



Leibniz-Rechenzentrum  
der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

# Jahresbericht 2015

lrz

**Juli 2016**

**LRZ-Bericht 2016-01**

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                                                                  |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Abbildungsverzeichnis .....                                                                                                                                                      | vii      |
| Tabellenverzeichnis .....                                                                                                                                                        | ix       |
| <b>Vorwort</b> .....                                                                                                                                                             | <b>1</b> |
| <b>1 Highlights - Die wichtigsten Ereignisse am LRZ 2015</b> .....                                                                                                               | <b>3</b> |
| 1.1 Inbetriebnahme der Phase 2 des SuperMUC .....                                                                                                                                | 3        |
| 1.2 Inbetriebnahme CoolMUC-2.....                                                                                                                                                | 3        |
| 1.3 Dritter Extreme Scaling Workshop .....                                                                                                                                       | 4        |
| 1.4 Zu jeder Zeit, an jedem Ort: <i>LRZ Sync+Share</i> .....                                                                                                                     | 5        |
| <b>2 Forschung und Projekte</b> .....                                                                                                                                            | <b>6</b> |
| 2.1 Forschungskoordination und Projektmanagement.....                                                                                                                            | 6        |
| 2.2 Projekte, an denen sich das LRZ beteiligt.....                                                                                                                               | 6        |
| 2.3 Automatic Online Tuning (AutoTune) .....                                                                                                                                     | 6        |
| 2.4 Climex.....                                                                                                                                                                  | 8        |
| 2.5 ComPat.....                                                                                                                                                                  | 9        |
| 2.6 Dynamical Exascale Entry Platform / Extended Reach (DEEP/-ER) .....                                                                                                          | 9        |
| 2.7 Energieseminar .....                                                                                                                                                         | 11       |
| 2.8 Energy Aware Scheduling .....                                                                                                                                                | 11       |
| 2.9 European Exascale Software Initiative 2 (EESI2) .....                                                                                                                        | 11       |
| 2.10 Flexibles Framework zur Energie- und Performanceanalyse hochparalleler<br>Applikationen im Rechenzentrum (FEPA).....                                                        | 12       |
| 2.11 Intel Parallel Computing Center (IPCC) .....                                                                                                                                | 14       |
| 2.12 KONWIHR Software-Initiative.....                                                                                                                                            | 16       |
| 2.13 Mont-Blanc & Mont-Blanc 2.....                                                                                                                                              | 17       |
| 2.14 Mr. SymBioMath .....                                                                                                                                                        | 18       |
| 2.15 Power Data Aggregation Monitor (PowerDAM).....                                                                                                                              | 18       |
| 2.16 PRACE .....                                                                                                                                                                 | 19       |
| 2.16.1 PRACE Third Implementation Phase Project (PRACE-3IP) .....                                                                                                                | 19       |
| 2.16.2 PRACE Fourth Implementation Phase Project (PRACE-4IP) .....                                                                                                               | 19       |
| 2.17 Simulation und Optimierung des Energiekreislaufs von Rechenzentrums-<br>Klimatisierungsnetzen unter Berücksichtigung von Supercomputer-Betriebsszenarien<br>(SIMOPEK) ..... | 21       |
| 2.18 Virtuelles Alpen-Observatorium II (VAO-II) .....                                                                                                                            | 22       |
| 2.19 Virtual Earthquake and Seismology Research Community in Europe<br>e-Science Environment (VERCE).....                                                                        | 23       |
| 2.20 Standardisierungsaktivitäten im Bereich der parallelen Programmierung .....                                                                                                 | 25       |
| 2.21 Mitarbeit in Initiativen zur Förderung und Weiterentwicklung von HPC-Technologien<br>in Europa .....                                                                        | 26       |
| 2.21.1 ETP4HPC .....                                                                                                                                                             | 26       |
| 2.21.2 GASPI.....                                                                                                                                                                | 26       |
| 2.21.3 GÉANT GN3plus .....                                                                                                                                                       | 26       |

|          |                                                                            |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.21.4   | Safe And Secure European Routing (SASER).....                              | 29        |
| <b>3</b> | <b>Darstellung des LRZ in der Öffentlichkeit.....</b>                      | <b>32</b> |
| 3.1      | Allgemeine Öffentlichkeit und Medien – PR.....                             | 32        |
| 3.2      | Hochleistungsrechnen.....                                                  | 32        |
| 3.2.1    | Supercomputing Konferenzen.....                                            | 32        |
| 3.2.2    | Publikationen des LRZ zusammen mit den GCS Partnern.....                   | 33        |
| 3.2.3    | Flyer für rechen- und datenintensive Forschung.....                        | 34        |
| <b>4</b> | <b>IT-Service Management.....</b>                                          | <b>36</b> |
| 4.1      | Einführung des Service-Management-Systems.....                             | 36        |
| 4.2      | Incident und Service Request Management.....                               | 36        |
| 4.3      | Change und Configuration Management.....                                   | 36        |
| 4.4      | Service Portfolio Management und weitere ITSM Prozesse.....                | 36        |
| 4.5      | Schulungen und weitere Aktivitäten.....                                    | 36        |
| 4.6      | Werkzeugunterstützung für das Service-Management-System.....               | 37        |
| 4.7      | Bestellbuch.....                                                           | 37        |
| <b>5</b> | <b>IT-Sicherheit.....</b>                                                  | <b>39</b> |
| 5.1      | Sicherheitsmanagement.....                                                 | 39        |
| 5.2      | Antivirus.....                                                             | 39        |
| 5.3      | WSUS.....                                                                  | 39        |
| 5.4      | Virtuelle Firewalls.....                                                   | 39        |
| 5.5      | Technische Aspekte des Sicherheitsmanagements.....                         | 41        |
| 5.5.1    | Secomat.....                                                               | 41        |
| 5.5.2    | Security Information & Event Management.....                               | 43        |
| 5.5.3    | Sicherheits- und Netzmanagement: Nyx.....                                  | 43        |
| 5.5.4    | Self-Service Portal; Sperr- und Entsperrmechanismen & Nessi.....           | 44        |
| 5.5.5    | Network Intrusion Detection.....                                           | 44        |
| <b>6</b> | <b>IT-Basisdienste.....</b>                                                | <b>46</b> |
| 6.1      | E-Mail.....                                                                | 46        |
| 6.1.1    | Absicherung der Mail-Kommunikation.....                                    | 46        |
| 6.1.2    | Statistiken zur Mailnutzung.....                                           | 47        |
| 6.2      | Exchange.....                                                              | 50        |
| 6.2.1    | Neue Kunden.....                                                           | 50        |
| 6.2.2    | Weiterer Ausbau der Infrastruktur.....                                     | 50        |
| 6.2.3    | Nutzung des Exchange-Dienstes.....                                         | 50        |
| 6.3      | Webhosting.....                                                            | 51        |
| 6.3.1    | Neuer Dienst GitLab.....                                                   | 51        |
| 6.3.2    | Nutzung TUM Moodle.....                                                    | 51        |
| 6.3.3    | Schulung: Einführung in das Webhosting-Angebot.....                        | 52        |
| 6.3.4    | Shibboleth für TUM-TYPO3.....                                              | 52        |
| 6.3.5    | Projekt BAdW-TYPO3.....                                                    | 52        |
| 6.3.6    | Neue Verzeichnis-Struktur und neues Update-Verfahren im MySQL-Betrieb..... | 52        |
| 6.3.7    | Virtualisierung Webserverfarm abgeschlossen.....                           | 52        |
| 6.4      | SharePoint.....                                                            | 53        |
| 6.5      | Desktop-Management.....                                                    | 53        |



---

|          |                                                                         |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.5.1    | Rechnerpools.....                                                       | 53        |
| 6.5.2    | TUM-PC.....                                                             | 54        |
| 6.5.3    | MWN-MAC.....                                                            | 55        |
| 6.6      | Benutzerverwaltung und Verzeichnisdienste .....                         | 55        |
| 6.6.1    | Benutzerverwaltung für LRZ-Dienste .....                                | 55        |
| 6.6.2    | MWN Active Directory.....                                               | 61        |
| 6.6.3    | DFN-AAI/Shibboleth .....                                                | 61        |
| 6.7      | Bibliotheksdienste.....                                                 | 62        |
| 6.7.1    | MDZ.....                                                                | 62        |
| 6.7.2    | Sicherheit.....                                                         | 62        |
| 6.7.3    | Software- und Konfigurationsmanagement .....                            | 63        |
| 6.7.4    | Monitoring .....                                                        | 63        |
| 6.7.5    | BVB Projekte .....                                                      | 64        |
| 6.8      | Digitale Geisteswissenschaften.....                                     | 64        |
| <b>7</b> | <b>Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C) .....</b>    | <b>65</b> |
| 7.1      | Vorträge.....                                                           | 65        |
| 7.2      | Veranstaltungen .....                                                   | 65        |
| 7.3      | Projekte.....                                                           | 66        |
| <b>8</b> | <b>IT-Server-Infrastruktur.....</b>                                     | <b>67</b> |
| 8.1      | Linux-Server .....                                                      | 67        |
| 8.1.1    | Virtuelle Server .....                                                  | 67        |
| 8.1.2    | Neubeschaffung Rackserver .....                                         | 67        |
| 8.1.3    | Aktualisierung der Betriebssysteme .....                                | 67        |
| 8.1.4    | Monitoring und Logdatenanalyse .....                                    | 68        |
| 8.1.5    | DarkCenter-Management .....                                             | 68        |
| 8.1.6    | Managed Hosting für hochschulstart.de .....                             | 68        |
| 8.1.7    | Systembetrieb der LRZ-Compute-Cloud .....                               | 68        |
| 8.2      | Windows .....                                                           | 68        |
| <b>9</b> | <b>Hochleistungssysteme und SuperMUC .....</b>                          | <b>69</b> |
| 9.1      | Höchstleistungsrechner SuperMUC .....                                   | 69        |
| 9.1.1    | Installation von Phase 2.....                                           | 69        |
| 9.1.2    | Betrieb.....                                                            | 70        |
| 9.2      | Vorbereitung der Beschaffung der nächsten Generation von SuperMUC ..... | 72        |
| 9.3      | Linux-Cluster.....                                                      | 73        |
| 9.3.1    | Betrieb.....                                                            | 73        |
| 9.4      | Nutzung des Linux-Clusters .....                                        | 73        |
| 9.5      | Anwendungs- und Benutzerunterstützung im Bereich HPC .....              | 75        |
| 9.5.1    | Supportanfragen .....                                                   | 75        |
| 9.5.2    | Benutzerverwaltung für die Hochleistungssysteme.....                    | 75        |
| 9.5.3    | Software für HPC Systeme.....                                           | 75        |
| 9.5.4    | Kurse und Ausbildung.....                                               | 76        |
| 9.6      | Application Labs .....                                                  | 76        |
| 9.6.1    | AstroLab .....                                                          | 76        |
| 9.6.2    | Big Data Lab .....                                                      | 77        |
| 9.6.3    | BioLab.....                                                             | 77        |
| 9.6.4    | CFDlab.....                                                             | 78        |
| 9.6.5    | GeoLab .....                                                            | 79        |

|           |                                                                                          |           |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>10</b> | <b>Datenhaltung</b> .....                                                                | <b>81</b> |
| 10.1      | Überblick .....                                                                          | 81        |
| 10.2      | Archiv- und Backupsystem .....                                                           | 81        |
| 10.3      | Data Science Storage .....                                                               | 84        |
| 10.4      | Online-Speicher .....                                                                    | 84        |
| 10.5      | LRZ Sync+Share .....                                                                     | 86        |
| <b>11</b> | <b>Cloud und Grid Aktivitäten</b> .....                                                  | <b>87</b> |
| 11.1      | Cloud.....                                                                               | 87        |
| 11.2      | Grid 89                                                                                  |           |
| 11.3      | Kurse, Ausbildung und Benutzerbetreuung.....                                             | 90        |
| <b>12</b> | <b>Münchener Wissenschaftsnetz – Internetzugang</b> .....                                | <b>91</b> |
| 12.1      | Struktur und Betrieb des Münchener Wissenschaftsnetzes (MWN) .....                       | 91        |
| 12.1.1    | Struktur des Backbone Netzes .....                                                       | 96        |
| 12.1.2    | Aufbau von WDM Systemen im MWN.....                                                      | 97        |
| 12.1.3    | Struktur der Gebäudenetze im MWN.....                                                    | 97        |
| 12.1.4    | Struktur des Rechenzentrumsnetzes (LRZ-Netz).....                                        | 98        |
| 12.2      | Anschluss ans MWN und wesentliche Änderungen im Netz.....                                | 99        |
| 12.2.1    | Wesentliche Netzänderungen im Jahr 2015.....                                             | 100       |
| 12.2.2    | Museen: IT-Beirat der staatlichen Museen.....                                            | 100       |
| 12.2.3    | Netzausbau (Verkabelung); Netzinvestitionsprogramm .....                                 | 101       |
| 12.2.4    | Redundante LWL-Verkabelung und zweiter zentraler Netzknoten auf dem Campus Garching..... | 102       |
| 12.2.5    | Vorbereitungen für einen zweiten zentralen Netzknoten auf dem Campus Weihenstephan.....  | 102       |
| 12.2.6    | Anbindung Studentenwohnheime.....                                                        | 102       |
| 12.3      | DNS und Sicherheit im DNS.....                                                           | 106       |
| 12.3.1    | DNSSEC .....                                                                             | 107       |
| 12.4      | DHCP.....                                                                                | 107       |
| 12.5      | Radius.....                                                                              | 108       |
| 12.6      | Switch-Infrastruktur / Switch-Erneuerung .....                                           | 109       |
| 12.7      | Telefonie .....                                                                          | 109       |
| 12.7.1    | Zugang über UMTS .....                                                                   | 110       |
| 12.7.2    | Verbesserung der Mobilfunkversorgung in den LRZ-Gebäuden.....                            | 110       |
| 12.7.3    | Ausschreibung BayKOM.....                                                                | 110       |
| 12.8      | Unterstützung von Infrastrukturdiensten.....                                             | 110       |
| 12.8.1    | Server Load Balancer (SLB).....                                                          | 110       |
| 12.8.2    | IPv6 .....                                                                               | 111       |
| 12.8.3    | Wellenlängenmultiplexer.....                                                             | 112       |
| 12.8.4    | NeSSI.....                                                                               | 113       |
| 12.9      | Netzmanagement und –monitoring .....                                                     | 113       |
| 12.9.2    | Netzdokumentation .....                                                                  | 115       |
| 12.9.3    | MWN-WLAN-Visualisierung mit OpenStreetMap für Endbenutzer .....                          | 115       |
| 12.9.4    | Inhaltliche Aktualisierung der Netzdokumentation.....                                    | 116       |
| 12.9.5    | Überwachung der Dienstqualität.....                                                      | 116       |
| 12.9.6    | Reporting für Netzverantwortliche .....                                                  | 117       |
| 12.10     | Internetzugang und LAN.....                                                              | 117       |

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 12.11 WLAN und Eduroam.....                                              | 119        |
| 12.11.1 Eduroam .....                                                    | 123        |
| 12.11.2 Vorkonfigurierte Profile für eduroam (CAT).....                  | 124        |
| 12.11.3 Eduroam off Campus (EoC) .....                                   | 125        |
| 12.11.4 Gastkennungen .....                                              | 126        |
| 12.11.5 Unterstützung von Veranstaltungen .....                          | 126        |
| 12.11.6 @BayernWLAN .....                                                | 126        |
| 12.12 VPN .....                                                          | 127        |
| 12.12.1 Technik .....                                                    | 127        |
| 12.12.2 VPN-Software .....                                               | 128        |
| 12.12.3 Telearbeitsplätze von LRZ-Mitarbeitern .....                     | 128        |
| 12.12.4 Entwicklung des Datenverkehrs über die VPN-Server.....           | 128        |
| <b>13 Kurse, Führungen und Vorfürungen am V2C .....</b>                  | <b>131</b> |
| 13.1 Kurse und Veranstaltungen .....                                     | 131        |
| 13.1.1 Kursübersicht, Statistik 2015.....                                | 131        |
| <b>14 Software-Bezug und Lizenzen.....</b>                               | <b>138</b> |
| 14.1 Verlängerung und Ausbau bestehender Verträge.....                   | 138        |
| 14.2 Adobe .....                                                         | 138        |
| 14.3 Microsoft .....                                                     | 138        |
| 14.4 SPSS .....                                                          | 138        |
| 14.5 Intel 139                                                           |            |
| 14.6 Novell / Attachmate / SuSE .....                                    | 139        |
| 14.7 Ansys.....                                                          | 139        |
| 14.8 Tagesgeschäft.....                                                  | 139        |
| 14.8.1 Abläufe und Änderungen bei der Versorgung der Kunden des LRZ..... | 139        |
| 14.8.2 Betrieb von Lizenzservern für Kunden des LRZ.....                 | 140        |
| 14.9 Lizenzen für spezielle HPC Applikationen.....                       | 140        |
| <b>15 Gebäude und Infrastruktur .....</b>                                | <b>141</b> |
| 15.1 Gebäudemanagement.....                                              | 141        |
| 15.2 Energieeffizienz .....                                              | 142        |
| <b>16 Personal .....</b>                                                 | <b>143</b> |
| <b>17 Zahlen und Fakten .....</b>                                        | <b>144</b> |
| 17.1 Personal.....                                                       | 144        |
| 17.2 E-Mail und Exchange .....                                           | 146        |
| 17.3 Poster und Schriften .....                                          | 147        |
| 17.4 Benutzerverwaltung und Shibboleth.....                              | 147        |
| 17.5 Höchstleistungsrechner .....                                        | 148        |
| 17.6 Hochleistungs-Linux-Systeme.....                                    | 150        |
| 17.7 Hochleistungs-Graphik-System .....                                  | 153        |
| 17.8 Datenspeicher.....                                                  | 154        |
| 17.9 Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN).....                           | 156        |
| 17.10 Netzkomponenten im MWN.....                                        | 157        |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 17.10.1 Router .....             | 157 |
| 17.10.2 Switch-Komponenten ..... | 157 |
| 17.10.3 WLAN-Komponenten .....   | 159 |
| 17.10.4 Netz-Server .....        | 160 |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Feierlich Inbetriebnahme der Phase 2 des SuperMUC .....                                                                           | 3  |
| Abbildung 2: CoolMUC-2 Rechnerhardware mit seinen 6 Adsorptionskältemaschinen .....                                                            | 4  |
| Abbildung 3: Nutzerzahlen des Dienstes LRZ Sync+Share .....                                                                                    | 5  |
| Abbildung 4: Web-Frontend zur Visualisierung von Performance-Bottlenecks und Energie .....                                                     | 13 |
| Abbildung 5: Stand der drei GCS-Zentren auf der ISC 2015 in Frankfurt .....                                                                    | 33 |
| Abbildung 6: Publikationen zusammen mit den GCS-Partnern .....                                                                                 | 33 |
| Abbildung 7: GCS-Webseiten mit den Ergebnissen auf SuperMUC .....                                                                              | 34 |
| Abbildung 8: Cover des neuen Flyers .....                                                                                                      | 35 |
| Abbildung 9: Screenshot des neuen LRZ-Bestellbuchs .....                                                                                       | 38 |
| Abbildung 10: Entwicklung der virtuellen Firewalls seit 2007 .....                                                                             | 40 |
| Abbildung 11: pfSense Dashboard .....                                                                                                          | 41 |
| Abbildung 12: secomat1 .....                                                                                                                   | 42 |
| Abbildung 13: secomat2 .....                                                                                                                   | 42 |
| Abbildung 14: secomat3 .....                                                                                                                   | 42 |
| Abbildung 15: secomat4 .....                                                                                                                   | 42 |
| Abbildung 16: Jahresverlauf der Anzahl der Mac-Adressen pro Woche .....                                                                        | 44 |
| Abbildung 17: Entwicklung der Exchange-Nutzung seit 2011 .....                                                                                 | 50 |
| Abbildung 18: GitLab Nutzungsstatistik .....                                                                                                   | 51 |
| Abbildung 19: Entwicklung des TUM-PCs in 2015 .....                                                                                            | 54 |
| Abbildung 20: Serverlandschaft und Einbindung des LRZ-SIM-Systems .....                                                                        | 58 |
| Abbildung 21: Computerkonten im MWN-ADS in 2015 .....                                                                                          | 61 |
| Abbildung 22: Baseline Patch Management .....                                                                                                  | 63 |
| Abbildung 23: Gäste tauchen am V2C Benutzertreffen in das Erdinnere ein. ....                                                                  | 66 |
| Abbildung 24: Virtuelle Serverinstanzen am LRZ .....                                                                                           | 67 |
| Abbildung 25: SuperMUC Phase1 und SuperMUC Phase 2 im Rechnerraum .....                                                                        | 70 |
| Abbildung 26: Rechenzeitabgabe (in Millionen Core-Stunden) .....                                                                               | 70 |
| Abbildung 27: Prozentuale Verteilung der Rechenzeit nach Fachgebieten .....                                                                    | 71 |
| Abbildung 28: Zeitliche Entwicklung der prozentualen Nutzung des SuperMUC nach Fachgebieten .....                                              | 72 |
| Abbildung 29: CoolMUC-2-Rechnerracks und 6 Adsorptionskältemaschinen .....                                                                     | 73 |
| Abbildung 30: Entwicklung der Anzahl von Supportanfragen im Bereich HPC .....                                                                  | 75 |
| Abbildung 31: Beispiel für die durch die Optimierung der Anwendung MGLET erreichte<br>Leistungssteigerung und verbesserte Skalierbarkeit ..... | 79 |
| Abbildung 32: Überblick Archiv- und Backupsysteme .....                                                                                        | 82 |
| Abbildung 33: Datenzuwachs der letzten 20 Jahre im LRZ .....                                                                                   | 83 |
| Abbildung 34: Primärsysteme, Replikation und Backup des Online-Speichers im LRZ .....                                                          | 84 |
| Abbildung 35: Durchschnittliche Anzahl simultan zugreifender Kennungen .....                                                                   | 85 |
| Abbildung 36: Nutzung der MWN Storage Cloud für TUM-Projekte .....                                                                             | 85 |
| Abbildung 37: Nutzungsanteile nach Anzahl von Nutzern des LRZ Syn+Share-Dienstes .....                                                         | 86 |
| Abbildung 38: Nutzung der LRZ Compute Cloud durch verschiedene Wissenschaften .....                                                            | 87 |
| Abbildung 39: Entwicklung der Benutzerzahlen auf der Compute Cloud in 2015 .....                                                               | 88 |

---

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 40: Aufgenommene Rechenleistung in 2015 .....                                     | 88  |
| Abbildung 41: Täglicher Rechenzeitkonsum in der Cloud.....                                  | 88  |
| Abbildung 42: Datentransfer zu/von den HPC Systemen mit GridFTP.....                        | 89  |
| Abbildung 43: Ca. 540 TByte wurden 2015 per GridFTP von und zum SuperMUC übertragen.....    | 89  |
| Abbildung 44: Räumliche Ausdehnung des Münchner Wissenschaftsnetzes .....                   | 92  |
| Abbildung 45: MWN Unterbezirke und Ausdehnung.....                                          | 93  |
| Abbildung 46: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 1) .....                              | 94  |
| Abbildung 47: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 2) .....                              | 95  |
| Abbildung 48: Struktur des Kernnetzes des MWN .....                                         | 96  |
| Abbildung 49: Anzahl der im MWN eingesetzten Switch-Ports (Kupfer und LWL) .....            | 98  |
| Abbildung 50: Struktur des LRZ-Netzes .....                                                 | 99  |
| Abbildung 51: DHCP-Infrastruktur auf den DNS-Servern .....                                  | 108 |
| Abbildung 52: RADIUS-Struktur im MWN .....                                                  | 109 |
| Abbildung 53: Dashboard des Loadbalancers 1 .....                                           | 111 |
| Abbildung 54: Nessi: Sperren und Entsperrern .....                                          | 113 |
| Abbildung 55: Topologie des Münchner Wissenschaftsnetzes .....                              | 114 |
| Abbildung 56: Vergleich der VLAN-IST-Daten des Switches swg1-klt von zwei Tagen .....       | 115 |
| Abbildung 57: Karte des MWN auf dem öffentlichen LRZ-Webserver .....                        | 116 |
| Abbildung 58: Täglich übertragenes Daten-Volumen der Bayern-WLAN-SSID in Straubing .....    | 117 |
| Abbildung 59: Entwicklung der Nutzung des WiN-Anschlusses des MWN seit 2004.....            | 118 |
| Abbildung 60: Anbindung des MWN ans Internet .....                                          | 119 |
| Abbildung 61: Anzahl der jährlich installierten Accesspoints .....                          | 120 |
| Abbildung 62: Anzahl aktiver WLAN-Verbindungen am 20.11.2015 (5-Minuten-Mittel) .....       | 120 |
| Abbildung 63: Entwicklung der Belegung über das Jahr 2015 (Mittelwert).....                 | 121 |
| Abbildung 64: Nutzung des WLAN, aufgeteilt nach SSIDs .....                                 | 124 |
| Abbildung 65: Eduroam Nutzung durch MWN-Nutzer und Gäste.....                               | 124 |
| Abbildung 66: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November ..... | 129 |
| Abbildung 67: Anzahl der maximal gleichzeitig an den VPN-Servern angemeldeten Nutzer .....  | 129 |
| Abbildung 68: Monatliches Datenvolumen der VPN-Server in Gigabyte im Jahr 2015 .....        | 130 |
| Abbildung 69: Entwicklung des Dienstreiseaufkommens 2001-2015 .....                         | 144 |
| Abbildung 70: Entwicklung des Buchungsaufkommens.....                                       | 145 |
| Abbildung 71: Entwicklung des Stromverbrauchs .....                                         | 146 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 1: Durchschnittliche eingehende und ausgehende Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate ..... | 42  |
| Tabelle 2: Mac-Adressen innerhalb eines Zeitraums von 7 Tagen im MWN .....                               | 43  |
| Tabelle 3: Angenommene und abgewiesene E-Mails .....                                                     | 47  |
| Tabelle 4: Nutzung des Relaydienstes .....                                                               | 48  |
| Tabelle 5: Nutzung des Mailhostings .....                                                                | 48  |
| Tabelle 6: Nutzung der POP/IMAP-Server .....                                                             | 49  |
| Tabelle 7: Angenommene und abgewiesene E-Mails .....                                                     | 49  |
| Tabelle 8: Nutzung von E-Mail-Verteilerlisten .....                                                      | 49  |
| Tabelle 9: Nutzung des Exchange-Dienstes in 2015 .....                                                   | 50  |
| Tabelle 10: Clients im MWN-ADS .....                                                                     | 54  |
| Tabelle 11: Geräte im MWN-MAC Management .....                                                           | 55  |
| Tabelle 12: Vergabe von Kennungen für LRZ-Plattformen .....                                              | 56  |
| Tabelle 13: Kennzahlen des SuperMUC Systems im Endausbau .....                                           | 69  |
| Tabelle 14: Anzahl Nutzer und Projekte .....                                                             | 71  |
| Tabelle 15: Anteil an Rechenzeit nach Art der Institution .....                                          | 72  |
| Tabelle 16: Anzahl Nutzer und Projekte .....                                                             | 73  |
| Tabelle 17: Nutzung des Linux-Clusters durch Bayerische Hochschulen .....                                | 74  |
| Tabelle 18: Anzahl der im MWN eingesetzten Switches .....                                                | 97  |
| Tabelle 19: Wesentliche Netzänderungen 2015 .....                                                        | 100 |
| Tabelle 20: Studentenwohnheime im MWN .....                                                              | 103 |
| Tabelle 21: Übersicht über die wichtigsten Domains im MWN .....                                          | 107 |
| Tabelle 22: Anzahl der konfigurierten Server .....                                                       | 111 |
| Tabelle 23: Anzahl der IPv6-Endgeräte .....                                                              | 112 |
| Tabelle 24: WDM-Verbindungen .....                                                                       | 112 |
| Tabelle 25: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November .....                | 128 |
| Tabelle 26: Kurse zu PC-Software 2015 .....                                                              | 131 |
| Tabelle 27: Kurse zum Hochleistungsrechnen 2015 .....                                                    | 132 |
| Tabelle 28: Führungen durch das LRZ und Vorführungen am V2C .....                                        | 132 |
| Tabelle 29: Weitere Veranstaltungen in den Räumen des LRZ .....                                          | 133 |
| Tabelle 30: Die umsatzstärksten Softwarepakete .....                                                     | 140 |
| Tabelle 31: Personalstand, Neueinstellungen und Abgänge 2015 .....                                       | 144 |
| Tabelle 32: Haushalt – Buchungsaufkommen .....                                                           | 145 |
| Tabelle 33: Haushalt – Inventarisierung .....                                                            | 145 |
| Tabelle 34: Stromverbrauch .....                                                                         | 146 |
| Tabelle 35: E-Mail und Exchange .....                                                                    | 146 |
| Tabelle 36: Poster und Schriften .....                                                                   | 147 |
| Tabelle 37: Benutzerverwaltung und Shibboleth .....                                                      | 147 |
| Tabelle 38: Höchstleistungsrechner SuperMUC .....                                                        | 148 |
| Tabelle 39: Hochleistungs-Linux-Systeme (ohne SuperMUC) .....                                            | 150 |

---

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 40: Hochleistungs-Graphik-System .....                  | 153 |
| Tabelle 41: Bruttokapazitäten Online-Speicher (NAS + SAN) ..... | 154 |
| Tabelle 42: Kapazitäten der Nearline-Speicher .....             | 155 |
| Tabelle 43: Das MWN in Zahlen .....                             | 156 |
| Tabelle 44: Netzkomponenten im MWN: Router .....                | 157 |
| Tabelle 45: Netzkomponenten im MWN: Switches .....              | 157 |
| Tabelle 46: Netzkomponenten im MWN: WLAN-Komponenten .....      | 159 |
| Tabelle 47: Netzkomponenten: Server .....                       | 160 |



## Vorwort

### **Neuer Status des LRZ: Akademieinstitut der BAdW**

2015 war für das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ein Jahr der Ausweitung und Verbesserung bestehender Dienste und der Planung und Inbetriebnahme neuer Dienste und der dazu gehörenden Hardware und Software, allerdings im Rahmen einer neuen organisatorischen Hülle: Das LRZ hat seit Einführung der neuen Satzung der BAdW zum 1. Oktober 2015 den Status eines Akademieinstitutes.

### **Inbetriebnahme Phase 2 des SuperMUC**

Besondere Höhepunkte waren die Inbetriebnahme der Phase 2 des SuperMUC und des CoolMUC-2, beides Höchstleistungsrechner, deren Leistungsfähigkeit sofort zu der Aufnahme in die Gruppe der 500 leistungsfähigsten Rechner der Welt, gelistet in der „TOP500“, führte. Deren Nutzungsschwerpunkte sind unterschiedlich: der von Staatsminister Dr. Ludwig Spaenle und dem Parlamentarischen Staatssekretär des BMBF Stefan Müller in Betrieb genommene SuperMUC ist der universell einsetzbare Rechner für Wissenschaftler in Europa und speziell in Deutschland, für die der Zugang über das jeweilige wissenschaftliche Begutachtungsgremium der Partnership for Advanced Computing in Europa PRACE und des Gauss Centre for Supercomputing GCS geregelt ist. CoolMUC-2 richtet sich überwiegend an die Wissenschaft in Bayern, zugleich wird aber mit diesem, zum SuperMUC kompatiblen System, die Reihe der Anstrengungen des LRZ fortgesetzt, neueste Techniken des energieeffizienten Betriebs von Rechenzentren im täglichen Dauereinsatz wissenschaftlich zu erproben und zu bewerten.

Erstmalig wurde mit der Installationsphase des SuperMUC auch die Chance genutzt, „Extreme Scaling“, also die Verwendung der vollständigen Konfiguration eines gesamten Rechners für jeweils genau eine Anwendung, zu praktizieren. Hier wurden weltweit beachtete Ergebnisse erzielt, an denen Wissenschaftler aus 14 Instituten beteiligt waren.

### **Digitaler Campus Bayern**

2015 war auch das Jahr der Planung von vielen neuen Diensten rund um das Thema „Cloud“ mit den verschiedenen Ausprägungen für Speicherung, Berechnung und Kollaborationsdiensten. Im Rahmen des Förderprogramms „Digitaler Campus Bayern“ fördert der Freistaat Bayern die Bereitstellung von Cloud-Diensten zur Datenspeicherung und –synchronisation. Gemeinsam mit dem Regionalen Rechenzentrum Erlangen RRZE und der Universität der Bundeswehr München beteiligte sich das LRZ an der Bereitstellung dieses Dienstes für die weit mehr als 200.000 Wissenschaftler und Studierenden in Bayern. Der am LRZ eingeführte Dienst LRZ Sync + Share, der vor allem die Hochschulen in München und Südbayern bedient, erfreute sich in kürzester Zeit nach seiner Einführung größter Beliebtheit.

### **Von der Netz-Basis des MWN zum Planetarium des Deutschen Museums – Dienste des LRZ**

Eine ausführliche Dokumentation der vielfältigen Dienste des LRZ finden Sie in den folgenden siebzehn Kapiteln des Jahresberichtes 2015. Sie zeigen die große Breite des Angebotes vom Münchner Wissenschaftsnetz über Verzeichnisdienste, E-Mail und Backup bis hin zum Bavarikon-Portal und zur Visualisierung auf der Kuppel des Planetariums im Deutschen Museum. 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 Wissenschaftsrechenzentrum ist.

Mein besonderer Dank gilt der Bayerischen Akademie der Wissenschaften und speziell ihrem Präsidenten, Karl-Heinz Hoffmann und der Generalsekretärin, Bianca Marzocca, die als Mutterorganisation die Geschichte des LRZ stets vertrauensvoll begleitet. 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 2016.



A handwritten signature in blue ink that reads "Arndt Bode". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping initial 'A'.

Univ.-Prof. Dr. Arndt Bode  
Vorsitzender des Direktoriums  
des Leibniz-Rechenzentrums

## 1 Highlights - Die wichtigsten Ereignisse am LRZ 2015

### 1.1 Inbetriebnahme der Phase 2 des SuperMUC

Herausragendes Ereignis war die feierliche Inbetriebnahme der Phase 2 des SuperMUC am 29. Juni 2015. Mit Inbetriebnahme der Phase 2 konnte eine Verdopplung der SuperMUC-Rechenleistung auf insgesamt 6,8 PFLOP/s (Rang 20 und 21 in der TOP500-Liste) erreicht werden. Die Aufnahme des Benutzerbetriebs erfolgte ab Juli 2015



**Abbildung 1: Feierlich Inbetriebnahme der Phase 2 des SuperMUC**

Stefan Müller, Parlamentarischer Staatssekretär bei der Bundesministerin für Bildung und Forschung, Prof. Dr. Arndt Bode, Vorsitzender des Direktoriums des LRZ der BAdW, Martina Koederitz, Vorsitzende der Geschäftsführung der IBM Deutschland GmbH, Christian Teismann, Vice President and General Manager, Global Account Business Lenovo, Dr. Ludwig Spaenle, Bayerischer Staatsminister für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst und Prof. Dr. Karl-Heinz Hoffmann, Präsident der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, nehmen SuperMUC Phase 2 offiziell in Betrieb

Über die Erweiterung des SuperMUC wurde in zahlreichen Presseartikeln, Rundfunkbeiträgen und Online Medien berichtet, u.a. in der Süddeutschen Zeitung, im Bayerischen Rundfunk, in Focus Online, im Stern, in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung, in Die Welt, in der Passauer Neuen Presse, in der Frankfurter Neuen Presse, in Zeit Online und im Heise Newsticker.

### 1.2 Inbetriebnahme CoolMUC-2

Im Herbst 2015 hat das LRZ Linux Cluster Zuwachs bekommen: Mit dem CoolMUC-2 steht den Nutzern nun eine zusätzliche Rechenleistung von 447 TFlop/s zur Verfügung. Die IT-Hardware von CoolMUC-2 ist dabei identisch zu der von SuperMUC Phase 2: Es kommen Intel-Prozessoren vom Typ E5-2697V3 (Haswell) zum Einsatz, von denen je zwei mit je 12 Cores in insgesamt 384 Compute Nodes verbaut sind. Ebenso wie der SuperMUC verfügt der CoolMUC-2 über einen Infiniband FDR Interconnect, über welchen der CoolMUC-2 auch an das parallele GPFS-Dateisystem des SuperMUC angebunden ist. Dies erleichtert es Nutzern künftig, zwischen den Rechenressourcen des Linux Clusters und des SuperMUC zu wechseln, weil sie von beiden Systemen gleichermaßen Zugriff auf ihre Daten haben.



Einmalig am CoolMUC-2 ist sein erweitertes Konzept zur Nachnutzung der Rechnerabwärme zur Kälteerzeugung. Schon seit dem Jahr 2012 gibt es am LRZ mit dem CoolMUC-1 einen Prototyp, bei dem die Rechnerabwärme zur Kälteerzeugung eingesetzt wird. So flossen in die Planung des CoolMUC-2 alle Erfahrungen aus dem Betrieb des CoolMUC-1 ein. Zusammen mit der SorTech AG, einem Hersteller von Adsorptionskältemaschinen, IBM Research Zürich und der Lenovo Deutschland GmbH wurde in circa einjähriger Planungsarbeit ein entsprechendes Konzept entwickelt. So musste unter anderem ein komplettes Rückkühlwerk aus der bisherigen Kälteinfrastruktur ausgelöst und hydraulisch sowie steuerungstechnisch in die neue Anlage integriert werden.

Inzwischen liefern die insgesamt sechs Adsorptionskältemaschinen genügend Kälteleistung um den Kühlungsbedarf von circa 90% des Hintergrundspeichers der SuperMUC Phase 2 zu decken. Hierbei ist der Stromverbrauch im Vergleich zu den normalen Kältemaschinen des LRZ weniger als halb so groß. Im Rahmen der Forschungsaktivitäten zur Steigerung der Energieeffizienz des LRZ werden in den nächsten Monaten nun fortwährend Betriebsdaten der Anlage gesammelt und der Betrieb weiter optimiert.



**Abbildung 2: CoolMUC-2 Rechnerhardware (links)  
mit seinen insgesamt 6 Adsorptionskältemaschinen (rechts)**

### 1.3 Dritter Extreme Scaling Workshop

Der dritte „Extreme Scaling Workshop“ wurde vor Aufnahme des regulären Benutzerbetriebs von Phase 2 des SuperMUC durchgeführt. Es waren 41 Wissenschaftler aus 14 Instituten beteiligt, die ihre Anwendungen auf allen Rechenkernen des SuperMUC-Phase 2-Systems ausführen konnten. Die beteiligten Projekte hatten die Möglichkeit, das neue System rund um die Uhr uneingeschränkt zu nutzen.

Eine Woche nach Abschluss des „Scaling Workshops“ berichteten die Benutzer über die Ergebnisse ihrer Simulationen in einem vom LRZ veranstalteten Ergebnisworkshop. Als Glanzlichter wurden folgende Rekorde aufgestellt:

- Die größte Fast Fourier Transformation der Welt mit mehr als 1.000.000.000.000 ( $10^{12}$ ) Gitterpunkten wurde mit der Software FLASH, einem astro-physikalischen CFD Code berechnet. Die Ergebnisse sind wichtig für das Verständnis von Turbulenz im interstellaren Medium.
- Die derzeit größte Simulation der Entwicklung des Universums mit der Simulationssoftware GADGET. Hierbei konnten 10% des sichtbaren Universums simuliert werden.

- Eine um einen Faktor 100 genauere Simulation von Molekülspektren mit Hilfe der Simulationssoftware IPHIGENIE.
- Eine Zeitersparnis durch „strong scaling“ eines seismischen Rekonstruktionsproblems, bei dem die Rechenzeit von 16 Stunden auf 55 Sekunden reduziert werden konnte.

Auf der Internationalen Supercomputing Conference 2015 wurden die Ergebnisse im Rahmen des „aXXLs 2015 Workshop“ (Application Extreme Scaling: Experience of Leading Supercomputing Centres, ISC-HPC, Frankfurt, 16. Juli 2015) und im Rahmen des ParCo 2015 Mini-symposium on Multi-system Application Extreme-scaling Imperative (MAXI 2015) vorgestellt. Ein umfangreicher Erfahrungsbericht hierzu ist im Druck (Proceedings of ParCo 2015).

## 1.4 Zu jeder Zeit, an jedem Ort: LRZ Sync+Share

Mit der Einführung von LRZ Sync+Share an LMU und TUM zum Wintersemester 2015/16 hat das LRZ dem vielfachen Wunsch nach einem Private-Cloud-Angebot, das das Synchronisieren von Datenbeständen über verschiedene Geräte hinweg, mobiles Arbeiten und den Datenaustausch mit externen Kolleginnen und Kollegen erlaubt, Rechnung getragen. Die Nachfrage war enorm, der Zuwachs rasant. Theoretisch sind heute über 150.000 Wissenschaftler und Studierende nutzungsberechtigt. Abbildung 3 zeigt den Zuwachs der aktiv registrierten Nutzer im Jahr 2015. Bisheriger Rekord ist ein Tag im Dezember mit 600 Neuregistrierungen. Die Marke von 10.000 aktiven Nutzern wurde inzwischen bei weitem überschritten. Die vielen positiven Rückmeldungen und die hohe Anzahl aktiver Nutzer nach so kurzer Zeit zeigen, dass hier unzweifelhaft ein hoher Bedarf besteht.

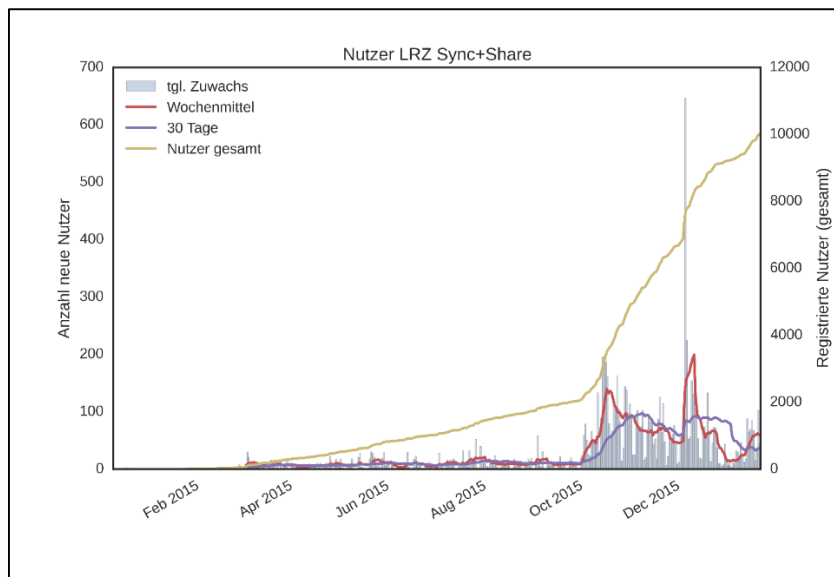


Abbildung 3: Nutzerzahlen des Dienstes LRZ Sync+Share

LRZ Sync+Share bildet zusammen mit der FAUBox in Erlangen und TeamDrive an der Universität der Bundeswehr die sogenannte Bayern-Cloud, die im Rahmen des Programms *Digitaler Campus Bayern* gefördert wird. Die Bayern-Cloud soll künftig alle interessierten Hochschulen in Bayern bedienen. Nach LMU und TUM wurde mit Blick auf dieses Ziel noch in 2015 LRZ Sync+Share für die Hochschule München freigegeben.

## 2 Forschung und Projekte

### 2.1 Forschungskoordination und Projektmanagement

Das Team für Forschungskoordination und Projektmanagement hat auch in diesem Jahr wieder viele Aktivitäten der Drittmittelförderung unterstützt. So wurden insgesamt 23 Projekte betreut, fünf davon sind im Laufe des Jahres neu hinzugekommen. Das LRZ war an 19 Projektanträgen beteiligt, bei fünf davon in der Rolle eines assoziierten Partners. Drei der Anträge wurden vom LRZ koordiniert.

Im Laufe des Jahres wurde ein standardisierter Projektmanagementprozess entworfen und diskutiert. Die verbindliche Einführung der darin enthaltenen Vorgaben ist für 2016 geplant. Darüber hinaus wurde die Erstellung von Werbematerial unterstützt, die Struktur der Webseiten überarbeitet sowie eine Dokumentenablage eingerichtet. Diese wurde mit den Ergebnissen abgelaufener Projekte befüllt, um sie für eine mögliche spätere Verwendung zu archivieren und verfügbar zu halten.

Große Aufmerksamkeit erforderte im Berichtsjahr auch das Projektverwaltungssystem P<sup>o</sup>NK. Da die implementierten Funktionen die Anforderungen des LRZ nicht im gewünschten Umfang erfüllen konnten, waren regelmäßige Anpassungs- und Konfigurationsarbeiten notwendig, die wiederum zeitaufwändige Tests nach sich zogen.

Die Aktivitäten im Rahmen der Partnerschaftsinitiative Computational Science ( $\pi^{CS}$ ) wurden weiter intensiviert. So wurden in 2015 zwölf Informationsworkshops durchgeführt. Die Themen reichten dabei von der Astronomie über die Geosystem-, Klima- und Genforschung bis zur Elektromobilität. Auch durften wir in diesem Rahmen zweimal eine Delegation des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz am LRZ begrüßen. Zur hausinternen Koordination der Aktivitäten im Bereich  $\pi^{CS}$ , den Arbeiten in den Applications Labs (s. Kap. 9.6) sowie den Projektaktivitäten wurden fünf Koordinationstreffen durchgeführt.

Zu den bereits bestehenden Competence Teams für Astrophysik, Geowissenschaften, Lebenswissenschaften und Energieforschung wurde ein weiteres ins Leben gerufen, das die Unterstützung der Digitalen Geisteswissenschaften zum Ziel hat. Hier wird eng mit dem Arbeitskreis dhmuco kooperiert, der das in 2013 von BSB und BAdW gegründete Zentrum für digitale Geisteswissenschaften repräsentiert (vgl. Kap. 6.8/2.25).

Intensiviert wurde die Kontaktpflege nicht nur bezogen auf die Wissenschaft und Politik, sondern auch in Richtung der Projektträger (u.a. DLR-PT, EC), der Förderberatungsstellen (BayFOR, NKS, KoWi), sowie der Wissenschaftsmanager im Münchner Raum, dies auch durch Teilnahme an entsprechenden Informationsveranstaltungen und Konferenzen, wie etwa der EU-Konferenz ICT'16 in Lissabon.

### 2.2 Projekte, an denen sich das LRZ beteiligt

Projekte, an denen das LRZ beteiligt ist, sind nachfolgend in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt. Weitere Informationen zu den Projekten findet man unter: <https://www.lrz.de/forschung>.

### 2.3 Automatic Online Tuning (AutoTune)

Das Ziel des seit Oktober 2011 von der EU geförderten FP7 Projektes „Automatic Online Tuning“ (AutoTune) ist die Erweiterung des von der TUM entwickelten Tools Periscope um Tuning-Plugins zur automatischen Optimierung von Applikationen im HPC-Umfeld in Bezug auf Performancesteigerung und Energieeffizienz. Das Periscope Tuning Framework (PTF) benutzt die wichtigsten Grundsätze des Tools Periscope: Auf Fachwissen basierende Formalismen zur automatischen Analyse, Suche auf Basis von Programmabschnitten und eine verteilte skalierbare Architektur.

PTF hat eine Plugin-basierte Architektur und wurde im Laufe der Zeit um folgende Plugins erweitert: Ein Parallel-Patterns Plugin, ein hybrides Manycore-HMPP-Plugin, ein „Dynamic Voltage Frequency Scaling“ (DVFS) Plugin, ein MPI-Parameter-Plugin, ein Master-Worker-MPI-Plugin und ein Compiler-Flag-Selection-Plugin.

Das LRZ war für die Entwicklung des DVFS Plugins verantwortlich, welches für die Energieverbrauchsoptimierung durch Frequenz-Skalierung sorgt. Verschiedene Optimierungsaspekte bezüglich



der Leistungsaufnahme, Laufzeit und Energie sind im Plugin auch vorhanden, darunter „Total Cost of Ownership“, „Power Capping“, und das „Energy-Delay-Product“. Das Plugin basiert auf drei Modellen, je ein Model für Laufzeit, Leistungsaufnahme, und Energie.

Weiter entwickelte das LRZ die Enopt-Bibliothek, um die Taktfrequenzen aller an der Programmausführung beteiligten Rechenkerne zu setzen, sowie den Energieverbrauch von einzelnen Programmausführungsabschnitten zu messen. Mittels Enopt greift PTF auf die Energiezähler zu und setzt die CPU-Frequenzen. Darüber hinaus sind die Anwendungen auch mit Enopt instrumentierbar.

Im dritten und letzten Projektjahr hat das LRZ das Plugin zur Energieoptimierung der auf dem SuperMUC laufenden Applikationen fertiggestellt und damit seine Hauptaufgabe im Projekt erfüllt. Das Projekt wurde im Frühjahr 2015 nach einem Review durch die EU erfolgreich beendet.

## Highlights in 2015

Erfolgreicher Review des Projektes durch die EU in Brüssel (2015-05-26)

Presserklärung zum Abschluss des Projektes: (siehe [http://www.autotune-project.eu/press\\_release](http://www.autotune-project.eu/press_release))

Die vom LRZ im Rahmen von AutoTune entwickelte enopt-Bibliothek wird am LRZ in etlichen Projekten verwendet

## Konferenzen & Veranstaltungen

AutoTune Post-Project Exploitation Workshop (2015-01-15; Garching (LRZ))

CGO Workshop and Tutorial (2015-02-07; San Francisco)

Second AutoTune Post-Project Exploitation Workshop (2015-03-24; Dublin, Ireland (NUI Galway, ICHEC))

17th VI-HPS Tuning Workshop in Stuttgart (siehe <http://www.autotune-project.eu/tutorials>)

## Publikationen

Buch: „Automatic Tuning of HPC Applications: The Periscope Tuning Framework“ ISBN 978-3-8440-3517-9 ; DOI: 10.2370/9783844035179

Navarrete C., Guillen C., Hesse W., Brayford D., Brehm M., "EU Project AutoTune finished" Inside, Vol. 13 No. 2 Autumn 2015, pp 58-60. 2015

Guillen C., Navarrete C., Brayford D., Hesse W., Brehm M., "DVFS Automatic Tuning Plugin for Energy Related Tuning Objectives." Accepted for Publication. 2nd International Conference on Green High Performance Computing.

## Steckbrief

### Projektlaufzeit

15.10.2011 – 14.4.2015

### Kontaktperson

Dr. Matthias Brehm

### Förderorganisation

European Commission FP7

### Website

[www.autotune-project.eu](http://www.autotune-project.eu)

### Partnerinstitutionen

Technische Universität München  
Leibniz-Rechenzentrum  
CAPS enterprise (ausgeschieden 2014)  
Universität Autònoma de Barcelona  
National University of Ireland Galway, ICHEC  
Universität Wien  
IBM (associated partner)

## 2.4 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 to the issues as outlined above requires the use of considerable computing power together with the expertise of professional data processing and innovative data management, which are contributed by LMU and Leibniz Supercomputing Centre. The Canadian partners share their methodological expertise in making higher resolution dynamic climate projections better accessible.

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 Kick-off Meeting, Munich, March 30<sup>th</sup> to April 03<sup>rd</sup>, 2015

ClimEx project meeting, Montréal/Québec City, November 23<sup>rd</sup> to 26<sup>th</sup>, 2015

### Publications

Klimawandel und Hydrologische Extremereignisse – Risiken und Perspektiven für die Wasserwirtschaft in Bayern (KlimEx) ([https://www.lfu.bayern.de/wasser/klima\\_wandel/projekte/klimex/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/projekte/klimex/index.htm))

| Fast Facts                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Project duration</b>                                                                    | <b>Partner institutions</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LMU Munich</li> <li>• Bayerisches Landesamt für Umwelt</li> <li>• Ouranos - Climate Scenarios and Services Group</li> <li>• Centre d'Expertise hydrique du Québec (CEHQ)</li> <li>• École de Technologie Supérieure (ETS) Montreal (PQ)</li> <li>• Leibniz-Rechenzentrum</li> </ul> |
| 2015-2019                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Dr. Matthias Brehm                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Funding agency</b>                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| European Commission FP7 Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Website</b>                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <a href="http://www.climex-project.org">http://www.climex-project.org</a>                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |



## 2.5 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. The ComPat 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 2015

The project started on October 1st, 2015.

### Conferences & Events

The initial Kick-Off meeting in Amsterdam on October 5th and 6th marked the beginning of the project.

### Fast Facts

|                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Project Duration</b>                                                 | <b>Partner Institutions</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.10.2015 – 31.9.2018                                                   | Universiteit van Amsterdam<br>University College London<br>Instytut Chemii Bioorganicznej Polskiej Akademii Nauk<br>Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e. V.<br>Universiteit Leiden<br>Science and Technology Facilities Council<br>Allinea Software Limited<br>CBK Sci Con Limited<br>Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics<br>Leibniz-Rechenzentrum |
| <b>Contact person</b>                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Dr. Helmut Heller                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Funding agency</b>                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| European Commission                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Website</b>                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <a href="http://www.compat-project.eu">http://www.compat-project.eu</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 2.6 Dynamical Exascale Entry Platform / Extended Reach (DEEP-ER)

The DEEP project is an innovative European response to the Exascale challenge. The consortium develops a novel, Exascale-enabling supercomputing architecture with a matching software stack and a set of optimized grand-challenge simulation applications.



DEEP takes the concept of compute acceleration to a new level: instead of adding accelerator cards to Cluster nodes, an accelerator Cluster, called Booster, will complement a conventional HPC system and increase its compute performance. Together with a software stack focused on meeting Exascale requirements - comprising adapted programming models, libraries and performance tools - the DEEP architecture will enable unprecedented scalability. The Cluster-level heterogeneity of DEEP attenuates the consequences of Amdahl's law allowing users to run applications with kernels of high scalability alongside kernels of low scalability concurrently on different sides of the system, avoiding at the same time over and under subscription. An extrapolation to millions of cores would take the DEEP concept to an Exascale level.

DEEP-ER advances the Cluster-Booster architecture developed in DEEP from a hardware point of view in terms of processor technology, network interconnect, and storage. On the software side the project focuses on two central research topics: highly scalable parallel I/O and resiliency.

With its expertise in energy efficiency, LRZ contributes to hardware design, system software, and operations. With the start of the DEEP-ER project, LRZ is also involved with a demonstration application code from the field of earthquake simulations. LRZ also manages the project's dissemination activities ensuring the projects' visibility to the HPC community, the European Commission and the general public through a variety of communication channels.

