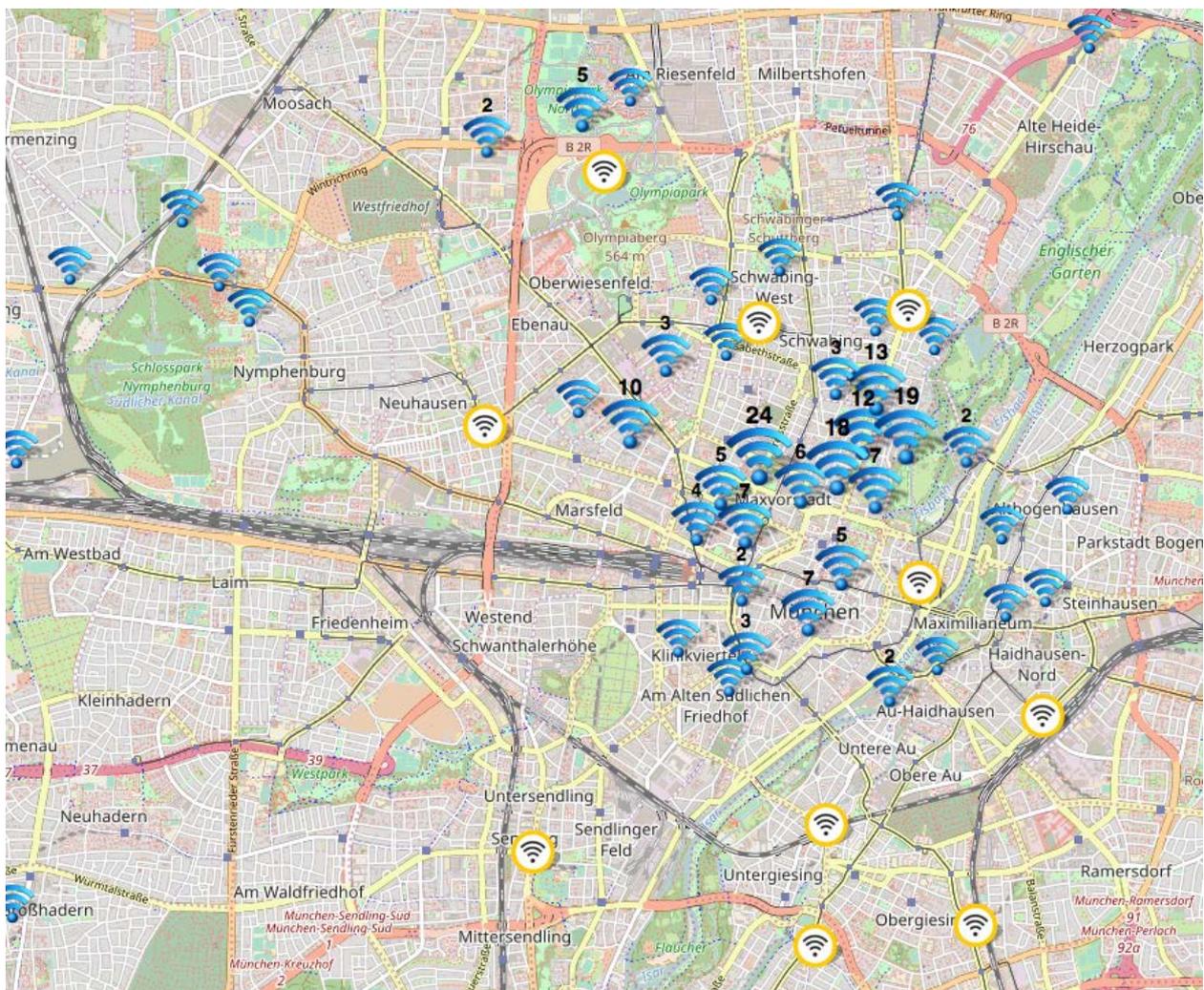


Abbildung 56: Karte der eduroam Standorte in München

Neben den Stadtwerken betreibt auch die Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) einen Prototypen für die WLAN-Versorgung von Sperrengeschoßen in U-Bahnhöfen. Dazu werden an der Münchner Freiheit im Sperrengeschoß Access Points betrieben. Auch diese strahlen eduroam mit aus.

12.11.4 Gastkennungen

Für Gäste, die nur kurze Zeit an den Institutionen im MWN verbringen, wurde 2013 die Möglichkeit der Vergabe von Gastkennungen eingerichtet. Diese können von den Master Usern an den Instituten über das gewohnte ID-Portal für die Dauer von einem bis sieben Tagen eingetragen werden. Mit einer Gastkennung kann das WLAN im MWN über die SSID *eduroam* genutzt werden. 2014 wurden insgesamt von 116 Master Usern 2.133 Kennungen für Gäste eingerichtet.

12.11.5 Unterstützung von Veranstaltungen

Die Nachfrage nach WLAN-Unterstützung für externe Teilnehmer bei Konferenzen und Tagungen ist leicht gestiegen, innerhalb des Jahres 2016 waren es 604 genehmigte Veranstaltungen (Vorjahr: 503), welche zu 29.632 Nutzertagen (Vorjahr: 26.002) geführt haben.

Die Verantwortlichen können Veranstaltungen über ein Webportal (<https://wlan.lrz.de/conferences/new/>) anmelden. Nach der Prüfung auf Kostenpflichtigkeit (bei kommerziellen Veranstaltungen) und erfolgter Genehmigung wird eine Login-Kennung generiert, welche für die Dauer der Veranstaltung gültig ist. Mit dieser Kennung können alle Teilnehmer über die SSID *mwn-events* mit WPA2 gesicherte Verbindungen in das Internet herstellen. Für die wichtigsten Plattformen stehen zur einfachen und sicheren Einrichtung der Rechnerkonfiguration Profile zum Download bereit.

Nur in Ausnahmefällen werden auch feste Netzanschlussdosen (100 Mbit/s oder 1 Gbit/s, TP oder LWL) zur Verfügung gestellt. Für Geräte, die keine eingebaute Funkschnittstelle haben, werden vom LRZ Wireless-Client-Bridges (WCB) bereitgestellt. Die Realisierbarkeit des Dienstes hängt aber von der vorhandenen Infrastruktur ab, nicht in allen Gebäuden und Räumen sind die Voraussetzungen erfüllt. Allerdings ist dies meistens der Fall.

12.11.6 @BayernWLAN

Im Rahmen der BayKOM2017 Ausschreibung wurde mit dem Los 2 ein offenes WLAN für Bayern ausgeschrieben. Damit wurde die Möglichkeit geschaffen, touristisch interessante Lokationen, Freiflächen vor zentral gelegenen Behörden, aber auch Wartebereiche in staatlichen Behörden sowie kommunale Gebäude und Freiflächen mit einem offenen WLAN unter der SSID „@BayernWLAN“ zu versorgen.

Zwischen den Universitäten, Hochschulen und dem Freistaat Bayern wurde ein Kooperationsmodell entwickelt. Der Gewinner der Ausschreibung und Betreiber des BayernWLAN muss neben seiner SSID @BayernWLAN auch eduroam mit ausstrahlen. Im Gegenzug könnten die Universitäten und Hochschulen, deren Infrastruktur das erlaubt, neben ihren eigenen SSIDs auch die Kennung @BayernWLAN mit ausstrahlen.

Nachdem es sich bei @BayernWLAN um ein offenes Netz handelt und nicht um eine wissenschaftliche Nutzung, darf der dort anfallende Verkehr nicht über den Internet-Übergang des DFN abgewickelt werden. Den Universitäten und Hochschulen wird dafür ein kommerzieller Internet-Übergabepunkt zur Verfügung gestellt, über den der @BayernWLAN Verkehr abgewickelt werden kann. Auch die Vergabe der Adressen an die Client-Geräte und die Abwicklung der Missbrauchsfälle (Abuse-Bearbeitung) im @BayernWLAN, erfolgt durch den Betreiber und nicht durch die Universitäten und Hochschulen.

Der Zuschlag für das Los 2 der Ausschreibung wurde Anfang 2016 an die Firma Vodafone vergeben. Das LRZ konnte durch die Pilot-Installation im Wissenschaftszentrum Straubing bereits umfangreiche Betriebserfahrungen sammeln. Deshalb wurde das LRZ, auch als Vertreter der bayerischen Universitäten und Hochschulen, gebeten in Kooperation mit dem Koordinierungsbüro WLAN und der Firma Vodafone, zwei Betriebskonzepte zu erarbeiten. Eines umfasst kleinere Standorte mit einer geringeren Anzahl an APs, das andere Betriebskonzept ist für sehr große Standorte mit sehr vielen APs gedacht.

Der Pilotbetrieb für BayernWLAN und das Kooperationsmodell mit den Hochschulen begann am 1.6.2016. Das LRZ wäre zu diesem Zeitpunkt bereits in der Lage gewesen, @BayernWLAN auf allen neueren, Controller-basierten Accesspoints im MWN auszustrahlen. Vodafone wollte aber mit zwei kleineren Standorten die Migrationsphase starten. Das LRZ konnte dann im September 2016, über das Koordinierungsbüro die kommerzielle Internet-Anbindung beauftragen. Leider wurde bis zum Ende des Jahres kein Realisierungszeitpunkt für diesen Anschluss bekannt gegeben und der Anschluss auch nicht umgesetzt. Damit konnte @BayernWLAN im MWN leider nicht aktiviert werden.

Ende 2016 nahmen die Universitäten Bamberg, Bayreuth und Regensburg, die Hochschule Augsburg sowie das Universitätsklinikum Regensburg am Kooperationsmodell im BayernWLAN teil.

12.12 VPN

Im MWN werden Virtual-Private-Networks in folgenden Szenarien eingesetzt:

- Zugang über vom LRZ betreute WLANs.
- Zugang über öffentliche Anschlussdosen für mobile Rechner.
- Zugang zu internen MWN-Diensten (z.B. Online-Zeitschriftenangebot der Universitätsbibliotheken) für Bewohner von Studentenwohnheimen.
- Zugang zu internen MWN-Diensten über das Internet.

12.12.1 Technik

Die VPN-Hardware besteht aus zwei Appliances vom Typ „Adaptive Security Appliance ASA5585-X“, vier Appliances vom Typ „Adaptive Security Appliance ASA5540“ und einer Appliance vom Typ „VPN-Concentrator 3030“ der Firma Cisco. Der VPN-Concentrator 3030 dient für die Anbindung von einigen externen Einrichtungen außerhalb des MWN über IPsec LAN-to-LAN Tunnel. Die vier der sechs ASA-Appliances sind zu einem VPN-Cluster zusammengefasst, zwei werden für Tests und für Beta-Software verwendet. Dieser VPN-Cluster wird von IPsec-Clients unter der Adresse *ipsec.lrz.de*, von SSL-VPN-Clients unter der Adresse *asa-cluster.lrz.de* angesprochen. Die Nutzer werden beim Anmelden mit der am geringsten ausgelasteten Appliance verbunden. Der VPN-Concentrator 3030 ist über zwei 100 MBit/s Anschlüsse (öffentlich und privat) angeschlossen. Die zwei ASA5585X sind mit jeweils 10 GBits/s angeschlossen, die vier ASA5540 mit jeweils 1 GBit/s. Die verfügbare Bandbreite für verschlüsselte Verbindungen (AES/3DES) beträgt 50 MBit/s beim VPN-Concentrator 3030 350 MBit/s pro ASA5540 und 1 GBit/s bei den ASA5585-X. Authentifizierung, Autorisierung der Nutzer sowie Accounting werden über das Radius-Protokoll abgehandelt.

12.12.2 VPN-Software

Berechtigte Nutzer können die aktuellen Versionen der VPN-Software vom Web- oder VPN-Server des LRZ herunterladen. Für Linux und Mac OS X stehen neben den Cisco-IPsec und AnyConnect-Client der „Open Source“ VPN-Client *vpnc* (IPsec) und *openconnect* (SSL-VPN) zur Verfügung, der erfahrenen Nutzern erweiterte Möglichkeiten bietet. Diese Clients sind inzwischen in den Linux-Standarddistributionen wie z.B. Debian, SuSE und Ubuntu enthalten.