### Highlights in 2015

Since autumn 2015, the DEEP prototype of 500 TFLOP/s peak performance is up and running at Jülich Supercomputing Centre. In parallel the Energy Efficiency Evaluator (EEE), which is a smaller replica of the system in Jülich, was installed at Leibniz Supercomputing Centre to implement and advance the fine-grained DEEP energy monitoring system.

### Events and Conferences

SC15, November 16 – 21 2015, Austin/United States

ISC'15, July 12 – 16 2015, Frankfurt/Germany

### Fast Facts

#### Project duration

1/12/2011 – 31/8/2015 (DEEP)  
1/10/2013 – 30/9/2016 (DEEP-ER)

#### Contact person

Axel Auweter (DEEP)  
Dr. Ferdinand Jamitzky (DEEP-ER)

#### Funding agency

European Commission FP7

#### Website

[www.deep-project.eu](http://www.deep-project.eu)  
[www.deep-er.eu](http://www.deep-er.eu)

#### Partner institutions

Astron  
Barcelona Supercomputing Center  
CERFACS  
CGG  
CINECA  
The Cyprus Institute  
École polytechnique fédérale de Lausanne  
Eurotech  
Jülich Supercomputing Centre  
Fraunhofer ITWM  
German Research School for Simulation Sciences  
INRIA  
Intel  
Katholieke Universiteit Leuven  
ParTec  
Universität Heidelberg  
Universität Regensburg  
Leibniz-Rechenzentrum  
Seagate

## 2.7 Energieseminar

Im Rahmen des Kompetenzteams Energie wurde im Jahr 2014 eine Seminarreihe zum Thema Energieeffizienz gestartet. Die Motivation für die abteilungsübergreifende Veranstaltung ergab sich aus dem Wunsch, die Informationsflüsse zwischen den Mitarbeitern, die mit der Thematik betraut sind, zu verbessern.

Im Jahr 2015 wurde diese erfolgreiche Seminarreihe in leicht veränderter Form fortgesetzt: Das Seminar fand regelmäßig am dritten Dienstag eines Monats um 15:00 Uhr statt.

## 2.8 Energy Aware Scheduling

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:

- Automatisiertes Profiling von Anwendungen bei der ersten Ausführung der Anwendung auf dem System, falls dies der Nutzer wünscht.
- Vorhersage von Anwendungsausführungszeit und Energieverbrauch für alle erlaubten Prozessorfrequenzen durch ein Energie-Modell.
- Optimale Setzung der Prozessorfrequenz bei allen künftigen Anwendungsausführungen auf dem System
- Reporting der Energy-to-Solution für alle Anwendungen.

Ein Prototyp von PerSyst mit allen neuen Funktionalitäten soll noch im Jahr 2016 am CoolMUC-2 in Betrieb genommen werden.

## 2.9 European Exascale Software Initiative 2 (EESI2)

One of the main objectives of the EESI2 project is to provide recommendations on strategic European actions with a particular focus on software key issues improvement, cross cutting issues advances, and gap analysis. The objective of EESI2 is to build on the work done within the EESI1 project and to extend this role of external and independent representative synthesis by key issues.



### Highlights in 2015

Publication of the 2015 vision and the recommendations of more than 150 worldwide experts

### Events and Conferences

EESI2 Final Conference, May 25 – 26 2015, Dublin/Ireland

### Fast Facts

#### Project duration

1/09/2012 – 31/03/2015

#### Contact person

Dr. Michael Ott

#### Funding agency

European Commission FP7

#### Partner institutions

Total  
 PRACE AISBL  
 Leibniz Supercomputing Centre (LRZ)  
 Barcelona Supercomputing Center (BSC)  
 French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA)  
 National Center for Scientific Research (CNRS)  
 GENCI

## Website

[www.eesi-project.eu](http://www.eesi-project.eu)

German Research School for Simulation Sciences (GRS)  
 French Institute for Research in Computer Science and Control (INRIA)  
 Jülich Supercomputing Centre (JÜLICH)  
 National Supercomputing and e-Science Support Center in the Netherlands (SARA)  
 Science and Technology Facilities Council (STFC)  
 University of Bristol  
 School of Mathematics at the University of Edinburgh  
 University of Manchester  
 Department of Innovation Engineering (DII) of the University of Salento  
 French National Research Agency (ANR)  
 Moscow State University  
 CAPS Entreprise  
 German Aerospace Center (DLR)  
 Électricité de France (EDF)  
 Intel  
 Numerical Algorithms Group (NAG)  
 UK Campus  
 Ter@tec  
 Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)  
 Finnish IT Center for Science (CSC)  
 Technische Universität Dresden  
 German Climate Computing Centre (DKRZ)  
 CINECA  
 European Centre for Research and Advanced Training in Scientific Computing (CERFACS)

## 2.10 Flexibles Framework zur Energie- und Performanceanalyse hochparalleler Applikationen im Rechenzentrum (FEPA)

Das Ziel von FEPA ist die Realisierung einer Monitoringssoftware zur systematischen Effizienzanalyse von Applikationen in Abhängigkeit von den 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 Laufzeitgeständnissen 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 ist. 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 Anwendungsleis-

ung 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.

Im Rahmen von FEPA wurde damit begonnen das Frontend auch am Regionalen Rechenzentrum in Erlangen zur Verfügung zu stellen, um die dortigen Anwendungsleistungsdaten zu visualisieren. Die Arbeiten hierzu sollen im Sommer 2016 abgeschlossen werden.



Abbildung 4: Web-Frontend zur Visualisierung von Performance-Bottlenecks und Energie

Highlights in 2015

Promotion von Carla Guillen Carias

Konferenzen & Veranstaltungen

Wolfram Hesse: Vortrag bei Statustagung der Gauß Allianz Dezember 14./15. Dez. 2015

Publikationen

Carla Guillen Carias: Knowledge-based Performance Monitoring for Large Scale HPC Architectures, Dissertation, Fakultät für Informatik TU München, Juni 2015. Als Technischer Bericht des LRZ verfügbar: <https://www.lrz.de/wir/berichte/TB/LRZ-Bericht-2015-02.pdf>.

Steckbrief

|                                                                                                   |                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Projektlaufzeit</b></p> <p>1.7.2013 – 30.6.2016</p>                                         | <p><b>Partnerinstitutionen</b></p> <p>Friedrich-Alexander-Universität<br/>Leibniz-Rechenzentrum<br/>NEC Deutschland GmbH</p> |
| <p><b>Kontaktperson</b></p> <p>Dr. Matthias Brehm</p>                                             |                                                                                                                              |
| <p><b>Förderorganisation</b></p> <p>BMBF (Call: HPC-Software für skalierbare Parallelrechner)</p> |                                                                                                                              |

## 2.11 Intel Parallel Computing Center (IPCC)

Intel® Parallel Computing Centers, as described by Intel, are universities, institutions, and labs that are leaders in their fields, focusing on modernising applications to increase parallelisation efficiency and scalability through optimisations that leverage cores, caches, threads, and vector capabilities of Intel microprocessors and coprocessors. The main target architectures for these centres are the Intel MIC (many integrated cores) processor architectures.

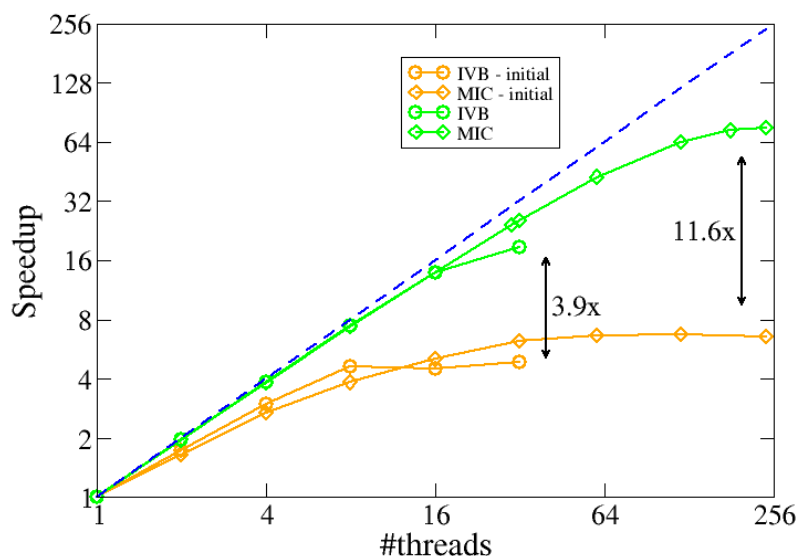


The IPCC at LRZ and Technische Universität München (TUM) is geared up to optimise four different acclaimed applications from different areas of science and engineering: earthquake simulation and seismic wave propagation with SeisSol, simulation of cosmological structure formation using Gadget, the molecular dynamics code Ls1 mardyn developed for applications in chemical engineering, and the software framework SG++ to tackle high-dimensional problems in data mining or financial mathematics (using sparse grids). All these codes have already demonstrated very high scalability on SuperMUC (even up to petascale), but are in different stages of development with respect to running on the Intel MIC architecture. While particularly targeting Xeon Phi coprocessors, the project simultaneously tackles fundamental challenges that are relevant for most supercomputing architectures – such as parallelism on multiple levels (nodes, cores, hardware threads per core, data parallelism) or compute cores that offer strong SIMD capabilities with increasing vector width, e.g. Intel Haswell architecture.

In July 2015 the IPCC entered its second year of work. The development activities of the LRZ group on the cosmological simulation code Gadget can be summarised as follows:

- Isolation of a standalone, representative kernel, designed to improve node-level performance both on Xeon and MIC systems in a simple code framework;
- Optimisation of threading parallelism by adopting OpenMP dynamic scheduling;
- Improvement of data locality and cache usage through a SoA data layout;

This optimisation work results in an impressive performance improvement of 5.8x and 13.3x on the Intel Xeon-based host (IvyBridge) and the Intel Xeon-Phi (KnightsCorner) executed in native mode, respectively, as shown by tests performed on SuperMIC. Future steps concern vectorisation and, subsequently, the backporting of the tested code improvements into the Gadget code.





## Highlights in 2015

### Events and Conferences

Hydrosim workshop (meeting of Gadget developers and users) and presentation, Trieste, February 2015.

EMEA IPCC User Forum Conference, Dublin, February 2015.

PRACE PATC Course: Intel MIC&GPU Programming Workshop, hosted and organised at LRZ, April 2015.

ISC High Performance, Frankfurt, July 2015:

- Presentation at the Intel Booth.
- Presentation in BoF session 13: "Unleashing the Power of Next-Generation Many-Core Processors".  
Presentation in the workshop "The road to application performance on Intel Xeon Phi".

EMEA IPCC User Forum Conference hosted at LRZ, October 2015.

SC2015, Austin, November 2015:

- Presentation in BoF session: "Paving the way for Performance on Intel® Knights Landing Processors and beyond: Unleashing the Power of Next-Generation Many-Core Processors".

### Publications

Iapichino, L., Karakasis, V., Karmakar, A., Hammer, N., Petkova, M., Dolag, K.: Quickly selecting nearest particles in the Friends-of-Friends component of Gadget. 2015, proceedings of ISC High Performance 2015, presentation in BoF session 13: "Unleashing the Power of Next-Generation Many-Core Processors".

Iapichino, L., Karakasis, V., Karmakar, A., Hammer, N., Petkova, M., Dolag, K.: Improving node-level performance in Gadget: data structure and data locality. 2015, proceedings of ISC High Performance 2015, presentation in the workshop "The road to application performance on Intel Xeon Phi".

Karmakar, A., Hammer, N., Iapichino, L., Karakasis, V.: Intel Parallel Computing Center (IPCC) at LRZ. 2015, inSIDE, 13 n. 1, 88 (link: [http://inside.hlrz.de/assets/pdfs/inside\\_spring15.pdf](http://inside.hlrz.de/assets/pdfs/inside_spring15.pdf)).

### Fast Facts

#### Project duration

23/07/2014 – 22/07/2016

#### Contact person

Astro Lab (astrolab@lists.lrz.de)

#### Funding agency

Intel Inc.

#### Website

<https://software.intel.com/en-us/ipcc>

#### Partner institutions

Technische Universität München  
Leibniz Supercomputing Centre  
Intel (funding partner)

## 2.12 KONWIHR Software-Initiative

Die Software-Initiative des Kompetenznetzwerks für technisch-wissenschaftliches Hoch- und Höchstleistungsrechnen in Bayern 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 typischerweise ein Mitarbeiter der Partnerorganisation zu halber Arbeitszeit am LRZ, wobei aufkommende Probleme in einem wöchentlichen Treffen mit LRZ-Mitarbeitern diskutiert und Lösungsansätze entwickelt werden.



Die KONWIHR-Projekte werden im Rahmen der Applikation Labs betreut. Hierbei handelte es sich im Jahr 2015 um

- 2 Projekte aus den Lebenswissenschaften
- 3 Projekte aus der Astro- und Plasma Physik
- 7 Projekte aus der Computational Fluid Dynamik
- 3 Projekte aus den Geo- und Umweltwissenschaften.

| Steckbrief                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Kontaktperson</b></p> <p>Dr. Momme Allalen, Dr. Ferdinand Jamitzky, Helmut Satzger, Christoph Bernau</p>                                                       | <p><b>Partnerinstitutionen</b></p> <p>Leibniz-Rechenzentrum<br/>Regionales Rechenzentrum Erlangen<br/>Institute for Computational Mechanics<br/>Department of Mechanical Engineering TUM<br/>Physics Department, TUM<br/>Department of Physics, University of Iowa, USA<br/>Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, USA<br/>Biofluid Simulation and Modeling Group, Physics Department Universität Bayreuth<br/>Aerodynamics and Fluid Mechanics TUM<br/>Mechanics &amp; High Performance Computing Faculty of Mechanical Engineering, TUM.<br/>Department of Geography, Augsburg University<br/>IMK-IFU, KIT Garmisch-Partenkirchen<br/>Hydromechanik, TUM<br/>Max Planck Institute for Plasma Physics, Garching.<br/>Institut für Physik, Universität Augsburg<br/>DLR Oberpfaffenhofen<br/>Institute of Fluid Mechanics, Friedrich-Alexander University Erlangen-Nürnberg<br/>CoMeT Continuum Mechanics Technologies GmbH, Erlangen<br/>CD-adapco, Nürnberg<br/>Physikalische Chemie II, Universität Bayreuth</p> |
| <p><b>Förderorganisation</b></p> <p>Bayerische Forschungsallianz (Kompetenznetzwerk für technisch-wissenschaftliches Hoch- und Höchstleistungsrechnen in Bayern)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p><b>Website</b></p> <p>bayfor.org/konwihr, www.konwihr.uni-erlangen.de</p>                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |



## 2.13 Mont-Blanc & Mont-Blanc 2

Energy efficiency is already a primary concern for the design of any computer system and it is unanimously recognized that future Exascale systems will be strongly constrained by their power consumption.

Since October 2011, the aim of the European project called Mont-Blanc has been to design a new type of computer architecture capable of setting future global HPC standards, built from energy efficient solutions used in embedded and mobile devices. This project is coordinated by the Barcelona Supercomputing Center (BSC) and has a budget of over 14 million, including over 8 million Euros funded by the European Commission. Two years later, the European Commission granted additional 8 million Euro funds to extend the Mont-Blanc project activities in the project Mont-Blanc 2 until September 2016.

This three year extension will enable further development of the OmpSs parallel programming model to automatically exploit multiple cluster nodes, transparent application check pointing for fault tolerance, support for ARMv8 64-bit processors, and the initial design of the Mont-Blanc Exascale architecture.

Improving the energy efficiency of future supercomputers is one of LRZ's main research goals. Also, Hardware prototyping of novel architectures has proven to be successful for the technology watch preceding the selection of large supercomputers. Yet, advances in hardware are only justified if the need for programmability and thus the productivity of application development is still satisfied. Therefore, LRZ's contribution to Mont-Blanc is twofold: application experts successfully ported BQCD, an application from the field of quantum chromodynamics to the new system and analysed the productivity of the platform based on ARM processor technology and the OmpSs programming model compared to traditional computer architectures and programming models. On the hardware side, LRZ's computer architecture experts are responsible for system monitoring. In particular, the fine-grained power measurements of the Mont-Blanc system require additional scalability of the system monitoring which the LRZ-developed monitoring solution provides.



### Highlights in 2015

Production-level operations of the Mont-Blanc prototype system (1080 nodes, 2160 cores, ARM Cortex A15) at the Barcelona Supercomputing Centre

Presentation of the project at the two major international supercomputing conferences (ISC and SC) as part of the joint "European Exascale Projects" booth in the exhibition area.

#### Fast Facts

##### Project duration

1/10/2011 – 30/06/2015 (Mont-Blanc)  
1/10/2013 – 30/09/2016 (Mont-Blanc 2)

##### Contact person

Axel Auweter

##### Funding agency

European Commission FP7

##### Website

[www.montblanc-project.eu](http://www.montblanc-project.eu)

##### Partner institutions

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

## 2.14 Mr. SymBioMath



The project **High Performance, Cloud and Symbolic Computing in Big-Data Problems applied to Mathematical Modeling of Comparative Genomics (Mr.SymBioMath)** links different research domains coming up with a coordinated multi-disciplinary approach for the development of tools targeting Big-Data and computationally intensive scientific applications. Generic solutions for Big-Data storage, management, distribution, processing and final analysis will be developed. While these solutions target a broad range of scientific applications, as a concrete proof-of-concept they will be implemented in the *Comparative Genomics* field of bioinformatics and biomedical domains.

All of these applications are well suited to apply high-performance and cloud computing approaches and present a high potential for commercialisation. Visualization techniques for different output devices ranging from Virtual Reality environments to mobile devices will be developed to enhance the human understanding of the result data sets.

### Publications

Tukora B., C. Anthes, P. Heinzlreiter, D. Kranzlmüller, Large-scale Dynamic Visualization of Multiple Comparative Genomic Data. Poster in: Proceedings of the IEEE Information Visualization Conference (InfoVis '14), Paris, France, November 2014

| Fast Facts                                                             |                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Project duration</b>                                                | <b>Partner institutions</b>                                                                                                                                                             |
| 1/02/2013 – 31/1/2017                                                  | University of Malaga<br>RISC Software GmbH<br>Johannes Kepler University Linz<br>Integromics S.L.<br>Servicio Andaluz de Salud – Hospital Carlos Haya of Spain<br>Leibniz-Rechenzentrum |
| <b>Contact person</b>                                                  |                                                                                                                                                                                         |
| Dr. Christoph Anthes                                                   |                                                                                                                                                                                         |
| <b>Funding agency</b>                                                  |                                                                                                                                                                                         |
| European Commission Industry-Academia Partnerships and Pathways (IAPP) |                                                                                                                                                                                         |
| <b>Website</b>                                                         |                                                                                                                                                                                         |
| <a href="http://www.mrsymbiomath.eu/">http://www.mrsymbiomath.eu/</a>  |                                                                                                                                                                                         |

## 2.15 Power Data Aggregation Monitor (PowerDAM)

PowerDAM ist ein am LRZ entwickeltes Softwarewerkzeug, um wichtige Sensorwerte von Rechenzentrumsinfrastrukturkomponenten und IT-Systemen einzusammeln, in einer zentralen Datenbank abzulegen und auszuwerten. Das Tool ermöglicht somit einerseits die Bestimmung und Anzeige der aktuellen Energieeffizienz eines Rechenzentrums. Andererseits erlaubt PowerDAM eine weitere Optimierung der Energieeffizienz wichtiger Komponenten in der Elektro- und Kühlinfrastruktur anhand von zeitlichen Verlaufsdarstellungen der abgespeicherten Messwerte und deren Korrelation mit Parametern wie beispielsweise Außentemperatur und -feuchte sowie IT-Leistungsaufnahme bzw. zu kühlende Wärmelast.

## 2.16 PRACE



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.

### 2.16.1 PRACE Third Implementation Phase Project (PRACE-3IP)

#### PRACE Advanced Training Centres

As a GCS member organization, LRZ since 2012 has been one of six European „PRACE Advanced Training Centres“ (PATC) that offer state-of-the-art HPC courses and workshops for interested users from throughout Europe. The PATC programme is organized and coordinated by the participating centres through work package WP4 (‘‘Training’’) of the current PRACE effort. In 2015, approximately 100 visitors attended four of these course events at LRZ. The LRZ PATC contribution in the areas of advanced HPC programming, Fortran, Intel Xeon Phi and GPGPU programming, as well as node-level-optimization are now a well-established component of the PATC curriculum, and are considered essential also for the future.

Within work package WP7 (‘‘Application Enabling and Support’’), LRZ leads the effort to implement ‘‘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 new guidelines extend coverage by the following topics:

- Intel Knight’s Landing
- Intel Haswell and Broadwell
- GPGPU (NVidia Pascal etc.)
- Intel Xeon Phi (Update)

Furthermore, LRZ has provided support and an optimization effort for the particle-in-cell code PICCANTE within the ‘‘PRACE Preparatory Access’’ programme [1].

### 2.16.2 PRACE Fourth Implementation Phase Project (PRACE-4IP)

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 four 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).

### Highlights in 2015

Sgattoni, A., Fedeli, L., Sinigardi, S., Marocchino, A., Macchi, A., Weinberg, V., Karmakar, A.: Optimising PICCANTE - an Open Source Particle-in-Cell Code for Advanced Simulations on Tier-0 Systems. In: arXiv:1503.02464 [cs.DC], 2015.

Weinberg, V., Allalen, M.: 2nd Intel MIC & GPU Programming Workshop at LRZ. In: inSIDE, Vol. 13, No. 2, p. 79, 2015.

### Fast Facts

#### Project duration

PRACE 3IP 01.07.2012-31.12.2017  
PRACE 4IP 01.02.2015-30.04.2017

#### Contact person

Torsten Wilde

#### Funding agency

European Commission FP7

#### 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), LRZ  
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 Wpoznaniu (Poland)  
SIGMA2 – Uninett Sigma2 AS (Norway)  
GRNET – Greek Research and Technology Network S.A. (Greece)  
UC-LCA – Faculdade de Ciencias 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)

## 2.17 Simulation und Optimierung des Energiekreislaufs von Rechenzentrums-Klimatisierungsnetzen unter Berücksichtigung von Supercomputer-Betriebsszenarien (SIMOPEK)

Die Reduzierung des Energieverbrauches und die Wiederverwendung von Abwärme sind heute wichtige Themen bei der Konzeption und dem Betrieb von großen Rechenzentren. Das Hauptziel des vom BMBF geförderten Vorhabens SIMOPEK ist die ganzheitliche Betrachtung und Optimierung der Energieeffizienz von Höchstleistungsrechenzentren.



Erstmalig sollen Methoden und Softwarekomponenten zur Modellierung und Simulation aller Energiekreisläufe eines Rechenzentrums entwickelt werden, die sowohl ein hochdynamisches Lastverhalten der Verbraucher als auch neue technische Komponenten und Konzepte zur Wiederverwertung der erzeugten Abwärme berücksichtigen.

Als konkreter Demonstrator wird im Projekt das Leibniz-Rechenzentrum, genauer die beiden Höchstleistungsrechner SuperMUC und CoolMUC betrachtet. Diese werden mit "High Temperature Liquid Cooling" (HTLC) betrieben. Der entsprechende Energiekreislauf wird im Detail untersucht und optimiert. Im Projekt wird so zum ersten Mal ein Rechenzentrum ganzheitlich betrachtet, nämlich als Einheit aus seiner Infrastruktur, externen Einflussfaktoren, Rechenzentrumszielen, Betriebsszenarien und Rechnerverhalten. Einsparungen in Höhe mehrerer Millionen Euro über Fünfjahreszeiträume (Rechnerlebenszeit) scheinen in der Praxis möglich.

Konzepte zur Übertragbarkeit von Projektergebnissen auf andere Rechenzentren (beispielsweise der Gauss-Allianz) werden im Projekt gemeinsam erarbeitet. Zudem ist geplant, Weiterentwicklungen von SIMOPEK auch für die Planung neuer Rechenzentren einzusetzen, wobei insbesondere eine Berücksichtigung von variablem Lastverhalten der Hochleistungsrechner, von verschiedenen Kühlungstechnologien sowie von innovativen Konzepten zur Abwärmenutzung ermöglicht werden soll. Eine Ausweitung auf weitere Anwendungen im Energiemanagement ist ebenfalls geplant. Für eine Reihe der im Projekt entwickelten Module soll der Quelltext öffentlich zugänglich gemacht werden.

### Highlights in 2015

#### Konferenzen & Veranstaltungen

Messeauftritt auf der ISC 2015 vom 12-16. Juli in Frankfurt, Deutschland

2ter SIMOPEK Workshop, ICT4S'15, 2015-09-09, Copenhagen, Denmark

#### Vorträge

- Hayk Shoukourian verteidigte erfolgreich seine Promotion am 14.08.2015
- „PowerDAM and LACP adaptive models“, Mont-Blanc workshop am LRZ (05.11.2015)
- SIMOPEK Projektpräsentation auf der ISC'15, Frankfurt, Deutschland (12-16. Juli 2015)

- Eingeladener Vortrag beim Dagstuhl Seminar „Power-bound HPC Performance Optimization“, Dagstuhl, Deutschland (17-21. Aug 2015)
- Eingeladener Vortrag auf der PPAM'15 in Krakow, Polen, (9. Sept 2015)
- SIMOPEK Poster Präsentation auf der ICT4S 2015 Konferenz (7-10. Sept 2015)
- Eingeladener Vortrag bei der Energy Efficient HPC Working Group - Perspectives and Case Studies from HPC Centers on Dynamic Controls for Liquid Cooling (11.Oct.2015)
- Eingeladener SIMOPEK Projektstatus Vortrag auf der Gauss Allianz Status Tagung, Bad Homburg (14. Dez 2015)

### Publikationen

- Hayk Shoukourian, Torsten Wilde, Axel Auweter, Arndt Bode und Daniele Tafani: “Predicting Energy Consumption Relevant Indicators of Strong Scaling HPC Applications for Different Compute Resource Configurations”, 23rd High Performance Computing Symposium (HPC 2015), wird über die ACM Digitale Bibliothek veröffentlicht
- Torsten Wilde, Axel Auweter, Hayk Shoukourian, Arndt Bode: Taking advantage of node power variation in homogenous HPC systems to save energy; in: High Performance Computing 30th International Conference, ISC High Performance 2015, Frankfurt, Germany, July 12-16, 2015, Proceedings, Pages 376-393
- Hayk Shoukourian, Torsten Wilde, Axel Auweter, Arndt Bode: Power Variation Aware Configuration Adviser for Scalable HPC Schedulers; in High Performance Computing & Simulation (HPCS), 2015 International Conference on , vol., no., pp.71-79, 20-24 July 2015
- Torsten Wilde, Tanja Clees, Nils Hornung, Detlef Labrenz, Michael Schnell, Horst Schwichtenberg, Hayk Shoukourian, Inna Torgovitskaia and Eric Lluch Alvarez: Increasing Data Center Energy Efficiency via Simulation and Optimization of Cooling Circuits - A Practical Approach; in: LNCS 9424, Energy Informatics, 4th D-A-CH Conference, EI 2015, Karlsruhe, Germany, November 12–13, 2015, Proceedings, p.208 ff.

### Steckbrief

|                                                    |                                                        |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Projektlaufzeit</b>                             | <b>Partnerinstitutionen</b>                            |
| 1.7.2013 – 30.6.2016                               | Leibniz-Rechenzentrum<br>Fraunhofer SCAI<br>SorTech AG |
| <b>Kontaktperson</b>                               |                                                        |
| Torsten Wilde                                      |                                                        |
| <b>Förderorganisation</b>                          |                                                        |
| Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) |                                                        |
| <b>Website</b>                                     |                                                        |
| <a href="http://www.simopek.de">www.simopek.de</a> |                                                        |

## 2.18 Virtuelles Alpen-Observatorium II (VAO-II)

Auf Initiative der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus (UFS) auf der Zugspitze bündelt das Netzwerk „Virtuelles Alpenobservatorium“ (VAO) die Forschungsaktivitäten der alpinen Höhenforschungsstationen in Italien, Frankreich, der Schweiz, Österreich, Norwegen und Deutschland. Der Einfluss des Klimawandels auf die sensible Alpenregion spielt eine zentrale Rolle bei den Forschungsarbeiten, die sich unter anderem auf die Bereiche Geophysik, Meteorologie und Chemie konzentrieren.



Das LRZ entwickelt im Rahmen des Alpenobservatoriums/VAO-II zusammen mit dem DLR, der UFS und der Universität Augsburg das Teilprojekt IV, "Alpine Environmental Data Analysis Centre" (AlpEn-DAC – vormals Alpen-Datenanalysezentrum, Alpen-DAZ), in dem die Daten der internationalen Forschungsstationen gesammelt und analysiert werden.



**Highlights in 2015**

Unter Federführung von DLR/UAU (Datenkomponente) und LRZ (Simulationskomponente auf der LRZ-Compute-Cloud) wurde durch das Projektteam ein Webportal ([www.alpendac.eu](http://www.alpendac.eu)) für Datenmanagement, „Computing on Demand“-Simulationen und Visualisierung mit den dazugehörigen Backend-Komponenten (Datenbanken, Schnittstelle zur Cloud) erstellt. Über das Webportal können seit Dezember 2015 erste Daten – auch von Mobilgeräten aus – ins AlpEnDAC eingebracht sowie eingebrachte Daten visualisiert werden. Ebenso können über das Portal Berechnungen von 2-Tage-Trajektorien zum/vom Schneefernerhaus bestellt werden (Computing on Demand), die auf der LRZ-Cloud innerhalb von lediglich ein bis drei Minuten ablaufen und sofort im Datenportal (über eine Landkarte gelegt) sichtbar sind.

**Konferenzen & Veranstaltungen (Auswahl)**

- 1. VAO II - Teilprojekt IV Arbeitstreffen, 21. Januar 2015
- VAO-II Symposium, Salzburg, 27. – 30. Oktober 2015

**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](http://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

**2.19 Virtual Earthquake and Seismology Research Community in Europe e-Science Environment (VERCE)**

VERCE is developing an e-science environment for data-intensive seismic applications to enable innovative data analysis and data modelling methods that fully exploit the increasing wealth of open data generated by the observational and monitoring systems of the global seismology community. The VERCE environment builds upon a service-oriented architecture and a data-intensive platform delivering services, workflow tools, and software as a service to integrate the distributed European public data and computing infrastructures (HPC, grid and cloud) with private resources and the European integrated data archives of the seismology community.



The LRZ is leading WP2 “Integration and evaluation of the platform services”, which has the curial role of quality assessing and testing of software modules to be integrated into the platform. WP2 is performing regular release cycles with a fixed frequency of six months to ensure that only fully functional and compatible software is integrated into the VERCE e-science environment.

## Highlights in 2015

The first in-house training to simulate a number of forward simulations of various Italian earthquakes on SuperMUC took place at LRZ from 9<sup>th</sup> to 14<sup>th</sup> March. Following the success, SuperMUC was requested to be used in a demo at the TIDES training school at Bertinoro Italy on 1<sup>st</sup>-5<sup>th</sup> June. The second in-house training (1<sup>st</sup> to 3<sup>rd</sup> July) at University of Liverpool where LRZ was actively involved once again took advantage of SuperMUC. LRZ's excellent background support and supercomputing facilities from both the DRG and HPC groups were paramount to the success of the training.

The final EU review of VERCE took place on 21<sup>st</sup> September in Paris. All project partners, the reviewers as well as a representative of the EC joined here to review the final status of the project. The reviewers and project officer were very satisfied with the final results, which are of relevance to the entire geoscience community. The work package that LRZ led was additionally commended for the key performance indicators (KPIs) process and results and were invited to share our experience at the ICT conference in Lisbon. NSF CyberInfrastructure directorate had requested to circulate our final report within NSF as a reference document. There will also be a VERCE featured article in EU CORDIS to share our success.

## Events and Conferences

- 17-23 May 2015, **EGI Conference and EGCF**, Lisbon, Spain
  - S.H. Leong
  - VERCE's demo
- 1-3 July 2015, **Internation Conference on Computational Science**, Reykjavik, Iceland
  - S.H. Leong
  - Presentation: Towards a General Definition of Urgent Computing
- 12-14 July 2015, **ISC High Performance**, Frankfurt am Main, Germany
  - S.H. Leong
  - Presentation: A Case Study - Cost of Preemption for Urgent Computing on SuperMUC
- 19-23 May 2015, **11th IEEE International Conference on eScience**, Munich, Germany
  - Paper: VERCE delivers a productive e-Science environment for seismology research
- 30 November-2 December 2015, **The 2nd International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management**, Rennes, Brittany, France
  - S.H. Leong
  - Presentation: A Task-based Ubiquitous Approach to Urgent Computing for Disaster Management

## Publications

S. H. Leong, C. Anthes, F. Magnoni, A. Spinuso, and E. Casarotti. *Advance Visualisation of Seismic Wave Propagation and Speed Model*. Innovatives Supercomputing in Deutschland, 13(1):34–37, 2015.

M. Atkinson, M. Carpena, E. Casarotti, S. Claus, R. Filgueira, A. Frank, M. Galea, A. Gemünd, H. Igel, I. Klampanos, A. Krause, L. Krischer, S. H. Leong, F. Magnoni, J. Matser, A. Michelini, H. Schwichtenberg, A. Spinuso, and J.-P. Vilotte. *VERCE delivers a productive e-Science environment for seismology research*. In 11th IEEE International Conference on eScience, Proceedings, 2015.

S. H. Leong and D. Kranzlmüller. *A Task-based Ubiquitous Approach to Urgent Computing for Disaster Management*. In International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management, 2015.

S. H. Leong and D. Kranzlmüller. *A Case Study - Cost of Preemption for Urgent Computing on SuperMUC*. In High Performance Computing, volume 9137 of Lecture Notes in Computer Science, pages 422–433. Springer International Publishing, 2015.

S. H. Leong and D. Kranzlmüller. *Towards a General Definition of Urgent Computing*. In ICCS Proceedings, volume 51 of Procedia Computer Science, pages 2337 – 2346. Elsevier, 2015.



| Fast Facts                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Project duration</b>                        | <b>Partner institutions</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1/10/2011 – 31/9/2015                          | Institut de Physique du Globe de Paris<br>Université Joseph Fourier de Grenoble<br>The University of Edinburgh<br>Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut<br>Euro-Mediterranean Seismological Centre<br>Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia<br>Ludwig-Maximilians-Universität München<br>The University of Liverpool<br>Leibniz-Rechenzentrum<br>Fraunhofer-Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen<br>Consorzio Interuniversitario Cineca |
| <b>Contact person</b>                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Dr. Anton Frank                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Funding agency</b>                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| European Commission                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Website</b>                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <a href="http://www.verce.eu">www.verce.eu</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

## 2.20 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“ im November 2015 mit der Publikation der Technischen Spezifikation erfolgreich zum Abschluss gebracht werden. Die Erweiterungen der Parallelität beinhalten

- 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-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. Im Sommer 2015 wurden die neuen Konzepte im Rahmen eines Workshops („Recent Advances in Parallel Programming Languages“, siehe Kapitel 13 vorgestellt.

Das Standardisierungsgremium hat darüber hinaus die abschließende Liste der im kommenden Standard („Fortran 2015“, ISO/IEC 1539-1) zu definierenden Features festgelegt. Neben den Technischen Spezifikationen TS29113 (erweiterte Interoperabilität mit C) und TS18508 (s.o.) werden hier nur eine Reihe kleinerer Änderungen vorgenommen, die zur Bereinigung von Inkonsistenzen in der Sprache führen sollen. Wegen des langwierigen Integrations- und Abstimmungsverfahrens wird die Veröffentlichung des neuen Standards jedoch nicht vor 2018 erwartet.

## 2.21 Mitarbeit in Initiativen zur Förderung und Weiterentwicklung von HPC-Technologien in Europa

### 2.21.1 ETP4HPC

Das LRZ ist Gründungsmitglied der European Technology Platform for High Performance Computing (ETP4HPC). Die ETP4HPC ist ein von der Industrie geführtes Forum mit dem Ziel die Anwendung, Erforschung und Produktion von HPC-Technologien in Europa zu fördern.

2015 hat die ETP4HPC die gemeinsam mit PRACE beantragte H2020 Coordination & Support Action „EXDCI“ gestartet. Ziel dieser „European Extreme Data & Computing Initiative“ ist es, die Entwicklung und Umsetzung einer gemeinsamen Strategie für das Europäische HPC Ökosystem zu koordinieren.

Weitere wichtige Aktivitäten der ETP4HPC im Berichtsjahr waren:

- Start einer Arbeitsgruppe zur Entwicklung eines Konzepts für „Extreme Scale Demonstrators“, die europäische HPC Technologien, die im Rahmen von FP7 oder H2020 Projekten entwickelt wurden, zusammenführen sollen.
- Veröffentlichung einer aktualisierten Fassung der Strategic Research Agenda (SRA).

### 2.21.2 GASPI

Für die Simulationssoftware GADGET wurde die dazu gehörige Rendering Software SPLOTCH auf das GASPI Framework in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ITWM und der Universitätssternwarte München (Prof. K. Dolag) erweitert. Dadurch wurde es möglich, die Rendering Zeit drastisch zu verkürzen. Die Software wird noch weiter angepaßt, um schließlich nahe Echtzeit Visualisierungen der Simulationsergebnisse der GADGET Simulation zu ermöglichen. Eine besondere Herausforderung ist die schiere Größe der Simulationsergebnisse, die für einen Zeitschritt mehrere hundert TB umfaßt und eine Visualisierung äußerst erschwert.

Highlights:

Der fertige Film der SuperMUC GADGET Simulation dient als Grundlage für eine Video-Präsentation über die Entstehung des Weltalls von Prof. Dolag im neuen Planetarium des Deutschen Museums.

### 2.21.3 GÉANT GN3plus

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, humanists, 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 2015

### **Identity Management:**

Based on the definition of different core and management workflows and hence derived requirements, the GÉANT-TrustBroker project team at LRZ designed the core services necessary to fully automate the SAML metadata exchange between identity providers (IDPs) and service providers (SPs). From a user's point-of-view this component is similar to a standard Centralized Discovery Service as often seen in SAML- and web-service-based federations. Additionally, IDP and SP software was extended, in order to integrate the exchanged SAML metadata and attribute conversion rules shared by other IDP administrators automatically. To demonstrate the functionality of the GNTB core service and the workflows, a proof-of-concept was implemented in LRZ's Shibboleth testbed.

By improving the implementation, for example with an additional statistics tool, and implementing an Identity Provider (IDP) extension for Shibboleth Version 3 lead by the LRZ, GNTB reached a good, stable level for future piloting.

In the Service Activity (SA) 5, which is about Identity Management Service, LRZ became a new partner. LRZ was mainly involved within 3 tasks: Harmonization, VOPaaS, and eduroam. Harmonization is about harmonizing used user information, called attributes, profiles, policies, and overall usage. LRZ was especially engaged with the harmonization of assurance. Level of Assurance (LoA) and similar measurements are used to determine and tag IDPs, which have a certain standard, as service providers (SPs) need some confidence to let users make use of their services. By different surveys and inside information, areas with need of actions were discovered and recommendations were given. The roadmap for 2016 focuses on a web tool for the maturity scan of IDPs.

Another service of SA5 is a to develop virtual organisation platform as a service (VOPaaS). Besides national federations, collaborations tend to establish their own virtual federation, which can be called virtual organisation (VO). In order to facilitate the cross-organisational and cross-federational work, a platform is developed where VOs can register and set up their working environment.

### **Network and Service Management:**

The Circuit Monitoring System (CMon), which has been in development by partners from Denmark (NordUNET), Great Britain (DANTE), and LRZ since 2013 was released to the public early 2015. It can monitor static but also dynamic circuits spanning multiple national research and education networks. Information about dynamic circuits is exchanged with the automatic provisioning system AutoBAHN.

The main goal in 2015 was the integration of CMon into existing or upcoming GÉANT services. Two services were selected as use cases: GÉANT Testbed Service (GTS) and Alien Wavelength Service (AWS). Respective proof-of-concepts will be demonstrated at the GÉANT Symposium in 2016.

### **Software-defined Networking:**

LRZ first analyzed monitoring for SDN layers and Network-as-a-Service (NaaS) with a special focus on link status data and Openflow data export. Then, a Management-as-a-Service use case has been specified, allowing for the extension of the NaaS approach to other management areas besides configuration management. Therefore, NRENs, customers, developers and researchers will be able to build, deploy, and operate their own flexible, modular, and re-usable management platform in the future.

Monitoring has also been improved for GÉANT's Multi-domain-VPN (MDVPN) service, leading to the MDVPN service quality monitoring based on the Nagios open source software. For MDVPN, also a service inventory prototype has been implemented, which provides several views on the available data, supports the management workflows, and is now in the focus of continuous integration efforts.

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).

### **Security:**

LRZ is 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 2015, LRZ participated in the audit of 'Federation as a Service' in the areas of Software and Documentation quality. Further audits, including a secure code review, were being held by partners. For 2016, two audits for the 'Firewall on demand' service and the MDVPN Service Inventory are planned.

Since November 2015, LRZ also leads the security task SA3 T1. The goal of this task is the specification of a multi-domain service security architecture, which combines three subprojects: Security testbed, Firewall on Demand, and Reputation Shield. For detecting malicious activities in its network infrastructure, GÉANT but also many NRENs run different mechanisms like intrusion detection systems, honeypots, and flow-based sensors; based on sharing the detected security events, using for instance WARDEN provided by CESNET and calculating a reputation score of detected systems helps to block attacks targeting systems connected to the GÉANT and NRENs' networks in a very early stage. The GÉANT security testbed is on the one hand a platform for vendors of security solutions to test alpha or beta versions of their products in a realistic network environment; on the other hand, NRENs have the ability to evaluate these security solutions and profit using the security testbed through the ability to detect attacks affecting their network they are currently not aware of. Evaluating products in this early stage allows NRENs and potential users to give feedback and request additional features that improve functionality or better meet the specific needs of the R&E community.

### Cloud Services:

LRZ was active in creating a compilation of relevant standards and good practices for interoperability and security using cloud services. As member of the GÉANT IaaS procurement team, LRZ worked on the problem that finding and procuring the right cloud service is not trivial for national research and education networks (NRENs). LRZ designed a questionnaire containing questions to elicit the NRENs' requirements, including the topics of eduGAIN support, data security and privacy, billing capabilities and network connectivity which cloud service providers (CSP) have to answer. Specifically to answer security related questions the categorization of the processed data is essential. So LRZ proposed a questionnaire-like cloud advisory tool which helps NRENs but also institutions to categorize their data and figure out requirements especially on data security a potential cloud service provider has to fulfill.

### Events and Conferences

- GÉANT Symposium, 23-26 February 2015, Athens, Greece
- GÉANT Summer School for Developers, 19-21 October 2015, Poznan, Poland
- GÉANT Testbed Service Workshop, 21-23 October 2015, Copenhagen, Denmark
- TNC 2015, 15-18 June 2015, Porto, Portugal
- 93th IETF meeting, 19-24 July 2015, Prague, Czech Republic
- Internet2 Technology Exchange 2015, 4-7 October 2015, Cleveland, USA
- OpenIDentity Summit 2015, 10-11 Nov 2015, Berlin, Germany

### Publications

- Hommel W., Metzger S., Pöhn D.: GÉANT-TrustBroker: Simplifying Identity & Access Management for International Research Projects and Higher Education Communities. In: EUNIS Journal of Higher Education IT - EJHEIT. Eds. Mennielli, M., Vol. 2. EUNIS 2015 - 20th EUNIS Congress. Umea, Sweden, May 2015.
- Pöhn D.: Topology of Dynamic Metadata Exchange via a Trusted Third Party. In: GI-Edition 251 - Open Identity Summit 2015. Germany, Berlin, November 2015.
- Grabatin, M., Hommel, W., Metzger, S., Pöhn, D.: DAME: On-demand Internet-scale SAML Metadata Exchange. In: International Journal On Advances in Systems and Measurements, Vol. 8, Eds. IARIA, 2015, ISSN 1942-261x. pp 156-167.

| Fast Facts                                                     |                                                 |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <b>Project duration</b>                                        | <b>Partner institutions</b>                     |
| GN3plus 01/04/2013 – 30/04/2015<br>GN4 01/05/2015 – 30/04/2016 | Leibniz Supercomputing Centre                   |
| <b>Contact person</b>                                          | TERENA/GÉANT Association<br>NORDUnet<br>SURFnet |
| PD Dr. Wolfgang Hommel                                         |                                                 |

|                                                                                                  |                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <p><b>Funding agency</b></p> <p>European Commission FP7<br/>European Commission Horizon 2020</p> | <p>Leibniz Supercomputing Centre / DFN<br/>GARR<br/>PSNC</p> |
| <p><b>Website</b></p> <p><a href="http://www.geant.net">www.geant.net</a></p>                    |                                                              |

## 2.21.4 Safe And Secure European Routing (SASER)

Der Betrieb komplexer Netzinfrastrukturen, die aus Tausenden einzelner aktiver Netzkomponenten bestehen, ist ohne dedizierte Werkzeuge für das Netzmanagement undenkbar. Heutige Netzmanagement-Plattformen beschränken sich auf funktionale Eigenschaften der Netzinfrastruktur wie Bandbreitenmanagement, Hardware-Störungslokalisierung und Netzkomponenten-Konfiguration. Eine dedizierte Behandlung von Sicherheitseigenschaften, wie sie im Rahmen von SASER möglich wird, kann mit bestehender Netzmanagement-Software nicht erreicht werden.



In dem vom Leibniz-Rechenzentrum bearbeiteten Teilprojekt von SASER sollen deshalb Konzepte und Implementierungen erarbeitet werden, um bestehende Netzmanagement-Plattformen an die durch SASER geschaffene, sicherheitsorientierte Netzinfrastruktur anzupassen. Die konkreten Themenbereiche umfassen:

- Erweiterung der technischen Schnittstellen zwischen zentralen Netzmanagement-Plattformen und Netzkomponenten um das Monitoring und die Steuerung von Sicherheitsparametern.
- Konzepte und Algorithmen für die dynamische Steuerung dieser Sicherheitsparameter unter Berücksichtigung der ermittelten aktuellen Bedrohungslage und der zu erreichenden Zielsetzungen.
- Erfassung von sicherheitsrelevanten Kennzahlen und Aufbereiten der aktuellen Sicherheitslage zu Sicherheitsberichten.

### Highlights in 2015

- Das Jahr 2015 war geprägt von der Durchführung des Teilprojektes TP-3 („Security-Monitoring und Security-Reporting“). TP-3 umfasste das Monitoring und Reporting von Security-Events, wobei es wichtig war, dass die Informationen nutzbar für die Administratoren aufbereitet werden, was insbesondere Trendanalysen, Visualisierungen und Schaubilder umfasst.
- In diesem Teilprojekt wurde intensiv mit der TU München und der FH Potsdam zusammengearbeitet; insbesondere wurde auch eine enge Zusammenarbeit mit den finnischen Partnern von VTT etabliert, welche in einen gemeinsamen Demonstrator fließen. Dabei wurden insbesondere Konzepte entwickelt, mit denen man zuverlässig Amplification Angriffe erkennen kann, und Visualisierungen konzipiert, die dazu beitragen, die Analyse durch die zuständigen Administratoren zu verbessern oder erst zu ermöglichen. Beim Visualisierungsprojekt stand der Echtzeit-Aspekt des Monitorings im Vordergrund; zur Umsetzung wurde auf die in TP-1 und TP-2 gelegten Grundlagen des Datenaustauschs und der definierten Schnittstellen aufgebaut, so dass hier die Leistungsfähigkeit und Flexibilität des gewählten Ansatzes unter Beweis gestellt werden konnte. Weiterhin wurde an einem darauf aufbauenden Reporting gearbeitet, das aggregierte Statistiken erstellen und in Security-Reports für verschiedene Zielgruppen zusammenstellen soll.



Durch die Integration von Sicherheitsmeldungen in das Netzmanagement ist die Erstellung von zielgruppenorientierten Berichten deutlich vereinfacht worden. So ist es möglich, die durch diese Integration erfolgte Informationsanreicherung direkt an die verantwortlichen Stellen weiterzuleiten oder sie durch das neu entwickelte SASER-Dashboard live zu informieren.

### Konferenzen & Veranstaltungen

- 22. DFN-CERT Konferenz „Sicherheit in vernetzten Systemen“, 24.–25.02.2015, Hamburg
- Jahrestagung des Forschungszentrums Code, 25.–26.03.2015, Neubiberg
- 8. DFN-Forum Kommunikationstechnologien, 08.–09.06.2015, Lübeck
- ICIMP 2015 & INFOCOMP 2015, 21.–25.06.2015, Brüssel, Belgien

### Eigene Publikationen

- von Eye, Felix, Timm Böttger, Helmut Reiser, Lothar Braun, Oliver Gasser und Georg Carle: *Detektion und Prävention von Denial-of-Service Amplification Attacks – Schutz des Netzes aus Sicht eines Amplifiers*. In: Paulsen, Christian (Herausgeber): *Sicherheit in vernetzten Systemen: 22. DFN-Konferenz*, Seiten H-1–H-13, Norderstedt, Deutschland, Februar 2015. Books on Demand
- von Eye, Felix, Wolfgang Hommel und Stefan Metzger: *Know-how: Aufbau und Betrieb von organisationsweitem Security-Monitoring – Wichtiges sehen, Gefährliches bekämpfen*. In: *IT-Administrator*, Band 3, Seiten 99–102, München, Deutschland, März 2015. Heinemann Verlag GmbH
- von Eye, Felix, Timm Böttger, Helmut Reiser, Lothar Braun, Oliver Gasser und Georg Carle: *DoS Amplification Attacks – Protocol-Agnostic Detection of Service Abuse in Amplifier Networks*. In: Steiner, Moritz, Pere Barlet-Ros, und Olivier Bonaventure (Herausgeber): *Traffic Monitoring and Analysis*, Band 9053 der Reihe *Lecture Notes in Computer Science*, Seiten 205–218, Lugano, Schweiz, Mai 2015. Springer International Publishing
- Hommel, Wolfgang, Stefan Metzger, Daniela Pöhn und Felix von Eye: *Improving higher education network security by automating scan result evaluation with Dr. Portscan*. In: Mennielli, Michele (Herausgeber): *EUNIS Journal of Higher Education IT – EJHEIT*, Band 2 der Reihe *EUNIS 2014 – 20th EUNIS Congress*, Seiten 11–20, Umea, Schweden, Mai 2015
- von Eye, Felix: *Effective Security Monitoring through System Recognition*. In: Paleologu, Constantion und Jaime Lloret Mauri (Herausgeber): *ICIMP 2015, The Tenth International Conference on Internet Monitoring and Protection*, Seiten 8–11, Brussels, Belgium, Juni 2015. IARIA. URL: [http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=icimp\\_2015\\_1\\_20\\_30008](http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=icimp_2015_1_20_30008)
- von Eye, Felix, Michael Grabatin und Wolfgang Hommel: *Netzbasierte Erkennung von mittels Port Knocking versteckten Diensten und Backdoors*. In: Müller, Paul, Bernhard Neumair, Helmut Reiser und Gabi Dreo Rodosek (Herausgeber): *8. DFN-Forum Kommunikationstechnologien – Beiträge der Fachtagung*, Nummer 243 in *GI-Edition – Lecture Notes in Informatics (LNI): Proceedings*, Seiten 57–67, Bonn, Deutschland, Juni 2015. Gesellschaft für Informatik
- von Eye, Felix, David Schmitz, und Wolfgang Hommel: *Integrated Tool Support in the Context of Security and Network Management Convergence*. In: Rückemann, Claus-Peter und Malgorzata Pankowska (Herausgeber): *INFOCOMP 2015, The Fifth International Conference on Advanced Communications and Computation*, Seiten 36–42, Brussels, Belgium, Juni 2015. IARIA. URL: [http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=infocomp\\_2015\\_2\\_30\\_60058](http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=infocomp_2015_2_30_60058)

### Steckbrief

#### Projektlaufzeit

01.08.2012 – 31.07.2015

#### Kontaktperson

PD Dr. Wolfgang Hommel  
Felix von Eye

#### Partnerinstitutionen

Nokia Solutions and Networks Management International GmbH  
Coriant R&D GmbH  
Technische Universität Berlin  
Technische Universität München

|                                                |                                                                   |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Förderorganisation</b>                      | Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften |
| Bundesministerium für Bildung und Forschung    | Fraunhofer Gesellschaft HHI                                       |
| <b>Website</b>                                 | Ruhr Universität Bochum                                           |
| <a href="http://www.saser.eu">www.saser.eu</a> | Zuse Institut Berlin (ZIB)                                        |
|                                                | Technische Universität Braunschweig                               |
|                                                | Universität Tübingen                                              |
|                                                | Universität Würzburg                                              |
|                                                | FH Potsdam, IxDS GmbH                                             |
|                                                | Fraunhofer AISEC                                                  |
|                                                | Technische Universität Dortmund                                   |



## 3 Darstellung des LRZ in der Öffentlichkeit

### 3.1 Allgemeine Öffentlichkeit und Medien – PR

Das herausragende Ereignis des Jahres 2015 war die Feier der Inbetriebnahme der Phase 2 des SuperMUC am 29. Juni in Gegenwart von Dr. Ludwig Spaenle, Bayerischer Staatsminister für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst, und Stefan Müller, Parlamentarischer Staatssekretär bei der Bundesministerin für Bildung und Forschung.

Der Bayerische Rundfunk berichtete darüber in seiner Rundschau und erläuterte die Forschungen am Beispiel der Simulation der Erdplattentektonik, deren Visualisierung Prof. Bunge (Geophysik, LMU) im V2C vor der Kamera erläuterte. Die Deutsche Presseagentur dpa und die Süddeutsche Zeitung veröffentlichten Interviews mit Prof. Bode und die lokalen und überregionalen Medien brachten Beiträge über SuperMUC und die darauf erzielten Forschungsergebnisse (u.a. Focus Online, Stern, Frankfurter Allgemeine Zeitung, Die Welt, Passauer Neue Presse, Frankfurter Neue Presse, Zeit Online, Heise Newsticker).

Am Samstag vor der Inauguration, dem 27. Juni, fand der „Tag der offenen Tür“ auf Wunsch der Stadt Garching im Rahmen der Feiern anlässlich „1100 Jahre Garchinger Geschichte“ als „Lange Nacht der Wissenschaften“ auf dem Forschungscampus statt, an dem sich auch das LRZ wieder beteiligte. Wie in den Vorjahren wurden etwa 1.000 Besucherinnen und Besucher durch das Rechnergebäude geführt. Auch die Vorführungen im Visualisierungszentrum V2C waren wieder bis auf den letzten Platz ausgebucht.

Insgesamt fanden 2015 112 Führungen mit 2.834 Personen statt. Es gab 93 Vorführungen im V2C mit 1.653 Personen.