Das Lizenzmodell wurde vom Hersteller von bisher gleichzeitig nutzbaren Verbindungen pro einzelner Server im Cluster auf nutzerbasierte Lizenzen für alle Server umgestellt.

12.12.3 Telearbeitsplätze von LRZ-Mitarbeitern

Mitarbeiter an einem Heimarbeitsplatz nutzen interne Ressourcen des LRZ während ihrer Arbeit zu Hause. Dazu erhalten sie einen VPN-Router, an den sie Rechner und VoIP-Telefon anschließen können. Der VPN-Router ist so konfiguriert, dass er automatisch eine Verbindung zum VPN-Server im LRZ aufbaut.

Die bisher eingesetzten VPN-Router WRV65G von Linksys sind inzwischen weitgehend durch Omniaccess RAP3 von Alcatel-Lucent ersetzt. Diese Remote-Accesspoints bauen einen IPsec/IKEv2 Tunnel zu ihrem Controller im LRZ auf. Das VoIP-Telefon wird über Power-over-Ethernet (PoE) vom RAP3 versorgt und ein Arbeitsplatzrechner kann direkt angeschlossen werden. Zudem werden die im MWN bereitgestellten Funknetze mit eduroam bereitgestellt.

Das Telefon ist über den VPN-Tunnel an der VoIP-Telefonanlage des LRZ angeschlossen und so konfiguriert, dass der Mitarbeiter am Heimarbeitsplatz mit der gleichen Telefonnummer wie an seinem Arbeitsplatz am LRZ erreichbar ist.

12.12.4 Entwicklung des Datenverkehrs über die VPN-Server

Im Jahr 2016 stieg der Datendurchsatz über die VPN-Server leicht im Vergleich zum Vorjahr. Bis zu 3.000 Nutzer waren in Spitzenzeiten parallel angemeldet, 800 weniger als im Vorjahr. Der Monat November ist der Monat mit dem höchsten Datenaufkommen, es wurden über 240.000 Verbindungen aufgebaut. Im Vorjahr waren es 270.000 Verbindungen.

Tabelle 26: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November

Jahr	Ausgehend	Eingehend	Gesamt
2006	1,7	6,2	7,9
2007	3,1	11,4	14,5
2008	3,8	12,7	16,5
2009	4,6	20,7	25,3
2010	8,0	28,8	36,7
2011	11,4	44,9	56,3
2012	12,0	51,6	63,6
2013	10,5	43,1	53,6
2014	11,7	48,4	60,1
2015	9,4	47,1	56,5
2016	9,5	47,4	56,9

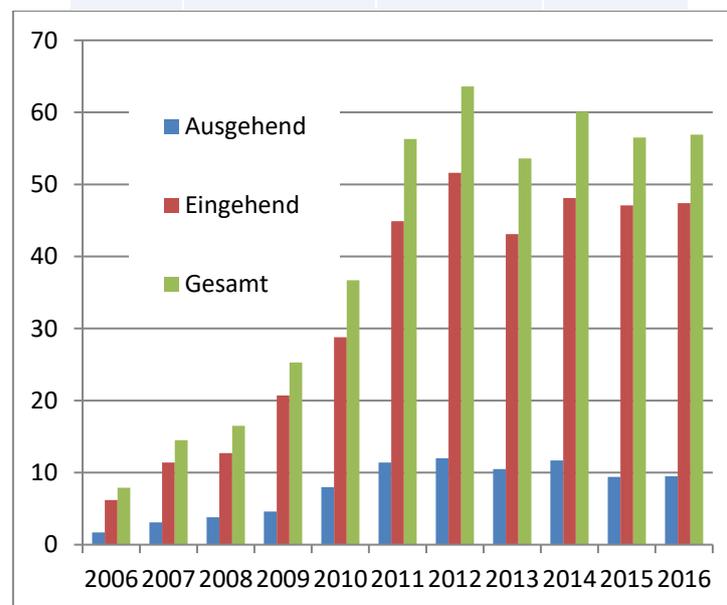


Abbildung 57: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November

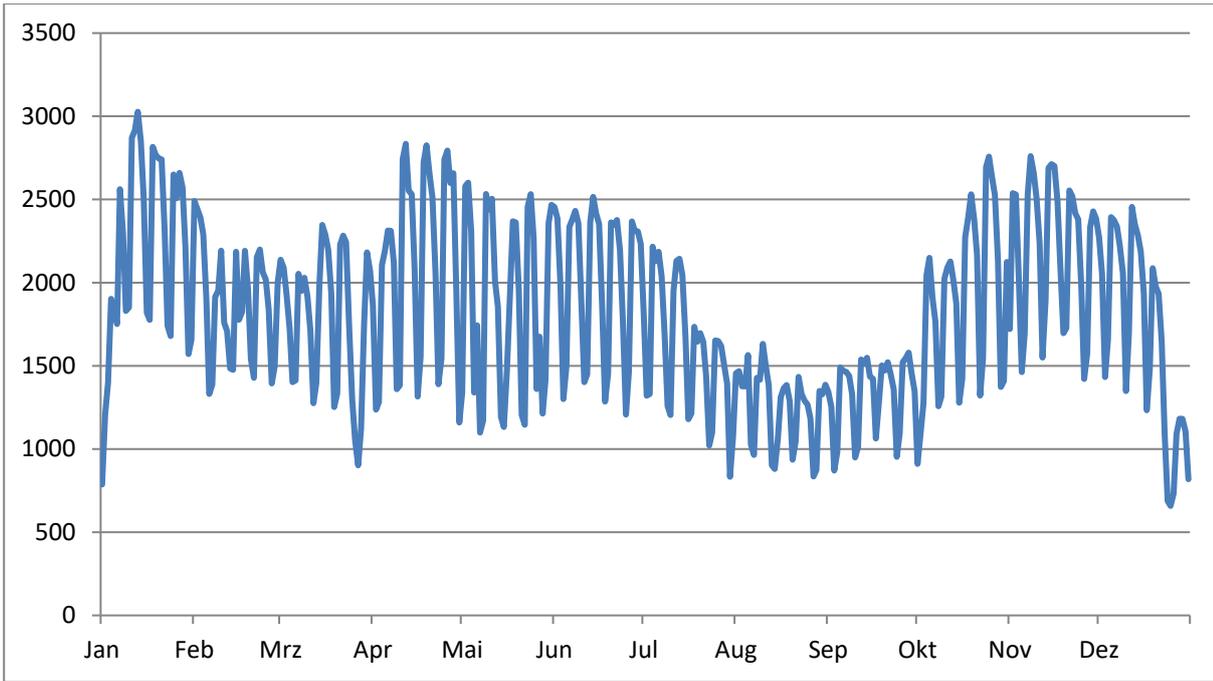


Abbildung 58: Anzahl der maximal gleichzeitig an den VPN-Servern angemeldeten Nutzer

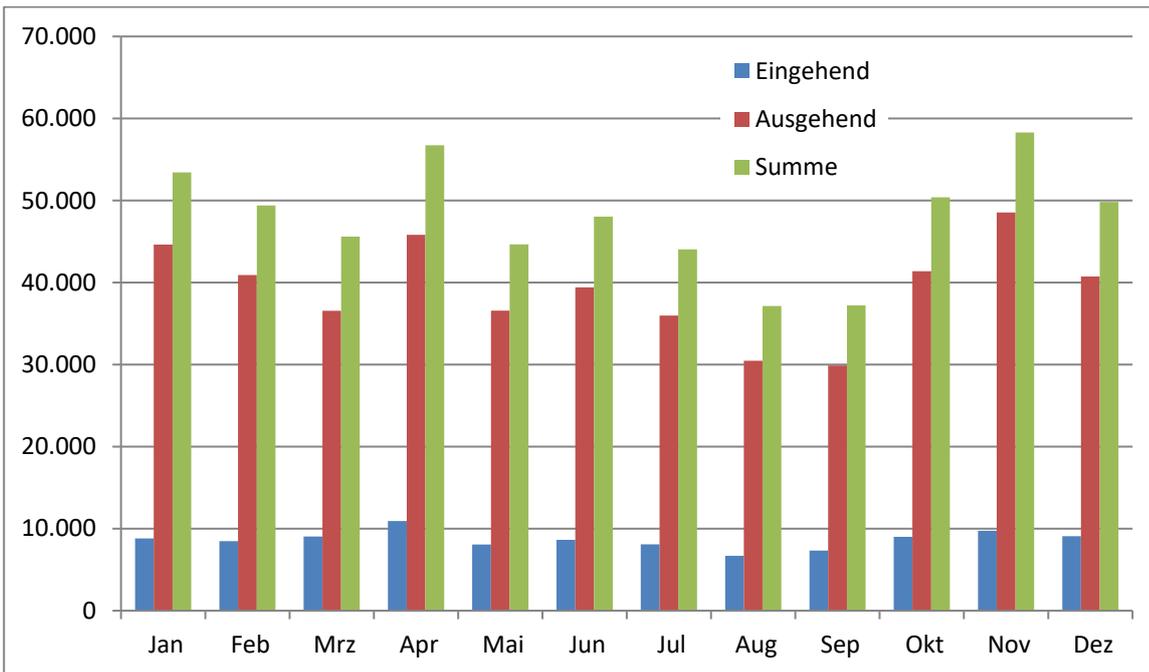


Abbildung 59: Monatliches Datenvolumen der VPN-Server in Gigabyte im Jahr 2016

13 Kurse, Führungen und Vorführungen am V2C

13.1 Kurse und Veranstaltungen

Das LRZ bot seinen Kunden in 2016 rund 40 Kurse an, die sich in die Bereiche PC-Software, Hochleistungsrechnen und weitere Veranstaltungen einteilen lassen. Die in Tabelle 27 bis Tabelle 30 aufgeführten Veranstaltungen wurden von mehr als 5.700 Teilnehmern besucht.

13.1.1 Kursübersicht, Statistik 2016

Wie schon in den vergangenen Jahren wurden die Kurse, die vom LRZ zum Thema Hochleistungsrechnen angeboten wurden, gut angenommen. Bei der Planung konnte stets davon ausgegangen werden, dass alle Teilnahmewilligen, die einen Platz im Kurs erhalten, diesen auch wahrnehmen würden. Dies darf beim übrigen Kursangebot leider nicht als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Gerade bei den Kursen zu PC-Software ist der Unterschied zwischen der Zahl der Anmeldungen und der Zahl der Teilnehmer nach wie vor groß.

Es zeigte sich, dass das Interesse an Kursen zu den aktuellen Microsoft Office-Produkten nach wie vor sehr groß ist. Dabei wird vom Kursprogramm des LRZ einerseits Aktualität erwartet, die Akzeptanz der Anwender in Bezug auf neue Programmversionen andererseits hinkt dieser Erwartungshaltung häufig hinterher.

Viele PC-Kurse verwenden als Kursunterlage Handbücher der Leibniz Universität IT Services (LUIS, ehem. RRZN) in Hannover. Diese Schriften sind oftmals verbilligte Nachdrucke der Schulungsunterlagen vom Herdt-Verlag. Die Ersparnis ist besonders für Studenten von Bedeutung. Eine regelmäßig aktualisierte Liste der verfügbaren Schriften ist ebenfalls im Internet vorhanden. In Zusammenarbeit mit dem Herdt-Verlag und dem LUIS ist auch ein noch günstigerer Erwerb der Schriften als personalisierte PDF-Variante möglich.