Auch 2015 bot das LRZ wieder den passenden Hintergrund für verschiedene Medien. So drehte der berühmte Hollywood-Regisseur Oliver Stone technische Szenen vor dem SuperMUC für seinen vom Film-Förderfonds Bayern geförderten Spielfilm über Edward Snowden. Für die Serie „Geschichten aus dem Münchner Land“ des Bayerischen Rundfunks drehte Simone Mauer am LRZ. Beides wird erst im Jahr 2016 öffentlich zu sehen sein. Patrick Wehner recherchierte für das SZ-Magazin zum Thema Archivierung.

Verschiedene Firmen, so u.a. die Herstellerfirma des SuperMUC Phase 2, Lenovo, veröffentlichten „Success Stories“ über ihre Zusammenarbeit mit dem LRZ.

Am 15.10.2015 nutzte das LRZ wie seit vielen Jahren die Möglichkeit, seine Dienste bei der LMU-Erstsemesterbegrüßung vorzustellen.

Den „Open Lab Day“ des V2C am 14. Dezember 2015 nutzte die Süddeutsche Zeitung für einen Besuch und einen ganzseitigen Bericht über das V2C und die von den Studentinnen und Studenten vorgestellten Visualisierungen

Dass selbst der seit über zwanzig Jahren erscheinende LRZ-Newsletter, in den ersten Jahren „Rundschreiben“ genannt, immer noch aufmerksam gelesen wird, konnte man am Anstieg der Anmeldungen für den dort angekündigten, neuen Dienst „GitLab“ feststellen.

### 3.2 Hochleistungsrechnen

#### 3.2.1 Supercomputing Konferenzen

Wie in den Vorjahren präsentierte sich das Gauss Centre for Supercomputing auf der Internationalen Supercomputing Conference, die vom 12–16. Juli 2015 erstmals auf der Frankfurter Messe ausgetragen wurde mit einem eigenen Messestand, auf dem sich die drei GCS-Zentren Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart (HLRS), das Jülich Supercomputing Centre (JSC) und das Leibniz-Rechenzentrum Garching/München gemeinsam präsentierten. Das offene, einladende, kommunikationsorientierte Design des Standes hatte sich aufs Neue bewährt. Zahlreiche Messebesucher – HPC-Nutzer, Forscher und Wissenschaftlicher, IT-Anbieter und -Verantwortliche sowie High-Tech-Medienvertreter – fanden ihren Weg zum GCS-Stand, um sich mit den Mitarbeitern der GCS-Zentren auszutauschen.

Das LRZ war ebenfalls mit einem Messestand auf der Supercomputing Conference in Austin/USA vertreten. Hier fanden zahlreiche Gespräche, insbesondere zu den Themen Monitoring und Energieeffizienz statt.



Abbildung 5: Stand der drei GCS-Zentren auf der ISC 2015 in Frankfurt

### 3.2.2 Publikationen des LRZ zusammen mit den GCS Partnern

Seit 13 Jahren berichtet das LRZ gemeinsam mit den Partnern im GCS im Magazin inSiDe (innovatives Supercomputing in Deutschland) über neue Forschungsaktivitäten und –ergebnisse. Im inSiDe-Magazin werden vor allem herausragende Ergebnisse der Anwender dargestellt, aber auch Forschungs- und Ausbildungsaktivitäten der Zentren.

Die neue Broschüre des GCS mit dem Untertitel "Höchstleistungsrechnen im Dienst von Wissenschaft und Forschung" berichtet über neu installierte Systeme in den beteiligten Zentren und über die zahlreichen in den Zentren durchgeführten Forschungsaktivitäten. Zudem werden in der neuen Herbstausgabe des Magazins auch etliche junge Forscher und Forscherinnen und ihre Projekte vorgestellt.

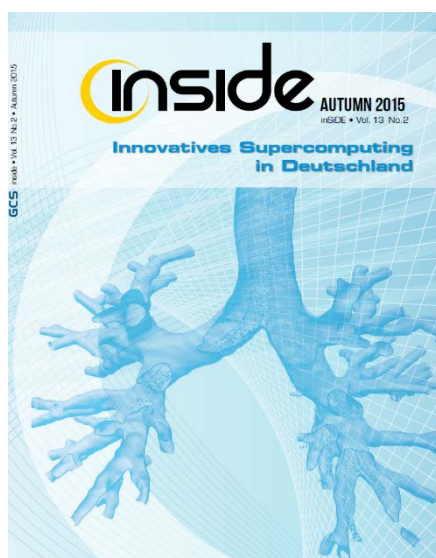


Abbildung 6: Publikationen zusammen mit den GCS-Partnern

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

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





GCS Home | Projects | Environment and Energy |  Go

**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 7: GCS-Webseiten mit den Ergebnissen auf SuperMUC

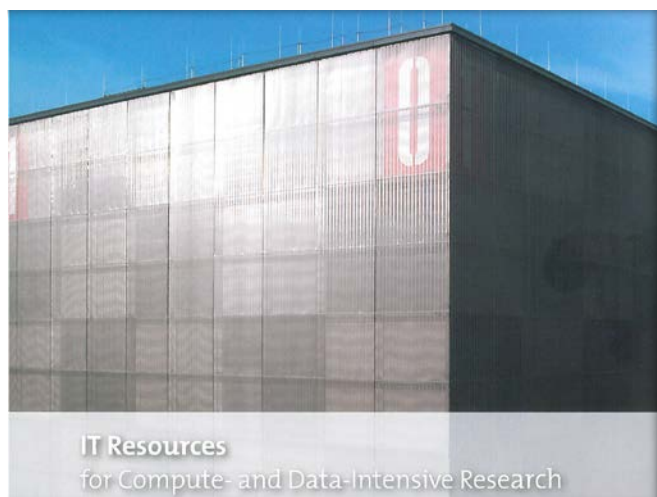
Details findet man unter:

- <http://inside.hlrs.de>
- [http://www.gauss-centre.eu/gauss-centre/EN/Home/home\\_node.html](http://www.gauss-centre.eu/gauss-centre/EN/Home/home_node.html)
- [http://www.gauss-centre.eu/gauss-centre/EN/Newsroom/Publications/\\_node](http://www.gauss-centre.eu/gauss-centre/EN/Newsroom/Publications/_node).

### 3.2.3 Flyer für rechen- und datenintensive Forschung

Ein neuer Flyer, der die Dienste und Ressourcen des LRZ für rechen- und datenintensive Forschung vorstellt, wurde erstellt. Darin werden folgende Themen und Dienstleistungen des LRZ kurz beschrieben

- SuperMUC, Linux Cluster und Compute Cloud
- Big Data, Data Science Storage, Archiv
- Hochleistungsnetze
- Softwareangebot, Tools
- Remote Visualisierung
- Servicedesk, Benutzerunterstützung, Kurse
- Application Labs



**Abbildung 8: Cover des neuen Flyers**

## 4 IT-Service Management

Der professionelle Betrieb von IT-Dienstleistungen erfordert klar definierte Regelungen, wie die drei Komponenten People, Processes & Technology zusammenspielen. 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 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 2015 festgelegten Ziele wurden weitestgehend erreicht.

### 4.2 Incident und Service Request Management

Für Incident and Service Request Management lag der Fokus 2015 auf der weiteren kontinuierlichen Verbesserung. Die Zahl der Meldungen von Störungen und Service Requests stieg im Vergleich zum Vorjahr um 28% auf durchschnittlich gut 950 pro Monat (11.499 im Gesamtjahr).

Die positive Tendenz hinsichtlich der Einhaltung intern definierter Ziele für Reaktions- und Lösungszeiten hat sich 2015 fortgesetzt, trotz des erhöhten Meldungsaufkommens und obwohl auch in diesem Jahr die angestrebte Erhöhung der Erstlösungsrate, also des Anteils der direkt durch den Servicedesk gelösten Incidents, noch nicht im gewünschten Maß realisiert werden konnte.

Der First-Line-Support des LRZ durchlief 2015 eine Reorganisation durch die Integration der bis dato weitgehend unabhängig voneinander agierenden Gruppen für Servicedesk (Support während regulärer Betriebszeiten) und Nachtoperatoren (Nacht- und Wochenend-Support). Die Etablierung neuer gemeinsamer Verfahren, Kommunikationsmechanismen und Werkzeuge wird auch 2016 weitergetrieben werden.

### 4.3 Change und Configuration Management

In einem Projekt „Change-Management 2015“ wurden in sieben „Onboarding“-Phasen alle verbleibenden Dienste und Gruppen am LRZ in den Geltungsbereich des Change-Managements überführt. Jedes „Onboarding“-Teilprojekt umfasste neben Schulungen, Feedback- und Beratungsrunden auch Treffen zur gemeinsamen Definition der wesentlichsten „Service-Bausteine“ des jeweiligen Dienstes bzw. LRZ-Bereichs als Configuration Item (CI).

### 4.4 Service Portfolio Management und weitere ITSM Prozesse

Die Einführung eines Service-Portfolio-Managements auf Basis von FitSM schritt 2015 voran, die wesentlichsten Grundlagen für eine einheitlichere, strukturiertere und kundenorientiertere Darstellung des LRZ-Dienstleistungsangebots sind geschaffen, müssen 2016 aber noch umgesetzt werden.

Verfahren zur Steuerung des Service-Portfolios bzw. der „Service Transition“, wie sie 2015 schon in Teilen vereinheitlicht wurden, sollen 2016 weiter standardisiert und klarer definiert werden.

### 4.5 Schulungen und weitere Aktivitäten

Begleitend zu den Einführungsprojekten wurden am LRZ zahlreiche Schulungen im Bereich ITSM durchgeführt. Neben elf halbtägigen Change-Management-Schulungen im Rahmen des Projektes „Change Management 2015“ wird am LRZ auch weiterhin das Zertifizierungs- und Lehrgangskonzept für IT-Service-Management in Zusammenarbeit mit der TÜV Süd Akademie fortgesetzt. Hierbei haben 2015 die Schulungen nach dem FitSM-Qualifikationsprogramm die zu ITSM nach ISO/IEC 20000 auch auf dem Foundation-



Level ersetzt. Die Ergänzung der Foundation-Schulung mit Prozesssimulation „Fort Fantastic“ von BuGaSi Labs, einer Ausgründung der Hochschule Bochum, hat sich auch 2015 bewährt. Auch das Schulungskonzept für Informationssicherheit nach ISO/IEC 27000 wird fortgesetzt.

## 4.6 Werkzeugunterstützung für das Service-Management-System

Im Bereich der ITSM-Werkzeuge ergaben sich am LRZ 2015 mehrere neue Entwicklungen.

Durch das Projekt „Change-Management 2015“ wurden die Tools für das Change-Management 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 die „KOM Change Records“ erfasst worden waren, konnte dennoch noch nicht vollständig abgeschlossen werden, da es für dessen Asset-Management-Funktionalität noch keine befriedigende Nachfolgelösung gab. Dies soll in Zukunft eine, die iET ITSM Suite ergänzende, eigenentwickelte „LRZ CMDB“ leisten. Diese konnte 2015 bereits einen Testbetrieb aufnehmen und soll 2016 produktiv geführt werden.

Im Bereich des mit der iET ITSM Suite integrierten, eigenentwickelten Servicedesk-Portals wurde eine „Intelligent Assistent“-Lösung entwickelt, die in Zukunft für bestimmte Vorfallmeldungen, eine effizientere, dialogorientierte Erfassung ermöglichen wird.

Für die Verwaltung der Dokumentation des Service-Management-Systems inklusive einer werkzeuggestützten Dokumentenlenkung wurden 2015 umfangreiche Evaluierungen mit dem Confluence-Wiki-System und geeigneten Plug-Ins durchgeführt. Auch die Projektdokumentation für „Change-Management 2015“ erfolgte im Confluence-Wiki. Die Ergebnisse dieser Evaluationen werden in ein für 2016 geplantes Konzept zur Verwaltung der ITSM-Dokumentation am LRZ Eingang finden.

## 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.

Initial wurden die mit Bestellungen vertrauten Mitarbeiter nach ihren Anforderungen an ein solches System befragt. Die Ergebnisse wurden bei der Auswahl einer geeigneten Software berücksichtigt. Als Basis des Bestellbuches wurde die Management-Software Odoos ausgewählt. Odoos ist Open Source und lässt sich durch Erweiterungen an die speziellen Anforderungen des LRZ anpassen. 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.

Während der Entwicklung der Anpassungen und einer dreimonatigen Probephase wurde den Mitarbeitern die Möglichkeit gegeben, die Entwicklung des Bestellbuches im Rahmen der durch die LRZ-Leitung gegebenen Vorgaben anzupassen. Innerhalb der freiwilligen Probephase wurden so bereits 110 Bestellungen mit Hilfe des Bestellbuches durchgeführt; Abbildung 9 zeigt eine davon exemplarisch. Im Jahr 2016 wird das Bestellbuch für alle Bestellungen verpflichtend.

The screenshot displays the 'Bestellungen / B/2015/00156' page in the LRZ system. The interface is divided into several sections:

- Navigation:** A sidebar on the left contains links for 'Einkauf', 'Angebotsanfragen', 'Bestellungen', 'Lieferanten', 'Produkte', 'Produkte nach Kategorien', 'Hersteller', 'Vergabemethode', and 'Vorlagen'. The top header includes 'Nachrichten', 'Kostenstellen', 'Einkauf', and 'Berichtswesen'.
- Order Details:** The main area shows the order 'Bestellung B/2015/00156' with a status of 'Abgeschlossen'. It includes fields for 'Lieferant', 'Lieferantenreferenz', 'Bestelldatum' (17.11.2015 13:14:53), 'Abteilung' (Kommunikationsnetze), and 'Gruppe' (Planung Kommunikationsnetze).
- Product Table:** A table lists the ordered items with columns for 'Produkt', 'Beschreibung', 'Geplantes Datum', 'Menge', 'Preis pro Einheit', 'MwSt.', and 'Zwischensumme'.
 

| Produkt                                   | Beschreibung                              | Geplantes Datum | Menge | Preis pro Einheit | MwSt.     | Zwischensumme |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------|-------|-------------------|-----------|---------------|
| HP 2530-8G-PoE+                           | HP 2530-8G-PoE+                           | 09.11.2015      | 1     | 289,34            | MwSt. 19% | 289,34        |
| HP 2530 8-port Switch Pwr Adptr Shelf     | HP 2530 8-port Switch Pwr Adptr Shelf     | 09.11.2015      | 1     | 18,86             | MwSt. 19% | 18,86         |
| HP X121 1G SFP LC LX Transceiver (J4859C) | HP X121 1G SFP LC LX Transceiver (J4859C) | 17.11.2015      | 1     | 129,89            | MwSt. 19% | 129,89        |
- Summary:** A summary box at the bottom right shows 'Nettobetrag : 438,09 €', 'MwSt. : 83,23 €', and a total 'Bruttobetrag : 521,32 €'. A checkbox for 'Genehmigung benötigt' is present.

Abbildung 9: Screenshot des neuen LRZ-Bestellbuchs



## 5 IT-Sicherheit

### 5.1 Sicherheitsmanagement

Im Bereich Informationssicherheitsmanagement gab es in diesem Jahr zahlreiche Anfragen von LRZ-Dienstbetreibern um Unterstützung durch den LRZ-Arbeitskreis Sicherheit (AK-Security). Antworten auf diese Anfragen wurden, sofern sich daraus abgeleitete Maßnahmen auf weitere Dienste im LRZ übertragen ließen, als Ergänzung des LRZ-internen Leitfadens für das System-Hardening aufgenommen. Auch bei der Erstellung von Sicherheitskonzepten für neu eingeführte LRZ-Dienste, wie z.B. LRZ Sync & Share, unterstützte der AK-Security aktiv und zeigte an einigen Stellen Möglichkeiten einer verbesserten Absicherung des Dienstes bzw. der dort verarbeiteten Daten auf. Dabei zeigte sich wiederholt, dass die vor einiger Zeit entwickelte Konzeptvorlage weitere Impulse für die Umsetzung zusätzlicher Sicherheitsmaßnahmen lieferte, die bislang noch nicht oder nur unzureichend von den Dienstverantwortlichen bedacht wurden.

Zahlreiche im Jahr 2015 auch in den Medien diskutierte Sicherheitsprobleme im Hinblick auf die nahezu überall im Internet anzutreffende, TLS-basierte Verschlüsselung, veranlassten den AK-Security, einen speziellen Leitfaden zu erarbeiten, welcher sichere Konfigurationen der Verschlüsselungssoftware OpenSSL z.B. auf den LRZ-Servern zusammenfasst.

Umfangreichstes Thema im AK-Security in diesem Jahr war jedoch die Entwicklung eines Konzepts für den Aufbau eines Schwachstellenmanagementsystems. Der Fokus dieses Konzepts, welches zum Großteil im Rahmen einer studentischen Abschlussarbeit entwickelt wurde, liegt auf dem Umgang mit Computer- bzw. Softwareschwachstellen in einem Hochschulnetz und erlaubt in Abhängigkeit des jeweils gewählten Anwendungsbereichs verschiedene Varianten einer konkreten Umsetzung. Das meist in einem solchen Netz zentral angesiedelte und für den operativen Betrieb der Netzinfrastruktur verantwortliche Rechenzentrum (z.B. das LRZ für das MWN) stellt darin in einem ersten Schritt Informationen zu Schwachstellen tagesaktuell in einem einheitlichen Format zusammen. Diese Informationen lassen sich anschließend dazu nutzen, die auf den an die Infrastruktur angeschlossenen Systemen vorhandenen Sicherheitslücken zu identifizieren und zeitnah zu schließen. Die oftmals technisch orientierten Ansätze im Schwachstellenmanagement werden im Rahmen des erarbeiteten Konzepts um die auf organisatorischer Ebene zu berücksichtigenden Aspekte, wie z.B. Rollen und deren Aufgaben sowie die Festlegung einer strukturierten Vorgehensweise in einem Prozess ergänzt. Instituten oder auch den Nutzern, die beispielsweise ihre privaten Geräte z.B. über WLAN oder in einem Studentenwohnheim mit dem Hochschulnetz verbinden, bietet das entwickelte Schwachstellenmanagementkonzept ebenfalls verschiedene Möglichkeiten, den von ihnen bislang praktizierten Umgang mit Schwachstellen weiter zu verbessern.

### 5.2 Antivirus

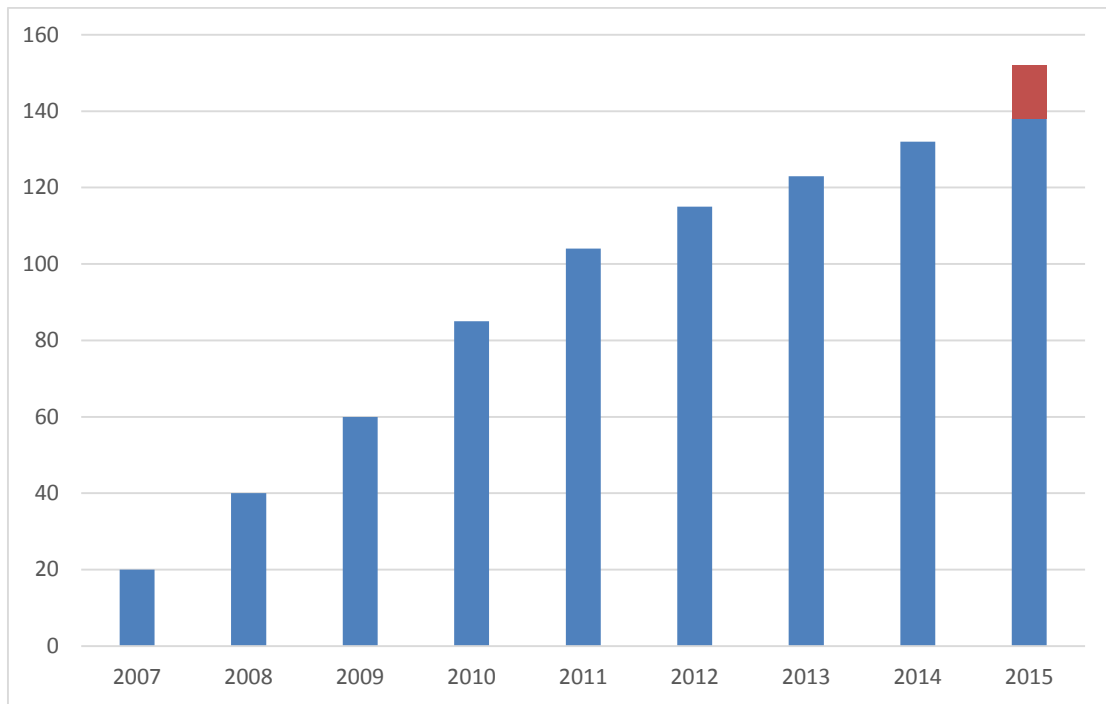
Auf der Grundlage eines Landesvertrages über die Antiviren-Software der Fa. SOPHOS betreibt das LRZ eine Service-Infrastruktur zur automatischen Verteilung und Installation von SOPHOS-Virensignaturen für alle Nutzer im Münchner Wissenschaftsnetz, verbunden mit entsprechenden Beratungsleistungen zur Nutzung 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 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 10.000 Rechnern genutzt.

### 5.4 Virtuelle Firewalls

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



**Abbildung 10: Entwicklung der virtuellen Firewalls seit 2007;  
14 Systeme laufen bereits auf der neuen Infrastruktur**

Im Anschluss an die im Jahr 2014 erfolgte Evaluierung neuer Firewall-Lösungen wurden in einem Großgeräte-Antrag Mittel für die Umstellung der virtuellen Firewalls auf pfSense beantragt und bewilligt. Im Oktober 2015 wurden 12 Server (HP DL380) für die Ersetzung der virtuellen Firewalls geliefert. Diese sind im Jahr 2015 bereits an den Außenstandorten (Q, G, B, W5, MF) installiert worden, leider mussten zwei Server aufgrund von Hardwaredefekten getauscht werden. Es wurde sowohl die Hardwareanbindung, die Softwareinstallation als auch die Integration in das Servermanagement in Zusammenarbeit mit der Gruppe IT-Services (ITS) bewerkstelligt.

Alle am Standort Weihenstephan (Q) befindlichen Firewalls wurden Ende 2015/Anfang 2016 auf das neue System migriert. Einzelne Firewalls an TU- (B) und LMU-Stammgelände (G) laufen ebenfalls schon auf neuer Infrastruktur. Da die Infrastruktur an allen Standorten bereitsteht, werden sukzessive die weiteren Firewalls migriert. Die laufenden Aufgaben umfassen die Automatisierung der Erstellung der Firewalls, die Verbesserung der Migrationstools sowie die Umstellung der Firewalls. Lösungen für Monitoring (durch Check-MK) und für Systemmanagement (Ansible) wurden in den Produktivbetrieb überführt. Neue Firewalls werden nur noch auf der neuen Infrastruktur betrieben.

Mit den neuen Firewall-Systemen kann insbesondere high-availability (HA) an den Standorten und VPN für Institutsnetze realisiert werden. Damit sind unterbrechungsfreie Updates möglich und wurden auch schon erfolgreich durchgeführt. Die Anmeldung an den neuen Firewall-Systemen erfolgt über SIM-Kennungen, für die der Master-User die Berechtigung „Firewall“ vergeben kann. Ebenso kann der Master-User die Kennungen für sein Lehrstuhl-VPN selbst im ID-Portal verwalten. Durch Zusatzpakete können die Funktionen der Firewall ergänzt werden, das System, basiert auf dem Paketfilter pf und dem Betriebssystem FreeBSD, das für seine Stabilität und Sicherheit bekannt ist.

Für die Firewall-Administratoren wurde am 18.11.2015 der erste Firewall-Workshop durchgeführt, im Jahr 2016 sind weitere Workshops geplant.

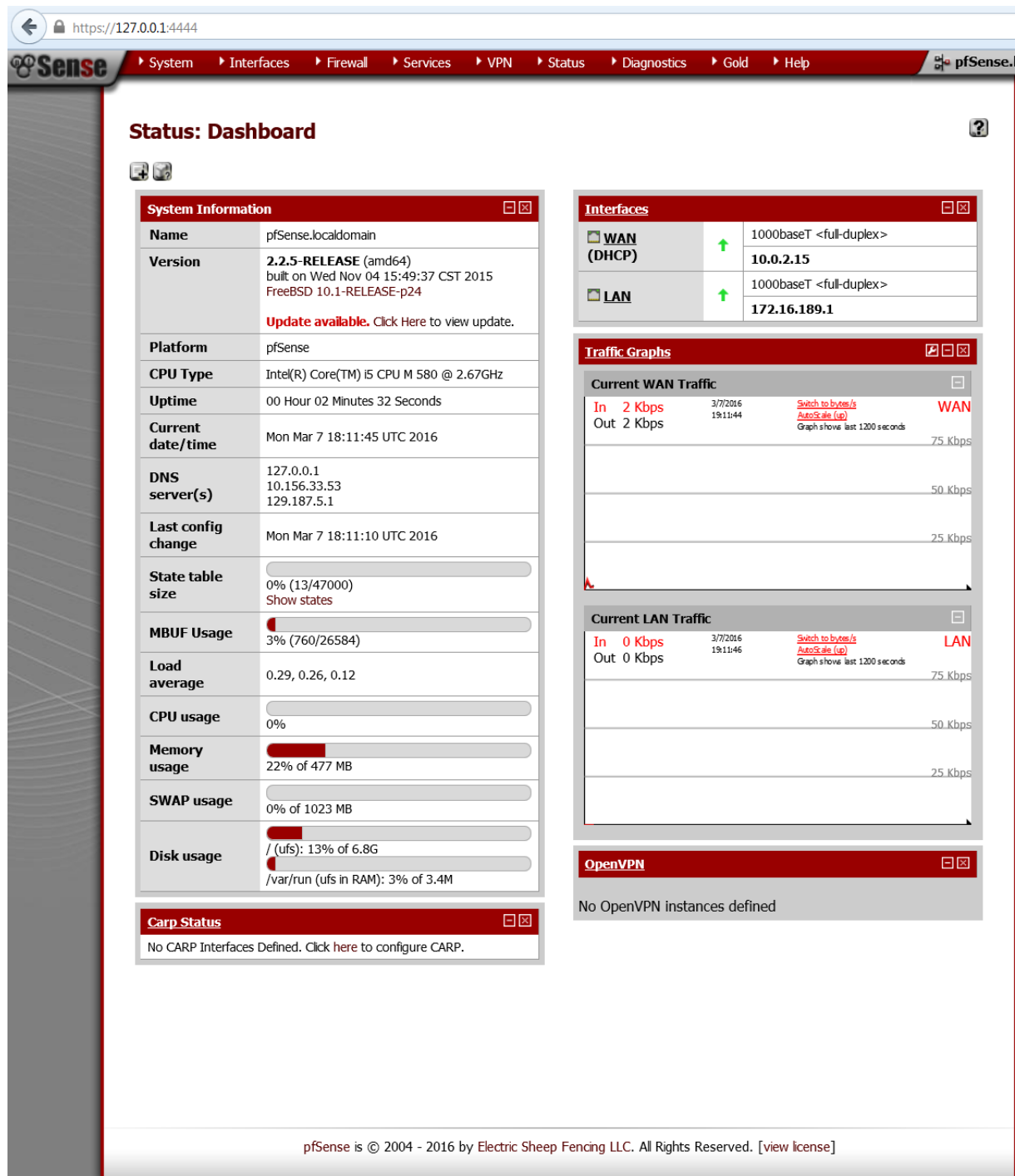


Abbildung 11: pfSense Dashboard

## 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, Benutzer und gesperrte Benutzer des Secomat-Clusters im Zeitraum von einer Woche in der vorlesungsfreien Zeit.

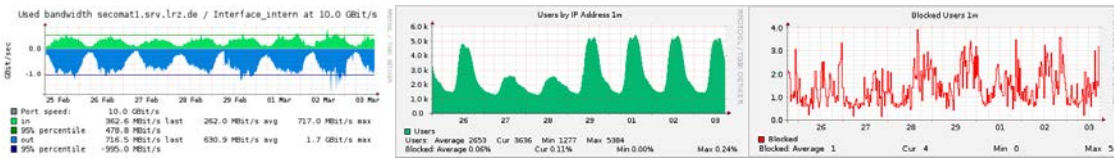


Abbildung 12: secomat1

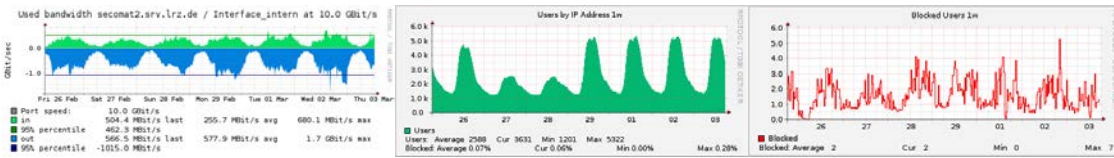


Abbildung 13: secomat2

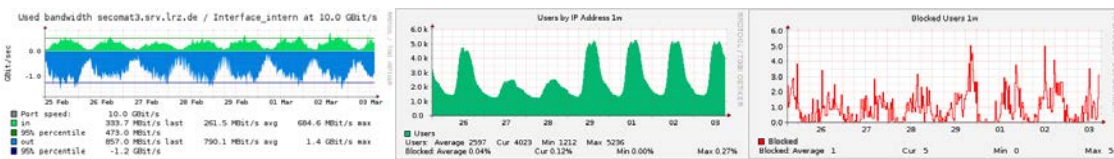


Abbildung 14: secomat3

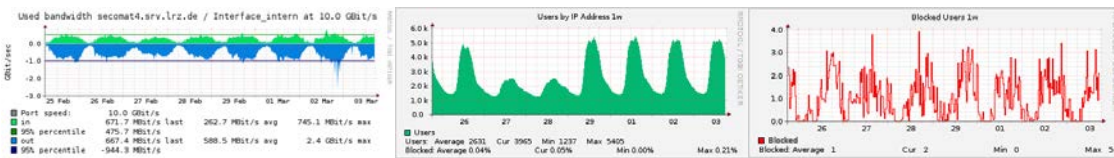


Abbildung 15: secomat4

In der Spitze verarbeitet der Secomat 36.000 gleichzeitige Benutzer. Die folgende Tabelle zeigt die durchschnittliche Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate.

Tabelle 1: Durchschnittliche eingehende und ausgehende Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate

|               | Durchschnittliche Datenübertragungsrate der letzten 12 Monate |
|---------------|---------------------------------------------------------------|
| MWN eingehend | ca. 4,4 Gbit/s                                                |
| MWN ausgehend | ca. 3,7 Gbit/s                                                |

Der Secomat-Cluster zeigt sich im Betrieb zuverlässig. Probleme macht im Großen und Ganzen hauptsächlich Skype, das sich vermutlich aufgrund der Distanz zwischen Secomat und Skype-Client im MWN so verhält, als sei es nicht hinter einem NAT-Gateway (laut Dokumentation soll Skype erkennen können, ob es sich hinter einem NAT-Gateway befindet). Das führt dazu, dass Skype-Clients wegen ihres auffälligen Kommunikationsverhaltens durch den Secomat gesperrt werden. Die Sperrungen können am Secomat leider nicht verhindert werden, da sich das auffällige Kommunikationsverhalten der Skype-Clients nicht zuverlässig von Netzmissbrauch wie z.B. Portscans unterscheiden lässt. Deshalb muss das Verhalten des Skype-Clients auf dem Client-PC beeinflusst werden. Je nach Betriebssystem gibt es dafür unterschiedliche Lösungen. Zur Unterstützung der Kunden bietet das LRZ über sein Webportal eine ausführliche FAQ zu diesem Thema an.

2015 wurde am LRZ eine Bachelor-Arbeit betreut, deren Ziel es war, die Plattform zu aktualisieren, den Code zu konsolidieren und einige neue Features, z.B. IPv6-Fähigkeit, zu ergänzen. Bei dieser Gelegenheit

wurden auch die eingesetzten Verfahren zur Ausfallsicherheit und Lastverteilung einer gründlichen Revision unterzogen und mit neueren Entwicklungen auf diesen Gebieten verglichen. Der so entstandene Prototyp soll zukünftig die bisher eingesetzte Version ersetzen.

## 5.5.2 Security Information & Event Management

Die im Rahmen des Security-Monitoring des Münchner Wissenschaftsnetzes eingesetzte Security Information & Event Management Lösung (SIEM) wurde auch in diesem Jahr weiter ausgebaut. Die zentrale Auswertung sicherheitsrelevanter Ereignisse und die automatische Reaktion darauf, welche zum Großteil mittels E-Mail-Benachrichtigung zuständiger Netz- und Systemverantwortlicher erfolgt, darüber hinaus aber auch Mechanismen für das automatische Sperren von Systemen in besonders schwerwiegenden Fällen bietet, basiert jetzt vollständig auf dem vor zwei Jahren eingeführten SIEM QRadar von IBM.

Während sich die vom Network Intrusion Detection System gemeldeten Sicherheitsalarme nahezu problemlos mit QRadar verarbeiten lassen, bestand eine besondere Herausforderung in diesem Jahr darin, die für die automatisierte Auswertung von Flowdaten eingesetzten Mechanismen, die u.a. im Rahmen der Erkennung von Anomalien im Kommunikationsverhalten verwendet werden, auf die von nun an redundant ausgelegte X-WiN-Anbindung anzupassen. Dabei sind einerseits eine sehr große Datenmenge zu verarbeiten und andererseits auch sogenannte asymmetrische Kommunikationsbeziehungen, die es erforderlich machen, die zusammen gehörenden, ein- bzw. ausgehenden Flows in der SIEM-Lösung zusammen zu führen. Die vom Hersteller getroffene Aussage, die SIEM-Lösung würde die für diesen Zweck technische Unterstützung bieten, erwies sich leider als inkorrekt, so dass sich auch die LRZ-seitig erhoffte Möglichkeit einer besseren Lastverteilung durch den Betrieb von zwei verarbeitenden Systemen nicht realisieren ließ. Stattdessen musste der komplette Traffic auf einer SIEM-Komponente zusammengeführt werden, was jedoch weitere Anpassungen notwendig machte.

Weitere Impulse für weitere Einsatzmöglichkeiten der SIEM-Lösung gab es auf der jährlich stattfindenden QRadar User-Konferenz sowie der in diesem Jahr erstmalig durchgeführten Master-Class des Herstellers IBM, an der auch Mitarbeiter des LRZ teilnahmen. Ein wenig Bewegung gab es auch beim Thema IPv6-Unterstützung, welches für das LRZ besonders wichtig ist. Während bislang keine Unterstützung auf der Roadmap des Herstellers genannt war, wurde das LRZ gebeten, in einem vom Hersteller initiierten Beta-Programm teilzunehmen, um die IPv6-Unterstützung zukünftiger Versionen der SIEM-Lösung bereits während der Entwicklung zu bewerten und zu evaluieren und so den Entwicklungsprozess aktiv zu unterstützen.

## 5.5.3 Sicherheits- und Netzmanagement: Nyx

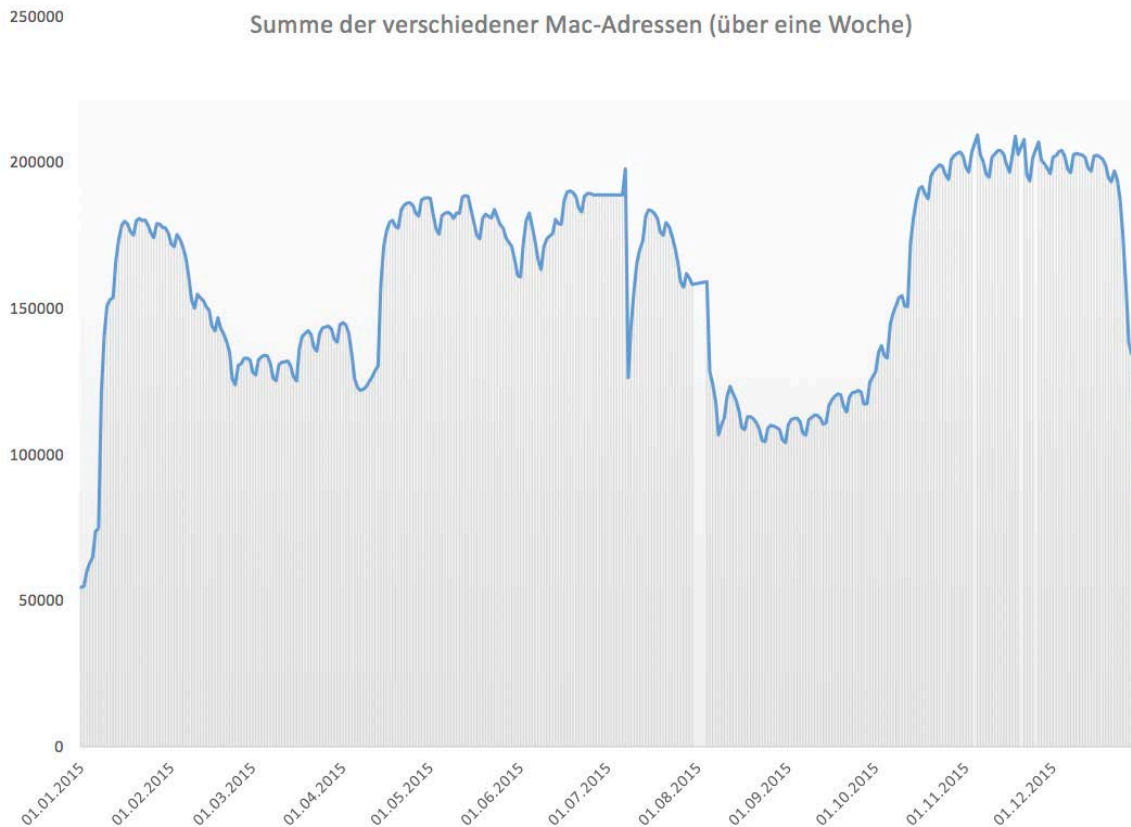
Das Nyx-System, das dazu dient, Systeme im MWN zu lokalisieren, hat mit einer stetig wachsenden Zahl von Endgeräten zu tun. So wurden innerhalb einer Woche im Jahr 2015 erstmals mehr als 209.000 verschiedene Mac-Adressen gesehen (vgl. Tabelle 2 und Abbildung 16).

**Tabelle 2: Mac-Adressen innerhalb eines Zeitraums von 7 Tagen im MWN**

|                                                | 2014       | 2015        | Zuwachs<br>(Basis 2014) |
|------------------------------------------------|------------|-------------|-------------------------|
| Maximale Anzahl innerhalb von 7 Tagen          | 182.313    | 209.303     | +14,8%                  |
| Minimale Anzahl                                | 46.276     | 54.520      | +17,8%                  |
| Durchschnitt der Anzahl MAC-Adressen pro Woche | 136.458,37 | 156.328,071 | +14,5%                  |

Angegeben sind jeweils verschiedene Mac-Adressen innerhalb eines Zeitraums von 7 Tagen. Die tatsächlichen Zahlen liegen wahrscheinlich höher, da die Anzahl der Endgeräte hinter externe Firewalls mit NAT für Nyx unsichtbar ist.





**Abbildung 16: Jahresverlauf der Anzahl der Mac-Adressen pro Woche**

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

Die Benachrichtigungs- und Sperrmechanismen, die im Rahmen des LRZ Security-Monitoring im Zusammenspiel mit QRadar genutzt werden, wurden im vergangenen Jahr um einige Funktionen erweitert. So wurde die Schnittstelle, die Mitarbeitern des Abuse-Response-Teams (AR-Team) zur Verfügung steht, um Filterfunktionen ergänzt, die insbesondere das Suchen und Bedienen der Schnittstelle und damit den täglichen Betrieb erleichtern werden. Der seit einiger Zeit den Endnutzern angebotene Self-Service, der das Freischalten ihres aus Sicherheitsgründen gesperrten Internet-Zugangs erlaubt, wurde sehr gut angenommen, so dass nur noch im Ausnahmefall Mitarbeiter des AR-Teams eingreifen mussten. Seit diesem Jahr gibt es auch für Netzverantwortliche über das Netzverantwortlichenportal NeSSI die Möglichkeit, Sperren von IP-Adressen in ihrem Verantwortungsbereich über ein spezielles NeSSI-Modul durchzuführen. Das reduziert an dieser Stelle ebenfalls den Aufwand für das AR-Team, aber in besonderem Maße profitieren auch die Institute, vertreten durch ihre Netzverantwortlichen, von diesem Service, da sich hieraus die Reaktions-/Wartezeiten auf ein Minimum verkürzen ließen und Sperren sich umgehend nach Bereinigung des Systems aufheben lassen.

#### 5.5.5 Network Intrusion Detection

Das im Rahmen des am X-WiN-Übergang betriebene Network Intrusion Detection System (NIDS) erkannte auch in diesem Jahr verschiedene Arten von Malware. Nach wie vor sind Varianten des Trojaners ZeuS im MWN aktiv, welches die Ausspähung besonders sensibler Nutzerdaten ermöglicht. Daneben spielte in diesem Jahr sogenannte Ransomware eine Rolle, durch welche auf dem System gespeicherte Daten von Angreifern verschlüsselt werden und erst nach dem für den Betroffenen kostenpflichtigen Erwerb des passenden Freischaltcodes wieder nutzbar sind. Im Herbst des Jahres trat ein weiteres Schadprogramm, XcodeGhost, auf: Die auf mobilen Endgeräten installierten Anwendungen, sogenannte Apps, sind dabei mit Schadcode infiziert, der durch Manipulation der für die Entwicklung genutzten Programmierumgebungen und Überwinden der von Geräte-Hersteller-Seite zugesicherten Überprüfung von Angreifern eingeschleust werden konnte. Dies ist ein deutliches Indiz dafür, dass im MWN neben den vielfach genutzten

Notebooks und Arbeitsplatzsystemen in besonderem Maße im WLAN-Bereich eingesetzte mobile Endgeräte, z.B. Smartphones, Tablet vor Malware und Kompromittierung nicht gefeit sind und auch in den nächsten Jahren immer stärker in den Fokus von Angreifern geraten können.



## 6 IT-Basisdienste

### 6.1 E-Mail

#### 6.1.1 Absicherung der Mail-Kommunikation

Ein großes Thema im Mailbereich ist das Ziel, die Mailkommunikation sicherer zu machen. Dies betrifft zum einen die sichere und verschlüsselte Übertragung der E-Mails zwischen den Mail-Clients der Nutzer und dem Mailserver bzw. zwischen den Mailservern, zum anderen den Schutz der E-Mails vor Veränderung und der Abwehr von Phishing-Versuchen durch fälschungssichere Absenderadressen.

##### 6.1.1.1 Abschaltung des unverschlüsselten Zugriffs auf die Messagestores

Während auf den Exchange-Server von Anfang an nur verschlüsselt zugegriffen werden konnte, war der Zugriff auf die vier vom LRZ betriebenen POP/IMAP-Messagestores aus historischen Gründen auch noch unverschlüsselt möglich. Dadurch war es für einen Angreifer, der Zugriff auf die Netzinfrastruktur hatte, möglich, die Benutzernummer und das zugehörige Passwort eines Benutzers auszuspähen. Da der Anteil der unverschlüsselten Verbindungen nur langsam abnahm, wurde beschlossen, die Nutzer aktiv zu einer Migration auf verschlüsselte Verbindungen zu veranlassen und ab Anfang Mai den unverschlüsselten Zugang abzuschalten.

Im Vorfeld wurde eine umfangreiche Dokumentation für verschiedene Mailclients erstellt, in denen Schritt für Schritt beschrieben wurde, welche Änderungen ein Nutzer an seinem Mailclient durchführen muss. Alle betroffenen Nutzer wurden über zwei Monate alle zwei Wochen auf den Umstieg hingewiesen. In den darauffolgenden Tagen führten jeweils etliche Benutzer die Umkonfiguration durch. Es kam aber auch zu einem starken Anstieg an Nachfragen an unserem Servicedesk. Mithilfe des Programms *Teamviewer* konnten die Mitarbeiter des Servicedesks in der Regel die Umkonfiguration auf dem Rechner des Nutzers schnell direkt durchführen. Dadurch waren am Tag der Abschaltung so gut wie alle Nutzer migriert.

##### 6.1.1.2 DANE – Verschlüsselte Übertragung von E-Mails

Werden E-Mails unverschlüsselt zwischen Mailservern übertragen, so können Angreifer mit Zugang zur Netzinfrastruktur – wie z.B. zentralen Routern im Internet – sowohl den Inhalt der E-Mails als auch die Metadaten wie Sender, Empfänger und Subject auswerten. Um solche passiven Angriffe zu verhindern, müssen E-Mails über TLS-verschlüsselte Verbindungen übertragen werden. Dies reicht aber nicht aus, um aktive Angriffe abwehren zu können: dazu muss die Gegenseite zusätzlich auch authentifiziert werden. Das DANE-Protokoll (DNS-based Authentication of Named Entities) ermöglicht diese Authentifizierung. Es stützt sich dabei auf DNSSEC-signierte Informationen im DNS ab (s. S. 107).

Bereits 2014 wurden die Domains *lrz.de* und *tum.de* inklusive einiger Subdomains auf DANE umgestellt. In 2015 kamen etliche weitere Domains hinzu, sodass jetzt ca. 80 % des ankommenden Mailverkehrs über DANE abgewickelt werden könnte. Dazu muss aber der sendende Mailserver DANE unterstützen. Da es weltweit bisher nur ca. 11.000 Domains gibt, für die entsprechende DANE-Informationen im DNS publiziert sind, liegt der Anteil der von den LRZ-Mailservern per DANE verschickten E-Mails nur in der Größenordnung von 1% bis 2%.

##### 6.1.1.3 DKIM – Anti-Phishing-Maßnahmen

Bei Phishing-Angriffen, insbesondere beim Spear-Phishing, werden oft Mailadressen aus der eigenen Domain als Absender verwendet, die vom Empfänger als vertrauenswürdig angesehen werden, z.B. *it-support@tum.de* oder *praesident@lmu.de*. Solche E-Mails können von einem Angreifer aus dem Internet verschickt werden, da zum einen Mailadressen normalerweise beliebig gefälscht werden können und man zum anderen E-Mails mit solchen Absenderadressen annehmen muss, da sonst z.B. Mailinglisten im Internet nicht funktionieren würden.

Um fälschungssichere E-Mailadressen zu erhalten, müssen E-Mails beim Versand kryptographisch signiert werden. Das kann bereits im Mailclient durchgeführt werden, z.B. mit PGP oder S/MIME, oder aber mit DKIM durch den Mailserver, der die E-Mail vom Mailclient entgegennimmt. Will man beim Empfang von E-Mails aus dem Internet feststellen, dass eine E-Mailadresse gefälscht wurde, so geht das nur, wenn alle verschickten E-Mails signiert werden. Dies lässt sich in der Regel nur mit einer Signatur durch den Mailserver realisieren. Damit auch andere Mailserver im Internet wissen, dass alle E-Mails signiert werden, kann man eine entsprechende DMARC-Policy im DNS publizieren.

Voraussetzung für eine Signatur ist aber, dass alle E-Mails über einen Mailserver versendet werden, der einen DKIM-Schlüssel zur Signatur besitzt, und dass der Versender nachweist, dass er berechtigt ist, die verwendete Mailadresse als Absender zu nutzen. Dies gilt nicht nur für persönliche Mailadressen, sondern auch für alle Funktionsadressen, mit denen Web-Applikationen oder Devices ihre E-Mails verschicken.

Nachdem das LRZ erste Erfahrungen mit der Signatur der Domain *lrz.de* gemacht hat, werden seit November 2015 auch E-Mails mit der Absenderdomain *tum.de* signiert. Seitdem sind wir dabei alle Versender zu identifizieren und diese an unseren Signatur-Mailserver anzubinden.

## 6.1.2 Statistiken zur Mailnutzung

### 6.1.2.1 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 2015 bei ca. 710.000 E-Mails pro Tag. Davon wurden durch die Spam- und Virenabwehr gut zwei Drittel direkt abgewiesen und nur ein knappes Drittel zugestellt – Details siehe nachfolgende Tabelle. Interessant ist, dass das E-Mail-Aufkommen gegenüber dem Vorjahr insgesamt um ca. 90.000 pro Tag zurückgegangen ist, dabei aber der Anteil der „guten“ E-Mails sowohl prozentual als auch in absoluten Zahlen gestiegen ist (um ca. 40.000).

**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) | 473.650                | 66,71 %         |
| als Spammails erkannt                                                | 7.120                  | 1,00 %          |
| als Virenmails erkannt                                               | 100                    | 0,01 %          |
| Von den Post- und Mailrelays angenommene E-Mails                     |                        |                 |
| „gute“ E-Mails                                                       | 225.850                | 31,81 %         |
| als mögliche Spammails markiert                                      | 3.400                  | 0,47 %          |
| <b>Gesamt</b>                                                        | <b>ca. 710.000</b>     | <b>100,00 %</b> |

### 6.1.2.2 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 133 (Vorjahr 139) Mailserver im MWN mit insgesamt 416 (Vorjahr 422) verschiedenen Maildomains in Anspruch.

Tabelle 4: Nutzung des Relaydienstes

| Einrichtung                                        | Mailserver im MWN |              | Domains    |              |
|----------------------------------------------------|-------------------|--------------|------------|--------------|
| Ludwig-Maximilians-Universität München             | 31                | (34)         | 115        | (115)        |
| Technische Universität München                     | 62                | (66)         | 171        | (180)        |
| andere Hochschulen und hochschulnahe Einrichtungen | 37                | (39)         | 129        | (127)        |
| <b>Gesamt</b>                                      | <b>130</b>        | <b>(139)</b> | <b>415</b> | <b>(422)</b> |

### 6.1.2.3 Mailhosting (virtuelle Mailserver)

Das LRZ bietet Hochschul- und hochschulnahen Einrichtungen, die keinen eigenen Mailserver betreiben wollen, an, den Maildienst 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 2015 waren am LRZ 208 (Vorjahr: 210) virtuelle Mailserver 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             | 87                   | (87)         | 143           | (144)           |
| Technische Universität München                     |                      |              |               |                 |
| über LRZ-Benutzerverwaltung                        | 39                   | (42)         | 70+18         | (72+20)         |
| über TUMonline                                     |                      |              | 148+18        | (139+20)        |
| Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ) | 39                   | (38)         | 83            | (77)            |
| Hochschule München                                 | 2                    | (2)          | 7             | (7)             |
| andere Hochschulen und hochschulnahe Einrichtungen | 41                   | (41)         | 51            | (53)            |
| <b>Gesamt</b>                                      | <b>208</b>           | <b>(210)</b> | <b>502+18</b> | <b>(492+20)</b> |

Die Angabe „+18“ bedeutet, dass sich Ende des Jahres 18 Domains in Migration von der LRZ-Benutzerverwaltung nach TUMonline befanden und die Domains daher in beiden Benutzerverwaltungen existierten.

### 6.1.2.4 Nutzung der POP/IMAP-Messagestores

Die Anzahl der Postfächer an den POP/IMAP-Servern blieb gegenüber dem Vorjahr fast gleich (95.696 gegenüber 94.503 zum Jahresende 2014). Änderungen gab es im Wesentlichen beim nur noch für Altnutzer betriebenen mytum-Mailserver (Rückgang um ca. 4.000) und bei den Studenten der LMU (Zuwachs um ca. 5.000). 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                                                                                                                               | 8.893           |
| Technische Universität München                                                                                                                                       | 6.890           |
| Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ)                                                                                                                   | 219             |
| Hochschule München                                                                                                                                                   | 252             |
| andere bayerische Hochschulen                                                                                                                                        | 53              |
| andere wissenschaftliche Einrichtungen                                                                                                                               | 2.500           |
| ... Mitarbeiter und Studenten der TU München (Mailserver „mytum“)                                                                                                    | 14.488          |
| ... Studenten der Ludwig-Maximilians-Universität München (Campus <sup>LMU</sup> )<br>(inkl. Mitarbeiter, die ihre Campus <sup>LMU</sup> -Mailadresse behalten haben) | 59.763          |
| ... Studenten anderer Münchner Hochschulen                                                                                                                           | 2.638           |
| <b>Gesamt</b>                                                                                                                                                        | <b>95.696</b>   |

### 6.1.2.5 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 *lmu.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) | 21.454          |
| Technische Universität München (Alumni)                | 59.789          |
| <b>Gesamt</b>                                          | <b>81.243</b>   |

### 6.1.2.6 Nutzung von E-Mail-Verteilerlisten

Das LRZ bietet seinen Nutzern die Möglichkeit, eigene E-Mail-Verteilerlisten einzurichten (auf Basis von *Mailman*). Ende 2015 gab es 1.225 Listen (Vorjahr: 1.051), die sich wie folgt verteilten:

**Tabelle 8: Nutzung von E-Mail-Verteilerlisten**

| Einrichtung                                        | E-Mail-Verteilerlisten |
|----------------------------------------------------|------------------------|
| Ludwig-Maximilians-Universität München             | 324                    |
| Technische Universität München                     | 645                    |
| Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ) | 168                    |
| andere Hochschulen und hochschulnahe Einrichtungen | 88                     |
| <b>Gesamt</b>                                      | <b>1.225</b>           |

## 6.2 Exchange

### 6.2.1 Neue Kunden

Auch im Jahr 2015 gab es wieder eine ganze Reihe von neuen Kunden. Neben einzelnen Lehrstühlen der LMU und TUM handelte es sich dabei um die Akademie der Bildenden Künste, die Staatliche Graphische Sammlung München und das Walther-Meißner-Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Erwähnenswert ist auch, dass die im Vorjahr begonnene Migration der zentralen Maildienste der Hochschule München erfolgreich abgeschlossen werden konnte. Damit haben nun alle Mitarbeiter und Studenten der HM ein Postfach auf dem Exchange-System.

### 6.2.2 Weiterer Ausbau der Infrastruktur

Aufgrund des anhaltend starken Wachstums wurde die weitere Ausbauplanung vorangetrieben und Ende des Jahres vier weitere Server beschafft und in Betrieb genommen. Für 2016 steht dann die Beschaffung von acht weiteren Servern an.

### 6.2.3 Nutzung des Exchange-Dienstes

Wie schon in den Vorjahren war beim Exchange-Dienst auch im Jahr 2015 wieder ein starkes Wachstum zu verzeichnen. Die Nutzerzahl stieg um ca. 24.000 auf 66.000 (+ 57 %) und der durch die Postfächer belegte Speicherplatz um ca. 6 auf gut 18 TByte (+ 50 %).