Tabelle 27: Kurse zu PC-Software 2016

Kurstitel	Dauer (Stunden)	Anzahl Kurse	Anmeldungen	Teilnehmer
Access 2013 (Kompakt)	11	2	51	35
Einführung in SPSS	8	1	10	9
Excel 2013 (Kompakt)	9	5	392	82
Excel 2013 (Fortsetzung)	9	5	164	72
Photoshop Elements 13	6	2	109	41
PowerPoint 2013 (Professionelle Vorträge)	9	4	80	46
Word 2013 (Kompakt)	9	3	48	40
Word 2013 (Fortsetzung)	9	3	38	35
Insgesamt	70	25	892	360

Tabelle 28: Kurse zum Hochleistungsrechnen 2016

Kurstitel	Dauer (Stunden)	Anzahl Kurse	Anmeldungen	Teilnehmer
Advanced C++ with Focus on Software Engineering	24	1	46	42
C language for beginners	22	1	12	12
C++ language for beginners	22	1	29	20
CLC training: NGS data analysis	15	1	15	15
Elmer FEM Course	15	1	7	7
Intel MIC Programming Workshop (in Ostrava)	12	1	42	42
Introduction to OpenFOAM	24	1	22	22
Iterative Linear Solvers and Parallelization	35	1	25	23
Parallel Programming of High Performance Systems	45	1	29	29
PRACE PATC Course: Advanced Fortran Topics	45	1	24	22
PRACE PATC Course: Advanced Topics in High Performance Computing	36	1	18	9
PRACE PATC Course: Intel MIC Programming Workshop	24	1	53	50
PRACE PATC Course: Introduction to hybrid programming in HPC	7	1	40	36
PRACE PATC Course: Node-Level Performance Engineering	16	1	26	22
PRACE PATC Workshop: 21st VI-HPS Tuning Workshop	45	1	51	43
Programming with Fortran	27	1	26	26
R Course for the Life Science Community	7	1	24	24
Scientific Workshop: High Performance Computing for Water Related Hazards	15	1	34	34
SuperMUC Status and Results Workshop	12	1	71	71
Workshop Cloud	9	1	25	25
Insgesamt	457	20	619	574

Tabelle 29: Führungen durch das LRZ und Vorführungen am V2C

Veranstaltungstitel	Anzahl der Veranstaltungen	Anzahl der angemeldeten Teilnehmer
Führung durch das LRZ	123	3311
Besichtigung des Zentrums für virtuelle Realität und Visualisierung	93	1612
Insgesamt	216	4923

Auch im Jahr 2016 wurde – zusätzlich zum regulären Kursprogramm – die vorhandene, moderne Infrastruktur im Hörsaal, den Seminar- und Kursräumen für andere Veranstaltungen genutzt. Softwarefirmen hatten die Gelegenheit, neue Produkte bzw. neue Versionen bekannter Produkte zu präsentieren. Dabei standen wieder Beispiele für die Nutzung in Forschung und Lehre im Vordergrund.

Tabelle 30: Weitere Veranstaltungen in den Räumen des LRZ

Titel	Datum
HPE-Workshop Aruba	13.01.2016
DFG-Begutachtung / TU	13.01. – 14.01.2016
Migration virtueller Firewalls / Kurs	14.01.2016
piCS Workshop	15.01.2016
CIO-Planspiel / TU	19.01.2016
Energie-Seminar	19.01.2016
Lehrveranstaltung Prof. Mainzer / TU	20.01. – 22.01.2016
piCS Workshop / AlpS	22.01.2016
SPPEXA Meeting / TU	25.01. – 27.01.2016
LMU Meeting	25.01.2016
SeisSol Meeting	27.10.2016
SuperMUC – NG Workshop	02.02.2016
piCS Workshop, ZAUM / TUM	04.02.2016
Vorlesung Analysis for Informatik / Prof. Gantert	04.02.2016
Programming with Fortran	10.02. – 12.02.2016
Doktorandenseminar	12.02.2016
Kooperation Pail / TUM	12.02.2016
SPXXL Workshop	15.02. – 19.02.2016
SeisSol Technical Meeting	17.02.2016
IT Services für das BMC	19.02.2016
Oberseminar LMU	22.02.2016

Titel	Datum
CFDLab – KONWIHR Results – Workshop	25.02.2016
SuperMUC-Lenkungsausschuss-Sitzung	26.02.2016
Vorlesung Prof. Iris Antes / TU	29.02.2016
Extreme Scaling Workshop	29.02. – 03.02.2016
Besuch Münchner Unternehmerkreis	01.03.2016
Lehrveranstaltung Prof. Iris Antes / TU	01.03. + 04.03.2016
Projekttreffen BaaS ITEA	01.03. – 03.03.2016
Micro Focus / Novell On-Site 2016	03.03. – 04.03.2016
ExaHyPE / EU- Projekt	04.03.2016
Power Roadmap & CORAL	07.03.2016
Parallel Programming of Performance Kurs	07.03. – 11.03.2016
Installation Suse Cloud6 / Openstack PoC	08. – 09.03.2016
Cray / LRZ Meeting	08.03.2016
HPE(Nic Dube) / LRZ Meeting	08.03.2016
nVIDIA Meeting	09.03.2016
AK Workshop / TU	10.03.2016
OCIP Workshop / TU	14.03. – 16.03.2016
Projekttreffen ASCETE	16.03.2016
Netzverantwortlichen (NV)-Treffen	16.03.2016
LRZ / Bull / Atos –Meeting	16.03.2016
In-House-Schulung zum neuen Vergaberecht	17.03.2016
SIMOPEK-Treffen	17. – 18.03.2016
piCS workshop	18.03.2016
Cray / LRZ-Treffen	18.03.2016
GCS-Vorstandssitzung	21.03.2016
piCS Workshop (Dr. Ries Umweltbundesamt)	30.03.2016
PRACE Advanced topics in High Performance Kurs	04.04.- 09.04.2016
Vorlesung Prof. Iris Antes / TU	05.04.2016
SeiSol Technical Meeting	06.04.2016
Lehrveranstaltung LMU – Kompaktseminar Informationssicherheit	06.04. – 07.04.2016
TFD Klausurtagung TU	07.04.2016
Mellanox Meeting IB Roadmap	11.04.2016
Personalversammlung	12.04.2016

Titel	Datum
GOHL / LRZ Meeting	12.04.2016
Informationsveranstaltung Dr. Frede StMUV	13.04.2016
Proteomics Analysis BioMed / LMU	13.04.2016
Klausur Prof. Iris Antes / TU	14.04.2016
SuperMUC NG Benchmark Meeting	18.04.2016
European Trillinos Use Group Meeting	18.04. – 20.04.2016
TUNING Workshop	18.04. – 20.04.2016
Score Meeting	18.04. – 19.04.2016
SIMOPEK Meeting	18.04. – 19.04.2016
Infrastruktur-Workshop	20.04. – 21.04.2016
PRACE-4IP – WP5 und F2F Meeting	22.04.2016
GCS Lenkungsausschuss Sitzung	22.04.2016
Intel – LRZ-Meeting	22.04.2016
Course for the Life Science Community	26.04.2016
SuperMUC Status und Results-Workshop	26.04. – 27.04.2016
Inhouse Schulung Wasseraufbereitung	27.04.2016
IT-Helpdesktreffen Münchner Hochschulen	27.04.2016
Girls' Day	28.04.2016
CADFEEM-Technologie-Tag	28.04.2016
Lehrveranstaltung Prof. Iris Antes / TU	28.04.2016
Lehrveranstaltung Virtual Reality	28.04.2016
piCS Workshop	28.04.2016
Abstimmungstreffen mit IBM – Watson-Team	02.05.2016
SuperMUC NG Benchmark-Meeting	02.05.2016
LRZ / Altair Meeting	03.05.2016
Amira 3D Visualization Day	03.05.2016
Rosetta – Workshop	09.05.2016
Swift HLM on GPFS HSM-Meeting	09.05.2016
Gohl / LRZ-Meeting	10.05.2016
Oberseminar LMU	10.05.2016
Azure Research Training-Day	11.05.2016
SeiSol Technologie Meeting	11.05.2016
BGCE Research Day	12.05.2016

Titel	Datum
Power Folder EDU Workshop	12.05.2016
BVB / LRZ-Meeting	12.05.2016
Linux AG / CCC Meeting	12.05.2016
Dependence Modelling in Environmental Science Konferenz TU	17.05. – 18.05.2016
Lehrveranstaltung Virtual Reality	19.05.2016
LRZ / Tiermedizin Meeting	31.05.2016
Socio Cortex Community Workshop	01.06.2016
piCS Workshop	02.06.2016
Siemens – Cloud Workshop	02.06.2016
Qiagen NGS Data Analysis Workshop	07.06. – 08.06.2016
Lehrveranstaltung Virtual Reality	09.06.2016
Cray / LRZ-Treffen	13.06.2016
Gohl / LRZ-Treffen	13.06.2016
Vortrag: Erkennung von Cyberangriffen	14.06.2016
10 Jahre LRZ	15.06.2016
Besuch Prof. Menzel mit StMELF	17.06.2016
Delegation National Supercomputer Center in Shenzhen, China	20.06.2016
Seminar Wissenschaft und Ethik / TU	20.06.2016
Jahresbesprechung Akademie / LRZ	21.06.2016
VR/MR Meetup	21.06.2016
Energieseminar	21.06.2016
Besuch / Meeting Intel	23.06.2016
Visit of Chinese Customers	24.06.2016
Projekttreffen / TU	27.06.2016
Workshop Intel Avisor	29.06.2016
PRACE Intel MIC Programming Workshop	27.06. – 29.06.2016
CzeBaCCA Scientific-Workshop	29.06. – 01.07.2016
Lehrveranstaltung Virtual Reality	30.06.2016
LRZ / Bull Scientific Workshop	01.07.2016
Junior Scientific Cafe (Wissenschaft und Dialog)	04.07.2016
LMU / LRZ Tiermedizin (ID-Management)	07.07.2016
LRZ / Cray-Treffen	07.07.2016
LRZ / Sortec Meeting	07.07.2016

Titel	Datum
SeisSol Meeting	08.07.2016
IT Servicemanagement am LRZ / Kurs	12.07.2016
BSB Servicemeeting	12.07.2016
Lenovo/IBM (ITM) Meeting	12.07.2016
LRZ Summer of Simulation – Kick off Meeting	13.07.2016
SuperMUC – NG Benchmark Meeting	15.07.2016
Open Foam Kurs	18.07. – 20.07.2016
Summer School / TU	18.07. – 22.07.2016
AlpenDAZ	19.07.2016
ANSYS-Schulung Strukturmechanik	25.07. – 28.07.2016
GERDI: Kick off Meeting	26.07.2016
SeiSol Technical Meeting	05.08.2016
Koordinationsstreffen RVS-GVS	23.08.2016
IBM / LRZ-Treffen	01.09.2016
Studierende EAH Jena und FSU Jena (Besichtigung)	06.09.2016
IBM / Nvidia	09.09.2016
Advanced Fortran – PRACE PATC	12.09. – 16.09.2016
Intel (Raj Hazra)	14.09.2016
Migration der virtuellen Firewalls (Kurs)	15.09.2016
Treffen Rohrer (Consectra / BISG) – LRZ / ITEMO	15.09.2016
Cray / LRZ-Treffen	20.09.2016
Azubi-Schulung	22.09. – 23.09.2016
Meeting IBM QRadar – LRZ Cooperation	27.09.2016
BayHOST-Widespread Meeting	28.09. – 30.09.2016
LMU – LRZ Tiermedizin Identity Management	29.09.2016
KONWIHR	30.09.2016
FOR Team Meeting	05.10.2016
Alinea-Meeting	06.10.2016
Altair Techday	10.10.2016
OpenStack Meeting – LMU	10.10.2016
IBM / Lenovo Technical Meeting	11.10.2016
Conditional Independence Structure and Extremes / TU	12.10. – 14.10.2016
CIO Planspiel TU	18.10.2016

Titel	Datum
HLS Cloud Strategie Meeting	18.10.2016
EXAHYPE	24.10.2016
BigDataLab	24.10.2016
Datenschutzseminar der TUM / Informatik	25.10.2016
Uni Bayreuth (Hr. Grandl)	26.10. – 27.10.2016
Summer of Simulation 2016 – Abschlusstreffen	26.10.2016
Sitzung der Personalräte der bayerischen Universitäten und Hochschulen	27.10.2016
Friedrich-Ebert-Stiftung (Führung)	27.10.2015
VRST	31.10. – 04.11.2016
DNSSEC/DANE- Kurs	07.11. – 08.11.2016
Munich Center for Technolog in Society	08.11.2016
Besuch Uni Mannheim	10.11.2016
MicroStaxx Reil	15.11.2016
Migration der virtuellen Firewalls (Kurs)	16.11.2016
HPE-Networking	17.11.2016
Meeting HfP, DFN / LRZ	18.11.2016
AstroLab - Meeting	21.11.2016
Advanced C++ Course	22.11. – 24.11.2016
Linux AG Meeting	23.11.2016
Wissenschaft im Dialog	28.11. – 30.11.2016
ELMER-Kurs	28.11. – 29.11.2016
Meeting StMUV	28.11.2016
Direktorentagung TU	29.11.2016
Git/GitLab-Schulung	30.11. – 01.12.2016
Node-Level-Performance Engineering	01.12. – 02.12.2016
Migration der virtuellen Firewalls (Kurs)	01.12.2016
Siemens / LRZ-Meeting	02.12.2016
Crypto-Party für Studierende der Fakultäten Mathematik / Physik	07.12.2016
PRACE 4IP/WP5-F2F-Meeting	07.12.2016
Typo3 Extension-Schulung	07.12. – 09.12.2016
Vortrag Kick-off ADVISOR '16 BHAC-Projekt	08.12.2016
BGCE Research Day	08.12.2016
Lenovo / IBM Technical Meeting	13.12.2016

Titel	Datum
Methusalem Workshop Prof. Coveney	13.12.2016
OpenLab Day	15.12.2016
piCS Hochschule Weihenstephan-Triesdorf	16.12.2016
piCS Uni Augsburg, TUM	20.12.2016

13.1.2 Sicherheits- und Datenschutztag von TUM und LRZ

Die vielen Vorfälle in den letzten Monaten und Jahren haben gezeigt, dass die Gebiete „IT-Sicherheit“ (Security) und „Datenschutz“ auch in Zukunft sehr wichtig sein werden, und eng miteinander verzahnt sind.

Leider sind die besten technischen und organisatorischen Schutzvorkehrungen wirkungslos, wenn sie von den Menschen aus Unkenntnis nicht oder falsch genutzt oder sogar bewusst umgangen werden. Dies ist z.B. die Erklärung dafür, dass Viren in Mail-Attachments und Phishing-Mails nach wie vor wirkungsvoll sind, obwohl man seit Jahren in allen Medien vor diesen Angriffsmethoden warnt.

Aus diesem Grund haben TUM und LRZ am Dienstag 23.2.2016 den ersten gemeinsamen Sicherheits- und Datenschutztag für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Einrichtungen des MWN veranstaltet. Das Programm mit sieben inhaltlich breit gefächerten Vorträgen sollte den Zuhörern dabei helfen, die eigene Sicherheit am Arbeitsplatz oder im Privatbereich zu verbessern:

- Datenschutz und IT-Sicherheit fängt bei mir an: Was kann ich selbst tun?
- Cyberspionage in Wissenschaft und Forschung
- Ich glaube, es h@ckt – IT Sicherheit mal anders & für Jedermann
- Cybercrime & Cyberwar
- Datenschutz in der Cloud
- Realitätscheck – was leisten Firewalls und Virens Scanner wirklich (theoretische und praktische Limitierungen üblicher Sicherheitstechnologien)
- Praxisbericht von Sicherheitsprüfungen in der Wirtschaft

Die Veranstaltung fand einen sehr guten Anklang hinsichtlich der Zusammenstellung der Themen, der Qualität der einzelnen Vorträge und Referenten und der Organisation. Auch ohne große Reklame war der Vortragstag mit über 150 Teilnehmern ausgebucht und eine Wiederholung wurde vielfach gewünscht.

14 Software-Bezug und Lizenzen

Mit der Bündelung der Nachfrage nach den verschiedensten Lizenzen über Instituts- und Hochschulgrenzen hinweg wird auch Verhandlungsmacht gebündelt. So können oft wesentlich günstigere Konditionen für den Bezug von Lizenzen für Forschung und Lehre erreicht werden. Die Endkunden in den Instituten sparen dadurch nicht nur Zeit, sondern vor allem viel Geld. Das LRZ verhandelt deswegen, wo möglich, in Absprache oder in Kooperation mit Instituten und Hochschulen, teilweise aufs MWN beschränkt, teilweise überregional, geeignete Abkommen mit Händlern und Herstellern. Welche Software von welchen Nutzern zu welchen Konditionen über das LRZ bezogen werden kann, ist auf der Webseite www.lrz.de/services/swbezug dargestellt.

Im Folgenden geht es um Software-Lizenzverträge des LRZ, die unmittelbar und direkt von Instituten oder Endnutzern außerhalb des LRZ genutzt werden. Nur LRZ-intern genutzte Software-Verträge, darunter auch solche, über die Software an externe Nutzer über die LRZ-eigenen Systeme zur Verfügung gestellt wird, werden hier nicht diskutiert.

14.1 Verlängerung und Ausbau bestehender Verträge

2016 wurden mehrere Verträge und Wartungsverhältnisse abgelöst oder planmäßig verlängert.

Im MWN:

- Labview-Flatrates mit National Instruments (bis 31. März 2019)
- SAS (Statistik- und Business Analytics Software)
- Matlab (für LMU und Hochschule München, Wartungsverlängerung um ein Jahr)
- Ansys (Wartungsverlängerung um ein Jahr)
- Mindmanager (LMU und TUM) um ein Jahr
- Mathematica für drei Jahre (bis 31. Dezember 2019)

Landesweit (für Hochschuleinrichtungen):

- ESRI (ArcGIS)-Landeslizenz um ein Kalenderjahr
- Sophos Endpoint- und E-Mail-Security für vier Jahre (bis 6. Februar 2020), s. u.

Bundesweit (für Hochschuleinrichtungen):

- Adobe CLP (Kauflizenzen für einzelne Arbeitsplätze), um zwei Jahre (bis 31. Dezember 2018)
- PTC/Creo/ProEngineer um drei Jahre (bis 1. Dezember 2019)
- Adobe ETLA Campus-Rahmenvertrag (Mietlizenzen, hier wird die gesamte Mitarbeiteranzahl lizenziert) um zwei Jahre bis 30. April 2018

Gänzlich neu abgeschlossene Rahmenverträge:

- SuSE / Prosoft, s. u.

Derzeit laufende Campus- oder Landesverträge die erst in den nächsten Jahren ablaufen:

- Adobe ETLA-Individual (Bayern, bundesweit koordiniert) bis 29.10.2018
- Erdas (MWN) bis 30.09.2018
- Maple (MWN) bis 31.07.2017
- Intel (MWN, teilweise Bayern) bis 30.04.2018
- Microsoft Bundesvertrag (EES-Campuslizenzen Rahmenvertrag) bis 30.04.2017, s. u.
- Novell / Microfocus (Bayern) bis 30.10.2017
- SPSS (Bayern, bundesweit koordiniert) bis 30.06.2020

Es gibt außerdem einige unbefristete Rahmenverträge, die wichtigsten davon sind die bayernweit gültigen Select-Plus-Rahmenverträge zwischen LRZ und Microsoft zum Bezug von Kauflizenzen für

- Universitäten und Hochschulen
- Universitätskliniken
- Bibliotheken, Sammlungen und Museen

14.2 Adobe

Am 1. Mai 2016 wurde der Adobe ETLA Campus-Rahmenvertrag für deutsche Hochschulen zwischen dem LRZ und Adobe Systems Software Ireland Limited von 2013 um zwei weitere Jahre bis zum 30.04.2018 verlängert. Dieser Rahmenvertrag ermöglicht hochschulweite Campuslizenzen, während der „ETLA per Desktop“ (siehe Beitrag von 2015; Laufzeit bis 30.10.2018, bekannt auch als „ETLA-Individual“) Einzelbeschaffungen ermöglicht. Adobe will jedoch seine Lizenzmodelle zum Laufzeitende abermals umstellen, so dass beide Rahmenverträge vermutlich nicht mehr in dieser Form fortgesetzt werden können.

14.3 Microsoft Bundesvertrag

Zum seit 2012 mit Microsoft Irland bestehenden Campus-Rahmenvertrag für deutsche Hochschulen („Bundesvertrag“) über die Lizenzierung von Software auf Subskriptionsbasis wurde zum 01.05.2016 ein Nachfolgevertrag abgeschlossen, der bis zum 30.04.2021 läuft. Der neue Vertrag bringt einige zusätzliche Vorteile für die Hochschulen, regelt das Verhältnis zu den Universitätskliniken zu Gunsten der Hochschulen und Kliniken und beinhaltet einige neue Rabattpakete. Damit ist für die nächsten Jahre Planungssicherheit gegeben. Die Regelungen zur Mitarbeiterzählung sind weiterhin bundesweit einheitlich definiert. Der alte Rahmenvertrag läuft zum 30.04.2017 ab. Das Jahr paralleler Laufzeit ermöglicht interessierten Hochschulen die im neuen Vertrag definierten zusätzlichen Rabattpakete zu nutzen während die die auf der Grundlage des alten Vertrages durchgeführten Händlerausreibungen und Preisgarantien für die anderen Hochschulen weiter bis zum Ende der alten Laufzeit genutzt werden können.

Der neue Vertrag wurde gemeinsam mit dem Arbeitskreis Software-Lizenzen des ZKI vorbereitet und ermöglicht allen staatlichen und staatlich anerkannten deutschen Universitäten und Hochschulen, unbenommen, in welcher Trägerschaft sich diese Einrichtungen befinden, sowie den dazugehörigen Verwaltungseinrichtungen, unter diesem Vertrag eigenständig Beitritte abzuschließen.

14.4 Microsoft: Auditpolitik

Auch in 2016 wurden wieder einige deutsche Universitäten von Microsoft bzw. von Microsoft beauftragten Firmen zu Plausibilisierungen ihrer Software-Lizenzen aufgefordert. Diesmal traf es erstmals auch Teilnehmer des Bundesvertrages. Einige der Herausforderungen im Lizenzmodell von Microsoft, die auch durch die Teilnahme an diesem Rahmenvertrag nicht ohne Weiteres behoben werden, sind die komplexe Serverlizenzierung, die Zugriffsrechte für Studierende und die exakte Mitarbeiterzählung.

14.5 Sophos

Anfang Februar 2016 wurde die Antiviren-Landeslizenz mit der Firma Sophos um vier Jahre bis 2020 verlängert. Lizenziert sind damit die Pakete Endpoint Security für alle Mitarbeiter und Studenten der bayerischen Hochschulen und Unikliniken sowie E-Mail Security für die von den Hochschulen betriebenen Mailserver.

Problematisch ist die im Lauf des Jahres 2016 zunehmende Gefahr sogenannter Verschlüsselungstrojaner („Ransomware“), die durch klassische Endpoint-Protection nicht sicher abgewehrt werden kann. Dazu entwickeln die Hersteller neue anders geartete Schutzmechanismen, deren Aufnahme in bestehende Verträge keine Selbstverständlichkeit ist. D.h., dass es neue Produkte und möglicherweise eine neue Ausschreibung geben wird.