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

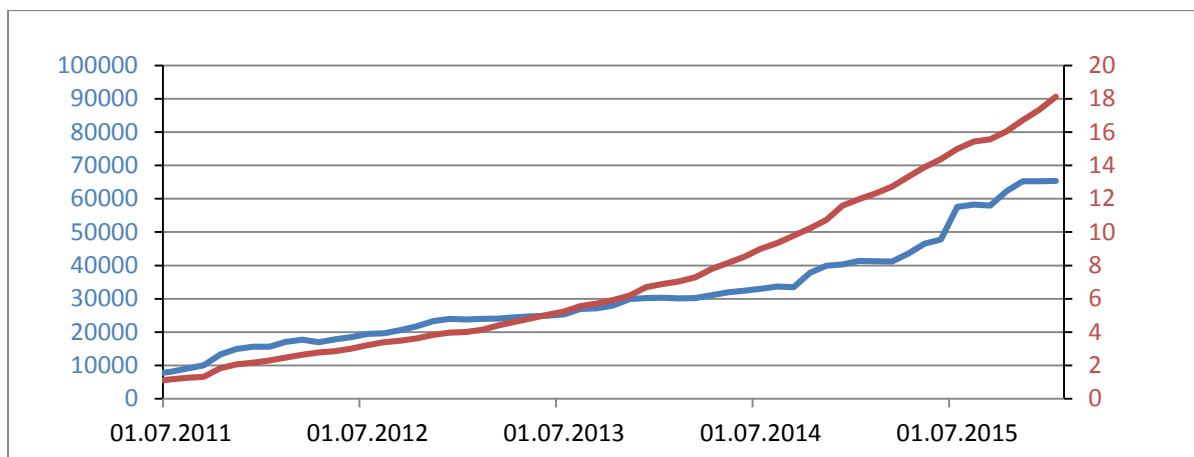


Abbildung 17: Entwicklung der Exchange-Nutzung seit 2011

Ende 2015 haben sich die Nutzer dabei wie folgt auf die teilnehmenden Einrichtungen verteilt:

Tabelle 9: Nutzung des Exchange-Dienstes in 2015

| Einrichtung                                        | Exchange-Nutzer |
|----------------------------------------------------|-----------------|
| Ludwig-Maximilians-Universität München             | 1.989           |
| Technische Universität München                     | 38.118          |
| Hochschule München                                 | 24.336          |
| Katholische Stiftungsfachhochschule                | 393             |
| Akademie der Bildenden Künste                      | 37              |
| Staatliche Museen                                  | 28              |
| Bayer. Akademie der Wissenschaften (inklusive LRZ) | 1.165           |
| <b>Gesamt</b>                                      | <b>66.066</b>   |

## 6.3 Webhosting

### 6.3.1 Neuer Dienst GitLab

Git ist eine verteilte Software zur Versionsverwaltung für Dateien in sogenannten Repositories. Sie ermöglicht neben der Versionsverwaltung eine einfache Kollaboration mit mehreren Personen an einem Projekt.

Seit Oktober 2015 gibt es mit GitLab am LRZ nun auch einen web-basierten Dienst zur Verwaltung von Git-Repositories. GitLab stellt außerdem neben den eigentlichen Repositories Werkzeuge wie Wikis und einen Issue-Tracker bereit. Mit "Merge Requests" gibt es ein Mittel, mit dem Code-Reviews gemeinsam und transparent durchgeführt werden können.

Typische Einsatzbereiche sind Software-Projekte, aber auch text-orientierte Projekte, beispielsweise das Verfassen wissenschaftlicher Texte oder von Abschluss- und Doktorarbeiten mit LaTeX oder XML.

Besonders hervorzuheben sind u.a. die folgenden GitLab-Features:

- GitLab als Continuous Integration-Koordinator
- Importmöglichkeit für Projekte aus GitHub, BitBucket, GitLab.com, Gitorious.org, Google Code, FogBugz
- mehr Bearbeitungsmöglichkeiten in Weboberfläche (Drag&Drop für Files, Autosave)
- Todo-Listen
- Umfangreiche Layout-Updates
- Performance-Verbesserungen, teilweise um Faktor 3,5

Wie man der folgenden Grafik entnehmen kann, wurde der neue Dienst sehr schnell und in hohem Umfang angenommen. Schon Anfang des Jahres 2016, nach lediglich knapp drei Monaten, waren über 1.000 Nutzer aktiv.

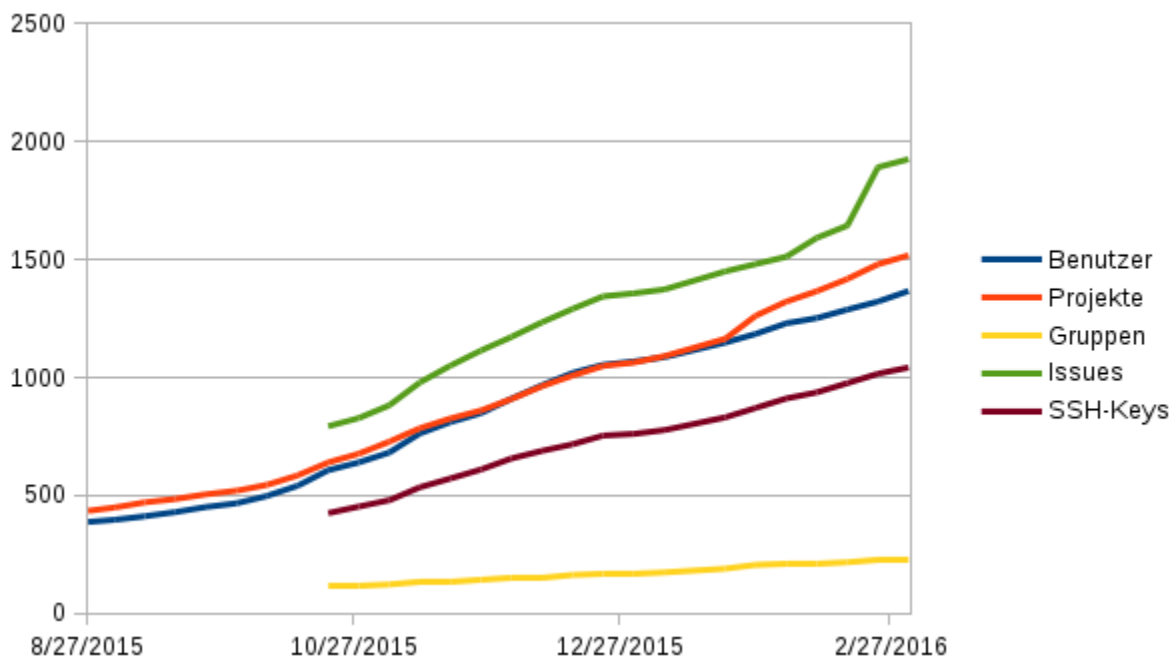


Abbildung 18: GitLab Nutzungsstatistik

### 6.3.2 Nutzung TUM Moodle

Insgesamt wurden von vier Webmaschinen und einem Datenbankserver für TUM Moodle im Jahr 2015 **17,5 Terabyte** an die Nutzer ausgeliefert. Dabei wurden **163 Millionen** Requests, **2,8 Millionen** eindeutige Seitenbesuche und **11,6 Millionen** eindeutige Datei-Downloads gezählt.

### 6.3.3 Schulung: Einführung in das Webhosting-Angebot

Im November wurde erstmals eine ganztägige Webhosting-Schulung durchgeführt. Ziel der Schulung war das Vermitteln des nötigen Grundwissens für Betrieb und Wartung eines Webauftritts. Dabei wurden sowohl allgemeine Aspekte des Betriebs eines Webauftritts (PHP, MySQL, CMS-Updates) als auch die LRZ-spezifische Betriebsumgebung (Nutzerverwaltung, Betriebskonzept) erläutert. Am Nachmittag konnte das Gelernte in einem Hands-On-Workshop in die Praxis umgesetzt werden. Nachdem die Schulung mit rund 25 Teilnehmenden ausgebucht und die Resonanz sehr positiv war, soll die Schulung im kommenden Jahr wiederholt werden.

### 6.3.4 Shibboleth für TUM-TYPO3

Der passwortgeschützte Zugang zu den administrativen und redaktionellen Backends der TYPO3-Instanzen der TUM wurde bisher über individuell eingerichtete Zugänge abgewickelt. Eine wesentliche Vereinfachung der Verwaltung der zugangsberechtigten Personen konnte durch den inzwischen nun flächendeckenden Einsatz von Shibboleth erreicht werden, da beim Einsatz von Shibboleth auf den zentral gepflegten Identity-Provider der TUM zugegriffen wird. Die notwendige technische Umsetzung für die über 400 TUM-TYPO3-Webserver wurde in Kooperation mit der TUM durchgeführt.

### 6.3.5 Projekt BAdW-TYPO3

Die BAdW möchte ihre Kommissionen und Projekte gerne umfassend im Web präsentieren. Bisher waren die bereits vorhandenen Webauftritte der Kommissionen sowohl technisch als auch optisch sehr heterogen und insbesondere auch mit viel Aufwand für die Betreiber verbunden. Viele Kommissionen hatten gar keine Möglichkeit, Zeit für die Erstellung eines Webauftrittes zu erübrigen, da dies eben nicht nur die inhaltliche Beschäftigung damit bedeutet, sondern auch eine Reihe von technischen Kenntnissen voraussetzt - unter anderem z.B. Auswahl, Installation und Pflege eines Content Management Systems.

Um die Wissenschaftler zu entlasten und um eine bessere Corporate Identity der BAdW erreichen zu können wurde ein neues Projekt ins Leben gerufen. Ziel ist, ein zentrales Angebot für Webseiten der BAdW zu schaffen. Das Projekt-Team, bestehend aus Kollegen sowohl in der BAdW als auch im LRZ hat für die Erstellung der BAdW-Webauftritte TYPO3 als CMS ausgewählt. Im Laufe des Jahres wurde in Zusammenarbeit mit der BAdW vom LRZ ein technisches Konzept ausgearbeitet. Wesentlicher Bestandteil ist die zentrale Pflege der TYPO3-Software einschließlich aller notwendigen Erweiterungen für die Webauftritte. Dadurch werden hohe Synergie-Effekte erreicht, da Sicherheits-Updates, Upgrades und andere Änderungen deutlich leichter und zentral abgewickelt werden können.

Zum Jahresende konnten bereits die ersten neuen Projekt-Webauftritte live gehen - trotz parallel laufender Satzungsänderung in der BAdW, von der insbesondere eine zentrale Datenbank der BAdW stark betroffen war. Dort liegen wesentliche Basisdaten zur organisatorischen Struktur, zu Mitarbeitern und Veröffentlichungen, auf die die neuen TYPO3-Webauftritte intensiv zugreifen und die während der TYPO3-Entwicklungsphase zeitgleich angepasst werden mussten.

### 6.3.6 Neue Verzeichnis-Struktur und neues Update-Verfahren im MySQL-Betrieb

Bisher wurden die MySQL-Installationen der Master-Server und der Replikat-Server auf verschiedenen Maschinen durchgeführt. Dieses MySQL-Master-Replikationskonzept wurde erneuert. Hierzu werden nun der Master und die Replikation auf der gleichen Maschine in strikt getrennte Verzeichnis-Bäume und Datenbereiche installiert. Nach dem Update des Replikats auf die nächst höhere MySQL-Version wird das Replikat durch die Verlagerung der IP-Adresse zum Master und der bisherige Master zum lokalen Replikat. Durch dieses alternierende Update-Verfahren werden die Ausfallzeit der Server für MySQL-Updates auf ein Minimum reduziert und die Failover-Szenarien stark vereinfacht.

### 6.3.7 Virtualisierung Webserverfarm abgeschlossen

Die seit längerer Zeit laufende Verlagerung der Linux Webserverfarm von realer Hardware auf virtuelle Maschinen unter VMware wurde abgeschlossen. Beim Betrieb der Webserver können jetzt die Vorteile der Virtualisierung in allen Webserverpools genutzt werden, speziell die Möglichkeit, einfach Snapshots einer VM anzulegen oder die Ressourcen der Webserverfarm flexibel dem aktuellen Bedarf anzupassen, schafft weitgehende Flexibilität beim Betrieb der Webserver.



Insgesamt laufen derzeit ca. 30 Webserver-VMs in funktional getrennten Pools mit je 2-4 redundanten virtuellen Maschinen pro Pool.

## 6.4 SharePoint

SharePoint ist zum einen die Ergänzung der Groupwarelösung von MS Exchange, zum anderen bietet SharePoint die Möglichkeit, für Gruppen die Zusammenarbeit zu verbessern, um gemeinsam an Dokumenten zu arbeiten oder die Zusammenarbeit untereinander oder mit externen Partnern zu koordinieren. Der Zugriff auf die Ressourcen erfolgt webbasiert. Für Kunden im MWN besteht die Möglichkeit, eine Teamsite am LRZ kostenpflichtig hosten zu lassen. In 2015 wurde die SharePoint Umgebung auf die aktuelle Version 2013 aktualisiert. Ergänzend wurde ein Office Web Apps Server 2013 aufgebaut, wodurch sich die Möglichkeiten beim Bearbeiten von Officedokumenten im Browser deutlich verbessert haben. Der Office Web Apps Server wurde auch parallel an Outlook Web Access (OWA) angebunden, so dass nun auch die Exchange Nutzer in den Genuss einer modernen Darstellung von Office Dokumenten im OWA kommen.

## 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. Dabei wurden die Methoden weiter verfeinert. Insgesamt stehen derzeit über 600 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 2.950 (2.000) Client-Systeme und 183 (160) 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 Servermanagement 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 2015 wie in Tabelle 10 zusammen:

Tabelle 10: Clients im MWN-ADS

| Mandanten     | Light Desktop        | Pool und Kurs    | Fullmanaged Desktop  |
|---------------|----------------------|------------------|----------------------|
| LRZ           |                      | 36 (38)          | 215 (211)            |
| BAdW          |                      |                  | 201 (201)            |
| TUM           | 7.329 (5.995)        | 142 (203)        | 2.324 (1.237)        |
| LMU           | 910 (743)            | 20 (20)          |                      |
| HMT           |                      | 58 (54)          |                      |
| <b>Summen</b> | <b>8.239 (6.738)</b> | <b>256 (315)</b> | <b>2.740 (1.649)</b> |

## 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 2015 waren bereits 87 (64) 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 paketierrt. 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.

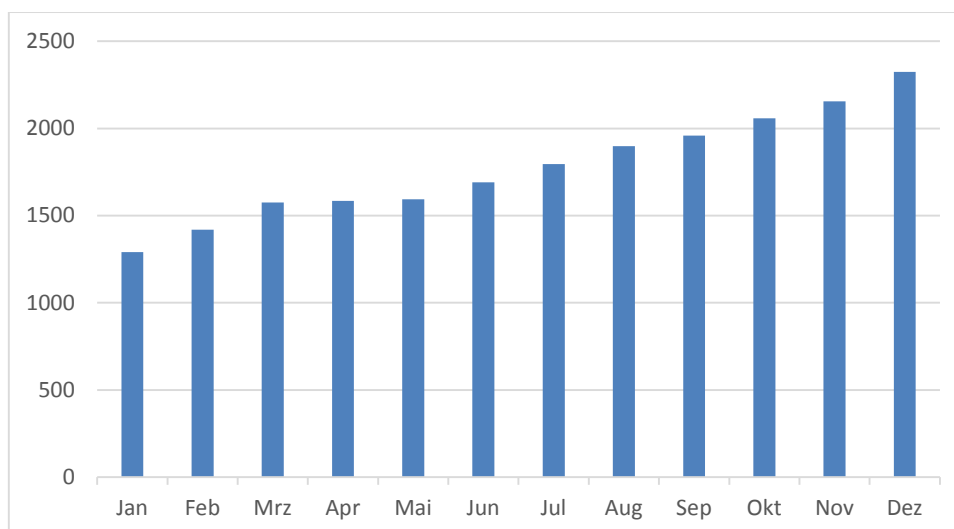


Abbildung 19: Entwicklung des TUM-PCs in 2015

### 6.5.3 MWN-MAC

In 2015 wurden die Arbeiten für den Aufbau eines Client-Management-Systems für Apple-Clients basierend auf der Caspersuite der Firma JAMF für MAC OSX und iOS Systeme fortgesetzt. Die Caspersuite bietet dabei die Möglichkeit der zentralen Verteilung von Software wie auch der Konfiguration der Clients. Mit Hilfe von AutoPkg wurde das Erzeugen der notwendigen Software-Pakete auf Basis von „Recipes“ weiter automatisiert. Mit dem Angebot MWN-MAC soll der zunehmenden Verbreitung von Apple Geräten auf dem Campus Rechnung getragen und das kostenpflichtige Angebot des MWN-PCs erweitert werden.

Das MWN-MAC Management unterstützt nun auch das Device Enrollment Programm (DEP) von Apple. Hierdurch wird das Gerät bereits vorab in das Management übernommen und das Gerät installiert sich bei der ersten Inbetriebnahme von selbst. Dadurch konnte der administrative Aufwand gerade bei den Mobile Devices (iPads) weiter reduziert werden. Neu ist nun auch die Möglichkeit, über das Volume Purchase Program (VPP) von Apple Apps zentral zu beschaffen und diese dann einzelnen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Im Gegensatz zur konventionellen Beschaffung von Apps bleiben die über VPP bereitgestellten Apps im Besitz der jeweiligen Einrichtung.

**Tabelle 11: Geräte im MWN-MAC Management**

| Mandanten     | Computer  | Mobile Devices |
|---------------|-----------|----------------|
| ADBK          | 4         | 1              |
| LMU           | 21        |                |
| LRZ           | 29        | 22             |
| TUM           | 24        |                |
| <b>Summen</b> | <b>78</b> | <b>23</b>      |

## 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 2015. Die Kennungen für den Höchstleistungsrechner SuperMUC (insgesamt 4.080) 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.

Tabelle 12: Vergabe von Kennungen für LRZ-Plattformen

| Einrichtung                                                         | Kennungen insgesamt | VPN/WLAN         | Mail            | Exchange      | Online-Speicher | Sync+Share     | Archiv / Backup | Webserver  | persönliche Homepage | GitLab         | Linux-Cluster | NeSSI (NV-Portal) | WebDNS     |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|----------------------|----------------|---------------|-------------------|------------|
| Leibniz-Rechenzentrum                                               | 1.386               | 543              | 224             | 665           | 1.075           | 257            | 82              | 105        | 98                   | 269            | 229           | 33                | 60         |
| Bayer. Akademie der Wissenschaften                                  | 835                 | 585              | 132             | 500           | 637             | 368            | 54              | 38         | 30                   | 6              | 6             | 8                 | 2          |
| LMU München im LRZ-Id-Portal verwaltet von der LMU importiert       | 12.960<br>92.100    | 11.539<br>91.781 | 9.846<br>80.188 | 1.969<br>20   | 3.600<br>58.865 | 5<br>69.337    | 564<br>41       | 117<br>-   | 400<br>3             | 27<br>69.328   | 370<br>581    | 125<br>40         | 52<br>4    |
| TU München im LRZ-Id-Portal verwaltet von TUMonline importiert      | 10.089<br>127.045   | 8.083<br>63.700  | 8.145<br>-      | -<br>38.118   | 41<br>63.734    | 1<br>63.676    | 1.252<br>-      | 602<br>-   | 156<br>-             | 34<br>63.767   | 1.327<br>-    | 301<br>223        | 154<br>53  |
| Hochschule München im LRZ-Id-Portal verwaltet von der HM importiert | 405<br>24.337       | 388<br>-         | 346<br>-        | -<br>24.336   | 1<br>-          | -<br>20.616    | 8<br>-          | 2<br>-     | 73<br>-              | -<br>20.616    | 36<br>-       | 2<br>2            | 3<br>-     |
| Hochschule für Musik und Theater                                    | 2.654               | 2.617            | 2.632           | -             | 2.537           | -              | 1               | 11         | 16                   | -              | -             | 2                 | -          |
| Hochschule für Fernsehen und Film                                   | 492                 | 489              | 440             | -             | 2               | -              | -               | 2          | 2                    | -              | -             | 2                 | 1          |
| Akademie der Bildenden Künste                                       | 378                 | 338              | 348             | 37            | 60              | 3              | 2               | -          | 15                   | -              | -             | 1                 | -          |
| Katholische Stiftungsfachhochschule                                 | 404                 | 318              | -               | 393           | -               | -              | -               | 3          | 5                    | -              | -             | 3                 | 1          |
| andere bayerische Hochschulen                                       | 397                 | 305              | 124             | -             | 2               | -              | 13              | 9          | 5                    | -              | 256           | 8                 | 2          |
| Öffentlich-rechtliche Einrichtungen                                 | 2.852               | 1.892            | 1.821           | 28            | 855             | 7              | 80              | 43         | 36                   | 26             | 35            | 43                | 18         |
| sonstige Einrichtungen/Studenten                                    | 954                 | 558              | 508             | -             | 57              | 78             | 1               | -          | 1                    | 78             | 457           | 4                 | -          |
| Nutzer des SuperMUC                                                 | 4.080               | 119              | 14              | -             | 50              | -              | 23              | -          | -                    | 26             | 40            | 1                 | -          |
| <b>Gesamt</b>                                                       | <b>281.368</b>      | <b>183.255</b>   | <b>104.768</b>  | <b>66.066</b> | <b>131.516</b>  | <b>154.348</b> | <b>2.121</b>    | <b>932</b> | <b>840</b>           | <b>154.177</b> | <b>3.337</b>  | <b>798</b>        | <b>350</b> |

### 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 Authentifizierungs-Server abrufbar und nutzbar.

LRZ-SIM basiert auf einem Cluster von Verzeichnisdiensten (NetIQ eDirectory und OpenLDAP), deren Datenbestände durch Konnektoren (sog. Treiber des NetIQ Identity Managers) live synchronisiert, transformiert und in die LDAP-Authentifizierungsserver sowie in die direkt angebotenen Plattformen provisioniert werden.

Die für LRZ-SIM implementierte Server-Infrastruktur ist in Abbildung 20 mit den vielfältigen Datenflüssen und Verflechtungen schematisch dargestellt. Die Pfeile geben die Hauptdatenflussrichtung an. Grüne Pfeile symbolisieren Push-Verfahren (Events, Trigger), blaue Pfeile Pull-Verfahren (Requests). Die weitaus meisten Personen- und Berechtigungsdaten stammen aus dem Id-Portal und den drei Hochschul-IDM-Systemen. Daneben werden einige Benutzerdaten auch am LRZ-Webserver erfasst, nämlich diejenigen für das Linux-Cluster, für die gehosteten Webserver sowie für externe Studierende und Tagesgäste. Nicht dargestellt ist die Rückprovisionierung von Quotas, Verbrauchs- und Belegungsdaten und weiteren Berechtigungen aus den angebotenen Systemen. Rote Beschriftungen zeigen, an welchen Komponenten die hauptsächlichsten, weiter unten genauer beschriebenen Weiterentwicklungen in 2015 stattgefunden haben. Gegenüber dem Vorjahr ist die Provisionierung aus der Grid User Administration (GUA) weggefallen, da die in GUA zusammengefassten Grid-Infrastrukturen keine lokalen Kennungen auf den einzelnen Höchstleistungsrechnern mehr benötigen.

2015 wurden die letzten physischen Server von LRZ-SIM virtualisiert. Dabei wurde auch dem stark gestiegenen Speicherbedarf, der durch die neuen Kopplungen und Dienste sowohl bei den Datenbanken als auch bei den LDAP- und IDM-Caches entstand, Rechnung getragen.

Um den angebotenen Diensten Zugriff auf den jeweils benötigten Teil des LRZ-SIM-Datenbestands zu ermöglichen, kommen sog. LDAP-Proxy-User-Accounts zum Einsatz. Da diese mittlerweile sehr zahlreich sind, wurde für sie eine Gruppenstruktur aufgebaut, mit der die Berechtigungsverwaltung einfacher und übersichtlicher geworden ist. Dies ist im Hinblick auf die Deprovisionierung der LDAP-Proxy-User besonders relevant, wenn mit den Dienstbetreibern zu klären ist, ob und wo ein LDAP-Proxy-User möglicherweise noch in Verwendung ist.

Zur Gewährleistung von Stabilität und Sicherheit des LRZ-SIM-Systems im Dienstbetrieb wurden möglichst zeitnah die aktuellen Versionen sowohl der Directory-Software (NetIQ eDirectory und Open-LDAP) als auch der IDM-Komponenten (NetIQ Identity Manager und sog. Treiber) installiert. Viele der automatisch verschickten externen E-Mails, speziell die Hinweismails zum Passwortverfall, werden seit diesem Jahr mit dem Schlüssel der LRZ-Benutzerverwaltung signiert.



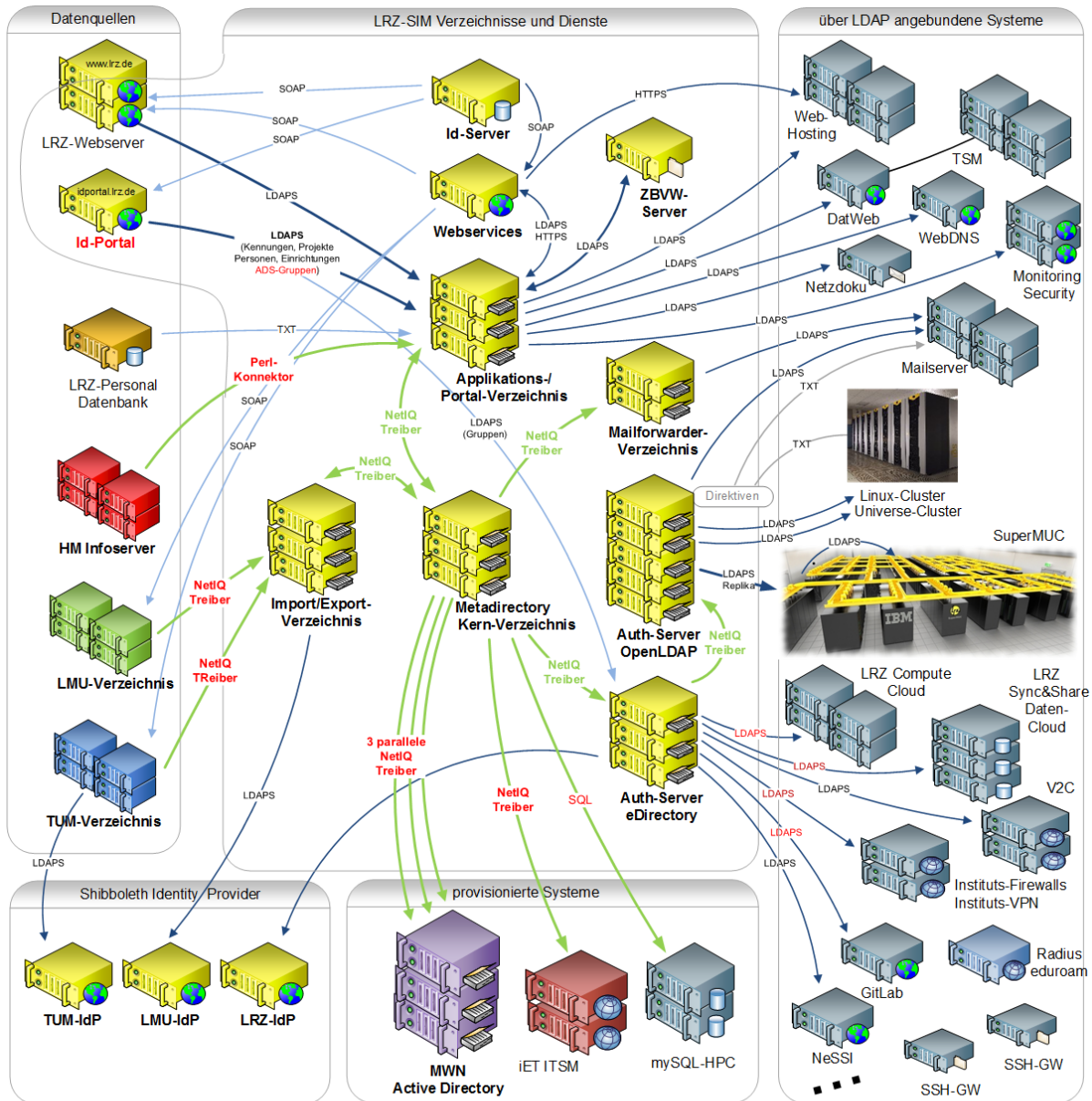


Abbildung 20: Serverlandschaft und Einbindung des LRZ-SIM-Systems

### 6.6.1.2.1 Benutzerverwaltung und Id-Portal

Die zentrale Benutzerverwaltung und die Betreuer am LRZ bilden den Second-Level-Support für LRZ-SIM. Sie stehen den Master Usern und Administratoren bei Fragen und Problemen im Zusammenhang mit der Verwaltung von Kennungen, Berechtigungen und Projekten beratend und helfend zur Seite. Aufgrund der Vielfalt der vom LRZ angebotenen Dienste und der vom LRZ versorgten Einrichtungen treten naturgemäß immer wieder Fragen zu IDM-Spezialfällen auf, die die Kenntnisse des Servicedesks übersteigen. Zu nennen sind hier beispielsweise das Vorgehen bei gesperrten Dienstberechtigungen oder die Handhabung von Funktionskennungen, die Einrichtung von Gastkennungen für verschiedene Zwecke (u.a. WLAN-Zugang), oder Fragen zum Dienstangebot für automatisch aus den Hochschulen importierte Kennungen.

Die Betreuer nehmen auch die projekttechnischen Änderungen in LRZ-SIM vor, die z.B. bei neuen Lehrstühlen und Arbeitsgruppen, aber auch beim Umzug solcher Einrichtungen erforderlich sind. Aufwändig sind Umzüge zwischen verschiedenen Universitäten oder Forschungseinrichtungen, denn etliche Daten, insbesondere diejenigen für das MWN-ADS und das Archiv- und Backup-System, sind einrichtungsabhängig und müssen in enger Abstimmung mit den Verantwortlichen und Master Usern migriert oder angepasst werden.



Als universelles Webfrontend für LRZ-SIM dient das LRZ Id-Portal (Identity-Management-Portal, <https://id-portal.lrz.de>) sowohl den Betreuern für ihre tägliche Arbeit als auch den Master Usern, den Benutzern, dem Servicedesk und den Plattform-Administratoren. Zunehmend verwalten Administratoren und primär nicht die Betreuer Berechtigungen und Zugänge zu Diensten mit eigenen Antrags- und Genehmigungsworkflows (Sync+Share, Linux-Cluster), mit Kostenpflicht (virtuelle Maschinen) sowie Dienste, die plattformspezifische Beratung erfordern (z.B. Institutsfirewalls, Instituts-VPN). Damit das Id-Portal seinem Zweck als zentraler Einstiegspunkt des LRZ Identity Managements gerecht wird, wurden 2015 bisher eigenständige Administrator-Tools zur Berechtigungs-, Kontingente- und Gruppenverwaltung vollständig ins Id-Portal integriert. Je nach Dienst können Kontingente pro Projekt und auch Einzelberechtigungen an Kennungen, ggf. auch an die von Hochschulen importierten Kennungen, vergeben werden.

Die Möglichkeit, Gruppen für das MWN-ADS im Id-Portal zu verwalten, ist seit Ende 2015 verfügbar. Diese ADS-Gruppenverwaltung ist wesentlich umfangreicher als die im vergangenen Jahr eingeführte Gruppenverwaltung für Dienste, die an die Authentifizierungs-Server angeschlossen sind. Die MWN-ADS-Gruppen unterscheiden sich von den bisherigen Gruppen in vielerlei Hinsicht: Die Datenbasis liegt im SIM-Kern, sie bedienen einen sehr großen Kundenkreis, die Mandantentrennung muss streng eingehalten werden, und es gibt „Gruppen in Gruppen“. Schließlich können Master User die benötigten Gruppen in Eigenregie erzeugen und selbst Gruppenverwalter bestimmen, die die Mitgliederpflege übernehmen. Insgesamt sollte dies den MWN-ADS-Administratoren eine deutliche Entlastung von Verwaltungsarbeit bringen.

### 6.6.1.3 Anbindung von Plattformen und Diensten

Der große Mehrwert des Identity Managements für das gesamte LRZ ist die zentrale Aggregation, Pflege und Verwaltung von Benutzerdaten und Zugriffsberechtigungen (Access Management). Davon profitieren momentan 51 angebundene Plattformen und Dienste (Vorjahr 44), hinter denen oft jeweils wieder eine beträchtliche Zahl von Einzelsystemen steht.

Für die Maildienste wurden zwei wichtige Erweiterungen in LRZ-SIM implementiert: die Mailvergabesperre und das Mailsendelimit. Mit der Mailvergabesperre lassen sich Projekte, die sich in Migration nach Exchange befinden, nun einfrieren, so dass im Id-Portal keine Mailadressen mehr vergeben werden können. Der Mechanismus wurde bei der Exchange-Migration sowohl von Einzelprojekten als auch von ganzen Einrichtungen, etwa der TUM Medizin Rechts der Isar, erfolgreich angewendet. Nützlich könnte die Mailvergabesperre auch für die Ablösung der noch verbliebenen POP/IMAP-Mailboxen der HM sein.

Die bislang extern gepflegten Sendelimits (max. Anzahl Mailempfänger pro 24 Stunden) wurden in LRZ-SIM integriert und können nun von den Mail-Administratoren im Id-Portal verwaltet werden.

Bei der Provisionierung des IT-Service-Management-System iET ITSM wurde die Filterung und Aktualisierung der gelieferten Personendaten mit Berücksichtigung von Statuswechseln ihrer Kennungen und ihrer Projektzugehörigkeit verbessert.

Für die LRZ Compute Cloud wurde der Vorgang der Genehmigung und Freigabe auf die Ebene von LRZ-Projekten verlagert, so wie beim Linux-Cluster und beim C2PAP-Cluster des Exzellenz-Clusters „Universe“. Nach Zuteilung eines Projektkontingents durch die Cloud-Administratoren können die Master User die Cloud-Berechtigung an die einzelnen Kennungen vergeben, so dass auch hier die bewährte dezentrale Benutzerverwaltung eines zentralen LRZ-Dienstes umgesetzt ist. Des Weiteren wurde die Zustimmung zu den Cloud-Benutzungsrichtlinien über Formulare im Id-Portal abgebildet – ähnlich wie schon die Zustimmung zu den allgemeinen LRZ-Benutzungsrichtlinien und den Exportkontrollverordnungen bei HPC-Nutzung.

Neu an LRZ-SIM angebunden wurden folgende Dienste:

- Seit Juli 2015 erhalten alle Mitarbeiter und Studierende der beiden Münchener Universitäten automatisch eine Berechtigung für den neuen Sync+Share-Dienst des LRZ, seit Dezember 2015 auch alle Mitglieder der Hochschule München.
- Die Berechtigung für das Versionierungssystem GitLab mit vielseitigem Webfrontend wird ebenfalls an alle Mitglieder von TUM, LMU und HM vergeben.
- Einen weiteren neu angebundenen Dienst stellen die LRZ-gehosteten Instituts-Firewalls auf Basis der Softwarelösung pfSense dar. Deren Administration wird von Institutsmitgliedern selbst geleistet. Die Zugangsregelungen auf die Administrations-Interfaces der Firewalls werden über LRZ-Kennungen und eigene Firewall-Gruppen verwaltet.
- Die Firewall-Lösung bietet zusätzlich die Möglichkeit, VPN-Verbindungen aufzubauen. Die Berechtigung für diese einrichtungsspezifischen VPN-Gateways wird in LRZ-SIM als neuer Dienst „Instituts-VPN“ verwaltet, ebenfalls unter Verwendung von Gruppen.

- Schließlich wurden der LRZ-interne Bestellbuch-Dienst sowie ein Portal für das Powermanagement von Servern angebunden.

Insbesondere für die neuen Dienste wird zusätzlich die Kontakt-Adresse (bevorzugte Mailadresse) des jeweiligen Kennungsbesitzers in die Authentifizierungsserver weiterprovisioniert. Ist die Kontakt-Adresse nicht belegt, wird sie, sofern vorhanden, automatisch mit der Hauptmailadresse der Kennung für eine am LRZ betriebene Mailplattform belegt.

Im Bereich des Höchstleistungsrechners sind neue Anforderungen an das Reporting der HPC-Zentren im Gauss Centre for Supercomputing hinzugekommen. SIM-seitig wird dies unterstützt durch Provisionierung von neuen, speziell aufbereiteten Tabellen innerhalb der Accounting-Datenbank.

Die Einhaltung des Projekt-Lebenszyklus von HPC-Projekten wird dadurch forciert, dass automatisierte Mails an die Akteure (Betreuer, Projektverantwortliche und auch ABS-Administratoren) generiert werden, wenn eine Aktion fällig ist. Diese Erinnerungsmails sind für eine zeitnahe Deprovisionierung abgelaufener Kennungen notwendig. Generell wird den ABS-Administratoren auch gemeldet, wenn ein Projekt oder eine Kennung mit TSM-Knoten verschoben, gesperrt oder gelöscht wird.

#### 6.6.1.4 LMU-, TUM- und HM-Anbindung

Über 85 % 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 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.

Es wird angestrebt, dass LMU- und TUM-Angehörige möglichst viele LRZ-Dienste mit ihrer primären, nach LRZ-SIM importierten LMU- bzw. TUM-Kennung nutzen können. Dafür wurde in 2015 viel Entwicklungsaufwand in die Import-Treiber investiert. So konnten schließlich die Berechtigungen für die Dienste Sync+Share und GitLab durch einfache Parametrisierung der Treiber statt durch aufwändige dienstspezifische XML-, XSLT- und ECMAScript-Programmierung ermöglicht werden.

Parallel zu den bewährten LRZ-SIM-Ankopplungen an die Verzeichnisdienste von LMU und TUM läuft die Live-Provisionierung von Benutzer- und Berechtigungsdaten aus dem dritten großen Quellsystem, dem Identity Management der Hochschule München, seit über einem Jahr stabil und zuverlässig. Im Sommersemester 2015 wurden alle noch nicht umgestellten Studierenden der HM auf das Exchange-System des LRZ migriert. Im Detail wurde die HM-Provisionierung noch erweitert um das initiale Anlegen einer Exchange-Mailbox für jede Kennung und um die Übernahme von Raum- und Telefonnummern. Für den IT-Support der HM wurden Hotline-Dienste im Id-Portal sowie eine eigene Webseite geschaffen, um den Status von HM-Kennungen am LRZ sowie den Stand der Speicher- und Mailbox-Belegung direkt einzusehen. So kann der First-Level-Support der HM bei Benutzeranfragen und Problemen zu LRZ-Diensten gezielter helfen.

Als Optimierungsmaßnahme wurde das LRZ-SIM-seitige Caching von HM-Daten eingeführt, so dass bei großen Mengen von Datenänderungen, etwa zum Semesterwechsel oder in Zeiten der Account-Verlängerung, Daten nicht mehrfach von der HM abgerufen werden müssen. Durch das Caching können darüber hinaus die HM-Daten in einem für die LRZ-SIM-Treiber geeigneten Tempo in den SIM-Kern eingespeist werden.

Angesichts der mittlerweile großen Menge von aktiven Benutzerdaten, die aus automatischen Provisionierungen stammen, wurden die Monitoring-Programme für die IDM-Treiber innerhalb von LRZ-SIM ausgebaut. Damit können längere Wartezeiten bei der Verarbeitung zeitnah erkannt und ggf. eine Verzögerung von Bulk-Datenänderungen veranlasst werden, damit solche Wartezeiten möglichst gar nicht erst aufkommen.

Was die LMU und TUM betrifft, so hat gerade das im Berichtsjahr neu angebundene LRZ Sync+Share gezeigt, dass viele Benutzer mit ihrer Zweitkennung in einem LRZ-Projekt, die unabhängig von ihrer zentralen LMU- bzw. TUM-Kennung existiert, Probleme haben. Hier muss in nächster Zeit eine Lösung zur Vereinheitlichung des Kennungsbestands gefunden und implementiert werden.

Bei der HM ist die Übernahme der offiziellen Organisationsstruktur in Planung. Diese ist Voraussetzung für eine hierarchische Zugriffsrechte-Verwaltung auf Basis des MWN-ADS, wenn die HM auch den MWN-Storage als Basisdienst für ihre Mitarbeiter und Studierenden nutzen möchte.

### 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 BAdW 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 167.000 (132.000) Kennungen.

Aus den Mandanten TUM, LMU, HMT (HS Musik und Theater), BVB (Bibliotheksverbund Bayern) und BAdW sind rund 12.000 (9.000) Rechner ins MWN-ADS integriert. Es wurden bisher 850 (710) Teiladmins aus 478 (405) Einrichtungen registriert und in 2015 haben sich an der Infrastruktur rund 73.000 (49.000) 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.

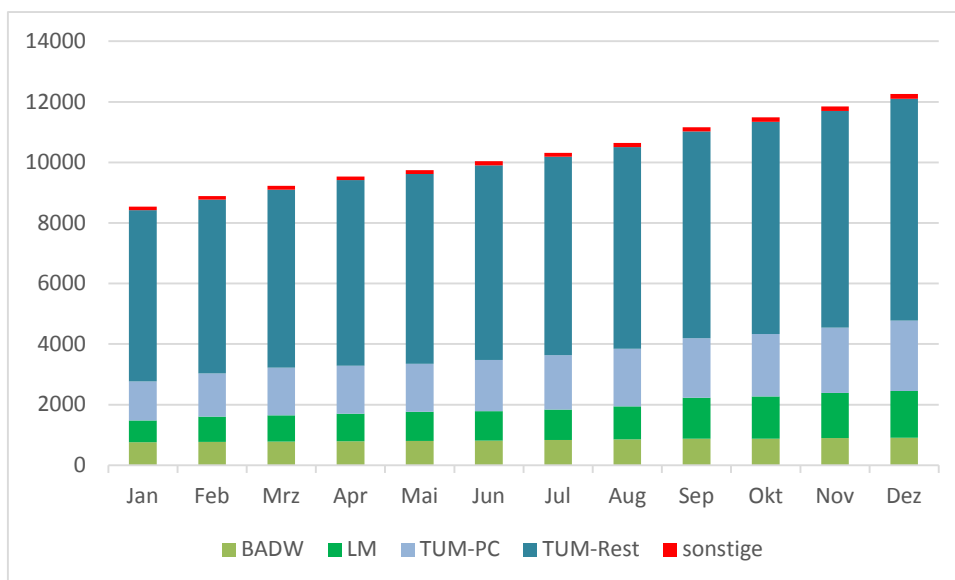


Abbildung 21: Computerkonten im MWN-ADS in 2015

### 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 Hoch-

schulkennung 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:

- a) 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),
- b) 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 neben dem eigenen Identity Provider auch die IdPs für die LMU und die TUM. Als Datenbasis nutzt der LMU-IdP das SIM-Import/Export-Directory, der TUM-IdP den TUM-eigenen Authentifizierungsserver (siehe Abbildung 20 links unten). 2015 bekam der TUM-IdP ein neues CI-konformes Layout der Login-Seite und der Zustimmungseite zur Datenübertragung.

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. Weitere Zusammenarbeit erfolgt dann bei Tests und ggf. der Fehlersuche in der Anbindung und beim Authentifizierungsvorgang.

Der Support bei Login-Problemen von Benutzern ist eine Daueraufgabe, nun öfter auch bei im Ausland angesiedelten Diensten, die über eduGAIN verfügbar sind. Wenn Mitglieder von TUM, LMU oder LRZ Pilotbenutzer für solche Dienste sind (z.B. bei der niederländischen Groupware EDUgruppen und im tschechischen CESNET), dann ist die Mitarbeit der IdP-Administratoren für Login-Tests und zur Abstimmung der übermittelten Attribute gefragt.

In den einrichtungslokalen Föderationen konnten wieder einige interessante neue Service Provider aufgenommen werden: Bei der TUM ein Dienst für Vorlesungsaufzeichnungen der Informatik, ein Portal „Data Mining Cup“ für Studierendenwettbewerbe, ein Dienst für die Zuordnung von Teilnehmern zu Lehrveranstaltungen in der Informatik und ein Service für das Management von Architekturprojekten. Bei der LMU bildete die Unterstützung der LMU-Moodle-Systeme, insb. des eLab, den Schwerpunkt in Bezug auf Vereinheitlichung durch Attributfreigaben und Bildung von Attributwerten in proprietärer, aber einfach zu konfigurierender Syntax.

Wegen der anstehenden Abkündigung der Shibboleth-IdP-Version 2 werden neue IdP-Server mit Version 3 installiert werden müssen, da in der DFN-AAI – u.a. nach einem gemeinsamen Implementierungsworkshop Mitte 2015 in Berlin – von einem Upgrade stark abgeraten wird.

## 6.7 Bibliotheksdienste

Die Zusammenarbeit mit der Bayerischen Staatsbibliothek (BSB), insbesondere mit dem Münchner Digitalisierungszentrum (MDZ), sowie dem Bibliotheksverbund Bayern (BVB) wurde weiter intensiviert. Dazu fungierte das Bibliotheksteam des LRZ als beratende Schnittstelle, um den Prozess der kontinuierlichen Entwicklung bestehender und neuer Dienste an der Bayerischen Staatsbibliothek zu unterstützen.

### 6.7.1 MDZ

Mit dem Onlinegang von Bavarikon 2.0 im Frühjahr 2015 sind die Projektarbeiten jedoch nicht abgeschlossen. In regelmäßigen Treffen zwischen dem Bibliotheksteam und dem MDZ wurden die zugrundeliegenden Netzarchitekturen verfeinert. Der nun darauf basierende, fortlaufende Entwicklungsprozess beinhaltet den Aufbau einer neuen generischen Infrastruktur. Sie soll technische Schnittstellen bereitstellen, die von zukünftigen MDZ-Diensten verwendet werden. Das Projekt „Digipress“ zur Bereitstellen digitalisierter Zeitungen für Interessierte und Forscher wird als erster MDZ-Dienst diese neue Infrastruktur bedienen. Das Backend des Webportals wird durch das LRZ gestellt und vom Bibliotheksteam betreut. Der Livegang ist Mitte 2016 geplant. Die kontinuierlichen Entwicklungsarbeiten am MDZ umfassen außerdem die Migration bestehender Angebote in das Management des Bibliotheksteams am LRZ.

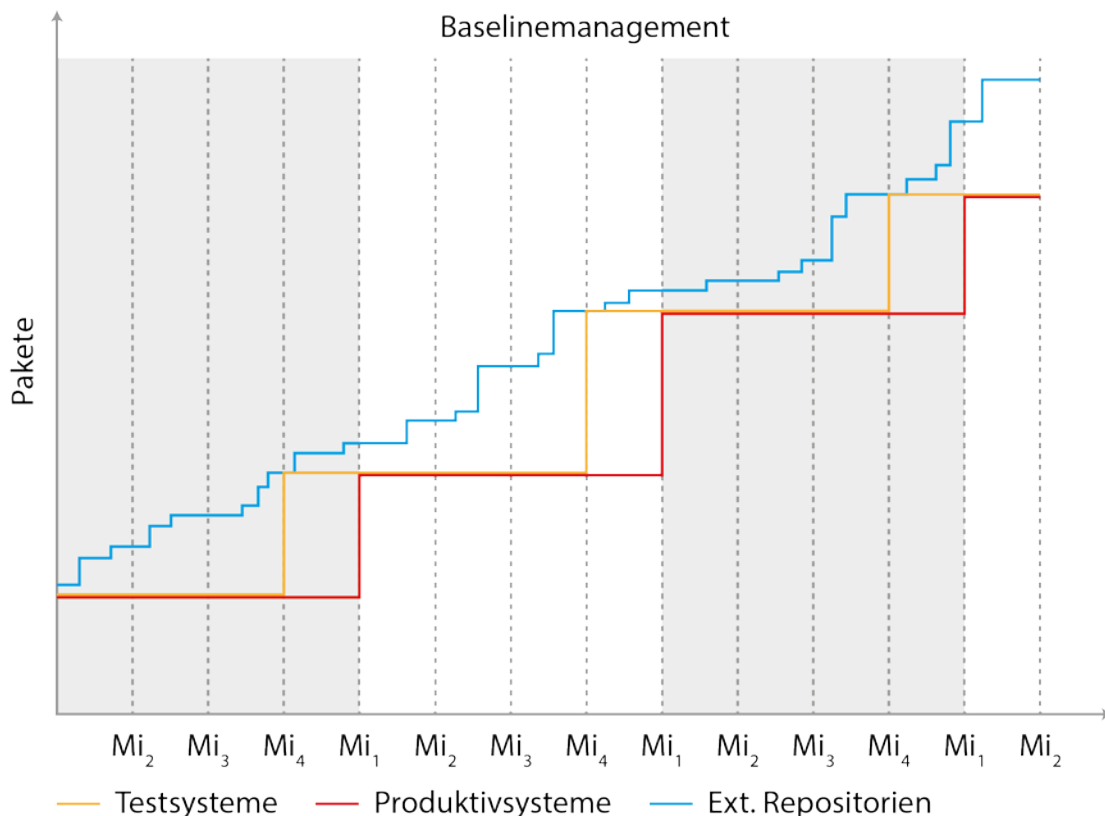
### 6.7.2 Sicherheit

Das Bibliotheksteam am LRZ unterstützte seine Kunden auch bei Fragestellungen rund um das Thema IT und Sicherheit. In Kooperation mit unterschiedlichen deutschen Sicherheitsunternehmen wurden im Jahr

2015 fünf Sicherheitsevaluationen für neu entwickelte oder erweiterte Angebote des MDZ durchgeführt. Die Einführung der sicheren Kommunikation über HTTPS für neue und bestehende Dienste konnte durch die fachkundige Unterstützung des Bibliotheksteams am LRZ beim MDZ und BVB weiter deutlich ausgebaut werden.

### 6.7.3 Software- und Konfigurationsmanagement

Ein weiterer Aspekt der Sicherheit ist das Einspielen von Sicherheitsupdates. Dazu wurde ein Baseline-Management auf Basis des freien Softwaretools Spacewalk etabliert. Das Baseline-Management ermöglicht alle Systeme je nach Einordnung in Entwicklungs-, Abnahme oder Produktivsysteme auf einen gleichartigen Softwarestand zu bringen. Das System wurde so konzipiert, dass Entwicklungssysteme Patches und Updates eine Woche vor den Abnahme- und Produktivsystemen erhalten. Dadurch kann ein möglicher Einfluss der Aktualisierungen auf die Stabilität der laufenden Applikation beurteilt werden. (siehe Abbildung 22).



**Abbildung 22: Baseline Patch Management**

Für die über 500 Server, die das Bibliotheksteam am LRZ für den BVB und das MDZ betreibt, wurde ein Konfigurationsmanagement auf Basis von Ansible etabliert. Alle Server erhalten über Ansible eine gleichartige Grundausstattung, sowie abhängig von ihren Aufgaben oder ihrer Umgebung zusätzliche Einstellungen. Das *Rollout* der Konfiguration wird mandantenfähig für den BVB und das MDZ betrieben. Des Weiteren werden mit Ansible inzwischen auch verteilte Anwendungen wie z.B. Zookeeper oder Solr Cloud automatisch installiert und konfiguriert. Die gesammelten Erfahrungen mit Ansible wurden durch Schulungen mit den Kunden geteilt. Ziel hierbei ist, daß das Bibliotheksteam des LRZ gemeinsam mit den Applikationsentwicklern und -betreuern Werkzeuge zur effizienten Verwaltung und Weiterentwicklung der Systeme nutzt (DevOps).

### 6.7.4 Monitoring

Für die Überwachung der durch das Bibliotheksteam am LRZ gemanagten Server wurde das Monitoringssystem `check_mk` eingerichtet. Es ist geplant, durch Schulungen die Nutzer des MDZ und des BVB an das System heranzuführen. Dadurch soll ein gezieltes Reagieren auf Ereignisse, aber auch proaktives Verhindern kritischer Systemzustände ermöglicht werden. Da die Überwachung individuell für einzelne Dienste konfiguriert werden kann, ist auch der Aspekt der Qualitätssicherung für die angebotenen Dienste mit anzumerken.



### 6.7.5 BVB Projekte

Die CD-ROM-Farm (<http://www.bib-bvb.de/web/cd-rom-server>) für die Bibliotheken des BVB wurde erneuert. Sowohl Betriebssystem sowie die Anwendungssoftware laufen jetzt in einer aktuellen Version.

Die Citrix Secure Gateway Zugangsserver der Citrix Farm für den BVB wurden durch das Nachfolgeprodukt Netscaler ersetzt.

Der zentrale Fernleihserver wurde von Solaris nach Linux migriert.

Der zentrale Katalog des BVB, basierend auf der Software Aleph 500 von Ex Libris, soll 2016 von SPARC/Solaris nach Linux migriert werden. Hierzu wurden Testsysteme und ein Datenbankcluster (Oracle RAC) bereitgestellt.

## 6.8 Digitale Geisteswissenschaften

Im Juli 2013 unterzeichneten die Bayerische Staatsbibliothek (BSB) und die Bayerische Akademie der Wissenschaften (BAW) einen Kooperationsvertrag über die Gründung eines Zentrums für digitale Geisteswissenschaften. Auch in den Geistes- und Kulturwissenschaften werden computerbasierte Verfahren und Werkzeuge immer wichtiger, etwa bei elektronischem Publizieren, digitalen Editionen oder quantitativen Verfahren zur Text- und Datenanalyse. BSB und BAW bündeln in dem Zentrum für digitale Geisteswissenschaften ihr Know-how in diesen Bereichen.

Das zukunftsweisende Konzept des Zentrums soll Synergien freisetzen und durch die Zusammenarbeit mit weiteren Partnern ausgebaut werden. Das LRZ unterstützt diesen Prozess in fachlicher und technologischer Hinsicht, auch um deutlicher als bisher die geisteswissenschaftlichen Fächer anzusprechen und um aktiv einen Bedarf zu erkennen und Servicemöglichkeiten zu entwickeln.

Das Zentrum koordiniert seine Aktivitäten als Arbeitskreis „dhmuc“ mit mehreren weiteren Münchener Wissenschaftsinstitutionen. Neben BSB und BAW sind diese derzeit das Deutsche Museum, die Monumenta Germaniae Historica sowie das Collegium Carolinum und die Historische Kommission, die Staatlichen Archive Bayern und die Ludwig-Maximilians-Universität, insbesondere deren Universitätsbibliothek, ihr Institut für Kunstgeschichte, das Historische Seminar sowie die IT Gruppe Geisteswissenschaften. Der Arbeitskreis „dhmuc“ versteht sich dabei als ein offenes Forum zur Entwicklung gemeinsamer Aktivitäten.