14.6 SuSE / Protosoft

Das LRZ hat mit der SuSE Linux GmbH, vertreten durch Micro Focus Software (Ireland) Ltd. (das ist der neue Eigentümer bzw. Rechtsnachfolger von Novell) einen Rahmenvertrag abgeschlossen, der interessierten Hochschuleinrichtungen verbilligten Zugang zu SuSE-Produkten (incl. Wartung), die nicht bereits im „Novell-Landesvertrag Bayern“ enthalten sind (d. h. mit Ausnahme von SuSE Linux Enterprise Server), ermöglichen soll. Der Rahmenvertrag ist gültig bis 06. September 2020. Er regelt verfügbare Rabattstufen; die Lizenzkonditionen selbst werden von ihm nicht berührt, hier gilt jeweils die SuSE EULA. Eine Hochschule bzw. hochschulnahe Einrichtung kann dem Rahmenvertrag durch Bestellung beim Erfüllungsgehilfen Protosoft AG beitreten.

14.7 Tagesgeschäft

14.7.1 Vertrieb von Lizenzen für Kunden des LRZ

Im Gegensatz zu denjenigen Campus- und Rahmenverträgen des LRZ, bei denen die Hochschulen Lizenzen direkt von einem z. B. per Ausschreibung ermittelten Händler in Form einer Campuslizenz bzw. „Flatrate“ beziehen, stehen Lizenzmodelle, bei denen das LRZ die Lizenzen Instituten oder Mitarbeitern und ggf. Studenten einzeln überlässt bzw. ihnen eine kostengünstige Einzelbeschaffung ermöglicht.

Tabelle 31: Die wichtigsten im Tagesgeschäft vertriebenen Lizenzen

Hersteller/Name	Lizenztyp	Laufzeit	Wer kann lizenzieren
Microsoft Select-Plus	Einzelplatzlizenzen	Unbefristete (Kauflizenzen)	Nur Institute
Adobe CLP	Einzelplatzlizenzen	Unbefristet (Kauflizenzen)	Nur Institute
Adobe ETLA per Desktop („Individual“)	Einzelplatzlizenzen	Miete (bis 29.10.2018)	Nur Institute
Matlab	Netzwerklicenzen	Miete (unbefristet)	Nur Institute
SPSS	Einzelplatz- und Netzwerklicenzen	Miete (bis zum nächsten April)	Institute und Endnutzer
Ansys	Netzwerklicenzen	Miete (unbefristet)	Nur Institute
Mathematica	Einzelplatz- und Netzwerklicenzen	Miete (bis 31.12.2019)	Nur Institute
Maple	Einzelplatz- und Netzwerklicenzen	Unbefristet (Netzlizenzen nur einige Versionen)	Nur Institute
Intel	Einzelplatz- und Netzwerklicenzen	Miete (bis 30.04.2018)	Nur Institute
SAS	Einzelplatzlizenzen	Miete (bis September 2017)	Institute und Endnutzer

Diese Modelle kommen typischerweise da zum Einsatz, wo es derzeit nicht möglich oder nicht wirtschaftlich ist, eine flächendeckende Pauschalversorgung (Flatrate/Campuslizenz) einzuführen (z.B. ist das bei den ESRI/ArcGIS-Lizenzen für die TUM, aber nicht für die LMU möglich). In der Regel reduziert eine Pauschalversorgung anfallenden Arbeitsaufwand sowohl in den Instituten als auch im LRZ. Der über das Tagesgeschäft erzielte Umsatz kann daher nicht ohne weiteres mit den Umsätzen der Vorjahre verglichen werden, da sich die Verbreitung von Pauschalverträgen von Jahr zu Jahr ändert.

Bei Bestellungen zu Microsoft-, Adobe- und Corel-Kauflizenzen kümmert sich das LRZ im Tagesgeschäft lediglich um Authentifizierung/Autorisierung der Besteller, Verteilung der Software, Beratung und Unterstützung bei der Bestellung, Lizenzierung und Aktivierung. Die kaufmännische Abwicklung erfolgt über Handelspartner. Dabei kommen jährliche Umsätze im sechsstelligen Bereich zustande. Bei den anderen teilweise in o. g. Tabelle aufgeführten Produkten mietet bzw. kauft das LRZ die Lizenzen selbst – auf der Grundlage der aggregierten Nachfrage in den Instituten. D.h. das LRZ tritt hier in Vorleistung und beteiligt die Institute an den Kosten.

Produkte aus Landesverträgen des LRZ (Novell/Micro Focus, Sophos, ESRI, auch Microsoft Premier Support) werden den bayerischen Universitäten und Hochschulen nach einem für die Laufzeit des zugrundeliegenden Vertrages festen Kostenschlüssel bereitgestellt (ESRI-Produkte werden an der LMU teilweise noch mit den Instituten einzeln abgerechnet). Ausnahmen sind z. B. der SPSS-Landesvertrag, bei dem die Anteile der Hochschulen entsprechend der jeweils bestellten Stückzahlen von Jahr zu Jahr schwanken, und der Adobe ETLA Individual Vertrag, bei dem die Hochschulen nach jeweiligem Bedarf unterjährig nachbestellen und bis zum Laufzeitende mieten. Für Novell, ESRI und SPSS fallen in Bayern pro Jahr niedrige sechsstellige Beträge an, für Sophos und Adobe ETLA Individual pro Jahr höhere fünfstellige Beträge.

Produkte aus einigen Bundesrahmenverträgen (Microsoft Bundesvertrag, Adobe ETLA Flatrate) werden direkt zwischen den ausgeschriebenen Händlern und den Lizenznehmern abgewickelt, ohne dass das LRZ involviert werden muss.

Tabelle 32: Die umsatzstärksten Kauflizenzen (nur MWN)

Hersteller/ Name	Beschreibung	Lizenzzahlen 2016	Bruttowert der 2016 beschafften Lizenzen
Microsoft (Select-Plus; v.a. LMU)	Anwendungen, Betriebssystem, Server	5.258	264.446 €
Adobe (CLP)	Kauflizenzen	1.916	70.463 €
Corel	Kauflizenzen	205	9.384 €
Systat	Datenanalyse und Datenpräsentation	34	11.773 €

Um die Adobe-Umsätze von 2016 mit denen der Vorjahre vergleichen zu können, müssen auch die Mietlizenzen aus dem Adobe ETLA per Desktop Vertrag betrachtet werden. Gegenüber ca. 450.000 Euro Umsatz in 2014 stehen im MWN in 2016 ca. 70.000 (CLP) + 85.000 (ETLA per Desktop) Euro. Dieser massive Einbruch zeigt, dass die von Adobe gebotenen Lizenzmodelle (nämlich nur „Cloud“ und Mietlizenzen anzubieten) im Hochschul Umfeld nicht gut ankommen. Ohne den Erfolg von ZKI und LRZ, mit dem „ETLA per Desktop“ Rahmenvertrag des LRZ eine seriennummerbasierte und auch ohne Clouddienste lauffähige Installation zu ermöglichen, wäre der Einbruch noch gravierender ausgefallen.

14.7.2 Betrieb von Lizenzservern für Kunden des LRZ

Das LRZ betreibt für ca. 30 unterschiedliche Softwarepakete Lizenzserver, die für die diversen Systeme am LRZ und je nach Paket auch für Systeme an der LMU, TUM und HM Netzwerklizenzen zur Verfügung stellen. Das angebotene Spektrum der Netzwerklizenzen beinhaltet vor allem technisch-wissenschaftliche Software wie Matlab, Maple, Mathematica, Ansys, Tecplot, etc. Einen weiteren Schwerpunkt bilden Lizenzen zur Softwareentwicklung wie Compiler, Debugger, Libraries und Tools zur Performanceanalyse.

Die Lizenzen auf diesen Lizenzservern stammen zum Teil aus den o. g. Verträgen, zum Teil aus LRZ-eigenen Anschaffungen, bei denen die Software selbst nur auf LRZ-eigenen Systemen den Nutzern zur Verfügung gestellt wird und zum Teil aus Beständen von Instituten die das LRZ um den Betrieb eines Lizenzservers gebeten haben (Lizenzhosting).

Der zentrale Betrieb der Lizenzserver auf ausfallsicheren Servern am LRZ erspart den Mitarbeitern an den Lehrstühlen und Instituten im MWN den Betrieb eigener Lizenzserver und bündelt gleichzeitig die Bestellungen bei den Software Herstellern, dadurch werden die Lizenzkosten durch entsprechende Rabatte für alle Anwender kostengünstiger. Im Bedarfsfall unterstützt das LRZ die Anwender im MWN bei der Anbindung ihrer Rechner an die Lizenzserver am LRZ.

14.8 Ausblick auf das 1. Quartal 2017

Zum neuen Microsoft-Bundesvertrag startet im 1. Quartal eine Händleraussschreibung in Bayern, eine weitere zur Beschaffung und Verlängerung von VMware-Lizenzen. Der Microsoft-Premier-Vertrag, der den Zugang der Hochschulen zu Supportleistungen von Microsoft regelt, wird zum Jahreswechsel überarbeitet und verlängert.

15 Gebäude und Infrastruktur

15.1 Gebäudemanagement

Das Hauptanliegen der Gebäudetechnik, den IT-Systemen eine verlässliche Betriebsumgebung zu bieten, wurde auch 2016 erreicht. Wegen der in 2014 und 2015 gehäuft aufgetretenen „Brownouts“ (Unterbrechung der Stromversorgung für weniger als eine Sekunde) wurden die Controller der Gebäudeautomation, zunächst im Bauabschnitt 2011, an das EV4-Netz (batteriegepufferte Stromversorgung) angeschlossen. Damit ist sichergestellt, dass die Gebäudeautomation nicht durch nicht eindeutige Signalzustände von Sensoren bei Netzwiederkehr beeinträchtigt wird, und mittels manueller Reset-Befehle an den Steuerschranken wieder in Betrieb genommen werden muss.

Bei der Optimierung der Kälteversorgungsinfrastruktur konnten durch in 2016 umgesetzte Anpassungen der Gebäudeautomationssoftware weitere Fortschritte erzielt werden. Im Warmwassernetz wurde die automatische Anpassung des Anlagenbetriebes an wechselnde Anforderungen seitens der IT-Systeme verbessert, sowie die Energieeffizienz gesteigert. Im Kaltwassernetz ist neben der Anpassung entsprechend dem Warmwassernetz zusätzlich eine geänderte Vorrangschaltung für die lastabhängige Anforderung der Kälteerzeugungsaggregate implementiert worden. Damit ist der in den letzten zwei Jahren gewonnenen Erkenntnis Rechnung getragen worden, dass der Grundwasserbrunnen wegen unzureichendem Wasseraufkommen nicht genutzt werden kann. Als Folge dieser Situation muss auf absehbare Zeit auf den für die Wintermonate vorgesehenen Betrieb ohne Kältekompressoren verzichtet werden. Es werden gegenwärtige Alternativen geprüft, die als Ersatzsysteme für die Grundwasserkühlung in Frage kommen könnten.

Die im 2015 mit hohem Kostenaufwand für das LRZ vorgenommenen Nacharbeiten an einem Teil der Lüftungsanlagen (v. a. Kühlung der statischen USVs im BA 2011) haben erfreulicher Weise zur dauerhaften Betriebsstabilisierung geführt. Aber der Bereich Lüftungstechnik zählt weiterhin zu den Baustellen, da zusätzliche, versteckte Mängel aufgetreten sind. Darüber hinaus war es erforderlich, provisorische Mängelbehebungen aus der Inbetriebnahme zu dauerhaft wirksamen Lösungen weiterzuführen.

Das Haustechnikpersonal ist nach wie vor sowohl durch die Mitwirkung bei der Vorbereitung und Begleitung von Nachbesserungen als auch den „normalen“ Serviceeinsätzen stark beansprucht. Da sich hier keine baldige Besserung abzeichnet, erfolgten personelle Verstärkungen seitens des LRZ.