So präsentieren die Mitglieder ihre aktuellen Forschungsarbeiten mit Bezug zu Aspekten der Digitalisierung. Es finden Workshops statt wie zum Thema „Offene Lizenzen in den Digitalen Geisteswissenschaften“, zur Programmierung mit GitLab, zu elektronischem Publizieren u.v.a.m. und vom 27. bis 31. Juli 2015 fand die erste Münchener Sommerschule Digitale Geisteswissenschaften als gemeinsame Aktivität statt. Es nahmen gut 30 Graduierte, Doktoranden und Postdocs aus geisteswissenschaftlichen Fächern, die den Einstieg in die digitalen Geisteswissenschaften finden wollten, teil. Während der eine Kalenderwoche dauernden Sommerschule wurde ein Nachmittag am LRZ mit Führungen und Präsentationen im Zentrum für virtuelle Realität und Visualisierung (V2C) sowie durch die Rechnerwürfel verbracht.



## 7 Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung (V2C)

2015 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 wurde über 2.700 Gästen und Anwendern an über 350 Terminen die Möglichkeit gegeben, das V2C zu besuchen.

Die Projektarbeiten des Vorjahrs, aus den unterschiedlichsten Anwendungsgebieten, wurden, sofern nicht abgeschlossen, fortgeführt und erweitert. Sie wurden um Anwendungsgebiete aus den Bereichen der Geophysik und der Dokumentation ergänzt. Ein Kurzfilm wurde erstellt, um die technischen Darstellungsmöglichkeiten auf der Kuppel des Planetariums des Deutschen Museums zu testen.

Der Bereich der Remote Visualisierung liegt nun in der Verantwortung des Teams für VR und Visualisierung. Hier wurden gemeinsam mit der Gruppe „Verteilte Ressourcen die Zugangsmechanismen vereinheitlicht und wesentlich vereinfacht. Es ist nun möglich, über eine Webschnittstelle komfortabel die Simulationsergebnisse, welche auf SuperMUC oder dem Linux-Cluster abgelegt sind, zu betrachten und zu bearbeiten.

### 7.1 Vorträge

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

### 7.2 Veranstaltungen

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

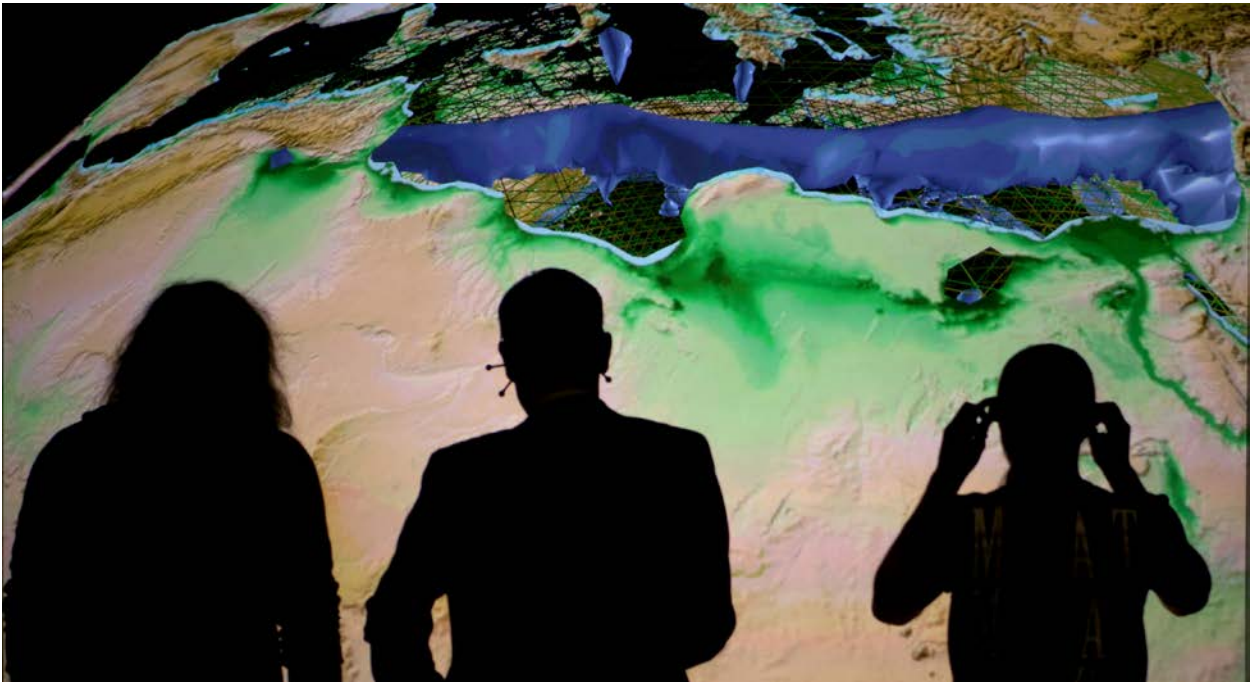
In Zusammenarbeit mit der CAD-Stelle des Staatlichen Bauamts München 2 (StBaM2) wurden VR Umsetzungen von Entwürfen und Planungen mit Architekten und Entscheidungsträgern im V2C diskutiert.

Das Zwischenreview des Projekts MrSymBioMath, welches sich mit dem Vergleich von Genomstrukturen beschäftigt, wurde am LRZ abgehalten. In einem gesonderten Zeitfenster der Veranstaltung war es Teilnehmern des Projekts und den Gutachtern möglich, Ausschnitte des Ablaufs von der Simulation bis hin zur VR Visualisierung im V2C zu beobachten.

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

Die Gewinner des Akademiepreises des Landeswettbewerb Bayern von „Jugend Forscht“ besuchten einen zweitägigen Workshop im Zentrum für Virtuelle Realität und Visualisierung.

Im Dezember hatten die Studierenden der Lehrveranstaltung Virtual Reality die Möglichkeit, ihre in der Lehrveranstaltung erstellen Projekte am Open Lab Day der Öffentlichkeit zu präsentieren. Das LRZ konnte über 130 Gäste begrüßen. Die Süddeutsche Zeitung berichtete in einem umfangreichen Artikel.



**Abbildung 23: Gäste tauchen am V2C Benutzertreffen in das Erdinnere ein.**

Das V2C beteiligte sich auch an Veranstaltungen außerhalb der gewohnten Räumlichkeiten.

Gemeinsam mit dem Exzellenzcluster Universe wurde ein zweitägiger interdisziplinärer Workshop zum Thema Visualisierung veranstaltet. Externe Vorträge wurden an einem VR Meetup und dem Immersive Storytelling Virtual Reality 360° Hackathon gehalten. Arbeiten aus der Geophysik und dem MrSymbioMath Projekt wurden an einem VR Day der Hochschule Fresenius präsentiert.

Eine der bedeutendsten Veranstaltungen aus dem Virtual Reality Umfeld, das 22ste ACM Symposium on Virtual Reality Systems and Technology, wird vom 2. bis 4. November 2016 am Leibniz-Rechenzentrum abgehalten.

### 7.3 Projekte

Ein eingereichtes EU Projekt, das NoMaD Center of Excellence, wurde positiv begutachtet und im November dieses Jahres begonnen. NoMaD beschäftigt sich mit den Materialwissenschaften. Hier hat das LRZ die Arbeitspaketleitung in der Visualisierung und trägt mit Forschung und Workshops im Virtual Reality Umfeld bei.

## 8 IT-Server-Infrastruktur

### 8.1 Linux-Server

#### 8.1.1 Virtuelle Server

Kernaufgabe ist der Betrieb virtueller Server (VMs) auf Basis von VMware. Dieses Jahr erreicht die Zahl aktivierter VMs einen Wert über 1.400. Die Hälfte der Server wird für LRZ-Dienste genutzt, die andere Hälfte steht für LRZ-Kunden bereit. Letztere unterteilen sich wiederum auf ca. 60% Bibliotheksdienste, 25% Dienste für Hochschulstart sowie 15% diverse Dienste im Münchner Wissenschaftsnetz (MWN).

Ein Teil, genauer gesagt 12 der im Vorjahr neu beschafften Blade-Server, werden für das Linux-Cluster zum Betrieb einer „BigMem-Queue“ genutzt. Hierbei steht einem Knoten die gesamte ESX-Hardware, bestehend aus 256 GByte RAM und 20 Cores (40xHT-SMP), zur Verfügung.

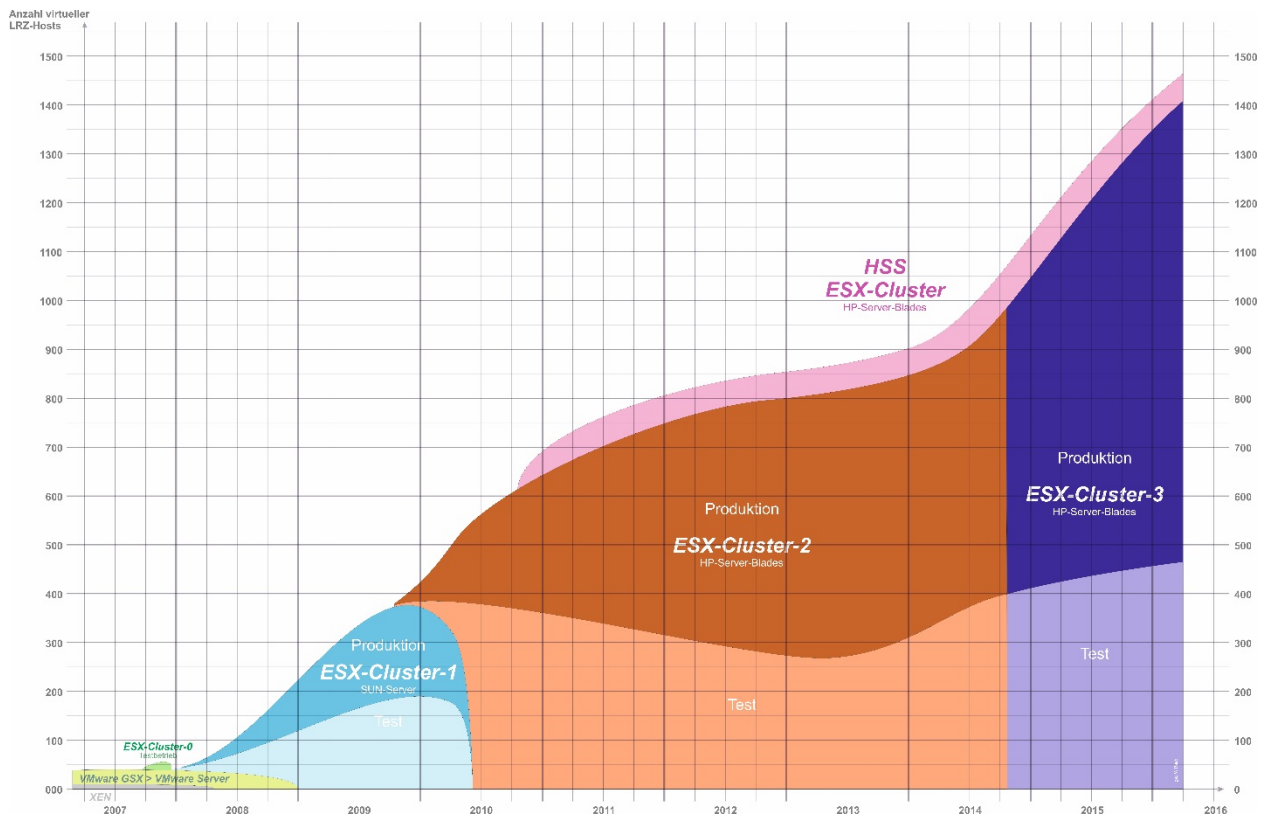


Abbildung 24: Virtuelle Serverinstanzen am LRZ

#### 8.1.2 Neubeschaffung Rackserver

Neben dem virtuellen Serverbetrieb wird der im Einzelfall notwendige Betrieb physischer Hardware durch Neubeschaffung von 31 2U-Rackservern aufgestockt. Zu den hierbei aktivierten Diensten zählen ein dezentraler, mittels VMware verwalteter Firewall, die Aktualisierung eines Exchange-Clusters, die Erneuerung einer MS-SQL-Datenbank sowie die Ersetzung der VoIP-Infrastruktur.

#### 8.1.3 Aktualisierung der Betriebssysteme

In der ersten Jahreshälfte begann im Serverbereich der Rollout von SLES-12, in der zweiten Jahreshälfte der Rollout von SLES-11-SP4, das bis Anfang des kommenden Jahres die Installationen mit SLES-11-SP3 ersetzen wird.

Im Bereich der Arbeitsplatz-PCs wurde das veraltete openSUSE-12.3 durch openSUSE13.2 alias Tumbleweed ersetzt. Letzteres ist ein Rolling-Release mit einer Supportlaufzeit von 5 Jahren.

### 8.1.4 Monitoring und Logdatenanalyse

Zur Überwachung der Serverlandschaft dient die auf Nagios aufsetzende Software OMD. Dieses Monitoring-Framework überwacht zwischenzeitlich sämtliche virtuellen Server u.a. über die Anbindung des vCenters zum Auslesen der VM-Konfigurations- und Nutzungsdaten.

2015 wurde das lizenzierte Datenlimit für Splunk, die Software zur zentralen Erfassung von Server-Systemlogs, überschritten. Die beiden 10-GByte-Volumen für alle LRZ- sowie für die Hochschulstart-Dienste wurden auf jeweils 20 Gbyte aufgestockt.

### 8.1.5 DarkCenter-Management

Mehr als 400 Schaltleisten (Rack-PDUs) sind in den LRZ-Rechnerräumen im Einsatz. Zur Erfassung und Überwachung der Energie- und Klimadaten und zum Bedienen der einzelnen Stromanschlüsse kommt eine Appliance der Fa. ServerTechnology namens Sentry Power Manager zum Einsatz. Die Software ergänzt das ebenfalls 2015 aktivierte Monitoring mittels OMD.

Die 2014 durchgeführte Anbindung der V2C-Clusterknoten sowie der V2C-Powerwall an den regulären LRZ-Linux-Installations- und -Update-Mechanismus wurde 2015 durch eine weitgehend webbasierte Fernsteuerung zum Schalten der Stromanschlüsse, der jeweiligen Chassis-Bedienelemente und Auswahl der zu startenden Betriebssysteme ergänzt.

### 8.1.6 Managed Hosting für hochschulstart.de

Die Stiftung für Hochschulstart war an einer Intensivierung der Zusammenarbeit mit dem LRZ interessiert. Das LRZ sollte dabei zusätzliche Administrationsaufgaben übernehmen. Zu den hinzu gekommenen Aufgaben zählt der Betrieb dreier weiterer Testumgebungen, die Übernahme des Nagios-Monitorings ins LRZ – Ablösung durch OMD – sowie die Pflege einer virtuellen Firewall zur effizienten Zugriffssteuerung.

Zur Performance-Verbesserung lösten vier neue Bladeserver die älteren Datenbankserver ab.

### 8.1.7 Systembetrieb der LRZ-Compute-Cloud

Seit Beginn des Jahres 2015 ist die LRZ-Compute-Cloud in den Produktionsbetrieb übergegangen. Für den Systembetrieb der 82 Rechenknoten existiert ein Installations-Automatismus, der per Webinterface gesteuert werden kann. Analog zum Betrieb einzelner Linux-Server greift auch die LRZ-Compute-Cloud auf den täglichen LRZ-Update-Mechanismus zu. Sämtliche Knoten werden mittels OMD überwacht.

## 8.2 Windows

Am LRZ werden derzeit rund 180 physische oder virtuelle Windows Server betrieben. Der Anteil der virtuellen Systeme liegt bei rund 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 2012 R2. 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 2012 R2 (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 Installation von Phase 2

Ein Schwerpunkt der Aktivitäten der Abteilung Hochleistungssysteme bestand in der weiteren Optimierung des Betriebs des Höchstleistungsrechners SuperMUC Phase 1 und in der Inbetriebnahme der Phase 2. Die Installation und Inbetriebnahme des Phase 2 Systems wurde im Dezember 2014 begonnen und konnte Anfang März 2015 zum Abschluss gebracht werden. Im Anschluss wurden intensive Tests des Software-Stacks durch Lenovo/IBM durchgeführt. Ende März konnten die ersten Teilabnahmen erfolgreich abgeschlossen werden. Insgesamt sah das vereinbarte Abnahmedokument mehr als 50 Teilabnahmen sowie umfangreiche Leistungsmessungen und Tests der I/O-Infrastruktur vor. Im Mai und Juni 2015 wurde auf Phase 2 im Rahmen der Zuverlässigkeitsprüfung ein 30-tägiger Blockbetrieb durchgeführt, in dem ausgewählte Projekte die Möglichkeit erhielten, das gesamte Phase 2-System zu nutzen (s. S. 4). Der Endausbau des SuperMUC ist nun vollständig abgeschlossen. Das System enthält nun fast eine Viertel Million Rechenkerne. Eine Übersicht über das Gesamtsystem 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          |
| Islandtype                   | Fat Nodes | Thin Nodes | Many Cores  | Haswell Nodes |
| Total Number of cores        | 8,200     | 147,456    | 3,840 (Phi) | 86,016        |
| Total Peak Performance       | 0.078     | 3.2        | 0.064 (Phi) | 3.58          |
| Total size of memory [TByte] | 52        | 288        | 2.56        | 194           |
| Total Number of Islands      | 1         | 18         | 1           | 6             |
| Typical Power Consumption    | < 2.3 MW  |            |             | ~1.1 MW       |

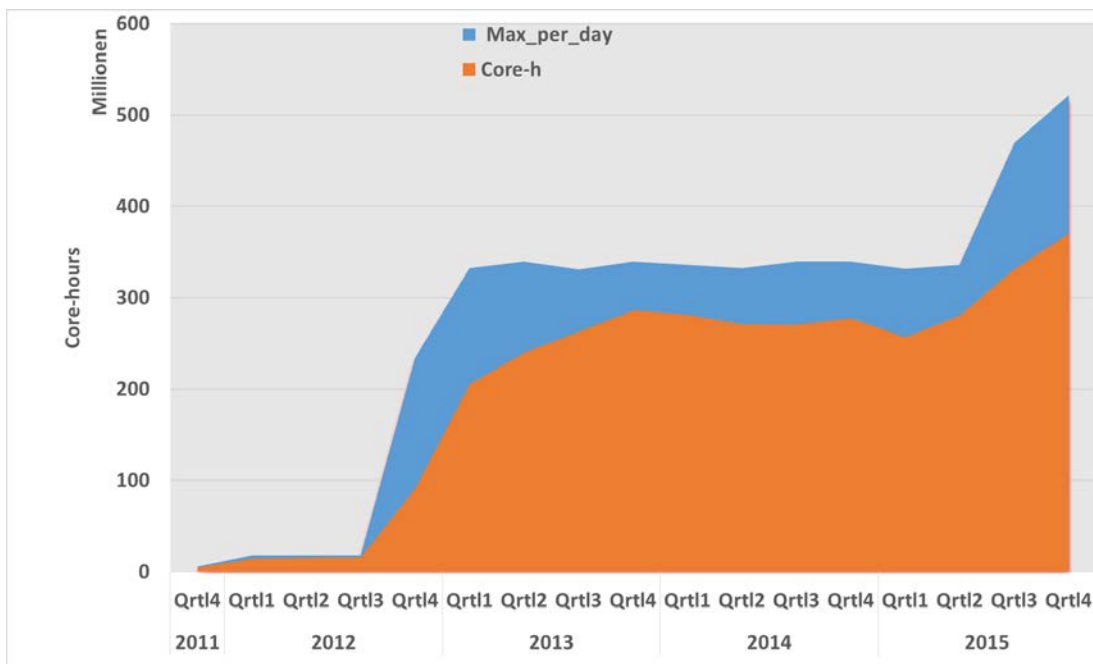




**Abbildung 25: SuperMUC Phase 1 (hinten) und SuperMUC Phase 2 (rechts vorn) im Rechneraum. Trotz der mehr als doppelten Spitzenrechenleistung braucht Phase 2 nur etwa ein Viertel des Stellplatzes von Phase 1.**

### 9.1.2 Betrieb

Der Betrieb des SuperMUC war im gesamten Berichtsjahr stabil und die Integration der Phase 2 in den Betrieb verlief weitgehend unproblematisch. Die folgende Abbildung zeigt die pro Quartal abgegebene Rechenzeit sowie die theoretisch maximal zur Verfügung stehende Rechenzeit. Insgesamt wurden im Jahre 2015 1,24 Milliarden Core-Sunden an Rechenzeit abgegeben.



**Abbildung 26: Rechenzeitabgabe (in Millionen Core-Stunden). Bis 3Q2012 nur Migrationssystem (Fat-Nodes), ab 4Q2013 Thin und Fat-Nodes, Ab 3Q2015 Thin, Fat und Haswell Nodes**

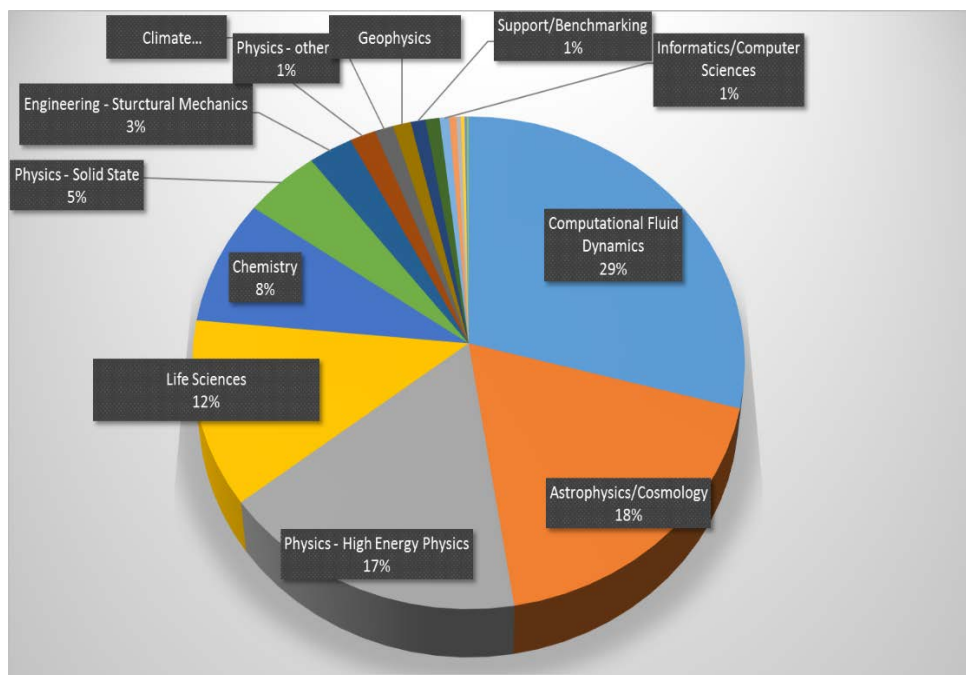


Die Anzahl der Nutzer und Projekte des Höchstleistungsrechners in den einzelnen Jahren bzw. Phasen ist in der folgenden Tabelle aufgeführt.

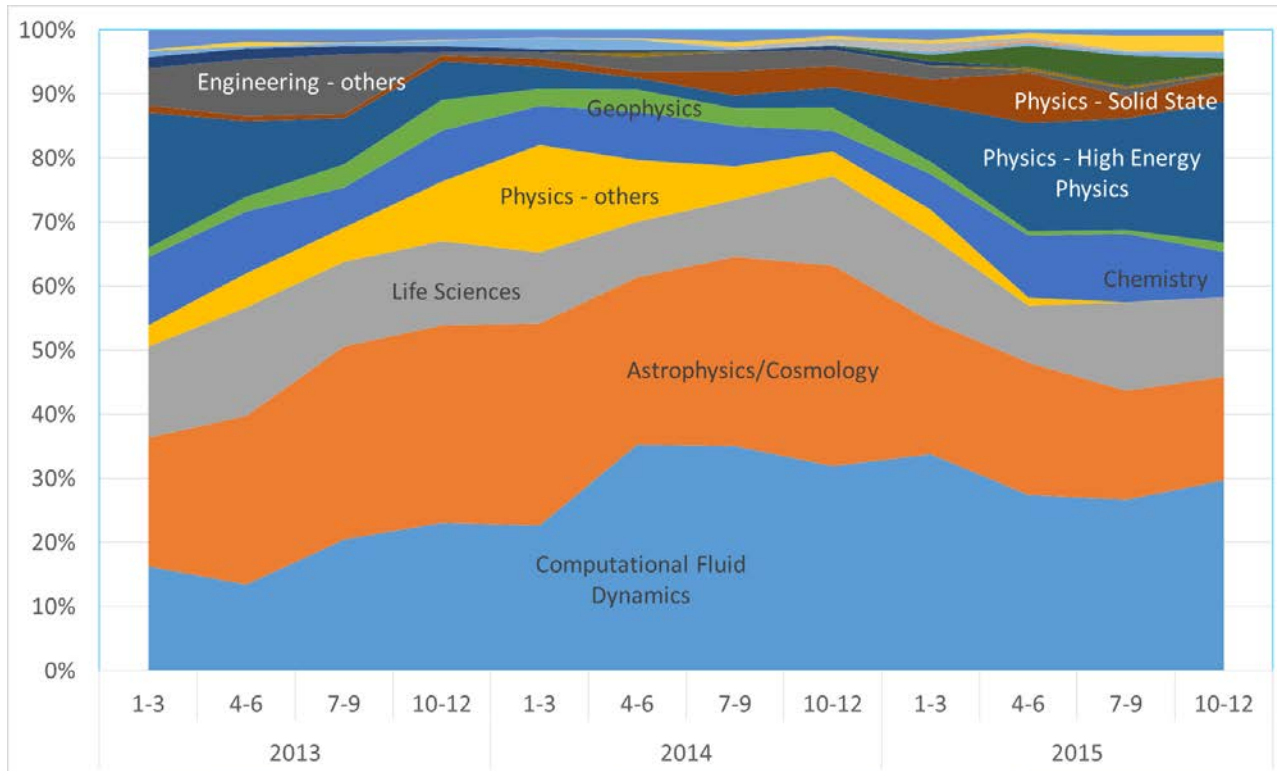
**Tabelle 14: Anzahl Nutzer und Projekte**

| Jahr  | Ausbauphase      | Nutzer | Projekte |
|-------|------------------|--------|----------|
| 2011. | Migrationssystem | 78     | 174      |
| 2012. | Phase 1          | 207    | 579      |
| 2013. | Phase 1          | 245    | 867      |
| 2014. | Phase 1          | 299    | 906      |
| 2015. | Phase 2          | 290    | 857      |

Die Verteilung der Rechenzeit nach Fachgebieten ist in Abbildung 27 dargestellt. Während in den vergangenen Jahren, Fluidodynamik und Astrophysik etwa jeweils 30% der Rechenzeit verbraucht haben, ist der Anteil der Astrophysik auf 18% zurückgegangen. Dagegen wurde der SuperMUC im Berichtszeitraum verstärkt durch die Fachrichtung Hochenergiephysik/Quantenchromodynamik genutzt.



**Abbildung 27: Prozentuale Verteilung der Rechenzeit nach Fachgebieten**



**Abbildung 28: Zeitliche Entwicklung der prozentualen Nutzung des SuperMUC nach Fachgebieten**

Etwa jeweils 30% der Rechenzeit von SuperMUC werden von Programmen aus dem Bereich der Fluidynamik und der Astrophysik benutzt. Die Rechenzeitnutzung durch Applikationen aus dem Bereich Lebens- und Biowissenschaften ist in den letzten Jahren stetig gestiegen. Anwender aus den Lebens- und Biowissenschaften sind mit ca. 10% die derzeit drittstärkste Nutzungsgruppe des SuperMUC-Systems. Weitere wichtige Benutzergruppen kommen aus der Physik (9%), Chemie (6%), Geowissenschaften (3%) und der Hochenergiephysik (3%).

Die Nutzerverteilung nach Institutionsart, ist im Folgenden darstellt.

**Tabelle 15: Anteil an Rechenzeit nach Art der Institution**

| Art der Institution     | Anteil |
|-------------------------|--------|
| Universitäten           | 65.0%  |
| PRACE                   | 18.9%  |
| Max-Planck-Gesellschaft | 11.8%  |
| Helmholtz-Gemeinschaft  | 3.2%   |
| Leibniz-Rechenzentrum   | 0.8%   |
| Sonstige                | 0.3%   |

## 9.2 Vorbereitung der Beschaffung der nächsten Generation von SuperMUC

Im Hinblick auf das planmäßig für 2018 vorgesehene Betriebsende des SuperMUC hat das LRZ mit ersten Aktivitäten zur Markterkundung begonnen, um eine erste Einschätzung von Technologien zu gewinnen, die im Laufe des Jahres 2018 für eine mögliche Installation eines Nachfolgesystems „SuperMUC NG“ verfügbar werden sollen. Basierend auf den Erwartungen an eine künftige Rechnerarchitektur, die stärker als bisher von hybriden sowie cloud-artigen Strukturen geprägt sein dürfte, wurde ein erstes Systemkonzept erarbeitet. Zur Finanzierung des Nachfolgesystems wurde im Kontext des Gauss Centre for Supercomputing auch der erste Entwurf einer Vorhabensbeschreibung erstellt, die Anfang 2016 beim Projektträger eingereicht werden soll.

## 9.3 Linux-Cluster

### 9.3.1 Betrieb

Ein neues Cluster-Segment „CooLMUC-2“ mit der gleichen Prozessor- und Kühltechnologie wie SuperMUC Phase 2 wurde in zwei Schritten installiert und in Betrieb genommen. Der erste Teil des Antrages (landesfinanziertes Großgerät nach Art. 143c GG) wurde bereits 2014 genehmigt. Die Installation des ersten Teilsystems wurde noch im Dezember 2014 begonnen und der Benutzerbetrieb wurde im Mai 2015 aufgenommen. Die Installation der Phase 2 (Forschungsgroßgerät nach Art. 91b GG) beinhaltet neben zusätzlichen Rechenknoten auch sechs in Zusammenarbeit mit der Sortech AG installierte Adsorptionskältemaschinen zur Nutzung der Rechnerabwärme zur Erzeugung von Kälteleistung. Durch den Einsatz verbesserter Technologien und Regelungstechnik wird hierdurch eine ganzjährige verlässliche Kühlung der verbleibenden luftgekühlten Komponenten von Phase 2 des SuperMUC ermöglicht. Der Endausbau von CooLMUC-2 rangiert auf Platz 261 der TOP500 Liste, Ausgabe November 2015.

Außerdem wurde mit der Bereitstellung eines GPFS-basierten Hochleistungsdateisystems als Scratch-Speicher ein zunehmender Flaschenhals bei der Bearbeitung von I/O-lastigen Rechenaufträgen behoben.

CooLMUC-2 löst das bisherige „CooLMUC-1“ Cluster ab, das im Jahr 2016 ausgemustert werden soll. Bereits im Sommer des Jahres 2015 wurde das Nehalem-basierte sgi ICE Cluster aus dem Benutzerbetrieb genommen. Im Herbst folgte dann die Außerbetriebnahme des seriellen Bestands-Clusters; in CooLMUC-2 wurde dementsprechend eine Teilmenge der Knoten für den seriellen Betrieb umgewidmet.



**Abbildung 29: CooLMUC-2-Rechnerracks (schwarze Racks) und 6 von der Abwärme der Rechnerracks betriebene Adsorptionskältemaschinen (hellgraue Geräte rechts im Bild)**

## 9.4 Nutzung des Linux-Clusters

Die Anzahl der Nutzer und Projekte des Linux-Clusters in den Jahren 2013 bis 2015 sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

**Tabelle 16: Anzahl Nutzer und Projekte**

| Jahr | Benutzer | Projekte |
|------|----------|----------|
| 2013 | 553      | 145      |
| 2014 | 448      | 132      |
| 2015 | 504      | 149      |

Die nach Hochschulen und ggf. Fachgebieten aufgeschlüsselte Nutzung des Clusters ist in der folgenden Tabelle angegeben. Hier ist zu bemerken, dass die Nutzung durch Bayerische Hochschulen stark zugenommen hat und im Berichtszeitraum nun 46.4% der Nutzung (im Jahr 2014 nur ca. 14%) ausmacht.

Tabelle 17: Nutzung des Linux-Clusters durch Bayerische Hochschulen

| Institution                                                                      | Core-h            | Anteil        | Jobs           | Anteil        |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------|----------------|---------------|
| <b>Bayerische Akademie der Wissenschaften</b>                                    | <b>312,214</b>    | <b>0.5%</b>   | <b>6,793</b>   | <b>0.9%</b>   |
| Kooperationsprojekte des LRZ                                                     | 128,087           | 0.2%          | 932            | 0.1%          |
| Leibniz-Rechenzentrum                                                            | 184,127           | 0.3%          | 5,861          | 0.8%          |
| <b>Bayerische Hochschulen und Fachhochschulen soweit nicht gesondert erfasst</b> | <b>27,324,387</b> | <b>46.4%</b>  | <b>76,516</b>  | <b>10.6%</b>  |
| Katholische Universität Eichstätt                                                | 2,515,878         | 4.3%          | 4,062          | 0.6%          |
| Universität Augsburg                                                             | 1,553,087         | 2.6%          | 2,665          | 0.4%          |
| Universität Bamberg                                                              | 180,954           | 0.3%          | 959            | 0.1%          |
| Universität Bayreuth                                                             | 13,571,394        | 23.1%         | 5,826          | 0.8%          |
| Universität Erlangen                                                             | 580,308           | 1.0%          | 4,157          | 0.6%          |
| Universität Regensburg                                                           | 8,626,737         | 14.7%         | 46,116         | 6.4%          |
| Universität Würzburg                                                             | 296,031           | 0.5%          | 12,731         | 1.8%          |
| <b>Hochschule München</b>                                                        | <b>797,350</b>    | <b>1.4%</b>   | <b>1,299</b>   | <b>0.2%</b>   |
| <b>Ludwig-Maximilians-Universität München</b>                                    | <b>9,002,637</b>  | <b>15.3%</b>  | <b>46,705</b>  | <b>6.4%</b>   |
| Biozentrum der LMU Department Biologie I                                         | 400,422           | 0.7%          | 156            | 0.0%          |
| Biozentrum der LMU Department Biologie I                                         | 97,563            | 0.2%          | 2,264          | 0.3%          |
| Department Chemie Bereich Anorganische Chemie                                    | 252,910           | 0.4%          | 900            | 0.1%          |
| Department Chemie Bereich Physikalische Chemie                                   | 526,494           | 0.9%          | 1,218          | 0.2%          |
| Department für Geographie,                                                       | 42,979            | 0.1%          | 290            | 0.0%          |
| Department Pharmazie                                                             | 249,269           | 0.4%          | 74             | 0.0%          |
| Fakultät für Biologie                                                            | 380,810           | 0.6%          | 219            | 0.0%          |
| Fakultät für Geowissenschaften                                                   | 1,430,210         | 2.4%          | 6,296          | 0.9%          |
| Fakultät für Physik                                                              | 345,154           | 0.6%          | 1,999          | 0.3%          |
| Genzentrum                                                                       | 593,540           | 1.0%          | 959            | 0.1%          |
| Institut für Informatik                                                          | 13,135            | 0.0%          | 1,675          | 0.2%          |
| Institut für Statistik                                                           | 3,158             | 0.0%          | 432            | 0.1%          |
| Institut für Volkswirtschaftslehre                                               | 501,907           | 0.9%          | 565            | 0.1%          |
| Lehrstuhl für Experimentalphysik - Laserphysik {Krausz}                          | 16,839            | 0.0%          | 105            | 0.0%          |
| Lehrstuhl für Experimentelle Physik - Biophysik {Gaub}                           | 6,121             | 0.0%          | 93             | 0.0%          |
| Medizinische Fakultät                                                            | 606,733           | 1.0%          | 3,982          | 0.5%          |
| Sektion Physik                                                                   | 1,739,145         | 3.0%          | 24,888         | 3.4%          |
| Zentrale Wissenschaftliche Einrichtungen                                         | 1,796,247         | 3.1%          | 590            | 0.1%          |
| <b>Nutzer am Höchstleistungsrechner Bayern</b>                                   | <b>987</b>        | <b>0.0%</b>   | <b>36</b>      | <b>0.0%</b>   |
| <b>Technische Universität München</b>                                            | <b>21,426,997</b> | <b>36.4%</b>  | <b>593,354</b> | <b>81.9%</b>  |
| Betriebswirtschaftslehre                                                         | 15,216            | 0.0%          | 54             | 0.0%          |
| Department Chemie                                                                | 3,068,125         | 5.2%          | 233,468        | 32.2%         |
| Department für Biowissenschaftliche Grundlagen                                   | 850,710           | 1.4%          | 12,829         | 1.8%          |
| Department für Ernährungs- und Lebensmittelwissenschaften                        | 554,648           | 0.9%          | 1,378          | 0.2%          |
| Department für Ökologie und Ökosystemmanagement                                  | 20,662            | 0.0%          | 365            | 0.1%          |
| ehem. Institut für Informations- und Kommunikationstechnik                       | 23,048            | 0.0%          | 45,562         | 6.3%          |
| Fakultät für Informatik                                                          | 1,118,185         | 1.9%          | 95,959         | 13.2%         |
| Fakultät für Medizin                                                             | 31,128            | 0.1%          | 8,280          | 1.1%          |
| Fakultät für Physik                                                              | 111,520           | 0.2%          | 308            | 0.0%          |
| Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt (BGU)                                          | 218,404           | 0.4%          | 3,028          | 0.4%          |
| Institut für Astronomische und Physikalische Geodäsie                            | 51,844            | 0.1%          | 13,189         | 1.8%          |
| Institut für Elektronik                                                          | 14,895            | 0.0%          | 1,398          | 0.2%          |
| Institut für Energietechnik                                                      | 7,941,216         | 13.5%         | 37,540         | 5.2%          |
| Institut für Luft- und Raumfahrt                                                 | 4,443,005         | 7.5%          | 10,262         | 1.4%          |
| Institut für Maschinen- und Fahrzeugtechnik                                      | 721,813           | 1.2%          | 1,065          | 0.1%          |
| Institut für methodische Grundlagen                                              | 94,575            | 0.2%          | 366            | 0.1%          |
| Institut für System- und Schaltungstechnik                                       | 199,728           | 0.3%          | 1,478          | 0.2%          |
| Institut für Verfahrenstechnik                                                   | 226,563           | 0.4%          | 680            | 0.1%          |
| Physik-Department Experimentalphysik                                             | 1,011,897         | 1.7%          | 101,693        | 14.0%         |
| sonstige Technische Universität München                                          | 433,210           | 0.7%          | 19,643         | 2.7%          |
| Zentrum Mathematik                                                               | 276,606           | 0.5%          | 4,809          | 0.7%          |
| <b>Gesamtergebnis</b>                                                            | <b>58,864,572</b> | <b>100.0%</b> | <b>724,703</b> | <b>100.0%</b> |

## 9.5 Anwendungs- und Benutzerunterstützung im Bereich HPC

### 9.5.1 Supportanfragen

Nachdem im Berichtsjahr 2014 zum ersten Mal ein Rückgang der Anzahl von Supportanfragen im Bereich HPC zu verzeichnen war, sind die Anfragen im Jahr 2015 wieder leicht angestiegen. Gründe hierfür dürften vor allem die Inbetriebnahme der HPC-Systeme SuperMUC Phase 2 und CoolMUC-2 sowie die Einführung von neuen Diensten wie der Compute Cloud oder RStudio sein. Wahrscheinlich als Folge des größeren HPC-Dienstleistungsangebotes ist auch die Anzahl der HPC-Nutzer weiter angestiegen. Trotzdem scheint sich die Anzahl der Supportanfragen auf dem Niveau von etwa 1.100 Supportanfragen pro Jahr zu stabilisieren. Gründe hierfür sind:

- Ein routinemäßiger Betrieb am SuperMUC und am Linux-Cluster
- Die Verwendung von einheitlicher Hardware am Linux-Cluster (CoolMUC-2) und SuperMUC
- Die gute Stabilität der eingesetzten Hard- und Softwarekomponenten
- Eine umfangreiche Web-Dokumentation des LRZ sowie HPC-Kurse und -Schulungen
- Die Verwendung einer weitgehend einheitlichen Betriebssystem- und Programmierumgebung am Linux-Cluster und am SuperMUC



Abbildung 30: Entwicklung der Anzahl von Supportanfragen im Bereich HPC

### 9.5.2 Benutzerverwaltung für die Hochleistungssysteme

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

### 9.5.3 Software für HPC Systeme

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 fertig bereitgestellte Programme angewiesen sind. Insbesondere im Bereich der Quantenchemie wurden Aktualisierungen, Erweiterungen und neue Releases der Anwendungssoftwarepakete Wien2K, Turbomole, Quantum Espresso, CPMD, CP2K, GROMACS und GAUSSIAN sowie zusätzliche Pakete wie GAMESS, VASP und Schrodinger installiert. Im Bereich der CFD (Computational Fluid Dynamics) wurden im Berichtszeitraum neue Versionen von Ansys, OpenFoam, CFX und Fluent installiert, die deutliche Verbesserungen im Bereich der parallelen Verarbeitung aufweisen. Weiterhin wurden zahlreiche neue Softwarepakete im Bereich Big Data und Lebenswissenschaften beschafft und installiert (u.a. R Studio, CLC Bio).

Im Bereich der HPC-Entwicklungsumgebung hat Intel mit neuen Releases seiner Compiler-, Bibliotheks- und Tools-Software wieder eine Reihe interessanter Innovationen bereitgestellt. Exemplarisch genannt seien hier die Vektorisierungs-Erweiterungen im Advisor Tool, die Unterstützung für Submodule im Fortran Compiler sowie die vervollständigte C++11 Implementierung im C++ Compiler. Außerdem existiert für den Bereich „Data Analytics“ jetzt eine neue Schnittstelle DAAL. Die GCC (GNU Compiler Collection) hat im



Berichtszeitraum ebenfalls deutliche Fortschritte gemacht; gfortran unterstützt jetzt z. B. weitgehend das Fortran 2008 Coarray Konzept.

## 9.5.4 Kurse und Ausbildung

Der hohe Stand des Aus- und Weiterbildungsangebots mit den etablierten Kursen zu Programmiersprachen und Programmentwicklung, Parallelisierung und Optimierung, Fluid-Dynamik sowie Lebenswissenschaften und Visualisierung konnte auch in diesem Jahr weiter ausgebaut werden. Eine Reihe von Kursen wurde im Rahmen des PRACE Advanced Training Centre (PATC)-Programms angeboten, teilweise auch in Zusammenarbeit mit den Kollegen des RRZE (Regionales Rechenzentrum Erlangen). Eine Übersicht über die Kurse im Bereich HPC befindet sich in Tabelle 27.

## 9.6 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. Die AppLabs ermöglichen es Anwendern, die Expertise von LRZ-Spezialisten schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt in ihre HPC Projekte einfließen zu lassen. Das Dienstleistungsangebot der AppLabs wird daher von den LRZ-Nutzern stark nachgefragt.

Die Applikations-Labore (AppLabs) des LRZ, die bisher aus den folgenden vier Labs bestanden,

- Astro- und Plasmaphysik (AstroLab)
- Geowissenschaften (GeoLab)
- Lebenswissenschaften (BioLab)
- Energie und Umwelt (EnergyLab)

wurden um zwei neue AppLabs erweitert. Neu hinzugekommen sind

- CFDLab, das sich mit Computational Fluid Dynamics-Applikationen beschäftigt
- und das BigDataLab, das Projekte mit Big-Data-Bezug unterstützt.

Ein aktueller 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. Zudem sollen die Rechenressourcen auch für Forschergruppen ohne fundierte HPC-Kenntnisse zugänglich und leichter nutzbar werden. Insgesamt wurden 2015 15 KONWIHR Projekte unterstützt.

Details zu den Labs: <https://www.lrz.de/services/compute/labs/>

### 9.6.1 AstroLab

Die weitreichende Zusammenarbeit mit Klaus Dolag (LMU Sternwarte) und seiner Gruppe, welche sich in den letzten Jahren entwickelt hat, wurde auch in diesem Jahr erfolgreich fortgesetzt. Unter anderem wurden die numerischen Simulationen im Rahmen des Projekts *Magneticum* erfolgreich zum Abschluss gebracht und weitere Unterstützung bei der Datenhaltung und -archivierung vom AstroLab geleistet. Das darauf basierende Projekt *Magneticum-Data* wurde so weit vorangetrieben, dass 2016 der Pilot-Nutzerbetrieb gestartet werden kann. Auch die enge Zusammenarbeit im Rahmen des IPCC-Projekt zur Gadget Portierung / Optimierung auf die Intel-Xeon-Phi-Architektur wurde in guter Weise weitergeführt (siehe Abschnitt 2.11). Der Antrag für das zuletzt gescheiterte *ITN-Exasim*-Projektvorhaben wurde in überarbeiteter Form von der Kollaboration erneut eingereicht und dabei wieder vom LRZ unterstützt.

Im Rahmen der Doktorarbeit von Antonio Ragagnin in dem Projekt zur Skalierungsoptimierung der Anwendung GADGET wurden folgende Aspekte bearbeitet. Der Algorithmus in GADGET wurde dahingehend verbessert, dass Teilchen, welche die Rechendomain verlassen direkt nach jedem Zeitschritt an ihre neue Domain kommuniziert werden, statt wie bisher erst bei der nächsten Domain-Dekomposition kommuniziert zu werden, welche erst nach vielen Zeitschritten erneut berechnet wird. Dies minimiert den Domain-Overhead, weil die alte Domain den Teilchen weniger lange folgen muss. Für die Kommunikation von Teilcheninformationen auf dem Level kleinster Zeitschritte innerhalb des Multi-Zeitschrittschemas von GADGET,



wurde der Austausch von Teilcheninformationen von MPI-All-to-ALL-Kommunikation auf MPI-OneSided-Kommunikation umgestellt. Beide Algorithmus- bzw. Implementierungs-Weiterentwicklungen wurden sehr erfolgreich beim LRZ *Extreme Scaling Workshop* getestet und zum Einsatz gebracht. Darüber hinaus wurde der am Anfang der Doktorarbeit entwickelte Ansatz für den Green-Tree-Walk in Gadget auf der ParCo 2015 in Edinburgh erfolgreich zur Publikation eingereicht und auf der Konferenz als Vortrag präsentiert.

Die zwei ausgewählten Projekte, *The World's Largest Turbulence Simulation* in Zusammenarbeit mit Ralf Klessen (Univ. Heidelberg, ZAH/ITA) und Christoph Federrath (ANU Camberra) und *Numerical Modeling of the Microphysical Foundation of Astrophysical Particle Acceleration* in Zusammenarbeit mit einem Team um Andreas Kempf (Univ. Bochum) des AstroLab *High Level Support Call* aus 2014, wurden erfolgreich in Zusammenarbeit mit der Gruppe „High Performance Computing“ am LRZ bearbeitet. Im Rahmen des zweitgenannten Projekts wurde die Schreibleistung des Output-Schemas durch Anpassen und Tunen des Aggregierungs-Schemas der Anwendung ACRONYM stark verbessert.

Im Rahmen des im vorangehenden Abschnitt erstgenannten Projekts wurde eine Version der Anwendung FLASH dahingehend optimiert, dass diese problemlos und performant auf der kompletten zweiten Ausbaustufe des SuperMUCs ausgeführt werden kann. In Anschluss hat die Nutzergruppe erfolgreich ein GCS Large-Scale-Projekt eingeworben, mit dem Ziel, die zurzeit weltgrößte numerische Simulation von kompressibler Überschallturbulenz mit einer Gesamtauflösung von  $10.084^3$  Gitterzellen auf SuperMUC durchzuführen.

Mit Unterstützung des AstroLabs wurde im KONWIHR-Projekt von Karl-Ulrich Bamberg an der Optimierung der Anwendung PSC gearbeitet und dabei folgende Verbesserungen implementiert. Die OpenMP-Shared-Memory-Parallelisierung und die AVX/AVX2-basierte Vektorisierung wurden optimiert. Das Skalierungsverhalten der Setup-Routine wurde verbessert, so dass die Start-Up-Zeit von PSC nun deutlich kürzer ist. Des Weiteren wurde das Task-Local-I/O-Schema dahingehend optimiert, die häufig auftretenden Congestion-Probleme zu beseitigen bzw. zu minimieren. Dem Projekt wurde eine Verlängerung bewilligt, um an weiteren wichtigen Performance-Aspekten zu arbeiten.

Im August 2015 fand am LRZ das erste AstroLab-Colloquium statt. Dabei hat das AstroLab-Team über die Aktivitäten und Erfolge der vergangenen Jahre berichtet und dabei auch einzelne Projekte detaillierter vorgestellt.

Das LRZ ist im unter der Führung der Arbeitsgruppe von Prof. Bader (TUM Informatik) laufenden EU-Horizon2020-Projekt ExaHyPE als assoziierter Partner aufgenommen worden. Dabei fungiert das AstroLab als Kontaktschnittstelle zum LRZ für die Kollaborationsmitglieder.

## 9.6.2 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.

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 grafische 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 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.

## 9.6.3 BioLab

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 Wis-

senschaftlern der entsprechenden Disziplinen unumgänglich. Beispielsweise werden für die neuen Sequenzierungsmethoden in der Bioinformatik sehr rasch immer neuere Anwendungen entwickelt, während andere Methoden bereits wieder aufgegeben werden.

Das BioLab unterstützt Projekte und Anwender aus dem Gebiet der Lebenswissenschaften mit den Schwerpunkten „Molecular Modeling“ und „Computational Chemistry“. Im Rahmen der diesjährigen KONWIHR-Initiative wurde die Verbesserung der Parallelisierung des von PD Gerald Mathias der Fakultät für Physik an der LMU entwickelten Molekulardynamik Programms Iphigenie gefördert. Durch die erreichte Stabilität und Skalierbarkeit konnte diese Anwendung während der Zuverlässigkeitsprüfung von SuperMUC Phase 2 bereits auf der ganzen Maschine produktiv eingesetzt werden und war während dieser Zeit einer der Großverbraucher von Rechenzeit.

Die Ergebnisse wurden sowohl auf der Supercomputing Conference 2015 als auch kürzlich in einem Fachartikel vorgestellt.

Poster bei SC'15: "Accurate and Efficient QM/MM Molecular Dynamics on 86,016 Cores of SuperMUC Phase 2 ([http://sc15.supercomputing.org/sites/all/themes/SC15images/tech\\_poster/](http://sc15.supercomputing.org/sites/all/themes/SC15images/tech_poster/))

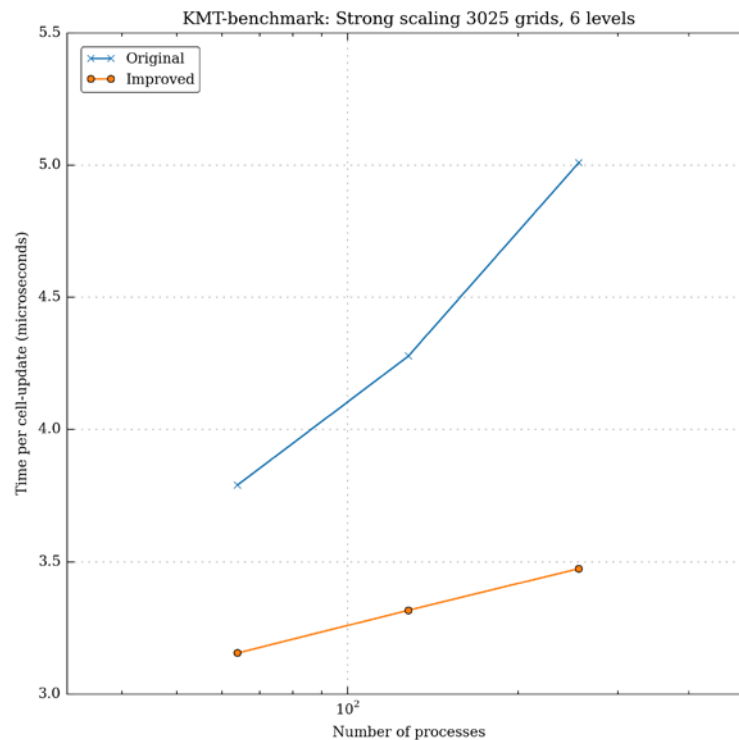
M. Schwörer et al J. Chem. Theory Comput. (2016) DOI: 10.1021/acs.jctc.5b00951.

## 9.6.4 CFDlab

Anwendungen der Computational Fluid Dynamics (CFD) stellen die größte Benutzergruppe des SuperMUCs und des Linux-Clusters des LRZ dar. Um die effiziente Nutzung von HPC-Ressourcen zu verbessern, unterstützt das CFDlab die Parallelisierung und Optimierung von Benutzeranwendungen. In einem ersten Schritt wurden hierzu Applikationen aus der Software-Initiative von KONWIHR ausgewählt. Die Programme stammen von Forschergruppen der Technischen Universität München und der Universität Bayreuth. Die Themen reichen von Simulationen der menschlichen Lunge, über (Nano-) Partikel im menschlichen Blutfluss bis hin zu Schockwellen und Wechselwirkungen von Flüssigkeiten mit Grenzflächen:

- Prof. Dr.-Ing. Wolfgang A. Wall, "Efficient solvers for coupled problems in respiratory mechanics", Fachgebiet Mechanik auf Höchstleistungsrechnern, TUM.
- Prof. Dr. Stephan Gekle "A highly-parallelized Boundary Integral implementation for blood flow simulations" Theoretische Physik Universität Bayreuth.
- Prof. Dr.-Ing. Nikolaus Adams, "AMR simulation environment for shock-driven flows with interfaces - MPI parallelization at LRZ", Fachgebiet Aerodynamik und Strömungsmechanik, TUM.
- Prof. Dr.-Ing. Michael W. Gee, "Improving the parallel scalability of monolithic solvers for implicit, incompressible uid-structure interaction", Fachgebiet Mechanik auf Höchstleistungsrechnern, TUM.
- Prof. Dr.-Ing. Michael Manhart, "Improving scalability for the CFD software package MGLET", Fachgebiet Hydromechanik, TUM.