Im Einzelnen wurden 2016 folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Austausch der kompletten Steuerungshardware im Bauabschnitt 2005 sowie punktuelle Anpassung der Software an den aktuellen Stand der vorhandenen Umgebung (Sensoren, Aktoren). Überprüfung und Anpassung der Kommunikationsparameter zur Optimierung der Kommunikation der Stationen des Bauabschnitts 2005 an die im Zuge des Bauabschnitts 2011 gelieferte Gebäudeleittechnik. Hierdurch wurde der Abkündigung der alten Hardware durch den Hersteller und der punktuell zu beobachtenden erhöhten Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit Rechnung getragen.
- Umstellung der Pumpensteuerungen der Versorgungskreise der Kaltwasserkühlung zur automatischen Anpassung der Umlaufmengen an die aktuelle Wärmeerzeugung der IT-Systeme entsprechend zu der im Vorjahr erfolgten Umstellung bei der Warmwasserkühlung. Hierdurch wird die benötigte elektrische Leistung der Pumpen bedarfsgerecht variiert und die aus dem Netz entnommene Kaltwassermenge an die aktuell erforderliche Kälteleistung angepasst.
- Die Anpassung von Regelungs- und Steuerungssoftware im Kälte-Manager der Warmwasserkühlung zur Synchronisierung der vom Netz angeforderten Kälteleistung mit der angeforderten Umlaufmenge des Kältemediums (Wasser). Mit dieser Maßnahme wurde die in 2015 vorgenommene Umstellung der Pumpensteuerungen der Versorgungskreise ergänzt, um eine durchgehende Abstimmung von Kälteleistung und Wassermengen über alle Bereiche (Erzeugung, Verteilung, Versorgung) zu gewährleisten.
- Anpassung der Regelungs- und Steuerungssoftware im Kälte-Manager und den Versorgungskreisen der Kaltwasserkühlung analog zu den Änderungen in der Warmwasserkühlung.
- Nachrüstung von Messstellen bei einer Raumluftanlage sowie Anpassung der Steuerung mehrerer Raumluftanlagen. Diese Maßnahme war erforderlich, um den in den Sommermonaten auftretenden sehr verschleißfördernden Taktbetrieb der Oberflächenkühler zu unterbinden. Dies war äußerst dringend, da ein Kühler bereits ersetzt werden musste.
- Kältebrunnen
Um den für eine energieeffiziente Kaltwassererzeugung installierten Grundwasserbrunnen doch noch nutzen zu können, wurden 2016 mehrere Testbetriebsphasen gefahren, die aber

jeweils nach wenigen Tagen Betrieb wieder abgebrochen werden mussten. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass sich die seit 2014 bestehende Lage (zu geringe Ergiebigkeit und zu hohes Temperaturniveau) nicht geändert hat. Dies bedeutet, dass der Brunnen für eine dauerhafte Kälteerzeugung im LRZ nicht nutzbar ist. Es ist daher erforderlich, das Betriebskonzept der Kühlungsinfrastruktur mit Bezug auf die installierten Kältemaschinen neu zu bewerten. Hierzu sind im LRZ eine Reihe von Einzelvorhaben angegangen worden, die von der Markterierung bis zum Betrieb von Pilotsystemen reichen.

Eine herausfordernde Nacharbeit war 2016 bei den Rückkühlwerken im BA 2011 erforderlich. Im Dezember 2015 musste der Dunsturm kurzfristig außer Betrieb genommen werden, da das Einspeisekabel eines Ventilatormotors durch eine Positionsveränderung der gesamten Konstruktion gequetscht wurde. Die Untersuchung der Ursachen für die Bewegung des Rückkühlwerkes, das ein Gewicht von ca. sechzehn Tonnen hat, förderte ein für alle Beteiligten überraschendes und zu höchster Besorgnis Anlass gebendes Bild zu Tage. Die als „höherwertiger“ Erschütterungsschutz gedachten, aus drei Lagen aufgebauten Schwingungsdämpfer, die je Rückkühlwerk in einem vorgegebenen Raster zwischen der Unterseite und der Unterkonstruktion angeordnet waren, hatten begonnen, in ihre Einzelteile zu zerfallen und waren verrutscht. Dies führte zu statisch unbestimmten Zuständen, die ein sofortiges Handeln erforderten.

Ohne Verzug wurden über das staatliche Hochbauamt Planer und Firmen für die Ursachenanalyse sowie die Erarbeitung eines Sanierungskonzeptes aktiviert. Die Sanierung wurde im April/Mai 2016 umgesetzt und umfasste für jedes Rückkühlwerk die folgenden Schritte:

- Trennung aller Anschlüsse,
- Herunterheben der Rückkühlwerke mit einem Spezialkran,
- Ertüchtigung der Unterkonstruktion mit angepassten Profilen,
- Aufbringen von Schwingungsdämpfern in Streifenform auf die Unterkonstruktion,
- Wiedereinheben und Wiederaufstellung des Rückkühlwerkes,
- Wiederstellung der Medienanschlüsse,
- Funktionstest und Wiederinbetriebnahme des Rückkühlwerkes.
-



Abbildung 60: Instandsetzung der Rückkühlwerke

Die Reihenfolge der Rückkühlwerke wurde unter Berücksichtigung der betrieblichen Erfordernisse festgelegt.

Wenngleich durch die 2016 umgesetzten Maßnahmen wieder deutliche Fortschritte bei der Stabilisierung und Optimierung der Gebäudeinfrastruktur erzielt werden konnten, erweist sich deren Anpassung immer klarer als Daueraufgabe mit folgenden gleichzeitig zu bearbeitenden Schwerpunkten: Abarbeitung von zyklischen „Verschleißspeaks“, nachträgliche Bearbeitung von versteckten Mängeln, Vorbereitung der Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) auf neue Rechnersysteme.

15.2 Energieeffizienz

Im Vordergrund der Aktivitäten zur Gewährleistung eines energieeffizienten Rechenzentrumsbetriebes stand 2016 die Vervollständigung des Messstellennetzes zur Erfassung der elektrischen Leistungsaufnahme der Nebensysteme, sowie der Qualitätsverbesserung der für die Auswertungen herangezogenen Daten.

Durch die umgesetzten Maßnahmen im Bereich der Pumpen- und Netzsteuerung der beiden Kältenetze wurden die Voraussetzungen geschaffen, weitere Optimierungspotentiale, wie z. B. den Ersatz der hydraulischen Weichen im Warmwasserkühlnetz, näher zu untersuchen. Hierzu wird das LRZ in Kooperation mit der Hochschule München eine Bachelorarbeit der Fakultät Energie- und Gebäudetechnik betreuen. Darüber hinaus wurde im Rahmen eines internen Projektes die Nutzung neuronaler Netze für Prognosen der Auswirkung von Randbedingungen (v. a. Witterung) auf die Leistungsfähigkeit von freier Kühlung untersucht.

16 Personal

Die Anzahl der Mitarbeiter im LRZ ist im Jahre 2016 weiter angestiegen. Wie in den Vorjahren auch konnten offene Stellen teilweise gar nicht bzw. erst nach mehrfachen Ausschreibungen erfolgreich besetzt werden. Am stärksten betroffen waren Ausschreibungen für Stellen mit einem Bachelor-Abschluss bzw. für Techniker (Gebäudetechnik). So waren Ende 2016 am LRZ 183 Mitarbeiter und 60 wissenschaftliche und studentische Hilfskräfte beschäftigt. Wie in den Vorjahren wurden wieder zwei Auszubildende (ein IT-System-Elektroniker und ein Fachinformatiker der Richtung Systemintegration) am LRZ eingestellt, eine weitere ist im zweiten Lehrjahr hinzugestoßen. Eine Auszubildende hat ihre Ausbildung erfolgreich abgeschlossen.

Zahlreiche Vorträge auf Konferenzen und Fachtagungen, viele wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie der erfolgreiche Abschluss einer Promotion belegen zudem die Kompetenz des LRZ. Eine Liste der Publikationen und wissenschaftlichen Veröffentlichungen findet sich unter

<https://www.lrz.de/forschung/wissenschaftliche-arbeiten/2016/>

<https://www.lrz.de/forschung/publikationen/2016/>

Zwei Mitarbeiter erhielten einen Ruf auf eine Professur an einer Universität.

17 Zahlen und Fakten

17.1 Verwaltung

Tabelle 33: Personalstand, Neueinstellungen und Abgänge 2016

Personalstand (31.12.2016)	
183	Mitarbeiter
60	Stud. und wiss. Hilfskräfte

Neueinstellungen	
12	Wiss. Mitarbeiter
4	Techn. Angestellte
1	Verwaltungsangestellte
3	Auszubildende
20	Stud. und wiss. Hilfskräfte

Abgänge	
11	Wiss. Mitarbeiter
5	Techn. Angestellte
1	Verwaltungsangestellte
12	Stud. Und wiss. Hilfskräfte

Tabelle 34: Dienstreisen 2016

Dienstreisen	
212	Inland
150	Ausland
362	Insgesamt

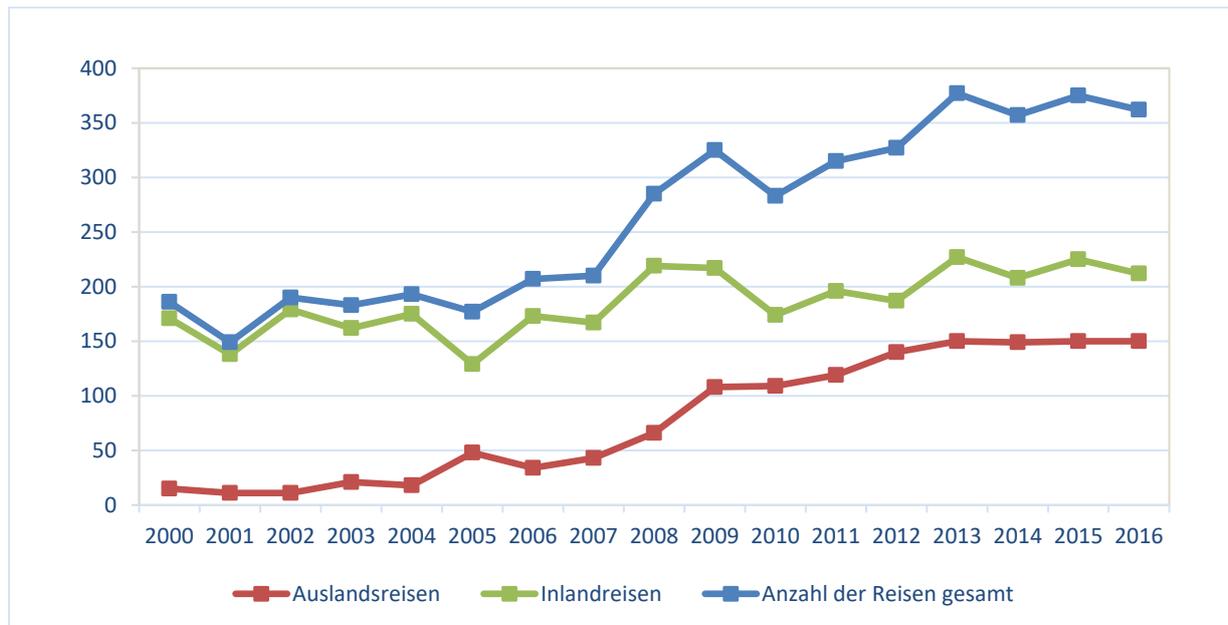


Abbildung 61: Entwicklung des Dienstreiseaufkommens

Tabelle 35: Buchungen 2016

Buchungen	
1.386	Rechnungen
3.581	Normaler Haushalt (TG 74)
571	Höchstleistungsrechner (TG 75)
1.354	Drittmittel
6.892	Insgesamt