Das CFD Lab wurde im Jahr 2015 durch Mitarbeiter der Firma IBM im Rahmen des Applikationssupportes unterstützt. Die nächste Abbildung zeigt die erzielte Verbesserung bezüglich Laufzeit und Skalierung an Hand der Anwendungsprogrammes MGLET:



**Abbildung 31: Beispiel für die durch die Optimierung der Anwendung MGLET erreichte Leistungssteigerung und verbesserte Skalierbarkeit (kleiner ist besser)**

### 9.6.5 GeoLab

Innerhalb des Application Lab der Geowissenschaften (GeoLab) wurden auch im Jahr 2015 zahlreiche Herausforderungen im IT-Bereich angegangen, Lösungen erarbeitet und/oder implementiert, von denen beteiligte geowissenschaftliche Teilbereiche und Arbeitsgruppen direkt profitieren. Darüber hinaus wurde die Beantragung von zwei KONWIHR-III Projekten unterstützt, mit dem Ziel, die Leistung und Skalierbarkeit von zwei Anwendungen aus den Bereichen Wettervorhersage und Klimatologie (numerische Wettervorhersage und Klimatologie, Modellierung von sturminduziertem Infraschall in der Atmosphäre) zu verbessern. Beide Projekte werden im Jahr 2016 innerhalb des GeoLabs weiter betreut werden. Darüber hinaus wurden folgende weitere Projekte innerhalb des GeoLabs durchgeführt:

- Das Projekt ClimEx verbindet wissenschaftliche Prognosen von Klimadaten in den Regionen Bayern und Quebec mit der Auswirkung auf die Hydrologie in diesen Untersuchungsgebieten und läuft seit Frühjahr 2015. Für die rechenintensiven Klimamodell- und Ensemblesimulationen werden sowohl große Budget-Anforderungen bzgl. CPU-Stunden als auch Datenspeicher gestellt. Neben der Hilfestellung bei der Formulierung des im Herbst 2015 bewilligten GCS-Antrages, der Planung, Nutzung und Anbindung des Data-Science-Storage am LRZ (Installation in 2016) stehen für das LRZ die Optimierung der Codes und Workflows für effizientes Throughput-Computing als auch des Datamanagements 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, wie beispielsweise Bibliotheken zur optimierten Dateiein- und -ausgabe und zum parallelen Dateisystem.
- Für das Virtual Alpine Observatory 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).
- Die Projektarbeiten innerhalb des EU-geförderten Projektes Verce befassen sich mit der Entwicklung und Implementierung einer Scientific Gateway Lösung, die eine vereinfachte Nutzbarkeit von

HPC-Ressourcen innerhalb von komplexen wissenschaftlichen Workflows der Seismologie ermöglicht. Mit der Bereitstellung eines solchen Portals und der zugehörigen Tools konnte das Projekt im Herbst 2015 erfolgreich abgeschlossen werden.

- Das GeoLab des LRZ ist außerdem innerhalb des EU-geförderten ExaHype Projektes (siehe <http://exahype.eu/>) als assoziierter Partner affiliert. Hauptfokus liegt auf der Entwicklung mathematischer und algorithmischer Lösungsansätze für hyperbolische partielle Differentialgleichungen, die für zukünftige Exascale Supercomputer-Architekturen besonders geeignet sind. Das Projekt wurde im Herbst 2015 offiziell gestartet.

## 10 Datenhaltung

### 10.1 Überblick

Der Umgang mit Daten ist in der digitalen Welt zum zentralen Thema geworden. Es gibt kaum einen Bereich, in dem Begriffe wie Cloud Storage, Big Data, Datenschutz und -sicherheit oder Digitalisierung keine Rolle spielen. Diese Entwicklung manifestiert sich am LRZ in der Einführung zweier neuer Speicherdienste: LRZ Sync+Share und Data Science Storage.

**Sync+Share** ermöglicht Wissenschaftlern und Studenten die Synchronisierung von Daten auf verschiedenen Endgeräten und den unkomplizierten Austausch dieser Daten mit Kollegen und Kommilitonen weltweit. Unzweifelhaft besteht hier ein hoher Bedarf. Denn nach einer Testphase in der ersten Jahreshälfte wurde der Dienst Anfang November allgemein freigegeben und verzeichnete Ende 2015 bereits über 9.000 aktive Nutzer.

**Data Science Storage** ist ein Speicher für sehr große Datenmengen, auf den von verschiedenen High-Performance-Systemen zugegriffen werden kann. Auch für diesen Dienst wurde ein Pilotsystem in der ersten Jahreshälfte installiert. Nach dem erfolgreichen Proof-of-Concept wurde im Herbst eine Rahmenvereinbarung abgeschlossen und das Basissystem mit einer Kapazität von einem Petabyte beschafft.

Inzwischen fest an den Universitäten etabliert in Form von Projekt- und persönlichen Verzeichnissen, die MWN-weit abrufbar sind, ist der sogenannte **MWN-Speicher**. Die Migration des Dienstes auf eine neuere, cluster-fähige Technologie, die wegen des starken Datenwachstums dringend nötig gewesen wäre, musste zu Gunsten der Einführung von LRZ Sync+Share ins nächste Jahr verschoben werden.

Bereits im Vorjahr wurde begonnen, neben den Bibliotheken besonders auch die digitalen Geisteswissenschaften deutlicher anzusprechen. **Langzeitarchivierung** bzw. die Entwicklung geeigneter Konzepte dafür ist ein wesentliches Thema, bei dem das LRZ die digitalen Geisteswissenschaften, aber auch andere Fachbereiche tatkräftig unterstützt.

Nicht unerwartet mussten auch die **Archiv- und Backupsysteme** des LRZ erweitert werden. Der Gesamtumfang der in den Bandbibliotheken des LRZ gespeicherten Daten wuchs im Jahr 2015 von 42 auf **52 Petabyte** an. Auf Basis zweier Ausschreibungen wurden weitere Server, Bandlaufwerke, Plattenspeicher sowie Komponenten für den Ausbau der Netzinfrastruktur beschafft. Die Geräte wurden größtenteils noch 2015 in Betrieb genommen.

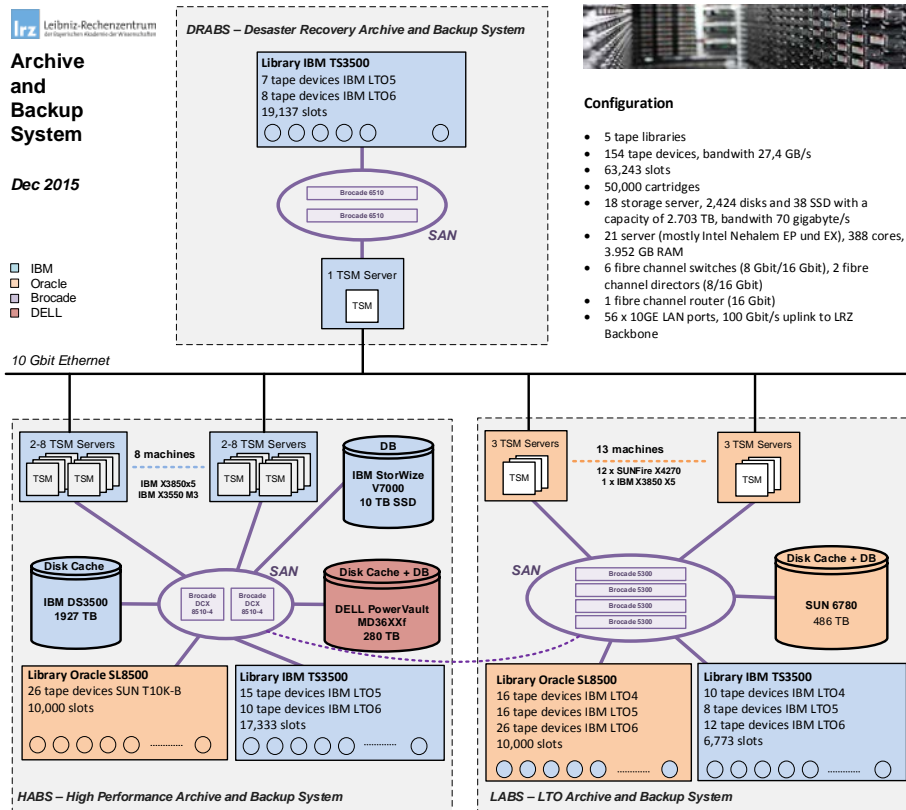
### 10.2 Archiv- und Backupsystem

#### Konfiguration

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

- dem Hochleistungssystem HABS, das Anfang 2006 mit damals sehr leistungsstarken Bandlaufwerken installiert und seitdem mehrfach erweitert wurde,
- einem System mit LTO-Bandlaufwerken in mehreren Bibliotheken (LABS), das 2010 neu installiert 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 Storage server, alle Bandlaufwerke der Libraries und alle Systeme mit hohem Datenverkehr, insbesondere die SuperMUC-Nodes, 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 *Tivoli Storage Manager* betrieben. Auf den 21 Rechnern des Systems laufen jeweils mehrere Instanzen des *Tivoli Storage Manager*. Insgesamt waren Ende 2015 60 TSM-Server in Betrieb.

### Aktivitäten

Eine der beiden Bandbibliotheken des HABS, die Oracle SL8500 Library, stellte sich 2015 als zunehmend überlastet dar. Die Bibliothek ist aktuell zu 84% gefüllt. Die Laufwerke sind im Tagesmittel zu 60 bis 70% belegt. Aufgrund der sehr hohen Auslastung wäre eigentlich bereits 2015 eine Erneuerung der kompletten Laufwerks- und Medientechnologie der Library nötig gewesen. Da aber für 2016 deutliche Effizienzsteigerungen neuerer Technologien (höhere Datendichte der Medien, höherer Durchsatz der Laufwerke) erwartet werden, wurden 2015 als Interimslösung nur so viele weitere Laufwerke beschafft, dass der Engpass bis zur umfassenden Beschaffung 2016 überbrückt werden kann. 12 LTO-6-Laufwerke wurden gekauft, in eine TS3500 Library eingebaut und an das HABS angeschlossen. Die benötigten Bandmedien wurden temporär aus einer anderen Bandbibliothek entliehen.

Aufgrund der immer höheren Benutzeranforderungen in Bezug auf Datenwiederherstellungszeit im Backupbereich experimentiert das LRZ seit einiger Zeit mit einem festplatten-basierten Backup durch Einsatz des IBM-Produkts *Spectrum Protect* (TSM). Ein erster Proof-of-Concept mit einem einzelnen TSM-Server, traditionellem SAN-basierten Blockspeicher und lokalem Linux-Dateisystem war sehr erfolgreich. Für die 16 Rechner, auf denen die TSM-Server laufen, sollte daher ein modulares, skalierbares, verteiltes Backup-to-Disk-System beschafft werden. Im Juli 2015 wurde dazu eine Ausschreibung, die mehrere Ziele verfolgte, gestartet und im Herbst abgeschlossen:

- Die SAN Fabric sollte erweitert werden.
- Schnelle All-Flash-SAN-Systeme (70 TB) sollten für die TSM-Datenbanken beschafft werden.
- Durch eine flexibel einsetzbare, verteilte Software-Defined-Storage-Plattform sollte eine Backup-to-Disk-Lösung für kritische Anwendungen geschaffen werden und
- eine Rahmenvereinbarung sollte abgeschlossen werden, die es erlaubt, die Architektur der Backup-to-Disk-Lösung auch für unabhängige Big-Data-Anwendungen und im HPC-Bereich einzusetzen.

Während die ausgeschriebenen Komponenten der SAN-Fabric und der All-Flash-Systeme noch in 2015 installiert, abgenommen und in Betrieb genommen werden konnten, gestaltete sich die Installation und Inbetriebnahme des Backup-to-Disk-Speichers wegen der Komplexität und Individualität der angestrebten

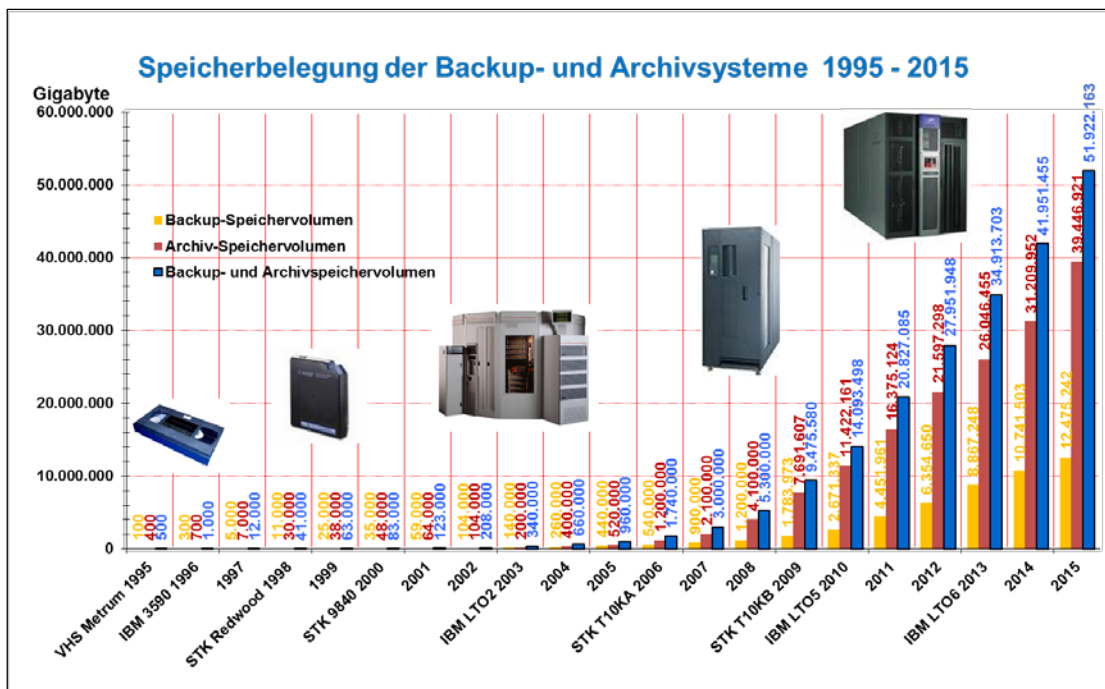


Lösung, aber auch wegen Lieferverzögerungen schwierig. Die Abnahme des Systems musste auf 2016 verschoben werden.

**Statistik**

Ende 2015 waren in den **5 Libraries** des Archiv- und Backupsystems auf **50.000 Kassetten 52 Petabyte** in **22 Milliarden Dateien** gespeichert. Täglich wurden auf die Systeme **durchschnittlich 100 Terabyte** neu geschrieben. Die Daten stammen von rund **9.600 Rechnern** im MWN aus über **480 Einrichtungen**. Die Zahl der Rechner ändert sich dynamisch. 2015 wurden 959 Rechner neu registriert und 805 alte Rechner inklusive ihrer gespeicherten Daten gelöscht.

Bereits Mitte 1995 gingen die ersten Komponenten des Archiv- und Backupsystems unter dem Tivoli Storage Manager (TSM), der damals noch *Adstar distributed Storage Manager (ADSM)* hieß, 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 der letzten 20 Jahre im LRZ**

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 von Daten 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.

2015 ist der Bestand im Langzeitarchiv um 44 TB in 190 Millionen Objekten auf insgesamt **1.460 Millionen Objekte** mit einem Umfang von **624 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).

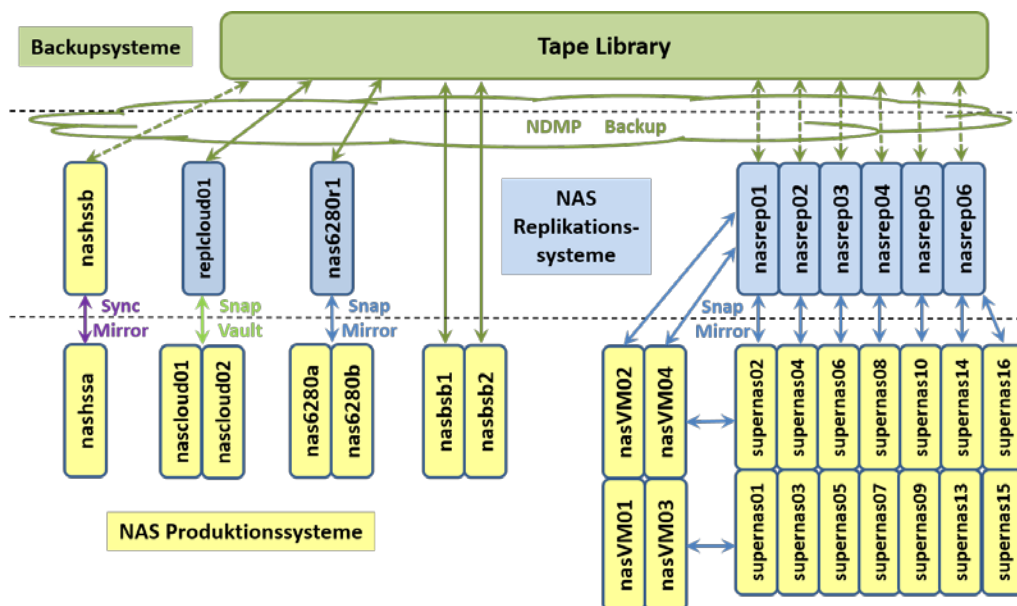
## 10.3 Data Science Storage

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 wird es Großkunden gestatten, 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 Hochschulsumfeld angebunden.

## 10.4 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: Primärsysteme, Replikation und Backup des Online-Speichers im LRZ**

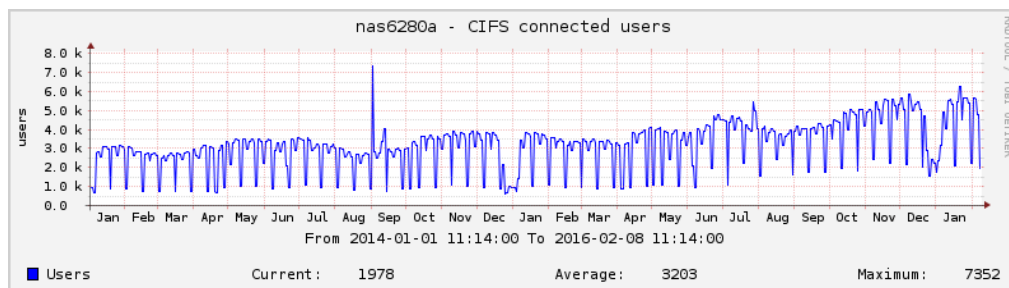
Abbildung 34 zeigt die Konfiguration der Speicherinfrastruktur aller Primärspeichersysteme inklusive der Replikations- und Backupsysteme. Zwischen Primär- und Replikationsspeichersystemen werden die Daten in der Regel asynchron gespiegelt. Im VMware-Umfeld, wo die Verfügbarkeit eine besonders große Rolle 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 über NDMP (*Network Data Management Protocol*) bzw. der SnapDiff-Methode von TSM auf Magnetbänder gesichert. Die Primär- und Replikationssysteme befinden sich in getrennten Brandabschnitten des Rechnergebäudes.

## Datenmigration

Im Jahr 2015 wurden die NFS-Speicherdienste und die Speicherbereiche der Linux-Mailsysteme vom Speichersystem nas6280b (siehe Abbildung 34) auf das skalierbare Speichersystem nascloud01/02 umgezogen. Auch die Replikationsdaten wurden vom Speichersystem nas6280r1 auf das System replcloud01 migriert. Der Umzug wurde in enger Zusammenarbeit mit den jeweiligen Dienstadministratoren schrittweise durchgeführt. Aufgrund der vielen Abhängigkeiten und deswegen nötigen Absprachen zog sich der Umzug auf einen Zeitraum von einem halben Jahr hin und band viele Personalressourcen. Diese Migration war zugleich der Beginn einer weiteren Konsolidierungsmaßnahme, um alle NAS-Speichersysteme auf die neue Betriebssystemgeneration *Ontap Cluster Mode* anzuheben. Im Jahr 2016 wird noch die Migration des MWN-Speichers auf die nascloud folgen.

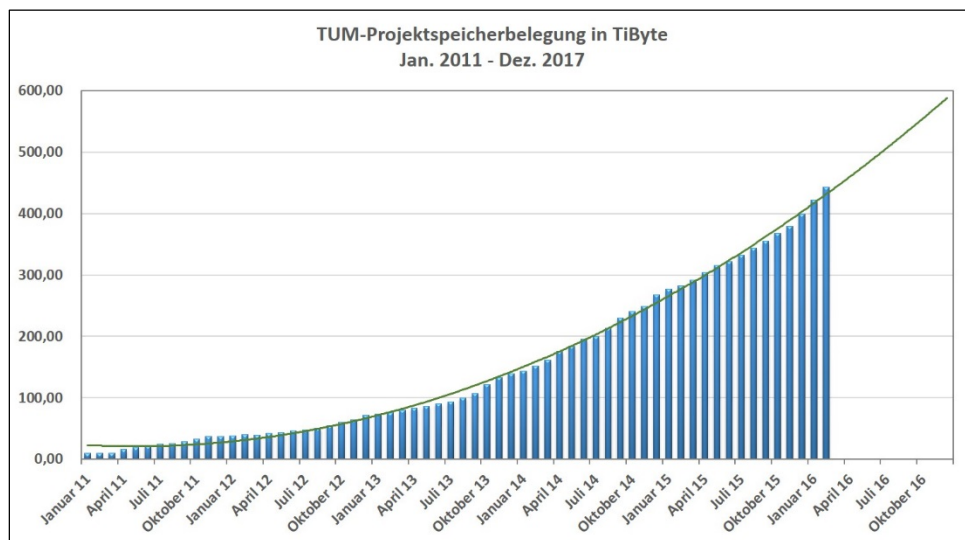
## MWN Storage Cloud

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 zwei Jahre von ca. 3.000 auf ca. 6.000 verdoppelt. Deutlich zu erkennen in Abbildung 35 sind die betriebsschwachen Zeiten um die Jahreswende.



**Abbildung 35: Durchschnittliche Anzahl simultan zugreifender Kennungen**

Hauptnutzer der *MWN Storage Cloud* war auch 2015 die TU München. Hier hat die Speicherbelegung im Laufe des Jahres von 318 TB (209 TB Projektspeicher, 49 TB persönlicher Speicher) auf 503 TB (422 TB Projektspeicher, 81 TB persönlicher Speicher) um einen Faktor 1,6 zugenommen.

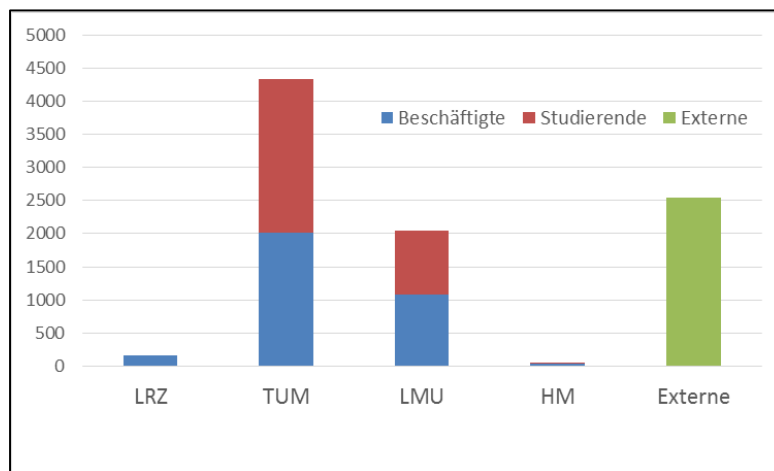


**Abbildung 36: Nutzung der MWN Storage Cloud für TUM-Projekte**

Abbildung 36 zeigt die zunehmende Nutzung des Projektspeichers durch Lehrstühle und Arbeitsgruppen an der TU München in den letzten fünf Jahren. Auch die LMU nutzt zunehmend diesen Speicher, wenn auch noch nicht in dem Maße wie die TU München.

## 10.5 LRZ Sync+Share

Bereits 2014 wurden am LRZ diverse Sync+Share-Produkte evaluiert. Ergebnis der Evaluierung war die Wahl der Software *PowerFolder* eines deutschen Unternehmens als das am besten geeignete Produkt für einen eigenen Dienst. Ein Pilotsystem wurde aufgesetzt. Parallel zum Pilotbetrieb wurde ab Januar 2015 ein skalierbares und ausfallsicheres Produktivsystem aufgebaut. Nach der hausinternen Freigabe im Februar wurde im April 2015 mit einer externen *Friendly User*-Phase begonnen. Bald danach wurde die Nutzung für die TUM- und LMU-Mitarbeiter und -Studierenden freigeschaltet, der Dienst aber noch nicht angekündigt. Die Nutzung nahm durch reine Mund-zu-Mund-Propaganda stetig zu, der Produktivbetrieb war de facto eröffnet. Im Herbst wurde – wie im Projektplan vorgesehen – durch entsprechende Ankündigungen der offizielle Regelbetrieb für die TUM und die LMU aufgenommen. Abbildung 37 zeigt, dass die beiden Münchner Universitäten, wie zu erwarten, den hauptsächlichen Nutzerkreis stellen. Externe Nutzer haben keinen eigenen Speicherbereich. Sie werden von regulären Nutzern eingeladen und können deren Speicherbereich nutzen. Der hohe Anteil an externen Teilnehmern bestätigt, dass der Datenaustausch mit externen Kollegen als eine wesentliche Funktionalität von LRZ Sync+Share wahrgenommen wird.



**Abbildung 37: Nutzungsanteile nach Anzahl von Nutzern des LRZ Syn+Share-Dienstes**

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.

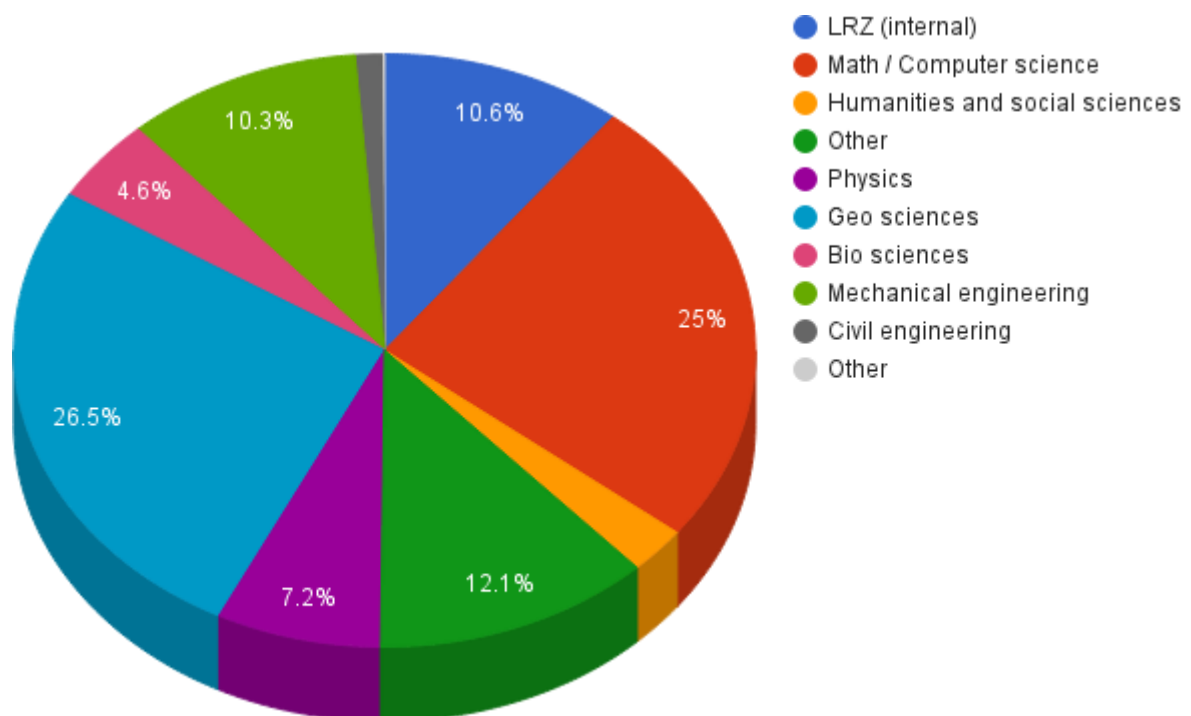
Neue Dienste erfordern in der Einführungsphase besonders viel Aufwand, der durch die Stammmannschaft zusätzlich abgedeckt werden musste. Dadurch mussten zwangsläufig andere Arbeiten zurückgestellt werden. Die Erfolgsgeschichte der Einführung zeigt aber, dass der Aufwand gerechtfertigt ist.

## 11 Cloud und Grid Aktivitäten

### 11.1 Cloud

Der Zugriff auf Rechenressourcen, die vom Nutzer selbst konfiguriert werden können, wurde in den letzten Jahren auch am LRZ verstärkt nachgefragt. Eine sog. Compute Cloud, wie sie bisher in der Regel von großen kommerziellen Firmen wie Amazon oder Microsoft bereitgestellt wird, wurde Anfang März 2015 auch vom LRZ in Betrieb genommen und ist vor allem für die Abdeckung von kurzzeitigem Spitzenbedarf gedacht. Für den Systembetrieb der 82 Rechenknoten existiert ein Installations-Automatismus, der per Webinterface gesteuert werden kann. Analog zum Betrieb einzelner Linux-Server greift auch die LRZ-Compute-Cloud auf den täglichen LRZ-Software-Update-Mechanismus zu. Sämtliche Knoten werden mittels OMD überwacht.

Durch die Verfügbarkeit dieser zusätzlichen flexibel einsetzbaren Rechenressourcen konnte bereits kurz nach Einführung des Dienstes ein Münchner Geobiologe kurzfristig mit signifikanter Rechenleistung bedient werden. Die Nutzung von knapp 400.000 CPU-Stunden für die Analyse von Genomdaten führte zu einer Publikation im renommierten Journal der National Academy of Sciences der USA (PNAS). Weitere nennenswerte Nutzungen der LRZ Compute Cloud kamen aus den Bereichen der Hochenergie-Physik und Informatik (z.B. für Maschinelles Lernen zur Bekämpfung von Cyberkriminalität). Auch in der Allergieforschung wurde die Cloud genutzt, etwa zur Analyse von Mikrobiomen. Das VAO-II-Projekt („Virtuelles Alpen-Observatorium“) nutzte die LRZ Compute Cloud, um auf Nutzeranforderung automatisch Trajektorien von Schadstoffen in der Atmosphäre zu berechnen („Computing on demand“). Insgesamt konnten so im Laufe des Jahres über 1,5 Mio. CPUh an zusätzlicher Rechenleistung den Münchner Wissenschaftlern zur Verfügung gestellt werden.



**Abbildung 38: Nutzung der LRZ Compute Cloud durch verschiedene Wissenschaften**

In Abbildung 39 ist die Zunahme der Benutzerzahlen, aufgeschlüsselt nach Einrichtungen, über das Jahr 2015 dargestellt. Es zeigt sich ein zahlenmässig leicht höheres Interesse an Cloud-Computing bei Benutzern von der TUM. Betrachtet man jedoch die aufgenommene Rechenleistung, wie in Abbildung 40 dargestellt, so erkennt man ein sehr ausgewogenes Bild zwischen TUM und LMU. Die oben angesprochene geobiologische Rechnung wurde im Zeitraum Mai bis Juli durchgeführt und ist in Abbildung 40 deutlich zu erkennen (Anstieg der grünen Kurve).

Das typische Nutzungsszenario für die Compute Cloud ist es, kurzfristigen und vorübergehenden Bedarf schnell abdecken zu können. Abbildung 41 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. Statt 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 sind dann auch sofort die Ressourcen wieder für andere Nutzer verfügbar.

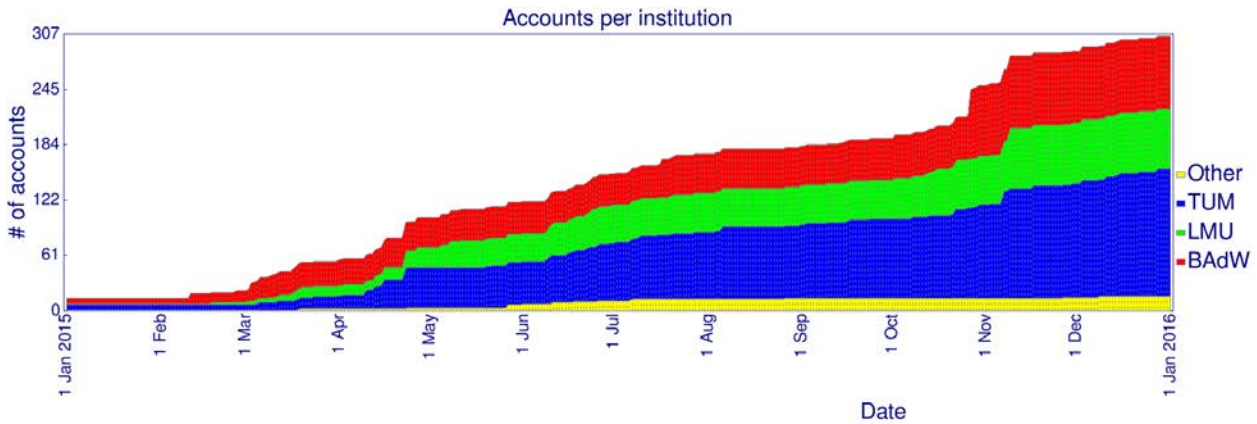


Abbildung 39: Entwicklung der Benutzerzahlen auf der Compute Cloud in 2015

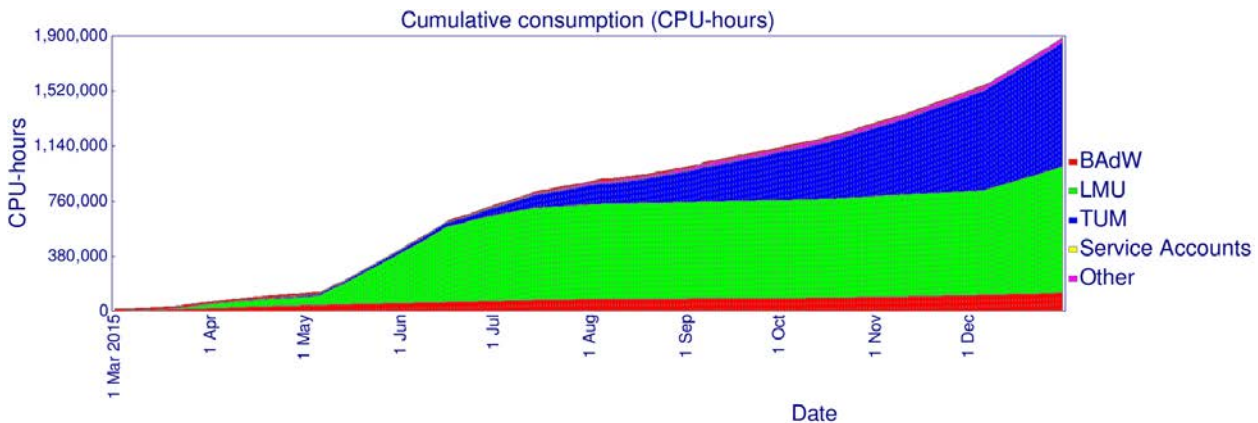


Abbildung 40: Aufgenommene Rechenleistung in 2015

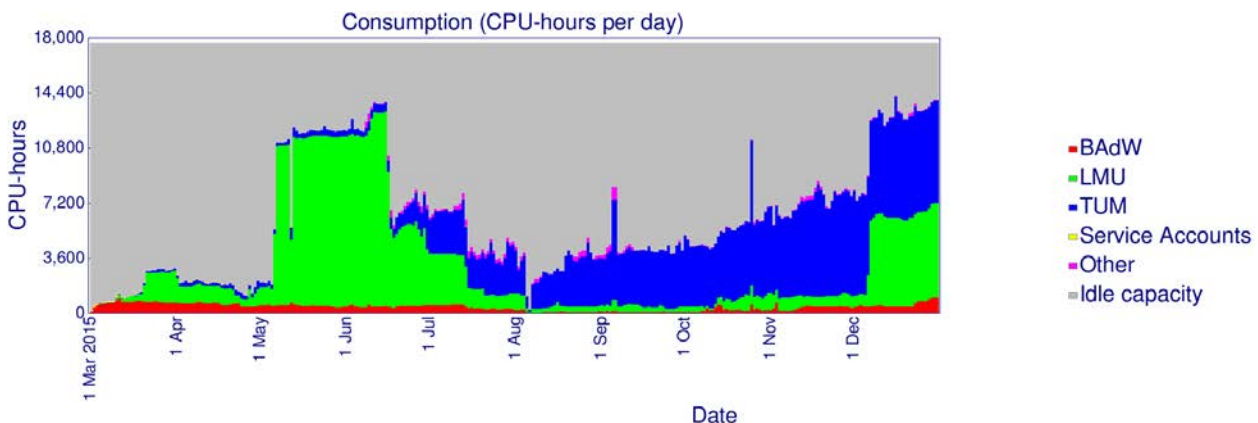


Abbildung 41: Täglicher Rechenzeitkonsum in der Cloud

Gerade in den Life Sciences ist es heute üblich, komplette sog. Images für virtuelle Maschinen zu verteilen, anstatt einzelne Programme oder Applikationen mühsam und zeitaufwendig zu installieren und zu konfigurieren. Diese Images lassen sich mit wenigen Handgriffen in der Cloud in Betrieb nehmen und erlauben es dem Wissenschaftler innerhalb kürzester Zeit mit neuer Software produktiv arbeiten zu können. Daher ist es keine Überraschung, dass der Kurs "Tools for Life Science", der am 3. November 2015 am LRZ stattfand, VMs aus der Compute Cloud benutzte, um den Teilnehmern Zugang zu vorkonfigurierter Software zu geben.

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



## 11.2 Grid

Zusätzlich dazu wurden die Grid-Services in 2015 in gewohnter Qualität weiter betrieben. Die Grid-Middleware Globus mit dem Daten-Transfer-Tool GridFTP und Globus Online avancierte zur beliebten Möglichkeit, einfach, verlässlich und schnell große Datenmengen zwischen den europäischen Rechenzentren und von und zu den wissenschaftlichen Einrichtungen zu übertragen. So wurden etwa im Jahr 2015 insgesamt 540 TeraByte an Daten mit Hilfe von Globus übertragen, dominiert vom SuperMUC, wie Abbildung 42 zeigt.

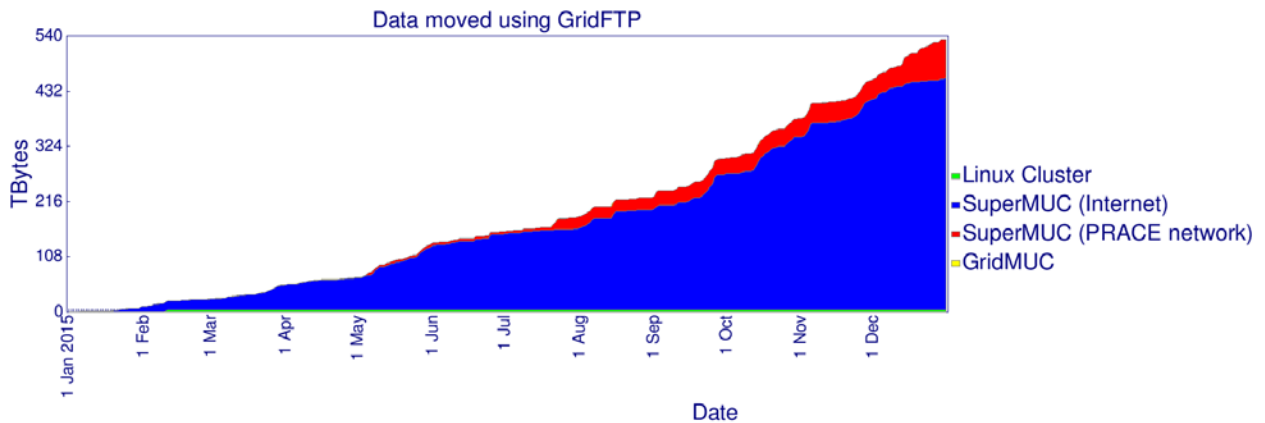


Abbildung 42: Datentransfer zu/von den HPC Systemen mit GridFTP

Durch die Intensivierung der Kollaboration zwischen den deutschen und europäischen Rechenzentren im Rahmen von GCS und PRACE steigt auch die Anforderung, große Datenmengen sowohl zwischen den europäischen Rechenzentren und Wissenschaftsinstitutionen als auch von und zu weltweit verteilten Wissenschaftseinrichtungen zu transferieren. Daher steigt die Nachfrage nach einer Software, die die vorhandene Bandbreite der vorhandenen Hochgeschwindigkeitsnetzwerke bestmöglich ausnutzt. Die besten Übertragungsraten liefert momentan das Datentransfertools GridFTP der Grid-Middleware Globus. Der Großteil der Daten, 65%, wurde von den LRZ-Rechnern heruntergeladen, nur 35% wurden hochgeladen; die Anteile sind genau umgekehrt zum Vorjahr und das könnte darauf hindeuten, dass letztes Jahr vermehrt Startdaten hochgeladen wurden, während nun Ergebnisse vorhanden sind, die vom Rechner heruntergeladen werden. Das Kommandozeilentool globus-url-copy wurde für 74% der Daten verwendet, 26% der Daten wurden mit dem Cloud-basierten point & click Dienst Globus Transfer übertragen, was im Vergleich zum letzten Jahr einer Verdoppelung der Nutzung von Globus Online entspricht.

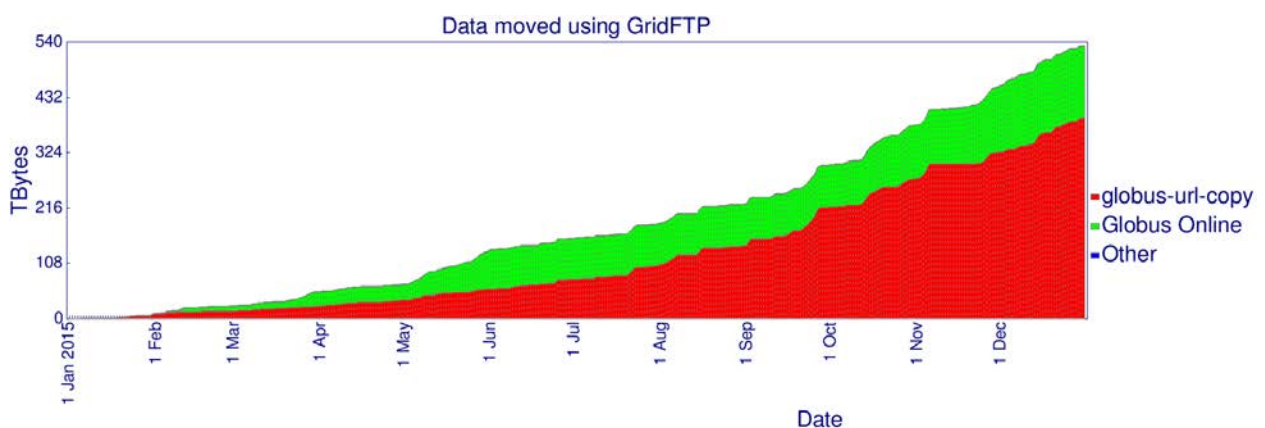


Abbildung 43: Ca. 540 TByte wurden 2015 per GridFTP von und zum SuperMUC übertragen

Als neuen Dienst bietet das LRZ seit 2015 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.

## 11.3 Kurse, Ausbildung und Benutzerbetreuung

Kurz nach der offiziellen Produktivführung der LRZ Compute Cloud veranstaltete das LRZ am 12. Mai 2015 einen ganztägigen Trainingsworkshop für Cloud-Benutzer und solche, die es werden wollen. Mit 27 Teilnehmern war der Workshop vollständig ausgebucht, was das große Interesse im Hochschulumfeld an neuen Technologien und Services des LRZ unterstreicht. Der Workshop wurde von einem der OpenNebula Cloud-Entwickler persönlich abgehalten. Somit ließ sich sicherstellen, dass alle technischen Fragen sachkundig beantwortet werden konnten. Es wurden die folgenden Themen abgedeckt:

- Structure of the OpenNebula cloud middleware and general terminology
- Workflow of the deployment of a virtual machine
- Introduction to the graphical user interface
- Installation of a virtual machine's operating system starting from an installation media
- Explanation of the Amazon's EC2 (Elastic Compute Cloud) interface
- Resilient and scalable applications with virtual machines in an OpenNebula cloud

Dieser Workshop wurde von den Teilnehmern positiv evaluiert. Besonders beliebt waren die praktischen Übungen, die jeden Teilnehmer befähigten, selbst eine virtuelle Maschine in der Cloud zu starten. Für etwa die Hälfte der Teilnehmer war dies ihr erster Kontakt mit Cloud-Computing.

Aufgrund dieser guten Erfahrungen und der hohen Nachfrage von Seiten der Benutzer ist für Mai 2016 eine Wiederholung mit leicht geänderten Programm geplant.

## 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 2015 waren:

- Erhöhung der Redundanz am Campus Garching (vgl. Abschnitt 12.2.4)
- LWL-Ertüchtigung am Campus Weihenstephan und Redundanzkonzept (vgl. Abschnitt 12.2.5)
- Verstärkter Einsatz von DNSSEC und Sensibilisierung anderer Universitäten, Hochschulen und wissenschaftlicher Einrichtungen (vgl. Abschnitt 12.3.1)
- Erheblicher Ausbau des WLAN und Erneuerung veralteter WLAN Access Points (vgl. Abschnitt 12.11)
- Neue Konferenzlösung für WLAN (vgl. Abschnitt 12.11.5)
- Aufbau und Inbetriebnahme eines Piloten für @BayernWLAN in Straubing (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 44 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.

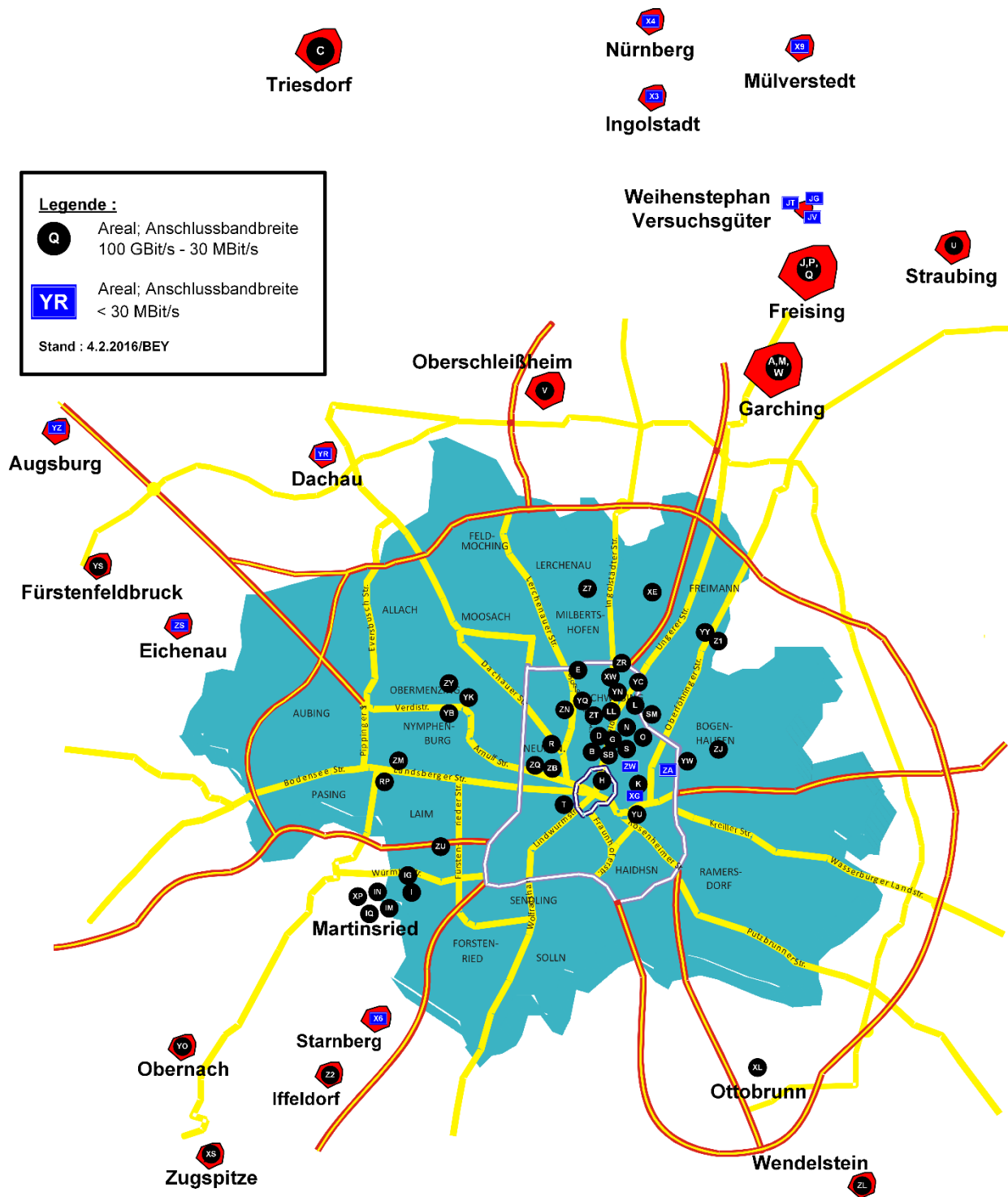
Derzeit sind an das MWN mehr als 500 als Unterbezirke bezeichnete Gebäudegruppen angebunden und es werden bis zu 180.000 Geräte über das MWN versorgt, wobei während des Semesters die Anzahl der mobilen Geräte überwiegt. Die Größe der zu versorgenden Areale ist sehr unterschiedlich; sie reicht von einem einzelnen Gebäude bis zu einem gesamten „Campusbereich“ (z.B. Garching, Weihenstephan) mit mehr als 30 Gebäuden. Derzeit sind 52 Studentenwohnheime mit insgesamt mehr als 12.600 Wohnheimplätzen am MWN angeschlossen.

Abbildung 45 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 Rechnerwürfel des LRZ miteinander verbindet.

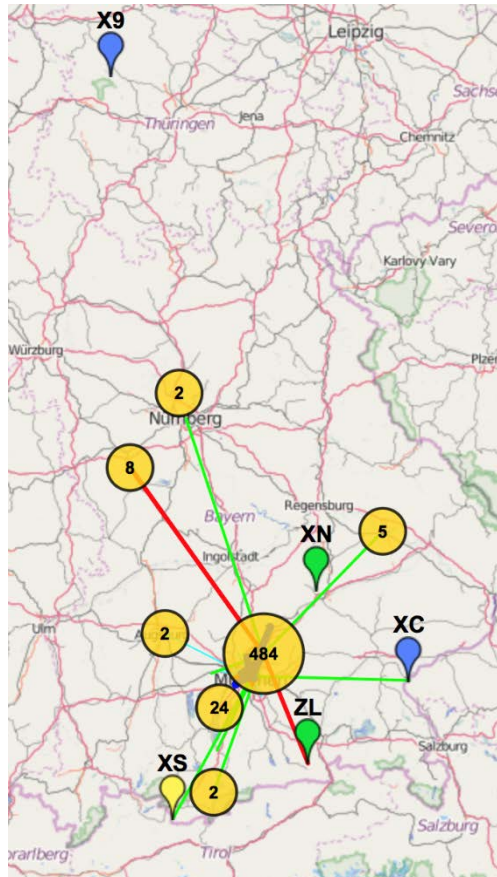


**Abbildung 44: Räumliche Ausdehnung des Münchner Wissenschaftsnetzes (nicht maßstabsgerecht)**

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 und M-net 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 End-

geräten 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 45: 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 (100/1000 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 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 46 und Abbildung 47 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.pdf>).