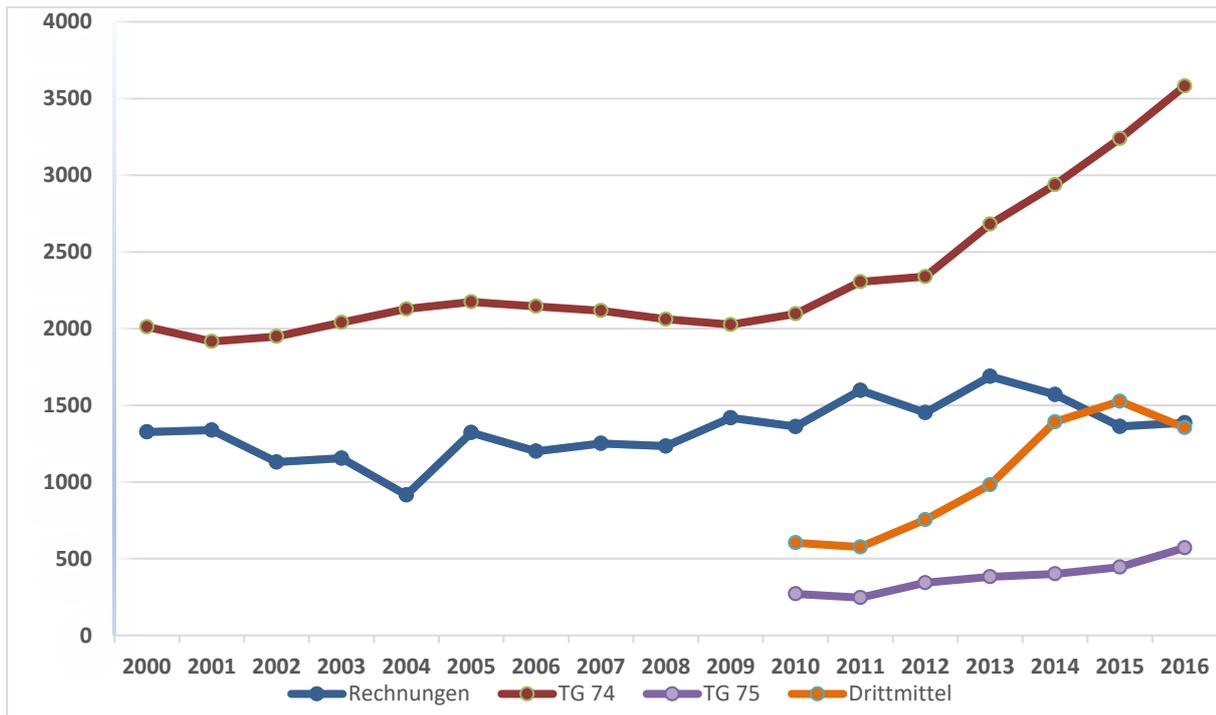


Abbildung 62: Entwicklung des Buchungsaufkommens

Tabelle 36: Haushalt - Inventarisierung

Inventarisierungen	
3.681	IT-System spezifische Geräte
139	Sonstige (Möbel, usw.)
3.820	Insgesamt

Tabelle 37: Stromverbrauch 2016

2016	
5.990 kW	Lastspitze (15 min Intervall)
42.940 MWh	Verbrauch insgesamt

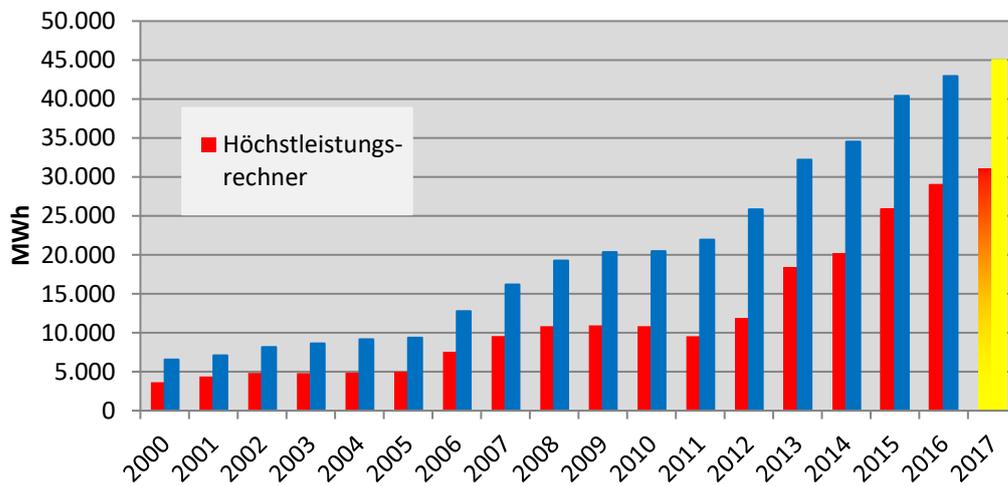


Abbildung 63: Entwicklung des Stromverbrauchs

17.2 E-Mail und Exchange

Tabelle 38: E-Mail und Exchange

E-Mail und Exchange	gerundet
Exchange-Postfächer	71.500 mit 24 TByte
POP/IMAP-Postfächer	92.000 mit 11 TByte
E-Mail-Verteilerlisten	1.382
Eintreffende E-Mails/Tag	860.460
• davon angenommen	210.605 (24,5 %)
• davon abgelehnt (Spam- und Virenmails)	649.855 (75,5 %)
Server für E-Mail-Dienste	35
Server für Exchange	24

17.3 Poster und Schriften

Tabelle 39: Poster und Schriften

Großformat Poster - Schriften	
Großformat Poster insgesamt	3.948
• am LRZ abgegeben	1.315
• Bibliothek der LMU	1.338
• Bibliothek der TUM	1.048
• Biozentrum der LMU	247
Schriften - Umsatz	1.741

17.4 Benutzerverwaltung und Shibboleth

Tabelle 40: Benutzerverwaltung und Shibboleth

Benutzerverwaltung und Shibboleth	
Master User	2.336
LRZ-Projekte	2.031
• Davon SuperMUC-Projekte	672
Authentifizierungen pro Woche am TUM Identity Provider	Ø 93.600 max. 179.000
Authentifizierungen pro Woche am LMU Identity Provider	Ø 24.900 max. 76.000
Server für Benutzerverwaltung, Directorys und DFN-AAI	32

17.5 Höchstleistungsrechner

Tabelle 41: Kennzahlen des Höchstleistungsrechners SuperMUC im Endausbau

Installation Phase	Phase 1			Phase 2
	2011	2012	2013	
Installation-Zeitpunkt	2011	2012	2013	2015
Insel-Typ	Fat Nodes	Thin Nodes	Many Core	Medium Nodes
Prozessor-Typ	Westmere	Sandy Bridge	Knights Corner / Ivy Bridge	Haswell
Gesamtzahl Cores	8,200	147,456	3,840 (Phi)	86,016
Peak-Leistung [PFlop/s]	0.078	3.2	0.064 (Phi)	3.58
Hauptspeicher [TByte]	52	288	2.56	194
Anzahl Inseln	1	18	1	6
Typischer Energieverbrauch	< 2.3 MW			~1.1 MW

17.6 Hochleistungs-Linux-System

Aus mehreren heterogenen Segmenten zusammengesetzter Linux-Cluster, der aus ca. 1.050 Komponenten mit insgesamt 82 TByte Hauptspeicher besteht, die mit 1 oder 10 Gbit-Ethernet oder Infiniband vernetzt sind. Er dient zur Bearbeitung üblicher, auf Linux verfügbarer Anwendungsprogramme und für Programme, die mittels MPI und/oder OpenMP parallelisierbar sind.

Tabelle 42: Hochleistungs-Linux-Systeme (ohne SuperMUC)

Systemdaten				Aufgabe
Anzahl der Komponenten	Typ der Komponenten	Anzahl der Prozessoren der Komponenten	Hauptspeicher der Komponenten	
1	SUN X4100 Opteron, 2600 MHz	4	8 GB	Komponente des Linux-Clusters: Zentraler nagios-Überwachungsserver
14	Lenovo/IBM NeXtScale nx360M5 WCT Knoten mit je zwei 14-Core Intel Haswell E5-2697 Prozessoren	392	896 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Geodäsie der TU-München
9	SUN 4600 Opteron, 2800 MHz	288	576 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Mathematik der TU-München

Systemdaten				Aufgabe
Anzahl der Komponenten	Typ der Komponenten	Anzahl der Prozessoren der Komponenten	Hauptspeicher der Komponenten	
3	Dell PowerEdge R920 vier 12-Core E7-8857 v2	144	3072 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Mathematik der TU-München
16	Lenovo/IBM NeXtScale nx360M5 WCT Knoten mit je zwei 14-Core Intel Haswell E5-2697 Prozessoren	448	2048 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Chemie der TU-München (Prof.Ville Kaila)
35	MEGWARE Xeon X3230, 2667 MHz	140	280 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der Bayerischen Staatsbibliothek
24	Lenovo/IBM NeXtScale nx360M5 WCT Knoten mit je zwei 14-Core Intel Haswell E5-2697 Prozessoren	672	1536 GB	Komponente des Linux-Clusters: LCG Tier-2 Rechen-Knoten
32	DELL Xeon L5640, 2261 MHz	384	1152 GB	Komponente des Linux-Clusters: LCG Tier-2 Rechen-Knoten
16	DELL Xeon E5-2660, 2600 MHz	256	1024 GB	Komponente des Linux-Clusters: LCG Tier-2 Rechen-Knoten
19	DELL Xeon L5640, 2261 MHz	456	512 GB	Komponente des Linux-Clusters: LCG Tier-2 dCache-Knoten
16	DELL Xeon E5-2630, 2300 MHz	196	512 GB	Komponente des Linux-Clusters: LCG Tier-2 dCache-Knoten
2	MEGWARE Quad-Core Opteron, 2400 MHz	32	128 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten des LMU Exzellenz-Cluster
20	MEGWARE Xeon L5420, 2500 GHz	160	640 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten des LMU Exzellenz-Cluster
112	MEGWARE Xeon L 5420, 2500 GHz	896	1792 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten des LMU Exzellenz-Cluster
1	MEGWARE Xeon E5504, 2000GHz	4	12 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU, LS Prof. Ruhl
12	MEGWARE Xeon X5500, 2660GHz, Je 1 Nvidia GPU	96	576 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU, LS Prof. Ruhl

Systemdaten				Aufgabe
Anzahl der Komponenten	Typ der Komponenten	Anzahl der Prozessoren der Komponenten	Hauptspeicher der Komponenten	
4	MEGWARE AMD Opteron, Je 1 NVIDIA GPU	192	1024 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU, LS Prof. Ruhl
19	Sysgen Intel Xeon	304	2432 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU, LS Prof. Scrinzi
1	SGI UV 2000 Sandy Bridge CPUs (8) (NVidia GPUs)	320	5000 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU, LS Prof. Frey
4	SGI UV 20 Sandy Bridge CPUs	128	1024 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU, LS Prof. Frey
2	SGI UV 30 Haswell CPUs	80	512 GB	Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU, LS Prof. Frey, Prof. Broedersz
183	MEGWARE CoolMUC, AMD Opteron 6128HE, 2000 MHz	2928	2928 GB	X86_64-MPP-Rechner 2 Prozessorsockel pro Knoten 16 Prozessorkerne pro Knoten 1 GB pro Prozessorkern
63	MEGWARE Unterschiedliche Architekturen, teilw. Mit Beschleunigern	1904	11200 GB	Wird für die Informatik der TUM gehostet; Einsatz für Forschung an aktuellen Systemen sowie auch an Kühltechnologien.
384	Lenovo/IBM wassergekühlte NeXtScale nx360M5 WCT Knoten mit je zwei 14-Core Intel Haswell E5-2697 Prozessoren	10752	24576 GB	Parallelrechner „CoolMUC2“, der für den allgemeinen Benutzerbetrieb zur Verfügung steht.
4	Lenovo/IBM luftgekühlte Haswell Server-Knoten	80	384 GB	Login- und Management-Server für CoolMUC2

17.7 Hochleistungs-Graphik-System

Tabelle 43: Hochleistungs-Graphik-System

System	Hersteller und System-Typ	Struktur	Systemdaten (Bei Systemen, die aus mehreren Komponenten bestehen, stehen die Daten der einzelnen Komponenten in den Zeilen darunter)				Aufgabe
			Anzahl der Komponenten	Typ der Komponenten	Anzahl der Prozessoren der Komponente	Hauptspeicher der Komponente	
Remote Visualisierungs Cluster Rvs/Super-MUC	IBM System x iDataplex dx360 M4 server	serielles Batch-Cluster (unter SLURM)	8 (6 für Benutzerbetrieb)	Intel Xeon E5-2690, 2.9 GHz, NVidia Kepler GPU K20	2 CPUs (16 Kerne), 1 GPU	128 GB	Remote Visualisierung von Super-MUC Datensätzen
Remote Visualisierungs Cluster Vis/Super-MUC	Lenovo NeXtScale nx360M5 WCT	serielles Batch-Cluster (unter LoadLeveler)	3	Intel Xeon E5-2697v3, 2.6 GHz, NVidia Kepler GPU K40	2 CPUs (28 Kerne), 1 GPU	256 GB	Remote Visualisierung von Super-MUC Datensätzen

17.8 Datenspeicher

Die Tabelle gibt differenziert nach Speicherarchitektur einen Überblick über die Bruttokapazität der Plattenspeichersysteme des LRZ Ende 2016 und deren primäre Verwendung. Die tatsächliche Nutzspeicherkapazität ist um ein Viertel bis ein Drittel geringer, je nachdem wie redundant das System konfiguriert ist (RAID, Checksummen, Hotspare).

Auf die NAS-Speicher wird im LAN/WAN über die Protokolle CIFS und NFS und zugegriffen. Die SAN-Plattensysteme sind mit den Rechnern und Bandlaufwerken über die Speichernetz-Infrastruktur verbunden.

Tabelle 44: Bruttokapazitäten Online-Speicher (NAS + SAN)

Typ	Modell	Anwendung	Kapazität
NAS	4 x NetApp FAS 6280	Speicher für MWN Cloud Storage, Sync+Share, NFS-Dateidienste, Linux-Mailsysteme	2.400 TB
NAS	2 x NetApp FAS 6280	Replikationssystem für MWN Cloud Storage, Sync+Share, NFS-Dateidienste, Linux-Mailsysteme	1.824 TB
NAS	4 x NetApp FAS6290	Speicher für VMWare (inkl. Replikation)	675 TB
NAS	2 x NetApp FAS 3170	Speicher für LZA-Projekte der BSB	730 TB
NAS	16 x NetApp FAS 6280	Projektspeicherplatz für SuperMUC	5.000 TB
NAS	6 x NetApp FAS 6280	Replikation Projektspeicherplatz für SuperMUC und VMware	4.224 TB
NAS	2 x NetApp FAS 3170	Metrocluster für Hochschulstart.de	74 TB
NAS	1x DDN SFA12KX GridScaler (GPFS)	Data Science Storage	2.300
NAS	1x DDN SFA12KX GridScaler (GPFS)	TSM Disk Cache + Backup to Disk	5.600
NAS Gesamt			22.827 TB
SAN	9 x IBM DS3500	Cache für Archiv- und Backupsystem	1927 TB
SAN	3 x SUN 6780	DB+Cache für Archiv- und Backupsystem	486 TB
SAN	2 x IBM StorWize SSD	DB für Archiv- und Backupsystem	10 TB
SAN	1x Dell PowerVault	DB+Cache für Archiv- und Backupsystem	180 TB
SAN	2x>NetApp EF560 AllFlash	DB für Archiv- und Backupsystem	150 TB
SAN Gesamt			2.753 TB
Gesamt NAS+SAN			25.680 TB

Unter Nearline-Systemen versteht man Speicher, die nicht in direktem Zugriff sind. Der Datenträger (in der Regel eine Kassette) muss erst in ein Laufwerk geladen werden. Tabelle 45 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.

Tabelle 45: Kapazitäten der Nearline-Speicher

Verbund	Library	Anzahl	Laufwerke	TB pro Cart.	Kassetten	Kapazität in PB
DRABS	IBM TS3500	7	LTO-5	1,5	5.999	9,00
		8	LTO-6	2,5	6.700	16,75
HABS	Oracle SL8500		LTO-6	2,5	1.293	3,23
		71	LTO-7	6	7.000	42,00
	IBM TS3500		LTO-5	1,5	4.598	6,90
		25	LTO-6	2,5	4.900	12,25
LABS	IBM TS3500	10	LTO-4	0,8	2.414	1,93
		8	LTO-5	1,5	1.759	2,64
	Oracle SL8500	16	LTO-4	0,8	3.075	2,46
		16	LTO-5	1,5	3.791	5,69
		26	LTO-6	2,5	4.550	11,38
Gesamt		187			46.079	114,22

17.9 Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)

Tabelle 46: Das MWN in Zahlen

MWN in Zahlen	2015	2016
Netzkomponenten im Management	4.600	5.600
Switches	1.500	1.780
Access Points	3.000	3.420
Ports (Kupfer)	94.400	102.000
Ports (Glas)	10.200	9.600
Bandbreite des Internet-Zugangs (X-WiN)	23,6 Gbit/s	23,6 Gbit/s
Bandbreite des Internet-Zugangs (M-net)	10 Gbit/s	10 Gbit/s
Datenmenge pro Monat am Internet-Übergang		
eingehend	1,6 PB	2,1 PB
ausgehend	0,8 PB	0,9 PB
Wohnheime		
Angeschlossene Heime	52	54
Versorgte Wohnheimplätze	12.600	12.900
Dienste		
WLAN		
• Maximum der gleichzeitigen Nutzer im 5 Minuten Mittel	33.200	37.200
• Verschiedene Geräte im WLAN	300.000	300.000
• Kongresse und Tagungen	527	604
VPN		
• Maximale Anzahl gleichzeitiger Verbindungen	3.800	3.000
• Maximale Anzahl von Sessions pro Monat	270.000	270.000
• Maximales Datenvolumen pro Monat	60 TB	604
DNS		
• Verwaltete Domains	2.300	2.400
• Eingetragene IPv4 Adressen	370.000	374.000
DHCP		
• Verwaltete Adressen	387.000	390.000
IPv6; Geräte mit nativem IPv6	117.000	120.000
Netzverantwortliche in Instituten	1.028	1.066

17.10 Netzkomponenten im MWN

17.10.1 Router

Tabelle 47: Netzkomponenten im MWN: Router

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	2	16	137	245	0
4	Cisco Nexus 7010	RZ-Router	0	12	242	0	0
2	Cisco Catalyst 6509	Firewall	0	0	2	0	0
2	Cisco ASR1001-X	Anbindung Triesdorf	0	0	0	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	47	35
2	Cisco 891	Standortanbindung	0	0	0	1	3
2	Cisco 1921	Site2Site VPN	0	0	0	4	0
2	F5 BigIP 8900	Server Load Balancer	0	0	4	0	0
72	Router gesamt		2	28	385	307	40

17.10.2 Switch-Komponenten

Tabelle 48: Netzkomponenten im MWN: Switches

Anzahl	Hersteller/Typ	verfügbare Ports		verfügbare Geschwindigkeiten		
		TP (Kupfer)	LWL	100/1000	10GE	40GE
24	Comware 5900 / 5700 / 7900	768	589	192	1.004	161
580	HP 5412(R)zl / 5406(R)zl	58.731	7.029	64.313	1.405	42
30	HP E6600-24XG/-24G-4XG	22.719	-	470	4	-
70	HP E6600-48G-4XG	5.084	-	787	-	-
5	HP 3500yl-24G-PoE+	864	13	-	159	-
70	HP 3500yl-48G-PoE+	5.084	-	787	-	-
31	HP 3800 / HP3810	137	-	7	-	-
169	HP 4208vl / 4204vl	18.228	557	18.782	3	-
46	HP 4108gl / 4104gl	3.761	496	4.257	-	-
22	HP 2920-48G / -24G	668	30	672	26	-
39	HP E2910al-48G / -24G	1.501	36	1.509	28	-
32	HP2900-48G / -24G	1.424	29	1.368	85	-
45	HP E2810-48G / -24G	1.467	45	1.512	-	-
8	HP3400cl-48G	382	2	384	-	-
58		1.769	31	1.800	-	-
45	HP 2848 / 2824	1.467	45	1.512	-	-
14	HP E2620-48 / -24	388	13	401	-	-
201	HP E2610-48 / -48pwr	5.824	98	5.922	-	-
208	HP E2610-24 / -24pwr	6.086	-	118	-	-
82		787	33	820	-	-
201	HP E2610-24/12pwr	5.824	98	5.922	-	-
208	HP E2615-8-PoE	6.086	-	118	-	-
82	HP E2915-8G-PoE	787	33	820	-	-
95	HP 2650 / HP 2626	923	-	27	-	-
70		2.579	54	2.633	-	-
11	HP 2510G-48 / HP 2510G-24	289	9	298	-	-
1	HP 2520G-48 / -24 / -24PoE	24	-	24	-	-
95	HP 2530-48/-24, HP2530-8Gpwr	2.108	62	2.168	2	-
220	Microsens-Einbauswitches	1.314	219	1.533	-	-
1	Cisco Nexus7000	-	288	-	288	-
1.784	Switches gesamt	102.012	9.620	108.588	2.841	203

17.10.3 WLAN-Komponenten

Tabelle 49: Netzkomponenten im MWN: WLAN-Komponenten

Anzahl	Hersteller/Typ	Verwendung	Standards	Radios
1329	Alcatel-Lucent AP-135	Access Point	802.11a/g/n	2
13	Alcatel-Lucent AP-134	Access Point	802.11 a/g/n	2
195	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
950	Alcatel-Lucent AP-325	Access Point	802.11ac w2/a/g/n	2
30	Alcatel-Lucent AP-275	Access Point	802.11ac/a/g/n	2
8	Alcatel-Lucent OAW-4650EU	Controller		
260	HP MSM 310	Access Point	802.11b/g	1
42	HP MSM 320	Access Point	802.11a/b/g	2
308	HP MSM 422	Access Point	802.11a/g/n	2
407	HP MSM 460	Access Point	802.11a/g/n	2
30	HP MSM 466	Access Point	802.11a/g/n	2
3571	WLAN gesamt			

17.10.4 Netz-Server

Tabelle 50: Netzkomponenten: Server

Anzahl	Hersteller/Typ	Verwendung	Betriebs-system	Prozesso-ren	Haupt-speicher
6	Cisco ASA5540	VPN-Server	proprietär		
2	Cisco ASA5585-X	VPN-Server	proprietär		
1	Cisco 3030E	VPN-Server	proprietär		
2	Cisco AS5350XM	Modem/ISDN-Server, SIP-Gate-way	proprietär		
2	Cisco ASA5580	Firewall	proprietär	2	24 GB
1	Meinberg Lantime M300	NTP-Server	Linux	1	256 MB
1	Meinberg Lantime	NTP-Server	Linux	1	32 MB
13	Dell PowerEdge R610	DNS/DHCP-Server Security-Server	Linux	26	208 GB
5	Dell PowerEdge R620	Netzmanagement	Linux	10	80 GB
2	Sun Fire X4100	Radius	Linux	4	8 GB
8	Sun Fire X4100	Monitoring	Linux	8	8 GB
7	PCEngines APU1	Monitoring	Linux	7	28 GB
1	Dell Power Edge 1650	DSL-Testsystem	Linux	1	256 MB
12	HP DL 380	Virt. Firewalls	VMware	24	1536 GB
3	HP DL 380	VoIP-Server	Linux	6	96 GB
1	HP DL 380	Monitoring	Linux	2	32 GB
67	Server gesamt				



Mit uns können Sie rechnen!



Leibniz-Rechenzentrum
Boltzmannstraße 1
85748 Garching b. München

Telefon: +49 89 35831 - 8000
Telefax: +49 89 35831 - 9700

E-Mail: lrzpost@lrz.de
Internet: www.lrz.de