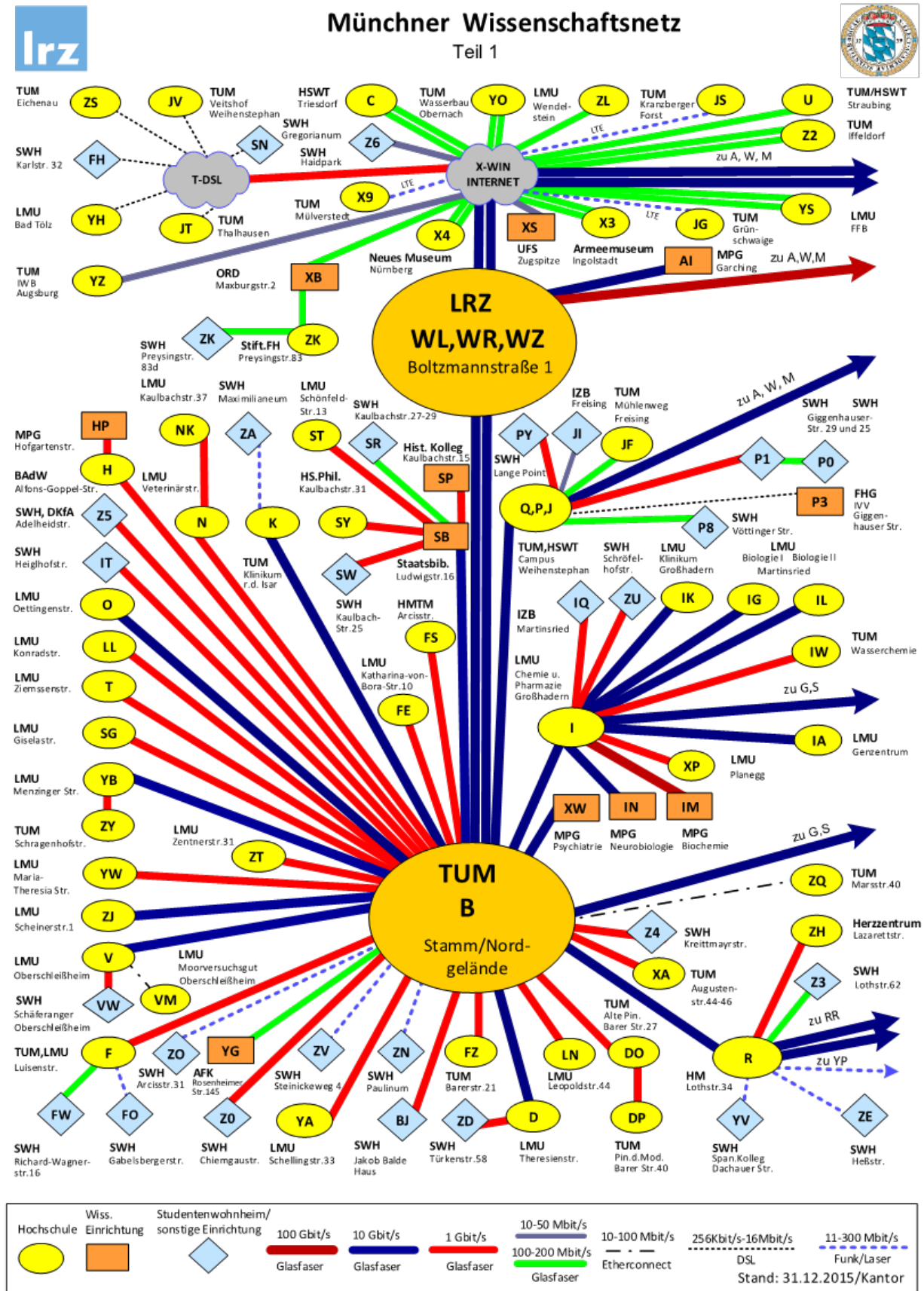


Abbildung 46: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 1)



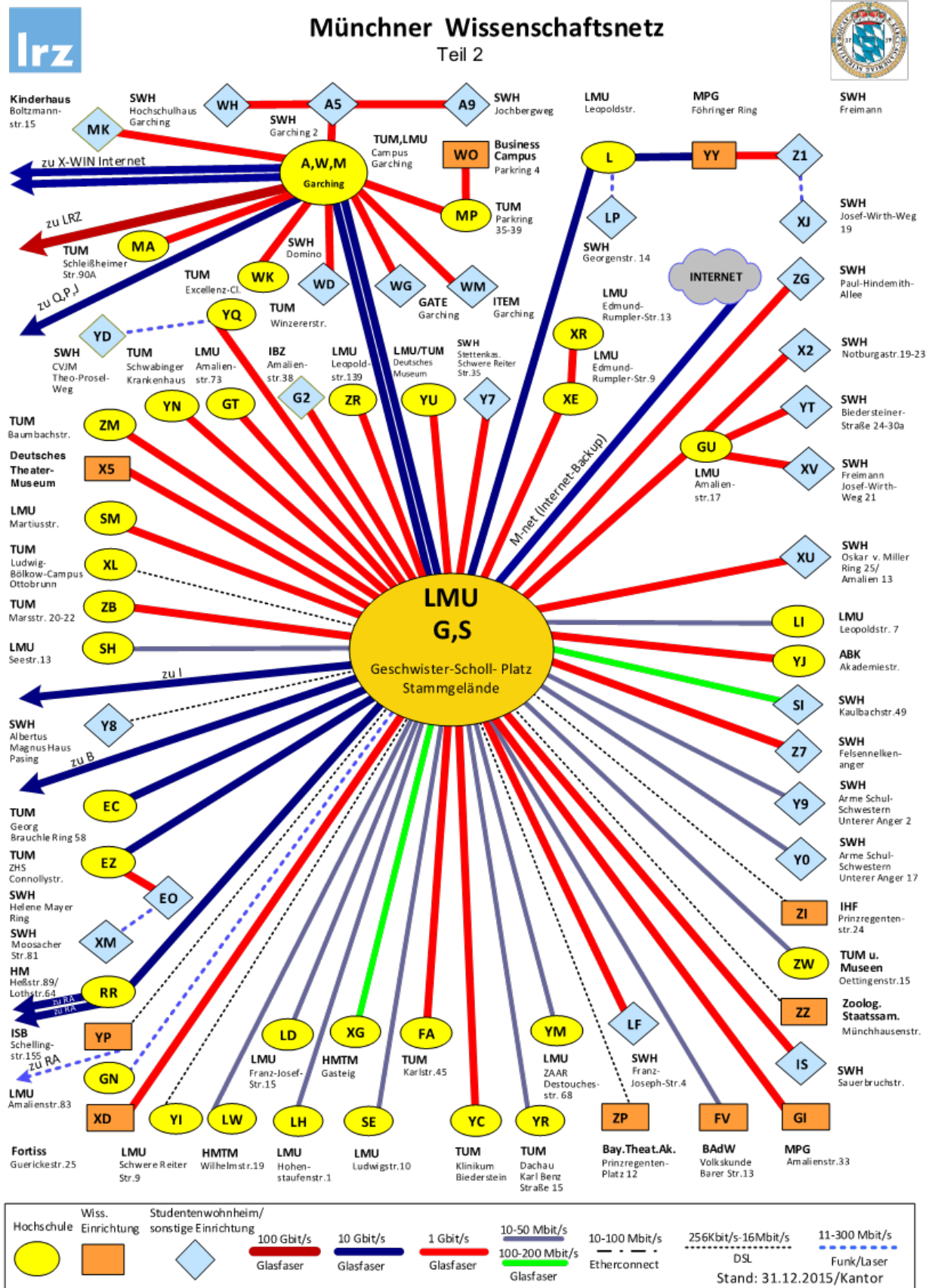
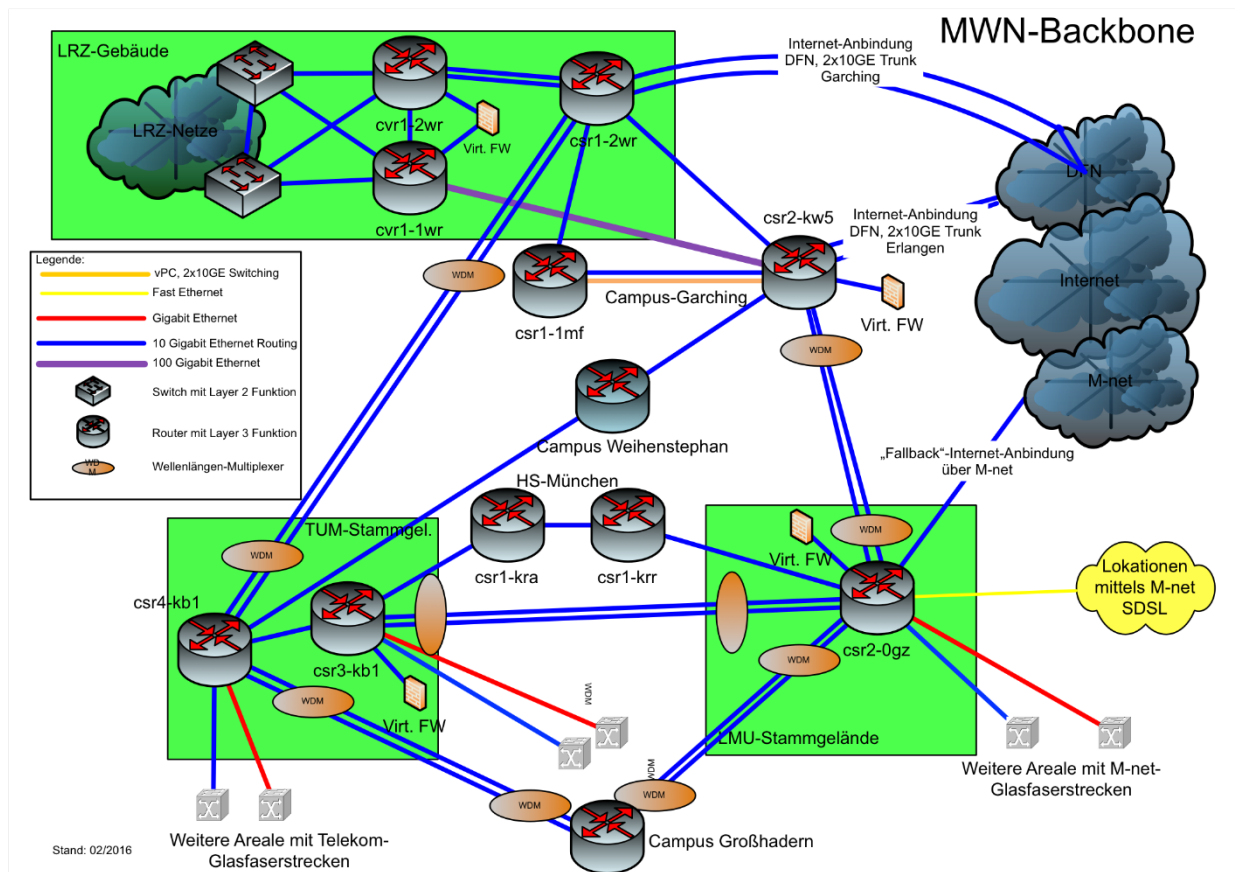


Abbildung 47: Standorte und Verbindungen im MWN (Teil 2)

### 12.1.1 Struktur des Backbone Netzes

Während Abbildung 46 und Abbildung 47 die topologische Struktur, die Standorte und deren Verbindungen zeigt, stellt Abbildung 48 die technische Struktur des Kernnetzes dar. Den Kern des Backbones bilden Cisco Nexus 7010 Switch/Router, die untereinander mit 10, 20 GBit/s und 100 Gbit/s verbunden sind. 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 48: Struktur des Kernnetzes des MWN**

Das Router-Backbone bildet mehrere Zyklen, die der Redundanz dienen. Alle Router haben eine mindestens doppelte Anbindung an das Backbone. Im Jahr 2015 wurde ein zweiter zentraler Netzknoten am Campus Garching (im Katalysezentrum) in Betrieb genommen. Dieser zweite Router bildet mit dem Router im Maschinenwesen ein virtuelles System (vPC).

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 10Gbit/s Bündel zu den DFN Super-Cores in Erlangen und Garching geleitet. Bisher war eines der Bündel in Frankfurt am X-WiN angebunden. Nachdem aber aus dem Münchner Bereich und insbesondere aus dem MWN erhebliche Datenmengen ins Netz des DFN übertragen werden, hat der DFN 2015 den Standort Garching zu einem weiteren SuperCore-

Standort ausgebaut und das MWN dort direkt angebunden. Damit konnten die Latenzzeiten deutlich reduziert werden.

### 12.1.2 Aufbau 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 im Jahr 2015 eine Infrastruktur aus Wave Division Multiplexer (WDM) Systemen installiert. Mit Hilfe dieser WDMs lassen sich auf einem Faserpaar mehrere Wellenlängen und damit verschiedene Kanäle realisieren. Es wurden WDMs an folgenden Router-Standorten aufgebaut: Großhadern-Martinsried, TU-Stammgelände, LMU-Stammgelände, Garching-Maschinenwesen und Garching Katalysezentrum.

Diese Technologie wurde verwendet, um die Institute der Max-Planck-Gesellschaft in Martinsried mit dem Max-Planck Computing and Data Facility (MPCDF) in Garching zu verbinden (s. Jahresbericht 2014). 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. 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.

2015 wurden 67 HP 4100 mit ca. 5.300 Ports ersetzt.

Zum Jahresende 2015 wurden vom LRZ insgesamt 1.507 Switches betrieben. Einen Vergleich zu den Vorjahren zeigen Tabelle 18 und Abbildung 49.

**Tabelle 18: Anzahl der im MWN eingesetzten Switches**

|                        | Ende 2015 | Ende 2014 | Ende 2013 | Ende 2012 | Ende 2011 | Ende 2010 | Ende 2009 |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Anzahl Switches        | 1.507     | 1.469     | 1.406     | 1.310     | 1.247     | 1.126     | 990       |
| Anzahl TP-Ports        | 94.400    | 92.868    | 89.616    | 81.090    | 77.562    | 67.040    | 60.363    |
| Anzahl Glasfaser-Ports | 10.176    | 7.689     | 7.384     | 7.687     | 7.599     | 6.842     | 6.493     |

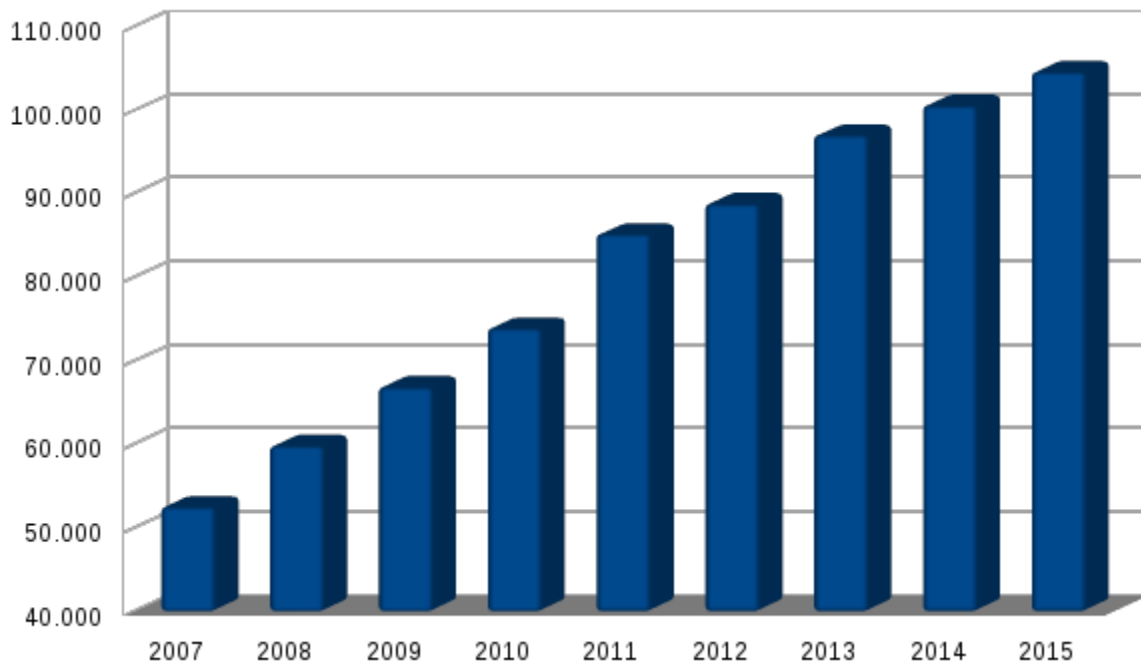


Abbildung 49: Anzahl der im MWN eingesetzten Switch-Ports (Kupfer und LWL)

#### 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 50 stellt die Struktur des Kernnetzes im Rechnergebäude des LRZ dar. Das Grundprinzip hierbei ist, dass jede kritische Komponente und jede Verbindung mindestens doppelt vorhanden ist. 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 (bis auf die SuperMUC Switches) links von der Mitte im NSR 0 im Altbau des Rechnerwürfels, die Komponenten rechts von der Mitte im DAR I im Erweiterungsbau untergebracht.

Das Zentrum des Rechenzentrums-Netzes bilden eine Reihe von Switches (HP) mit einer Bandbreite von 2x10 GBit/s (2x10 GE) und ein vPC (Virtual-Port-Channel)-Paar von Cisco Switches. Das vPC Protokoll ist eine Virtualisierungstechnologie, die Layer 2 Geräte, wie Switches oder Endgeräte (Server, o.ä.), ein Cisco Nexus Paar wie ein Gerät (Switch) auf Layer 2 Ebene erscheinen lassen. vPC gehört zur Familie der Multichassis EtherChannel (MCEC) Technologien. Die am LRZ eingesetzten vPC Geräte sind Cisco Nexus 7010. 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. Das 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. 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.



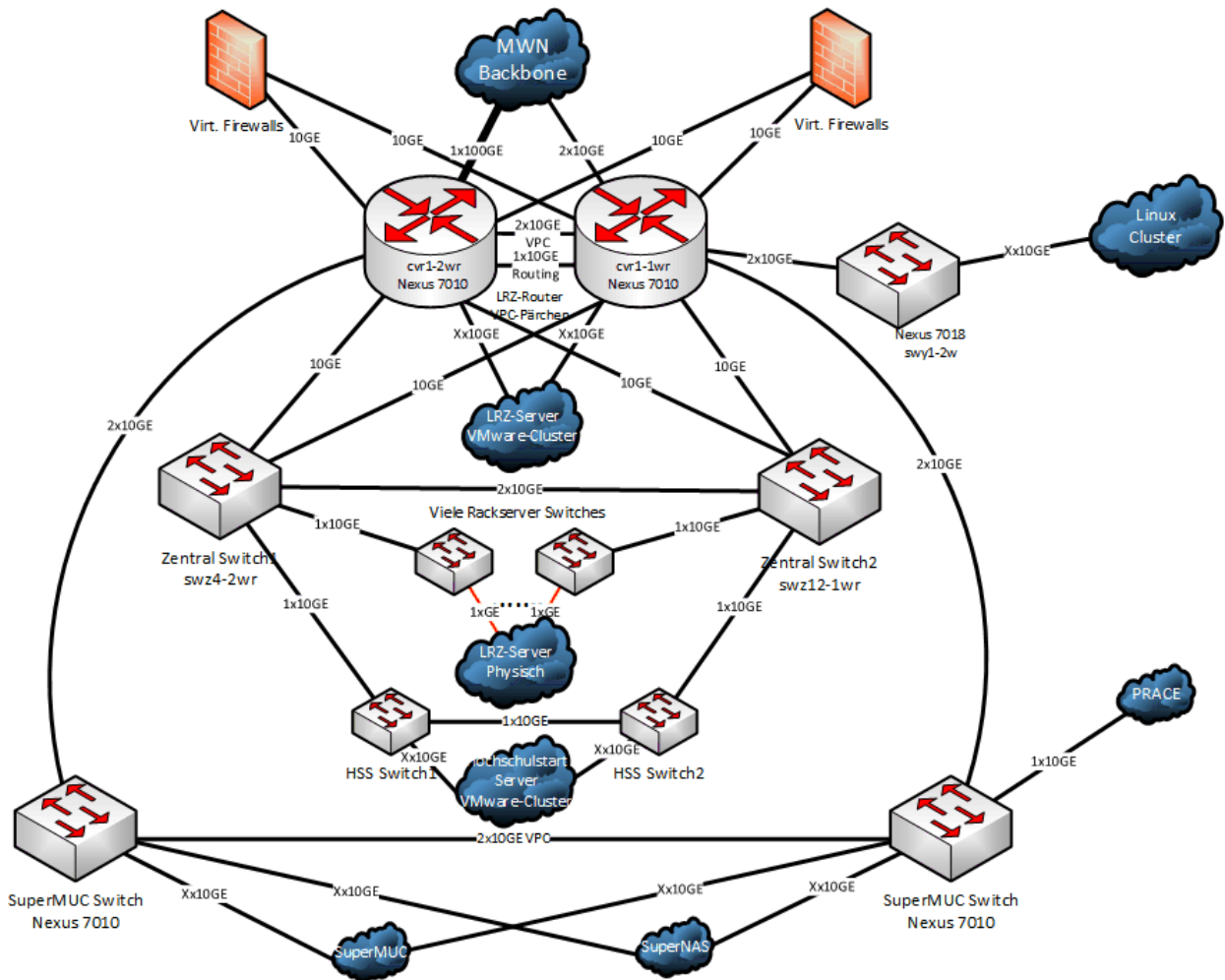


Abbildung 50: Struktur des LRZ-Netzes

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 (siehe Abbildung 50). Die dadurch entstehenden Schleifen werden durch den Einsatz des Spanning-Tree-Protokolls (STP) verhindert. STP schaltet beim Ausfall einer Verbindung automatisch im Bereich von Millisekunden auf eine andere Leitung um. Die verschiedenen physischen, aber auch die virtualisierten Server sind dann auch wieder jeweils 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 (siehe Abbildung 50). 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 die Redundanz am Campus Garching verbessert (vgl. Abschnitt 12.2.4) und für den Campus Weihenstephan ein Konzept zur Ertüchtigung der LWL-Anbindungen sowie ein Redundanzkonzept entwickelt (vgl. Abschnitt 12.2.5).

## 12.2.1 Wesentliche Netzänderungen im Jahr 2015

Im Jahr 2015 gab es folgende, in chronologischer Reihenfolge aufgeführte, wesentliche Netzveränderungen:

**Tabelle 19: Wesentliche Netzänderungen 2015**

| Abschlußdatum | Netzänderung                                                                                                                    |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 13.01.2015    | Neuanschluss des Deutschen Theatermuseums in der Galeriestraße                                                                  |
| 02.02.2015    | Neuanschluss der UnternehmerTUM und des TUM Entrepreneurship Centers                                                            |
| 15.02.2015    | Rückbau der Anbindung des IFO-Istituts in der Poschinger Straße                                                                 |
| 02.03.2015    | Erhöhung der Bandbreite auf 10 Mbit/s; LMU, Franz-Josef-Straße                                                                  |
| 13.03.2015    | Neuanschluss des Ludwig-Bölkow-Campus in Ottobrunn                                                                              |
| 31.03.2015    | Erhöhung der Bandbreite auf 100 Gbit/s; Max-Planck-Insitute in Martinsried                                                      |
| 16.04.2015    | Neuanschluss der Cafeteria des Studentenwerks im Wissenschaftszentrum in Straubing                                              |
| 08.05.2015    | Redundante Anbindung und Erhöhung der Bandbreite auf 2 x 100 Mbit/s; Limnologische Station der TUM in Iffeldorf                 |
| 26.06.2015    | Neuanschluss des Neubau Schweinestall beim Moorversuchsgut der LMU in Oberschleißheim                                           |
| 26.06.2015    | Neuanschluss des Neubaus Vogelvoliere in der Vogelklinik der LMU in Oberschleißheim                                             |
| 29.06.2015    | Erhöhung der Bandbreite auf 10 Mbit/s; TUM, Bauklimatik und Haustechnik, Dachau                                                 |
| 30.07.2015    | Redundante Anbindung und Erhöhung der Bandbreite auf 2 x 100 Mbit/s; Geophysikalische Observatorium der LMU in Fürstenfeldbruck |
| 18.08.2015    | Erhöhung der Bandbreite auf 10 Gbit/s; Internationalen Getränkewissenschaftlichen Zentrums in Weihenstephan                     |
| 19.08.2015    | Erhöhung der Bandbreite auf 10 Gbit/s; Hans-Eisenmann-Zentrum in Weihenstephan                                                  |
| 15.09.2015    | Aufgabe des Standortes INI.TUM in Ingolstadt in der Marie-Curie-Straße                                                          |
| 24.09.2015    | Neuanschluss TUM Fakultät EDU, Marsstraße 40                                                                                    |
| 29.09.2015    | Neuanschluss des Ausbildungszentrums für Patorialreferenten in der Franz-Josef-Straße                                           |
| 20.10.2015    | Rückbau der Anbindung des SWH Heinrich-Groh-Straße                                                                              |
| 23.10.2015    | Neuanschluss der EIT Health im TUM IAS Gebäude in Garching                                                                      |
| 25.10.2015    | Erhöhung der Bandbreite auf 1 Gbit/s; Wohnheim Oskar-von-Miller-Forum, Haus der baye-rischen Bauwirtschaft                      |
| 04.11.2015    | Neuanschluss des TUM Wassersportzentrums in Starnberg                                                                           |
| 10.11.2015    | Neuanschluss des SWH Newmannhaus in der Kaulbachstraße                                                                          |
| 27.11.2015    | Neuanschluss der Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen / Naturkundemuseum Bayern in der Maria-Ward-Straße              |
| 14.12.2015    | Neuanschluss des Zentrum Digitalisierung Bayern im Gate in Garching                                                             |

## 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 Deutsche Theatermuseum in München neu ans MWN 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 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 4 Bauabschnitten konnte bereits abgeschlossen werden. Im Rahmen dieser Sanierungsmaßnahme wird auch die Datenverkabelung erneuert und die Koaxverkabelung komplett zurückgebaut. Der zweite Bauabschnitt soll bis Anfang 2017 fertig gestellt werden.

Mit einer strukturierten Verkabelung der Kategorie 6<sub>A</sub> wurden folgende TUM-Gebäude im Jahr 2015 ertüchtigt:

- Garching:
  - Neubau Leichtbauhalle IMETUM
  - Theoriezentrum Fakultät Chemie
- München:
  - Fakultät Wirtschaftswissenschaft Leopoldstraße 139
- Burghausen:
  - Science & Study Center Raitenhaslach
- Freising:
  - Umbau Hallengebäude für den Betrieb von Phyto-Klimakammern

#### 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 24 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 6<sub>A</sub> modernisiert.

Mit einer strukturierten Verkabelung der Kategorie 6<sub>A</sub> wurden folgende LMU-Gebäude im Jahr 2015 ertüchtigt:

- Garching:
  - Aufstockung Sektion Physik Werkstattgebäude
  - Neuverkabelung einzelner Bereiche Sektion Physik Hauptgebäude
- München:
  - BioSysM-Großhadern

#### 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).

#### 12.2.3.4 LWL-Netze auf den Campus-Geländen

Auf den Campusgeländen TUM-Stamm/Nordgelände, LMU-Stammgelände, TUM-Garching, TUM-Weihenstephan und LMU Großhadern/Martinsried sind privat verlegte Glasfaserstrecken installiert, die teilweise schon über 15 Jahre existieren. Hier muss in den nächsten Jahren nachgerüstet werden, da bei einem Teil der Strecken die heute benötigten Glasfasertypen (OM4, Singlemode) nicht vorhanden sind, diese aber aufgrund der gestiegenen Übertragungsraten notwendig werden. Einige dieser Glasfaserstrecken konnten auf dem TUM-Stammgelände bereits mit Singlemodedefasern nachgerüstet werden. Für die Backbone-Verkabelung auf dem Campus Weihenstephan wurde im Sommer 2015 eine Maßnahme zur Nachrüstung von Singlemodedefasern angestossen (siehe auch Abschnitt 12.2.5). Hierfür wurde bereits ein Ingenieurbüro mit der Planung beauftragt.

Die nächste Optimierung soll den Campus Großhadern/Martinsried der LMU umfassen. Dazu fand im Sommer 2015 ein Startgespräch mit der Universitätsleitung statt.

#### 12.2.4 Redundante LWL-Verkabelung und zweiter zentraler Netzknoten auf dem Campus Garching

Im Jahr 2013 wurde in enger Kooperation von TUM und LRZ ein Konzept zum Ausbau der LWL-Infrastruktur am Campus Garching zur Erhöhung der Redundanz erstellt. Neben der redundanten Anbindung der Gebäudebereiche der Physik, der Chemie sowie des Maschinenwesens mittels LWL wurde 2014 ein zweiter zentraler Netzknoten mit einem entsprechenden Router im Katalysezentrum in Betrieb genommen.

Im Berichtsjahr wurden die gemieteten Glasfasern aus der Innenstadt aufgeteilt, um einen Single-Point-of-Failure im Maschinenwesen zu vermeiden. Bisher endeten beide gemieteten Glasfasern aus der Innenstadt am Knoten im Maschinenwesen, d.h. falls es dort z.B. zu einem Brand gekommen wäre, und beide Fasern beschädigt würden, wäre keine Verbindung in die Innenstadt mehr möglich. Aus diesem Grund wurde der Endpunkt der LWL aus dem Stammgelände der TU nach Garching vom Maschinenwesen in das Katalysezentrum umverlegt.

Im Jahr 2016 ist geplant, die Gebäudehauptverteiler von Physik, Chemie und Maschinenwesen redundant auszulegen und an beide Router-Standorte anzubinden.

#### 12.2.5 Vorbereitungen für einen zweiten zentralen Netzknoten auf dem Campus Weihenstephan

Am Campus Weihenstephan ist der Großteil der Gebäude derzeit nur mit Monomode-LWL am zentralen Knoten angebunden. Für Gebäude, die weiter als 200 bis 300 Meter vom zentralen Knoten entfernt sind, lassen sich deshalb nur maximale Übertragungsraten von 1 Gbit/s erreichen. Für Gebäudeanschlüsse ist diese Bandbreite nicht zukunftsfähig. Deshalb wurde im Jahr 2015 ein Projekt zur Ertüchtigung der LWL-Anbindungen gestartet.

Dieses Projekt kann, ähnlich wie am Campus Garching, auch dazu genutzt werden, die Gebäude mehrfach und redundant zu erschließen. In enger Abstimmung mit den Verantwortlichen am Campus Weihenstephan wurde deshalb das Bibliotheksgebäude als möglicher Standort für einen zweiten zentralen Netzknoten ausgewählt. Mit den neu zu verlegenden LWLs besteht dann die Möglichkeit, die Gebäudeareale über mehrere Ringstrukturen künftig ausfallsicher an beide Routerstandorte anzubinden. Als Vorarbeit wurden 2015 bereits die LWL-Verbindungen zwischen den beiden Knotenstandorten in der Telefonzentrale und der Bibliothek massiv ertüchtigt. Damit ist eine spätere Koppelung von zwei Routern, sowie die Durchschaltung sonstiger Netzdienste zwischen den beiden Standorten, einfach möglich.

#### 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 die Netznutzung werden keine Gebühren erhoben. Für kommerzielle Heime, ohne öffentliche Förderung, ist der Zugang ins Internet über das MWN nur über eine VPN-Verbindung möglich und für diese Heime fallen Gebühren an.

Zum Jahresende 2015 sind über 12.600 Wohnheimplätze in 52 Heimen an das MWN angeschlossen, davon 34 über eine Glasfaserleitung (LWL) mit 100 Mbit/s bis zu 2 Gbit/s, zwei über FibreDSL mit 10 Mbit/s, neun über Funkstrecken, zwei 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 20: 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                   |
| Oberschleißheim                               | Am Schäferanger 9-15, Oberschleißheim | Studentenwerk                                 | 171    | LWL zu Rinderklinik                |
| 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, Giggenhauer Str. 25         | Studentenwerk                                 | 226    | LWL über Weihenstephan IV          |
| Weihenstephan IV                              | Freising, Giggenhauer 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                   |
| 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                 | 422    | 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    |
| 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                                      |
|---------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------|------------------------------------------------|
| 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 |
| <b>52 Wohnheime</b> |                  | <b>Summe insgesamt</b>          | <b>12.643</b> |                |

## 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 Webschnittstelle (WebDNS) können Netzverantwortliche die ihnen zugewiesenen Namensräume selbstständig verwalten.

Der WebDNS-Dienst wird inzwischen von 362 (+17) Nutzern zur Pflege der DNS-Einträge verwendet. Die Anzahl der über WebDNS verwalteten DNS-Zonen sank aufgrund von Konsolidierungsaktionen der Institutionen von 2.566 auf 2.310.

Aufgrund der besseren Wartbarkeit wurden der authoritative Server des MWN im Netz des portugiesischen Forschungsnetzes FCCN (dns3.lrz.eu) und der physische Server im Rechnerwürfel auf die Linux-Distribution Debian 8 Jessie (früher: SuSE Linux Enterprise Server 11) migriert. Die restlichen Server werden im Jahr 2016 folgen. In diesem Zuge wurde auch das Statistiksystem erneuert, das nun deutlich mehr Daten in höherer Auflösung mitprotokolliert. Aufgrund des Parallelbetriebs von alter und neuer Installation steht leider für das Jahr 2015 keine Abfrage-Statistik zur Verfügung, die Werte entsprechen jedoch weitgehend denen des Jahres 2014.

Die Registrierung von Second-Level-Domains erfolgt jetzt ausschließlich über den Reseller InternetX, da dieser gegenüber der früher in Anspruch genommenen Firma Dopoly, abgesehen davon, dass er auch günstiger ist, viele Vorteile bietet. Die drei wichtigsten Vorteile sind:

1. Die Möglichkeit, Domains über DNSSEC in der Root-Zone bzw. der Top-Level-Domain abzusiichern, erst dadurch können DNS-Resolver ohne Spezialkonfiguration die Signaturen der DNS-Records auswerten.
2. Ein konsistentes Kontaktmanagement, in dem Änderungen vorgenommen werden können (erstaunlicherweise war das bei Dopoly nicht der Fall) und das technische Hilfsmittel bei besonderen Anforderungen an die Kontaktdaten liefert (Beispiel: Verifikation der Daten via E-Mail).
3. Internetx bietet eine gut dokumentierte XML-Schnittstelle an, über die Domains und Kontakte verwaltet werden können und die bereits intensiv genutzt wurde.

Alle bestehenden Registrierungen (über 600 Domains und die dazugehörige Kontakte) wurden im Laufe des Jahres auf den neuen Registrar übertragen, was mit erheblichem Aufwand verbunden war. Ein positiver Seiteneffekt davon war, dass viele veraltete Kontakte und nicht mehr benötigte Domains aktualisiert bzw. gelöscht werden konnten. Zusätzlich wurden 46 neue Domains unter verschiedenen Toplevel-Domains (z.B. de, org, eu, bayern) für Institute und Organisationen registriert, 20 wurden von anderen Providern transferiert.

Die folgende Tabelle 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.

**Tabelle 21: 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     | 370          | 2.219         | 19.302         | 2.714         | 4.582         | 3.595         | 1.659         | 1.787        |
| lmu.de              | 122          | 1.453         | 4.871          | 1.416         | 2.619         | 3.152         | 1.464         | 1.465        |
| tu-muenchen.de      | 257          | 1.936         | 19.387         | 1.709         | 1.732         | 7.739         | 7.339         | 257          |
| tum.de              | 480          | 66.692        | 29.310         | 3.577         | 4.493         | 2.453         | 2.048         | 1.636        |
| fh-muenchen.de      | 49           | 121           | 2.919          | 0             | 236           | 547           | 228           | 31           |
| fh-weihenstephan.de | 2            | 28            | 43             | 0             | 27            | 2             | 2             | 5            |
| hswt.de             | 0            | 45            | 167            | 0             | 78            | 3             | 3             | 8            |
| badw-muenchen.de    | 23           | 64            | 28             | 0             | 21            | 81            | 40            | 47           |
| badw.de             | 28           | 87            | 20             | 5             | 70            | 91            | 45            | 38           |
| lrz-muenchen.de     | 8            | 14            | 208            | 15            | 150           | 22            | 11            | 2            |
| lrz.de              | 103          | 595           | 31.485         | 5.316         | 1.946         | 47            | 22            | 17           |
| mhn.de              | 61           | 1.146         | 50.791         | 88            | 1.334         | 37187         | 12.403        | 131          |
| mwn.de              | 46           | 254           | 206.987        | 218           | 383           | 39            | 19            | 74           |
| <b>Gesamt</b>       | <b>1.628</b> | <b>15.156</b> | <b>376.897</b> | <b>15.058</b> | <b>17.985</b> | <b>55.232</b> | <b>25.391</b> | <b>5.589</b> |

Insgesamt sind 791 Second-Level-Domains auf den Nameservern des LRZ konfiguriert, ein Zuwachs von 157 (25%) im Vergleich zum Vorjahr.

### 12.3.1 DNSSEC

Die bereits im vergangenen Jahr begonnene Einführung der kryptographischen Absicherung von DNS-Inhalten (DNSSEC) wurde im Jahr 2015 intensiviert. Nach der Pilotphase mit den Domains lrz.de und stusta.net Ende 2014 wurden im Jahr 2015 insgesamt 45 Domains mit DNSSEC ausgestattet. Dies betraf unter anderem die Hauptdomains der TUM (tum.de) und LMU (lmu.de und uni-muenchen.de). Durch die Priorisierung von DNSSEC auf die großen Domains kann mittlerweile über 80% des eingehenden Mailverkehrs auf LRZ-Message-Stores über DNSSEC/DANE abgesichert werden. Auch andere Mechanismen von DNSSEC (TLSA-Records für Webserver, SSHFP-Records für SSH-Server) wurden von einzelnen Kunden sofort nach Freischaltung genutzt.

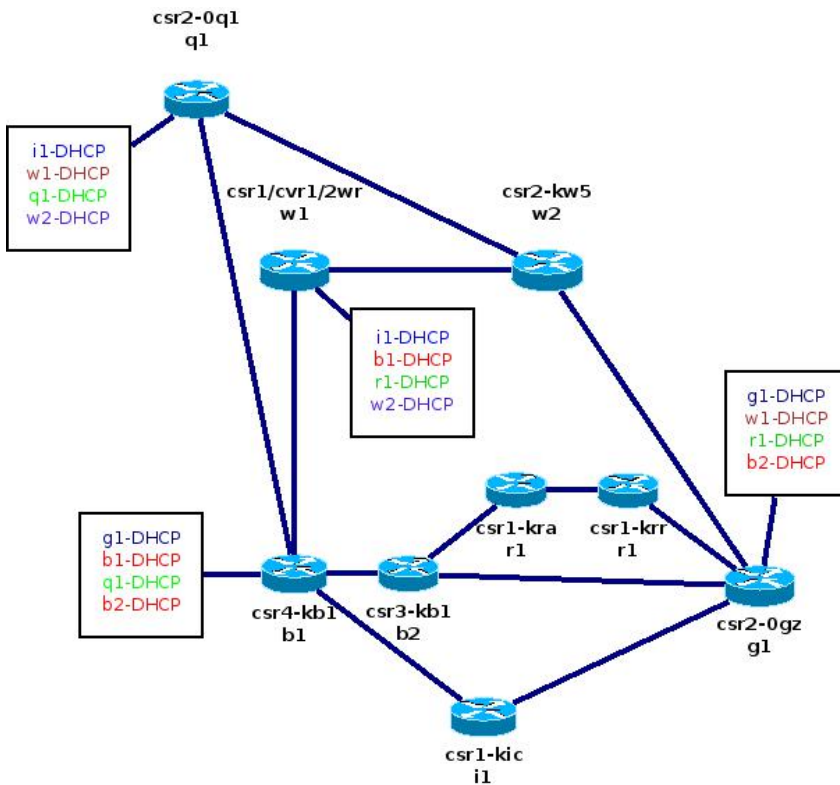
Die Erfahrungen im Betrieb wurden auf mehreren Tagungen vorgetragen, um eine Sensibilisierung für dieses Thema zu erreichen. Hier konnte reges Interesse, aber bisher noch wenig zählbare Ergebnisse erreicht werden. Die Hilfestellung und Führungsposition des LRZ in diesen Bereichen soll intensiviert werden. Die Grundlagen und praktischen Erfahrungen wurden auch in zwei Fachartikeln in der Zeitschrift PIK beschrieben. Ein Artikel für die DFN-Mitteilungen ist fertiggestellt und soll nach einigen Verzögerungen nun im ersten Halbjahr 2016 erscheinen.

### 12.4 DHCP

Seit ca. 11 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 248 Instituten genutzt und verwaltet dabei 999 Subnetze mit 386.743 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 51: 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 52.

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.

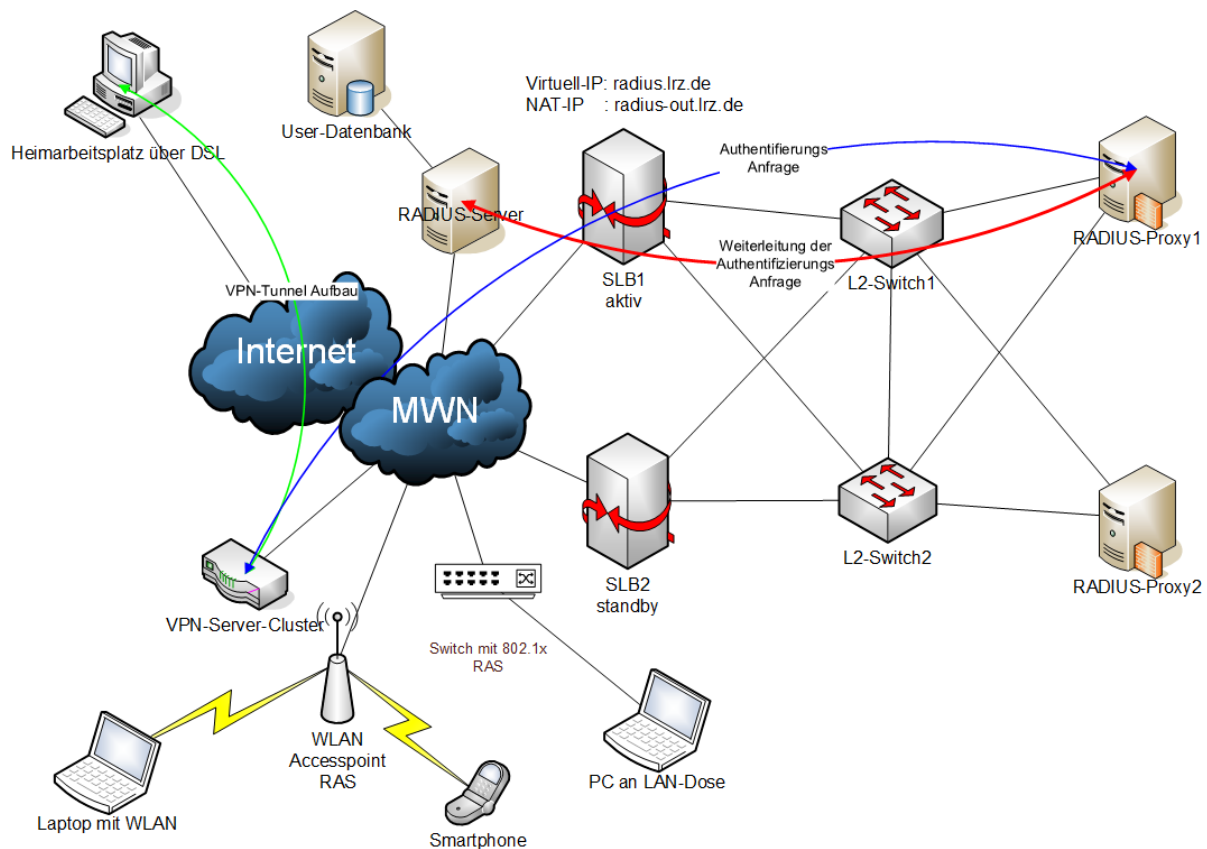


Abbildung 52: RADIUS-Struktur im MWN

Zum Jahresende 2015 waren 49 Radiuszonen konfiguriert. Eine Auflistung der Radiuszonen findet sich im Jahresbericht 2012.

## 12.6 Switch-Infrastruktur / Switch-Erneuerung

Das LRZ setzt seit Mitte 2001 Switches vom Typ HP 4100 ein. Zum 01.01.2015 waren hiervon noch 137 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. die automatische Erkennung von Schleifen im Netz. 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 bereits im Jahr 2011 damit begonnen, diese Switches durch eine aktuelle Gerätegeneration (HP 5400) zu ersetzen. 2015 wurde diese Ersetzung fortgesetzt und es wurden dabei weitere 67 Switches 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 zufriedenstellend.

Die Übertragung der Sprachdaten zwischen Telefonen im LRZ und der TK Anlage erfolgen verschlüsselt. Ausgenommen sind aktuell noch die Telefone im Exzellenz-Cluster der TUM. Es ist geplant, die verschlüsselte Übertragung der Sprachdaten für alle an der TK Anlage angeschlossenen Geräte zu aktivieren.

Insgesamt wurden durch die VoIP-Telefonanlage im Jahr 2015 ca. 144.000 (2014 ca. 150.000) Gespräche mit einer durchschnittlichen Länge von 3:29 (2014 3:20) Minuten oder insgesamt ca. 501.500 (2014 505.000) Gesprächsminuten vermittelt.

Dies entspricht einer Gesprächsvolumenabnahme von ca. 3.500 Gesprächsminuten im Vergleich zum Jahr 2014, wobei die durchschnittliche Dauer der Gespräche minimal gestiegen ist.

Es konnten ca. 10.300 (2014 ca. 351) Gesprächsminuten direkt über SIP zu externen Teilnehmern abgewickelt werden. Der Wert hat sich im Vergleich zum Vorjahreswert erheblich erhöht. Zu den über SIP erreichbaren Zielen gehören die Universitäten Würzburg, Ulm und vor allem das VC System des DFN.

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

Der Zugang ist auch mit LTE 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, ist immer noch in der Planung.

Die vom LRZ favorisierte Lösung, bei der die Funkmodule über eine bestehende Datenverkabelung (Twisted-Pair) an eine zentrale Einheit angebunden werden, wird leider noch von keinem Mobilfunkanbieter unterstützt. Mit dieser Lösung hätte sich eine aufwändige Nachinstallation von Antennenleitungen in den LRZ-Gebäuden vermeiden lassen.

2016 will Vodafone eine alternative Lösung vorstellen.

### 12.7.3 Ausschreibung BayKOM

Der Freistaat Bayern hat seine Kommunikationsdienste im Rahmen von BayKOM 2017 neu ausgeschrieben. Dazu wurden 2014 verschiedene resortübergreifende 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 Behördennetz) 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 (siehe Abschnitt 12.11.6), Los 3 behandelt Mobilfunk und Los 4 Telefonie. Die Zuschlagserteilung für die verschiedenen Lose soll im ersten Halbjahr 2016 erfolgen. Nach einer halbjährigen Migrationsphase kann die Ausschreibung ab 2017 in den Normalbetrieb übergehen.

## 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, Wellenlängen- und IP-Multiplexsysteme sowie NESSI vorgestellt.

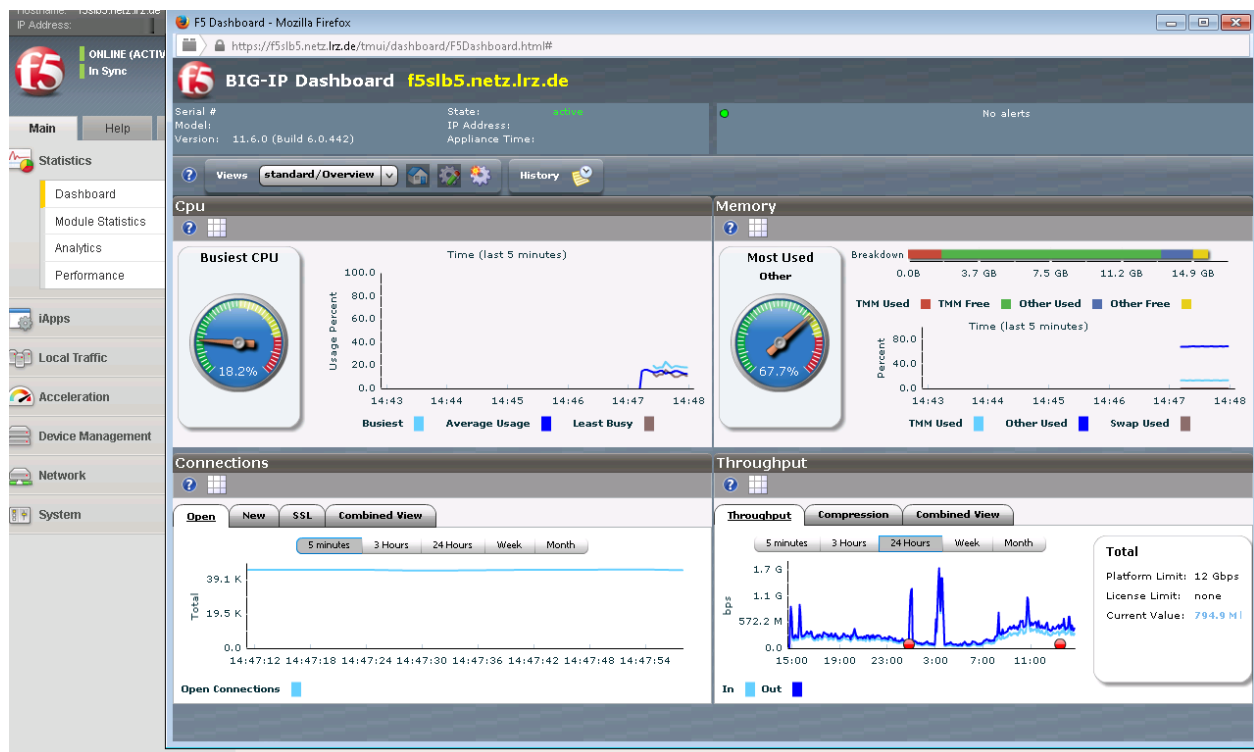
### 12.8.1 Server Load Balancer (SLB)

Der SLB-Dienst erfreute sich auch im Jahr 2015 weiteren Zuspruchs. So wurden einige neue Dienste für Kunden eingerichtet. Ebenso wurden einige Dienste abgebaut. Es ergaben sich trotz umfangreicher Updates keine nennenswerten Betriebsunterbrechungen (<5 Minuten).

**Tabelle 22: Anzahl der konfigurierten Server**

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

In der 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 199 (Vorjahr: 179)) ab.



**Abbildung 53: Dashboard des Loadbalancers 1**

Die Vorbereitungen für das Softwareupdate auf die Version 11, das deutliche Änderungen des Verhaltens des Systems und den Konfigurationen nach sich zog, konnte im September 2015 nach vorangehenden umfangreichen Tests abgeschlossen werden. Das Update verlief für fast alle Dienste reibungslos. Im Nachgang wurden mehrere Failover-Tests durchgeführt und die Architektur eines Dienstes geändert. Im November wurde ein Sicherheitsupdate, ohne nennenswerte Vorkommnisse, eingespielt.

### 12.8.2 IPv6

Im Jahr 2015 verlief der Betrieb im MWN weiterhin unauffällig. Der geplante Einsatz von IPv6 im MPLS Layer3-VPN der Max-Planck-Gesellschaft konnte Anfang des Jahres erfolgreich durchgeführt werden und läuft seitdem ohne Störungen.

Auf den WLAN-Accesspoints von Alcatel wird nun eine experimentelle SSID eduroam-IPv6only ausgestrahlt, in der nur noch IPv6 zur Verfügung steht. Eine Erreichbarkeit von IPv4-Seiten wird durch einen Gateway-Mechanismus (NAT64 und DNS64) sichergestellt.

Die Managementnetze waren zum Jahreswechsel zu über 50% mit IPv4+IPv6 (Dualstack) ausgestattet, die Arbeiten wurden im Januar 2016 erfolgreich abgeschlossen. Es wurde begonnen, das Management ausgewählter Dienste (VMware-Plattform für die neuen virtuellen Firewalls) mit einem IPv6-only Management auszustatten.

Auf der Dienstseite ist nur langsames Wachstum zu verzeichnen. Ein starker Zuwachs des IPv6-Verkehrs wurde durch die Aktivierung von IPv6 für den Transport von Anyconnect-VPN-Tunneln erreicht. Die Einführung von IPv6 bei den Traffic-intensiven Diensten SuperMUC, Sync&Share und NAS verzögert sich jedoch weiterhin.

**Tabelle 23: Anzahl der IPv6-Endgeräte**

| Jahr                                          | 2010  | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   |
|-----------------------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| Anzahl der IPv6-Endgeräte (aus Nyx-Datenbank) | 4.800 | 16.500 | 25.100 | 59.000 | 90.600 |

### 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.

Daneben gibt es noch ein passives WDM-System zur Kopplung einiger LMU-Verwaltungs-Dienste.

Im MWN werden vom LRZ aktuell auf fünf Verbindungen WDM-Systeme eingesetzt (s. Tabelle 24).

**Tabelle 24: WDM-Verbindungen**

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



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

### 12.8.4 NeSSI

Das Nessi-Portal für Netzverantwortliche (erreichbar unter <https://nessi.lrz.de/NeSSI/>) erlaubt weiterhin den Netzverantwortlichen Tätigkeiten unabhängig vom LRZ auszuführen. Der Login erfolgt mit der SIM-Ken- nung, 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, 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.

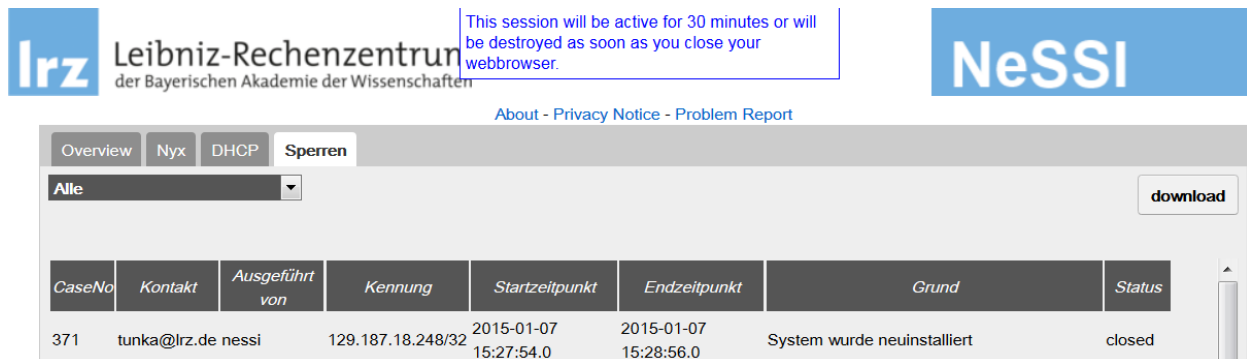


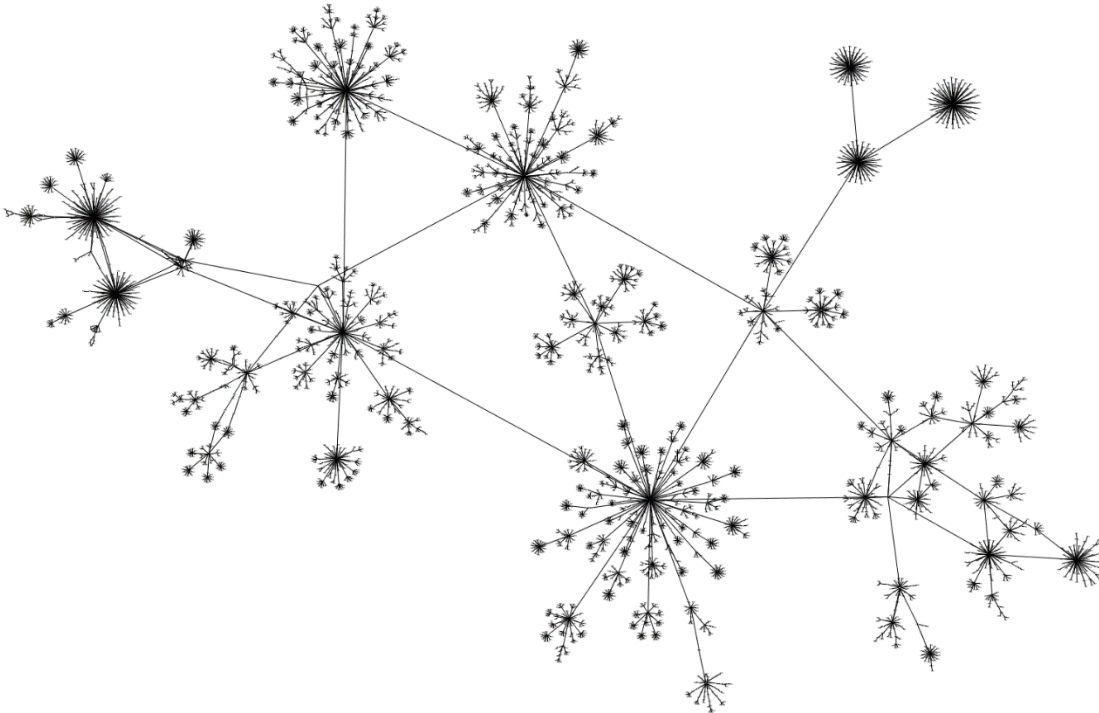
Abbildung 54: Nessi: Sperren und Entsperrern

## 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 die auf dem Server eingesetzte Netzmanagement-Software erfüllt. Die Aufgaben des Performance-Managements werden im Service Level Management Werkzeug InfoVista erledigt.

### 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. Der Auswahlprozess und die Gründe für die Wahl von ITNM sind im Jahresbericht 2008 zusammengefasst. Die Produktivführung des IBM Tivoli Network Manager wurde 2010 durchgeführt. Seitdem übernimmt ITNM die Überwachung des MWN und wird laufend an Änderungen im MWN angepasst. In Abbildung 55 ist die Topologie des gesamten MWN (ca. 4.550 Geräte) am Ende des Jahres 2015 zu sehen.



**Abbildung 55: Topologie des Münchner Wissenschaftsnetzes**

Die wichtigsten darüber hinaus in 2015 an ITNM durchgeführten Arbeiten sind:

- Mehrere Fixpacks und eine große Zahl von Security-Patches wurden eingespielt. Insbesondere vor dem Einspielen von Fixpacks werden auch immer Komplett-Backups der ITNM Installation erstellt.
- Für kritische, aber redundant vorhandene Netzkomponenten (z.B. X-WiN-Zugang) wurden spezielle Regeln in ITNM integriert, so dass ein Ausfall nur noch als kritisch bewertet wird, wenn alle zu einer Gruppe gehörenden Netzkomponenten ausgefallen sind.
- Verschiedene Fehler in den SNMP MIBs der Geräte machen es immer wieder nötig, die von ITNM nicht vollständig richtig erkannte Layer 2 Netz-Topologie des MWN durch manuelle Eingriffe zu korrigieren oder zu ergänzen.
- Falls es einen Stromausfall bei einer der USVs an den Backbone-Router-Standorten gibt, wird eine SMS an Netzbetrieb und Netzwartung geschickt.
- Die SNMP-Trap-Behandlung für die ADVA-WDM-Geräte wurde in ITNM integriert.
- Für Netzgeräte, die mehrmals hintereinander für kurze Zeit ausfallen, wurde eine gesonderte Benachrichtigung eingeführt. In diesem Fall wird eine E-Mail mit dem Betreff "NODE FLAPPING" verschickt. Bei nur kurzzeitigen Ausfällen würde ansonsten keine Benachrichtigung verschickt, so dass diese Art von Problemen bisher übersehen werden konnte.

Ende 2015 wurden vom IBM Tivoli Network Manager ca. 4.550 (im Vorjahr 3.830) Netzkomponenten und Server (mit netzrelevanten Diensten) überwacht. Das ist eine Steigerung von ca. 700 Geräten gegenüber 2014. Diese deutliche Steigerung ist darauf zurückzuführen, dass erstmals eine große Zahl von Alcatel WLAN-Accesspoints in die Überwachung durch ITNM mit aufgenommen wurde. Diese WLAN-APs können durch ITNM 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 von den Administratoren vorgenommen werden.

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 über serielle Verbindungen und analoge Modems

- Server für diverse Skripte, die für den Betrieb und das Management des MWN benötigt werden.

### 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://www.mwn.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. 2015 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. Die Netzdokumentation basiert auf einer relationalen Datenbank, auf die über ein Web-Interface zugegriffen werden kann.

2015 wurden OpenStreetMap-Karten bei Bezirken und Unterbezirken integriert. Damit kann der Standort eines Bezirks oder Unterbezirks direkt in der Netzdokumentation editiert und gespeichert werden. Die Speicherung der Standorte in Google Maps war somit nicht mehr notwendig und wurde beendet.

Desweiteren wurde die VLAN-IST-Datenbank der Netzdokumentation überarbeitet. Die VLAN-IST-Daten werden jetzt stündlich aktualisiert (davor nur einmal pro Nacht). Die stündliche Aktualisierung wurde durch eine Parallelisierung der Abfrage der VLAN-Daten von den Netzkomponenten möglich. Im Web-GUI der Netzdokumentation können die VLAN-IST-Daten nun auch von früheren Tagen komfortabel abgefragt werden (bis zu 90 Tage in die Vergangenheit). Außerdem ist jetzt ein Vergleich der VLAN-IST-Daten zwischen zwei Tagen möglich. Die Unterschiede werden dabei farblich gekennzeichnet, grün für neu hinzugekommene VLANs, rot für weggefallene VLANs (siehe Abbildung 56).

Stand 28.01.2016 11:25:50 verglichen mit 30.10.2015 23:03:22

| VLAN | Untagged                                                                             | Tagged  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1    | A15-A20                                                                              |         |
| 33   | D23 D24                                                                              |         |
| 214  |                                                                                      | A21     |
| 518  | B2 C17                                                                               | A21 A22 |
| 850  | C24                                                                                  | A21 A22 |
| 1653 | A11                                                                                  | A21     |
| 1731 | A13 B15 C19 C21-C23 D11 D12                                                          | A21     |
| 2006 | A2 A3                                                                                | A21     |
| 2419 | A12 A13 A14 B1 B3-B7 B15 C16 C19 C20 C21-C23 D1-D4 D6-D8 D10 D11 D12 D13-D15 D17-D21 | A21     |
| 4000 |                                                                                      | A21 A22 |
| 4001 | A1 A4-A6 B8-B14 B17-B24 C1-C15                                                       | A21 A22 |
| 4002 | A7-A10 B16 C18 D5 D9 D16 D22                                                         | A21 A22 |

Abbildung 56: Vergleich der VLAN-IST-Daten des Switches swg1-klt von zwei Tagen

### 12.9.3 MWN-WLAN-Visualisierung mit OpenStreetMap für Endbenutzer

Zusätzlich zur bereits seit 2013 verfügbaren OpenStreetMap-Karte mit allen WLAN-Standorten im MWN wurde 2015 eine Übersichtskarte über das ganze MWN für Endbenutzer veröffentlicht. Diese Karte enthält auch Standorte ohne WLAN und die Verbindungen zwischen den Standorten inklusive grober Einordnung der Bandbreite der Verbindungen. Diese Karte ist unter dem URL <http://www.lrz.de/services/netz/map/index.html> erreichbar. Die Standorte sind dabei, wie in Abbildung 57 dargestellt, je nach Organisation (TU München, LMU München, Hochschule München, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Studentenwohnheime und sonstige Standorte) durch ein eigenes Icon dargestellt.

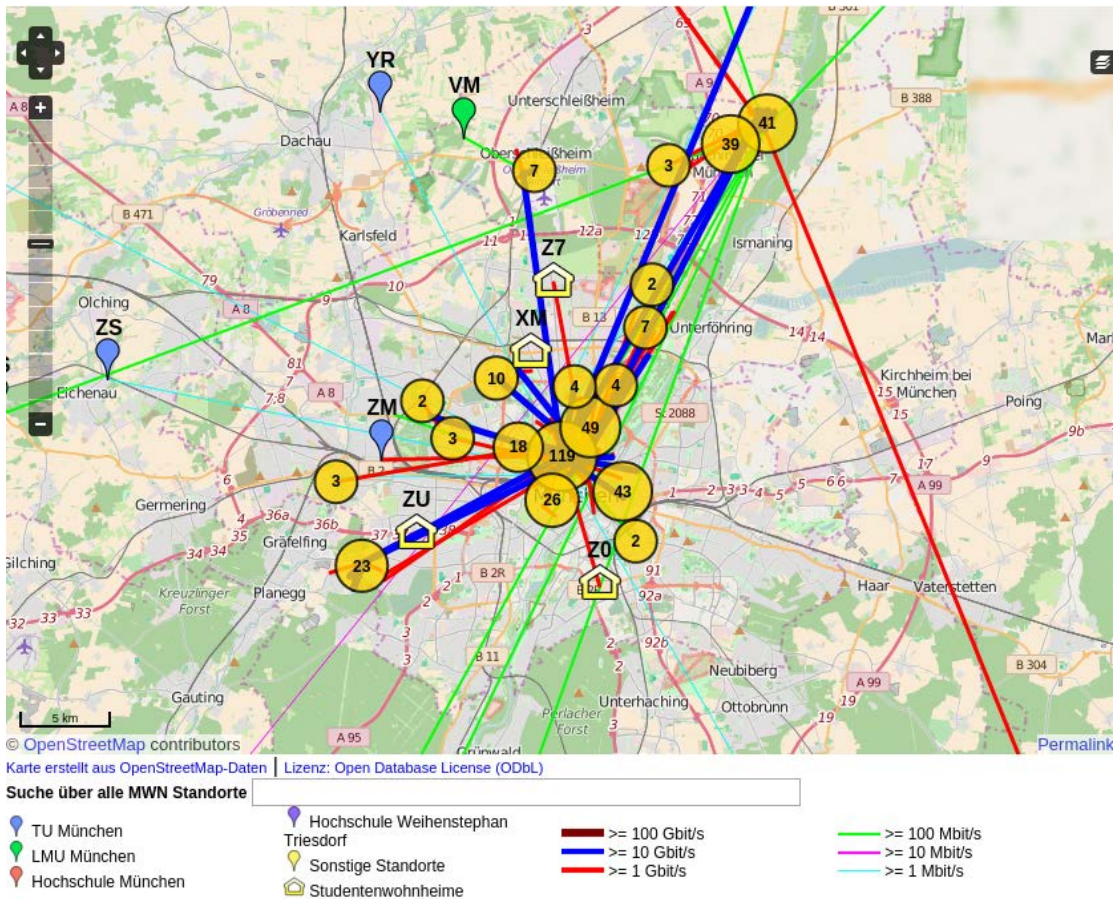


Abbildung 57: Karte des MWN auf dem öffentlichen LRZ-Webserver

### 12.9.4 Inhaltliche Aktualisierung der Netzdokumentation

Um die Aktualität der Informationen zu den Netzverantwortlichen zu sichern, wurde 2015 wieder eine Benachrichtigung und Überprüfung der Kontaktinformationen durchgeführt. Jeder der 1028 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 eventuelle Fehler korrigiert werden. In der E-Mail wurde auch auf das NeSSI-Interface für Netzverantwortliche hingewiesen. An die 287 Netzverantwortlichen, die auch nach zwei Monaten noch nicht geantwortet hatten, wurde per Skript automatisiert eine E-Mail zur Erinnerung geschickt.

Bei 257 Einträgen zu Netzverantwortlichen waren kleinere oder größere Änderungen während der Aktualisierung notwendig. Bei allen anderen Netzverantwortlichen blieben die Einträge unverändert.

Neben dieser jährlichen Aktualisierung werden aktuelle Änderungen im MWN laufend in die Netzdokumentation übernommen.

### 12.9.5 Überwachung der Dienstqualität

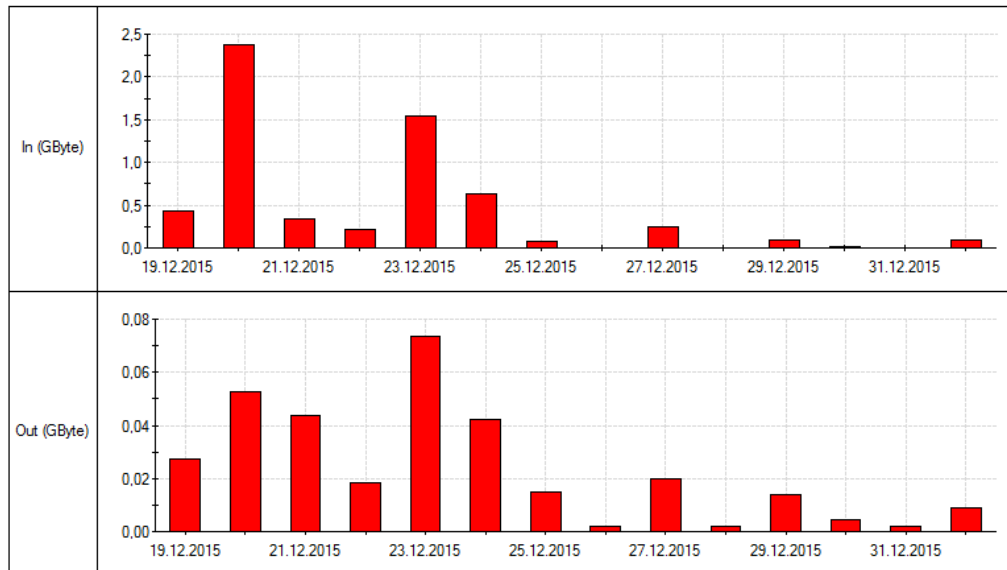
Das Service Level Management Werkzeug InfoVista dient dazu, die Qualität von IT-Diensten zu überwachen und in Form von graphischen Reports darzustellen. Es wird seit dem Jahr 2000 zur Überwachung der Dienstqualität im Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) eingesetzt. InfoVista wird ständig an die Entwicklungen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

Im Jahr 2015 wurden Reports erstellt, um Durchsatz und Volumen der Bayern-WLAN SSID in Straubing (s. Abschnitt 12.11.6) zu messen, die von den LRZ-AccessPoints ausgestrahlt wird, wobei der Netzverkehr dann auf einer dedizierten Route zum Bayern-WLAN-Betreiber geführt wird. Dieser Verkehr wird in eigenen InfoVista-Reports gemessen und in Statistiken aufbereitet; als Beispiel ist in Abbildung 58 der tägliche Verkehr der Bayern-WLAN-SSID dargestellt.



**MWN Interfaces Volume Sum Daily**

Generated: 01.01.2016 - 00:00:00  
 Periodicity: Daily  
 Report for: Bayern WLAN

**Volumen Summe**

**Abbildung 58: Täglich übertragenes Daten-Volumen der Bayern-WLAN-SSID in Straubing**

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>) eine Übersicht über das Gerät und auch über die Port-Auslastung der Switches, an denen sie angeschlossen sind. Durch die Reports wird die Dienstleistung des LRZ transparenter, außerdem kann die Fehlersuche im Institut dadurch erleichtert werden. Die Reports können im HTML-, GIF-, PNG-, PDF-, Text- oder Excel-Format abgerufen werden.

Zu den bereits in den Jahren 2003–2014 erstellten regelmäßigen Reports für Netzverantwortliche kamen 2015 noch Reports für die TUM Thermodynamik, die TUM Nachrichtentechnik und die TUM School of Education 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 2004 zeigt Abbildung 59. Die Datenmenge pro Monat nähert sich während der Vorlesungszeiten der zwei Petabyte-Grenze. Im Gegensatz zum Jahr 2014 nimmt der Verkehr in 2015 wieder deutlich zu. Dies liegt auch daran, dass der Large Hadron Collider am CERN nach dem Umbau wieder deutlich mehr Daten produziert.

Um diese hohen Bandbreitenanforderungen im MWN zu erfüllen, hat der DFN das MWN direkt an seinen sogenannten Super-Core angebunden und im Berichtsjahr den Supercore erweitert. Die bisherigen Standorte Frankfurt, Erlangen, Berlin und Hannover wurden um neue Super-Core Standorte in Duisburg-Essen, Garching, Hamburg und Leipzig ergänzt und untereinander mit einem 100 Gbit/s Ring verbunden. An diesem sind weitere Kern-Router des DFN angebunden, an denen wiederum die normalen Kunden-Router angebunden sind. Das MWN wurde mit zwei Trunks über zwei unabhängige Pfade einmal direkt an Erlangen und einmal direkt 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).

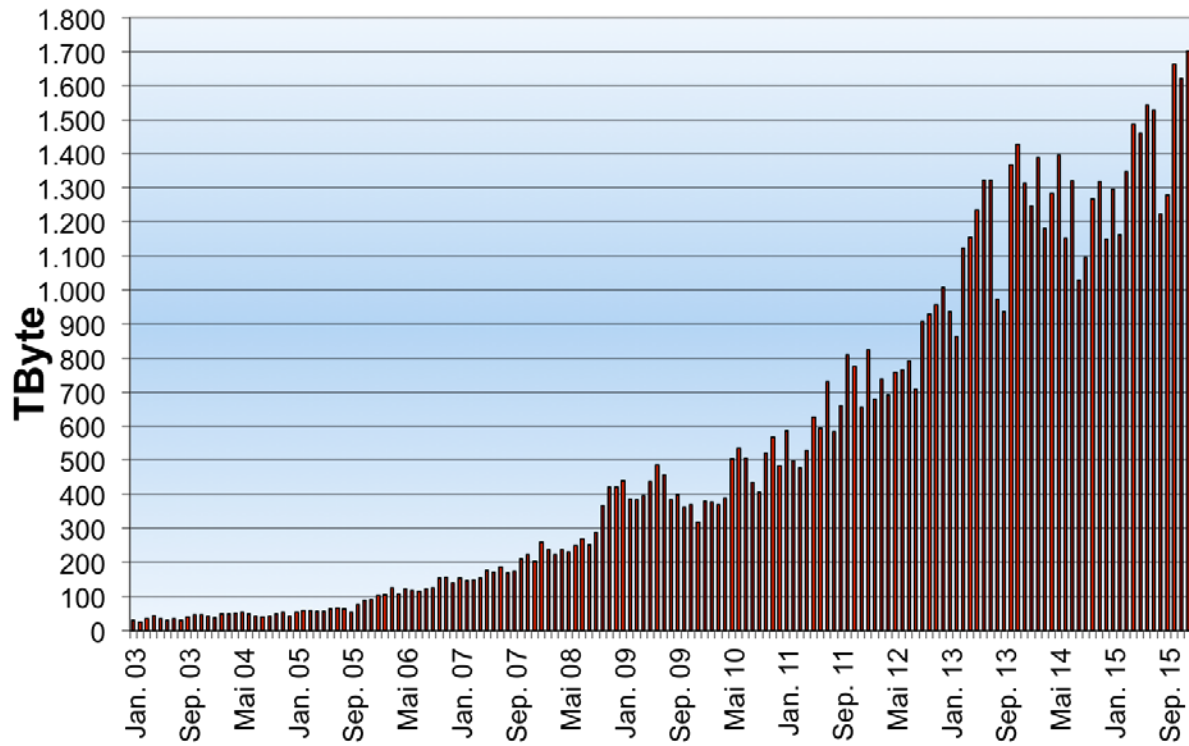
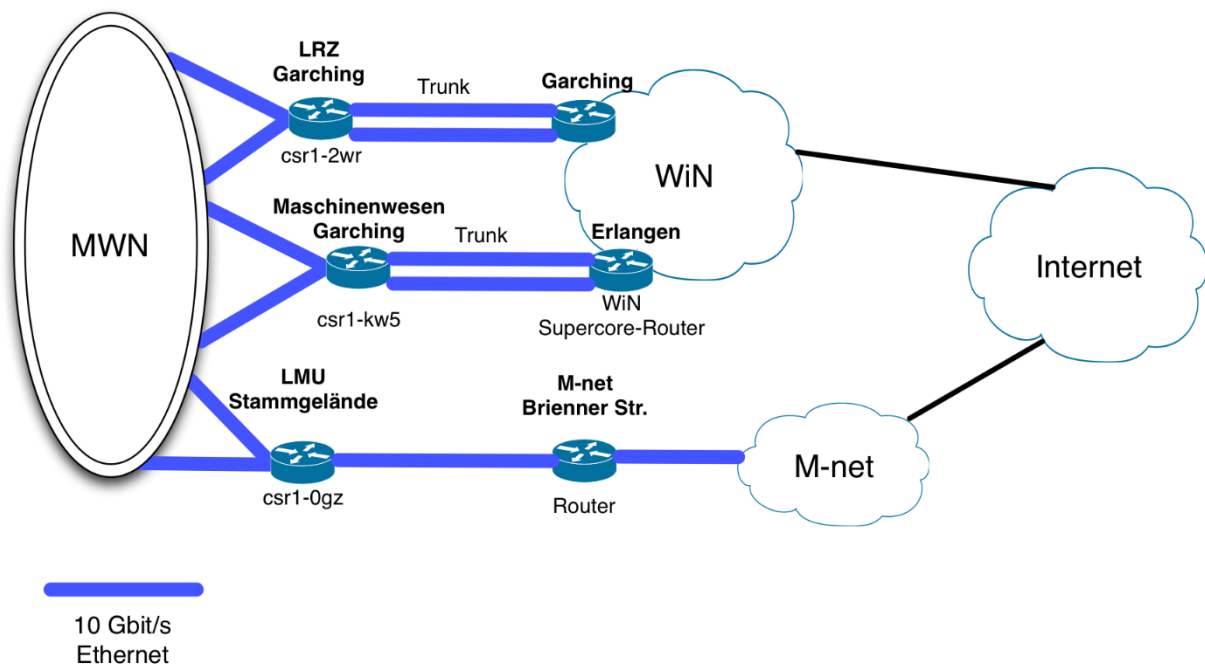


Abbildung 59: Entwicklung der Nutzung des WiN-Anschlusses des MWN seit 2004



Die technische Realisierung der Anbindung des MWN an das Internet zeigt Abbildung 60:



**Abbildung 60: Anbindung des MWN ans Internet**

Der Standardzugang zum Internet ist über das vom DFN betriebene Wissenschaftsnetz (WiN) realisiert. Der WiN-Anschluss des LRZ ist wie weiter oben bereits beschrieben über zwei Trunks direkt an den Supercore des DFN realisiert. Derzeit ist ein zweistufiges Ausfallkonzept für den Internetzugang umgesetzt:

1. Falls eine Glasfaser oder eine Komponente zwischen den MWN-Routern und dem WiN ausfallen sollte, gibt es mindestens eine verbleibende alternative Strecke ins WiN, allerdings mit reduzierter Bandbreite.
2. Sollten alle vier Leitungen oder aber die beiden DFN-Router gleichzeitig ausfallen, wird ohne merkliche Unterbrechungen für den Benutzer auf eine über M-net realisierte Backup-Verbindung umgeschaltet. Die Backup-Verbindung zum Internet wird über eine LWL-Strecke mit 10 Gbit/s zum nächsten Anschlusspunkt von M-net geführt. Die LWL-Strecke kostet einen monatlichen Grundbetrag, das Datenvolumen wird nach Verbrauch berechnet.

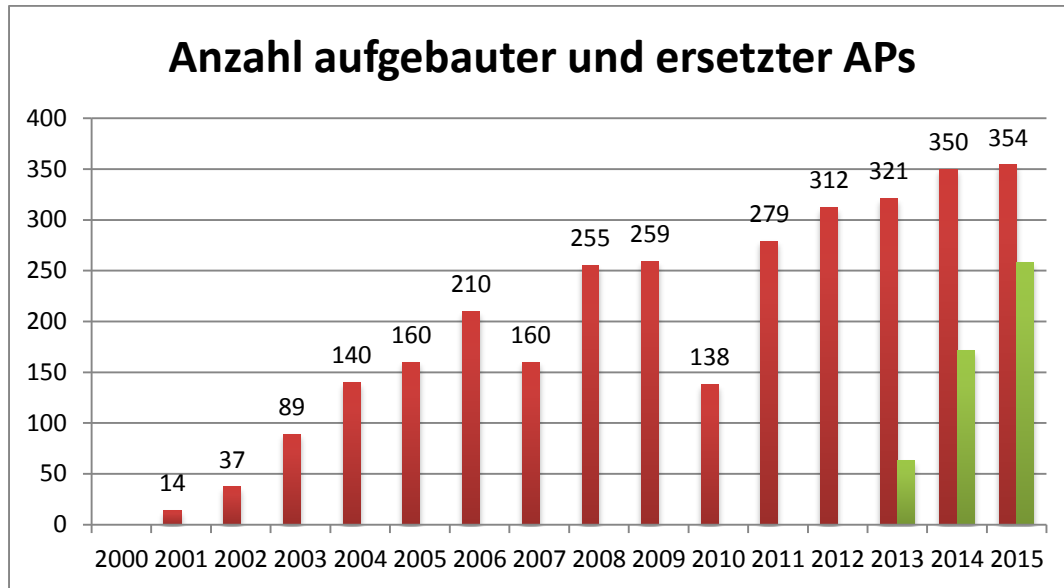
Die Wahrscheinlichkeit eines derartig umfangreichen Hardware-Ausfalls ist ausgesprochen gering. Trotzdem ist der M-net Backup auch weiterhin erforderlich und war in 2015 auch einige Male aktiv. In diesen Fällen handelte es sich i.d.R. um Routing-Probleme innerhalb des IPv6 Routings im WiN. Ohne den Backup über M-net wären in diesen Fällen ganze IPv6 Netzbereiche nicht mehr erreichbar gewesen.

Die Backup-Konzepte funktionieren für alle Systeme mit Provider-unabhängigen IP-Adressen (Standardfall im MWN). Das LRZ-Netz kann nämlich mit einem Großteil seiner IP-Adressen als autonomes System im Internet agieren. Einige Standorte (Krankenhaus Rechts der Isar, Hochschule München, Beschleunigerlabor, Zoologische Staatssammlung, kath. Stiftungsfachhochschule) bzw. Systeme (Bibliotheksverbund Bayern), die aus historischen Gründen noch providerabhängige IP-Adressen (i.d.R. vom DFN vergeben) verwenden, können die Backup-Strecke über M-net nicht nutzen.

Im Jahr 2015 wurde die M-net Backup-Strecke in 10 Fällen aktiv. In der Regel handelte es sich dabei um sehr kleine Störungen (z.B. im Routing oder bei IPv6) und der Backup war nur für wenige Minuten aktiv.

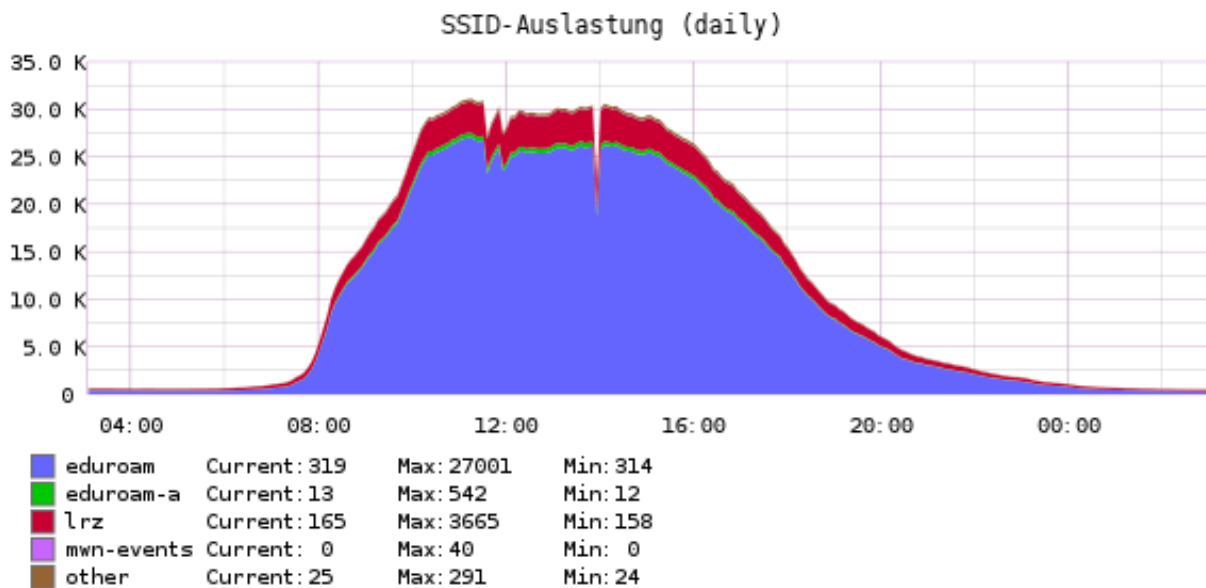
## 12.11 WLAN und Eduroam

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 2015 bereits 3.021 Accesspoints in Betrieb. Im Berichtsjahr 2015 wurden 354 Accesspoints neu installiert und 258 gegen neuere Modelle ausgetauscht, 29 nicht mehr benötigte wurden abgebaut.

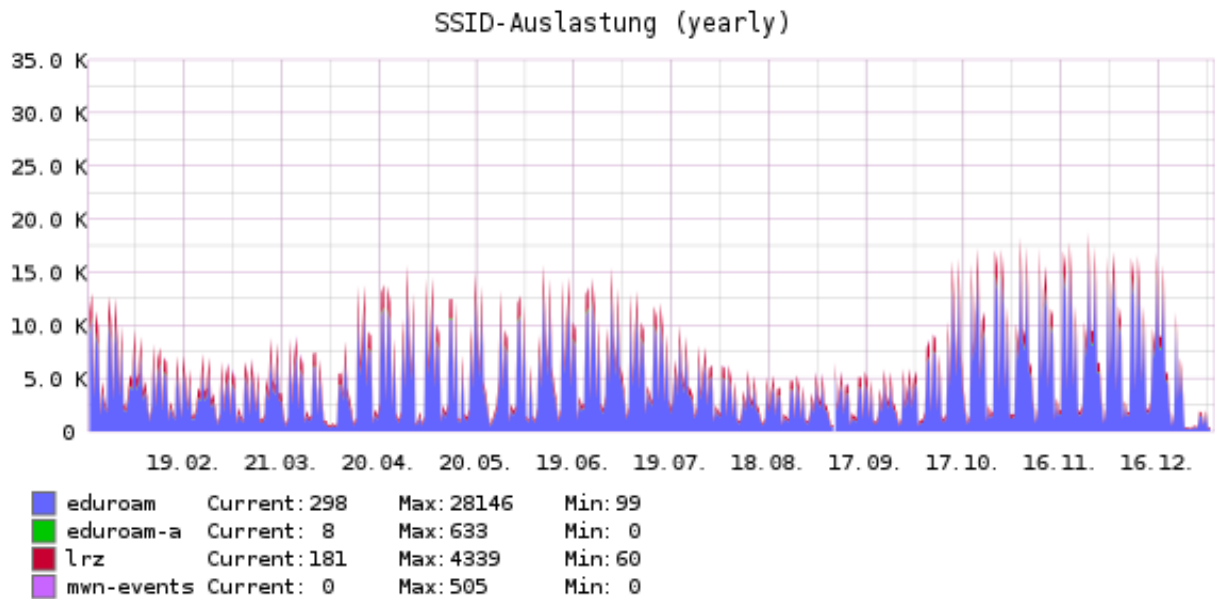


**Abbildung 61: Anzahl der jährlich installierten Accesspoints**

Die Nutzung stieg erneut stark an, insbesondere bedingt durch die weiter zunehmende Anzahl von Smartphones und Tablets. Die im Jahr 2014 gemessene Zahl von 26.390 gleichzeitigen Verbindungen stieg 2015 auf maximal 33.184 an, insgesamt wurden dabei über 300.000 verschiedene Geräte beobachtet. Gut nachgefragt wurde das WLAN auch bei 527 Kongressen und Tagungen innerhalb des Jahres 2015.



**Abbildung 62: Anzahl aktiver WLAN-Verbindungen am 20.11.2015 (5-Minuten-Mittel)**



**Abbildung 63: Entwicklung der Belegung über das Jahr 2015 (Mittelwert)**

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. Die sehr stark zunehmende Anzahl von Geräten in sehr dicht besetzten Bereichen wie Bibliotheken, große Hörsäle, u.ä. wird zunehmend zum Problem. Oft sind in solchen Bereichen nicht ausreichend viele Datendosen vorhanden, um Accesspoints nachinstallieren zu können oder die baulichen Gegebenheiten ermöglichen es nicht, die Accesspoints optimal zu platzieren.

Als Zugangskomponenten werden Accesspoints der Typen AP-215 und AP-135 von Alcatel-Lucent sowie MSM310, MSM320, MSM422 und MSM460 der Firma HP eingesetzt. Bei den ab 2015 eingesetzten AP-215 werden Datenraten bis zu 1.3 Gbit/s (IEEE802.11ac) unterstützt. Erste Accesspoints mit dem neuen Standard 802.11ac Wave 2, die Datenraten von mehr als 1.7 Gbit/s unterstützten, sind testweise im Einsatz.

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 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. Im Jahr 2015 wurden neben den vier bestehenden vier weitere Controller beschafft und „näher“ bei den zu verwaltenden Access Points positioniert. Die beiden Master-Controller im LRZ werden als ausfallsicheres Cluster betrieben, sie verwalten die Lizenzen und die Sub-Controller.

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 vollständig auf Alcatel umgestellt wurden, laufen die Accesspoints im Tunnel-Modus, 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. In folgenden Bereichen existiert bereits eine homogene Infrastruktur mit Controller-basierten Access-Points:

- TUM, Geb. 6101, Heizhaus, Römerhofweg 67
- TUM, Geb. 5219, Verwaltungsstelle, Walter-Meißner-Str. 2
- TUM, Geb. 5103, Betriebsgebäude II, James- Franck-Straße
- WSI, Geb. 5112, Walter-Schottky-Institut, Am Coulombwall 4
- Wohnheim der Ingeborg-van-Calker-Stiftung, Richard-Wagner-Str. 16
- LMU, Neubau BioSysM, (Erweiterung Genzentrum), Butenandtstr. 1
- TUM Geb. 4318, Hans Eisenmann-Zentrum (Zentralinstitut für Agrarwissenschaften), Liesel-Beckmann-Straße 2
- TUM, Geb. 4264, Protein Modelling, Emil-Erlenmeyer-Forum 8

- TUM, Geb 4103, Sammlungsbau, Alte Akademie 6
- TUM, Geb. 551, Hörsaalgebäude, Einsteinstraße 3
- LMU, Geb. 0620, Leopoldstr. 5
- TUM, Exzellenzcluster MIAPP (ehem. T1-Gebäude IPP), Boltzmannstr. 1
- TUM, Forschungszentrum für Katalyse CRC (Katum), Ernst-Otto-Fischer-Str. 1
- TUM Geb. 5519, Leichtbauhalle (bei Imetum), Boltzmannstraße 11
- TUM, ZNN Zentrum für Nanotechnologie und Nanomaterialien, Am Coulombwall 4a
- TUM Geb. 5515, Zentrum für Softskills, Boltzmannstr. 15
- UnternehmerTUM Neubau, Lichtenbergstraße
- LMU, Geb. C (früher 0802), Anatomie, Veterinärstraße 13
- LMU, Geb. N (früher 0825), Chirurgie, Königinstr. 14
- LMU, Geb. Q (früher 0835), Rechnerbetriebsgruppe, Königinstr. 16
- LMU, Geb. B (früher 0801), Tierzucht, Königinstr. 8
- LMU, Geb. A (früher 0800), Physiologie, Veterinärstr. 13
- TUM, Geb. 4153, Teilverwaltung TUM (früheres Verwaltungsgebäude der Molkerei), Weißenstephaner Berg 13
- TUM, Geb. 4238, Werksfeuerwehr, Emil-Erlenmeyer-Forum 2
- TUM, Geb. 4226, Internationales Getränkewissenschaftliches Zentrum (iGZW), Gregor-Mendel-Str. 4
- Historisches Kolleg, Kaulbachstr. 15
- LMU, Medizinische Lesehalle, Beethovenplatz 1
- Wohnheim Oberschleißheim, Am Schäferanger 9-15
- TUM Wassersportzentrum, Unterer Seeweg 5
- TUM, Kloster Raitenhaslach
- LMU, Maria-Ward-Str.1a
- LMU, Ludwigshöhe 8
- LMU, CAP, Maria-Theresia-Str. 21
- TUM, Marsstraße 20-22
- TUM, Betriebswirtschaftslehre, Leopoldstr. 139-145

Im Laufe des Jahres 2015 wurden folgende Bereiche neu mit WLAN ausgestattet:

- LMU, Geb. 0120, Statistik, Ludwigstr. 33
- TUM Wassersportzentrum
- TUM, Geb. 4238, Werksfeuerwehr
- TUM, Geb. 5219, Verwaltungsstelle
- UnternehmerTUM Neubau
- LMU, Geb. 0060, Schellingstr. 10
- LMU, Schellingstr. 5
- HM, Gebäude E
- TUM, Geb. 2305, ZHS
- HMTM Musikhochschule Außenstelle Wilhelmstraße
- LMU, Universitätsarchiv + Physik
- TUM, Geb. 5204, Umformtechnik und Gießereiwesen
- TUM, Geb. 4108
- LMU, Jura, Veterinärstr. 1
- LMU, Versuchsgut St. Hubertus
- TUM, Geb. 6101, Heizhaus
- LMU, Geb. K (früher 0830), Pharmazie
- Musikhochschule, Luisenstr. 37a
- TUM, Geb. 4109, LS f. Maschinenkunde der Brauerei u. Lebensmittelverpackungstechnik
- LMU, Geb. 0600
- HM, Gebäude T, Neubau
- SNSB, Maria-Ward-Str.1a
- LMU/TUM, Geb.2804, Deutsches Museum
- TUM, Geb. 4124, FML neu - Zentrum für Milch- und Lebensmittel
- ABZ, Ausbildungszentrum für Pastoralreferenten
- LMU, Reptilienklinik Oberschleißheim
- TUM, LMU, Geb. 5120, Beschleunigerbereich

- HSWT, Gebäude 4123
- WZS, ehemalige VHS
- TUM, Geb. 0508 (Stammgelände), im Kern
- TUM, Limnologische Station, Iffeldorf
- LRZ, Institutstrakt
- LMU, Geflügelkrankheiten (Vogelklinik)
- LMU Martiusstr. 4
- WZS, Straubing Neubau
- LMU, Laboratory for Extreme Photonics (LEX, CALA)
- LMU, Schackstr. 4
- LMU, Moorversuchsgut Badersfeld
- TUM, Geb. 4298, (ehem. Degussa-Gebäude)
- LMU, Neubau BioSysM, (Erweiterung Genzentrum)
- HM, Gebäude S
- TUM, Geb. 0202
- TUM, Geb 4103, Sammlungsbau
- LMU, Geb. 0410, Vordergebäude
- HMTM, Musikhochschule
- TUM, Geb.0401, Verwaltung, Mathematik
- TUM, Geb. 4111, Versuchs- und Lehrbrauerei
- HM, Gebäude M
- LMU Giselastraße 10
- Gästeappartement Musikhochschule, Appartement 11

### 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. Neben der SSID *eduroam* wird zusätzlich *eduroam-a* angeboten, welche die Verbindungen auf das 5GHz-Frequenzband einschränkt. Dadurch lassen sich Probleme mit manchen Linux-Clients verhindern, welche bei Verfügbarkeit von zwei Frequenzbändern ständig zwischen diesen wechseln und dadurch keine stabile Verbindung erlauben. Außerdem ist noch die SSID *eduroam-ipv6* konfiguriert, welche Verbindungen nur über IPv6 erlaubt.

Abbildung 64 zeigt eine Wochenstatistik in Abhängigkeit der genutzten SSID. Die blauen und grünen Bereiche zeigen die Nutzerzahlen von *eduroam*. Mittlerweile nutzt die überwiegende Mehrheit der Anwender diese SSID und 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 65 dargestellte Nutzungsstatistik aus dem Wintersemester 2015, 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 MWN 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.

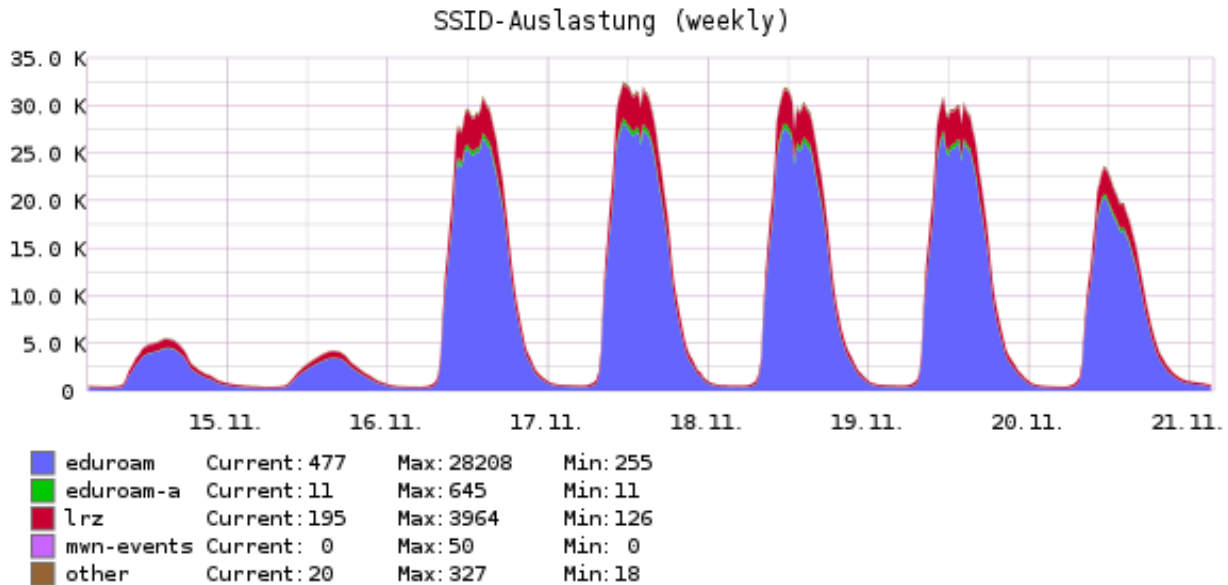


Abbildung 64: Nutzung des WLAN, aufgeteilt nach SSIDs

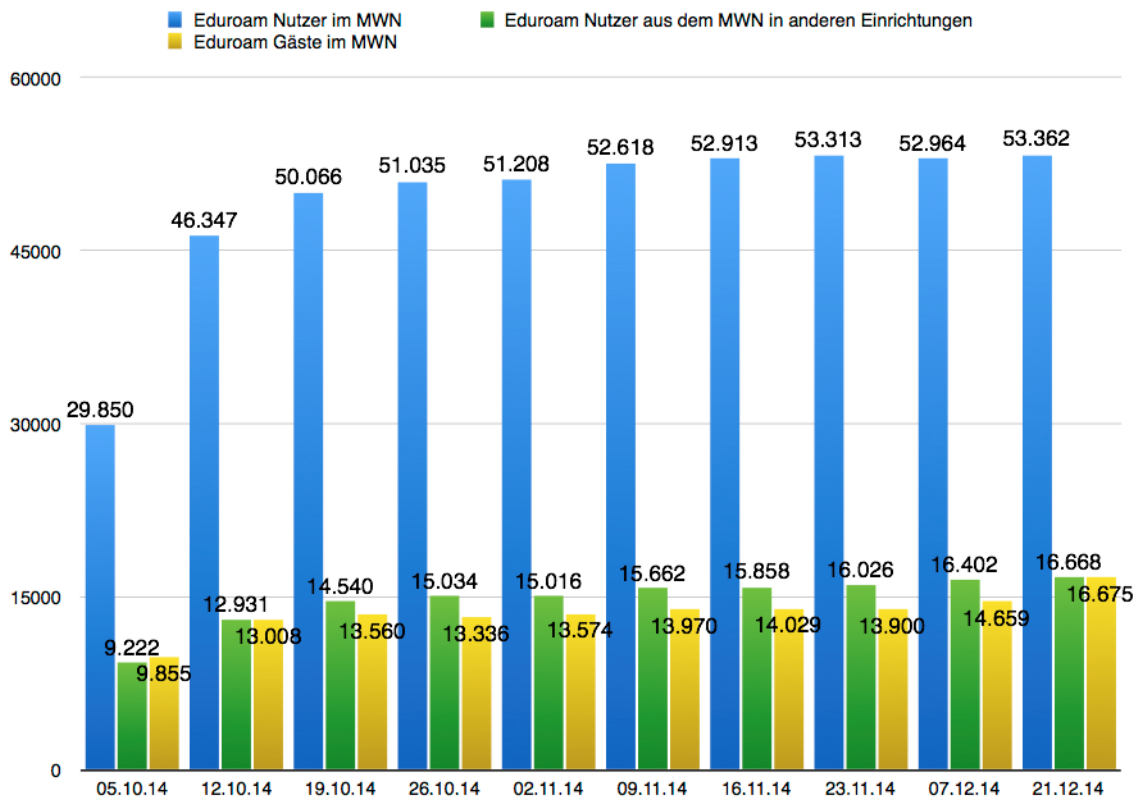


Abbildung 65: Eduroam Nutzung durch MWN-Nutzer und Gäste

### 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 (EoC)

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.

#### 12.11.3.1 München

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.

Im Jahr 2015 wurden weitere sieben Standorte in Betrieb genommen (in der folgenden Liste kursiv):

- Marienplatz
- Stachus
- Odeonsplatz
- Sendlinger Tor
- Giesinger Bahnhof
- Harras
- Lehel
- Marienhof
- Münchner Freiheit
- Neuperlach Zentrum (PEP)
- Orleansplatz
- Rotkreuzplatz
- Wettersteinplatz
- *Coubertinplatz im Olympiapark*
- *Hauptbahnhof*
- *Hohenzollernplatz*
- *Königsplatz*
- *Kolumbusplatz*
- *Mangfallplatz*
- *Willy-Brandt-Platz in der Messestadt West*

Die Standorte der Access Points der SWM wurden mit in die Übersichtskarte der Access Points im MWN (s. Abbildung 57) aufgenommen und mit einem eigenen Symbol versehen.

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.

### 12.11.3.2 Augsburg

In Augsburg wurden Mitte des Jahres 2015 von den 90 Stadtbussen 60 modernere Typen mit WLAN ausgestattet. Auch hier wird auf allen Access Points eduroam mit ausgestrahlt und jeder neue Bus wird künftig WLAN und eduroam erhalten. Auch die Straßenbahnen sollten mit WLAN ausgestattet werden. Hierzu war aber eine bahnrrechtliche Genehmigung erforderlich, die erst in der zweiten Jahreshälfte erteilt wurde. Die ersten Straßenbahnen wurden daraufhin bereits Ende 2015 mit WLAN ausgestattet.

Augsburg ist damit bundesweit die erste Stadt, die ihren öffentlichen Nahverkehr nahezu flächendeckend mit WLAN und eduroam versorgt.

### 12.11.3.3 Rosenheim

In Rosenheim gibt es ein City WLAN, das von der KomRo GmbH, einer Gesellschaft der Stadtwerke Rosenheim, betrieben wird. Die KomRo hatte von der EoC-Initiative des ZKI gehört und wollte in Ihrem City-Netz als Hochschulstadt auch eduroam anbieten. Nach einem Informationsaustausch mit dem LRZ wurde Mitte des Jahres mit der Umsetzung begonnen. Ende 2015, Anfang 2016 wurde dann eduroam freigeschaltet. Die Standorte der Access Points finden sich auf folgender Seite: <https://www.rosenheim.de/karten-verzeichnis-maps2/interaktive-karten/city-wlan-rosenheim.html>

## 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. 2015 wurden insgesamt von 178 Master Usern 3.533 Kennungen für Gäste eingerichtet.

## 12.11.5 Unterstützung von Veranstaltungen

Etwas weniger nachgefragt wird die WLAN-Unterstützung für externe Teilnehmer bei Konferenzen und Tagungen, innerhalb des Jahres 2015 waren es 527 Veranstaltungen (-108 gegenüber 2014).

Bis Ende 2014 wurde auf den Access Points im Veranstaltungsbereich und auf die Dauer der Veranstaltung beschränkt eine SSID **con** freigeschaltet, über welche unverschlüsselte WLAN-Verbindungen ins Internet ermöglicht wurden. Diese Lösung ist aber aus Gründen der Sicherheit und wegen des hohen Einrichtungsaufwands unbefriedigend. Deshalb wurde 2014 ein neues Konzept erarbeitet und ein neues Verfahren prototypisch eingeführt.

Beim neuen Verfahren können die Verantwortlichen 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. Ab 2015 wurde mwn-events produktiv eingesetzt und die Freischaltung über **con** nicht mehr angeboten.

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, jedoch den meisten Gebäuden und Räumen sind die Voraussetzungen erfüllt.

## 12.11.6 @BayernWLAN

Im Rahmen der BayKOM2017 Ausschreibung (s. Abschnitt 12.7.3) wurde mit dem Los 2 ein offenes WLAN für Bayern ausgeschrieben. Damit soll die Möglichkeit geschaffen werden, 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.

Im Vorfeld der Ausschreibung wurde auch über die Unterstützung von eduroam auf den BayernWLAN Access Points diskutiert. Im Rahmen dieser Gespräche wurde ein Kooperationsmodell zwischen den Universitäten, Hochschulen und dem Freistaat Bayern entwickelt. Die Idee davon ist, dass der Gewinner der Ausschreibung und Betreiber des BayernWLAN neben seiner SSID @BayernWLAN auch eduroam mit ausstrahlt und unterstützt. Im Gegenzug könnten die Universitäten und Hochschulen, deren Infrastruktur das erlaubt, neben ihren eigenen SSIDs auch die Kennung @BayernWLAN mit ausstrahlen.

Vor der Umsetzung einer solchen Kooperation mussten aber erst einige technische und organisatorische Fragestellungen geklärt werden. 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 muss dafür ein kommerzieller Internet-Übergabepunkt zur Verfügung stehen, 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, muss durch den Betreiber und nicht durch die Universitäten und Hochschulen erfolgen. Außerdem ist die technische Realisierbarkeit auf der jeweiligen Infrastruktur der Universität bzw. Hochschule zu prüfen.

Um diese organisatorischen und technischen Herausforderungen besser bewerten zu können, wurde im Wissenschaftszentrum in Straubing ein Pilot für diese Kooperation aufgesetzt. Dazu mussten die Access Points in Straubing homogenisiert werden. Die Unterstützung für @BayernWLAN kann nur mittels neueren controller-basierten Access Points umgesetzt werden. Dazu wurden in Straubing alte HP-Access Points durch zwölf neue von der Firma Alcatel-Lucent ersetzt und für Freiflächen wurden neun zusätzliche Outdoor-Access Points aufgebaut. Für den Internet-Übergang wurde eine Anbindung von Kabel-Deutschland mit 100 Mbit/s (Downlink) und 12 Mbit/s (Uplink) beauftragt. Die Abwicklung des @BayernWLAN Verkehrs übernimmt die Firma abl social federation aus Fürth. Mit diesem technischen Setup konnte @BayernWLAN am Wissenschaftszentrum Straubing am 2. Dezember 2015 in Betrieb gehen und erfreut sich seitdem großer Beliebtheit.

Straubing wird auch das neue Koordinierungsbüro WLAN des Freistaates Bayern erhalten und die Innenstadt, sowie Finanz- und Vermessungsamt wurden ebenfalls mit @BayernWLAN ausgestattet. Das Zentrum und @BayernWLAN wurde am 18.12.15 von Staatsminister Dr. Söder eröffnet bzw. in Betrieb genommen.

## 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 10Gbit/s angeschlossen, die vier ASA5540 mit jeweils 1Gbit/s. Die verfügbare Bandbreite für verschlüsselte Verbindungen (AES/3DES) beträgt 50Mbit/s beim VPN-Concentrator 3030, 350Mbit/s pro ASA5540 und 1Gbit/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 Omnicore RAP3 von Alcatel-Lucent ersetzt. Diese Remote-Access-Points 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 2015 fiel der Datendurchsatz über die VPN-Server leicht im Vergleich zum Vorjahr. Bis zu 3.800 Nutzer parallel waren in Spitzenzeiten angemeldet. Der Monat November ist der Monat mit dem höchsten Datenaufkommen, es wurden über 270.000 Verbindungen aufgebaut. Im Vorjahr waren es 600.000 Verbindungen. Der Rückgang um 55% liegt an der Aktivierung des automatischen Wiederverbindens des AnyConnect-Client nach dem Ruhezustand des Rechners. Damit entfällt das erneute manuelle Anmelden.

**Tabelle 25: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November**

| Jahr | Ausgehend | Eingehend | Gesamt |
|------|-----------|-----------|--------|
| 2005 | 0,7       | 3,2       | 3,9    |
| 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   |

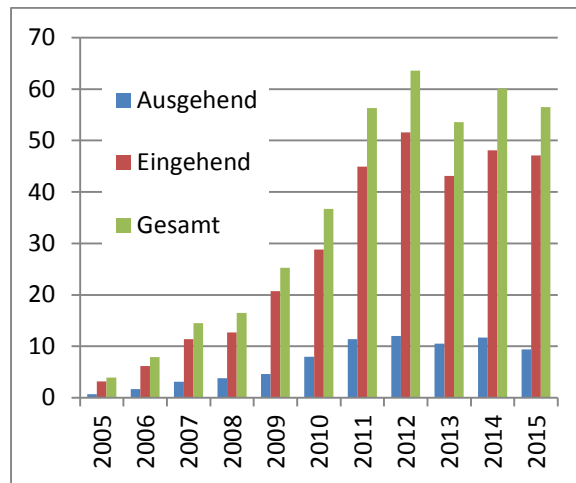


Abbildung 66: Datenverkehr in Terabytes über die VPN-Server im Referenzmonat November

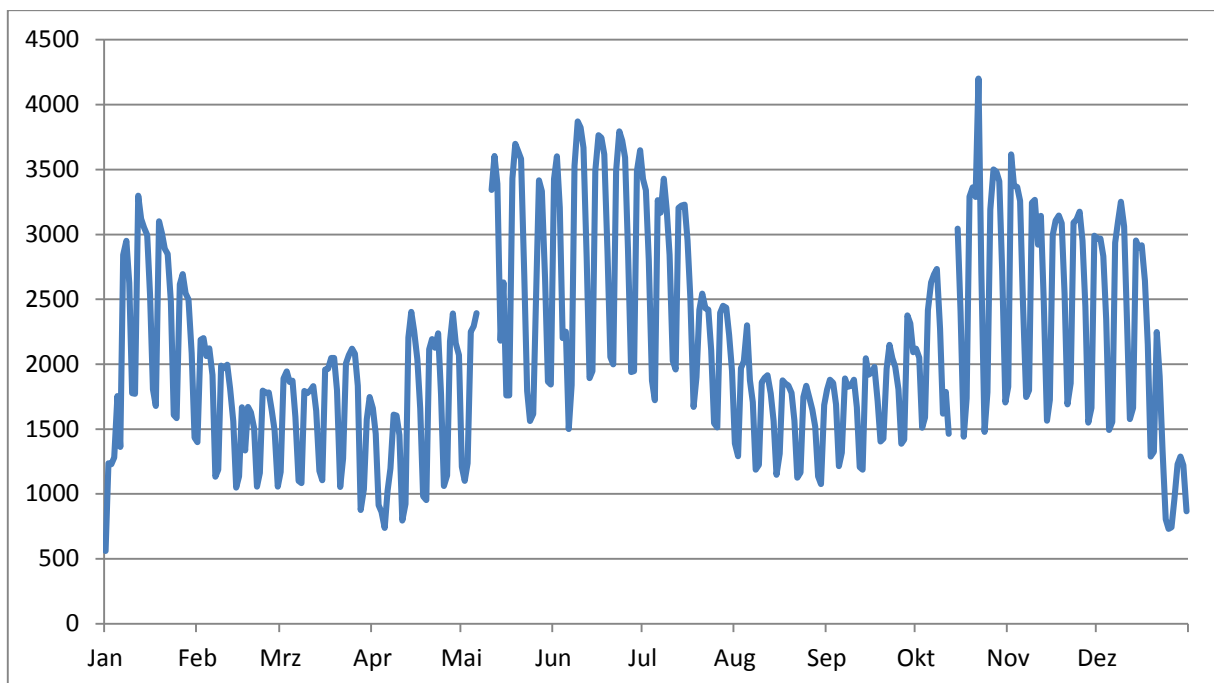


Abbildung 67: Anzahl der maximal gleichzeitig an den VPN-Servern angemeldeten Nutzer

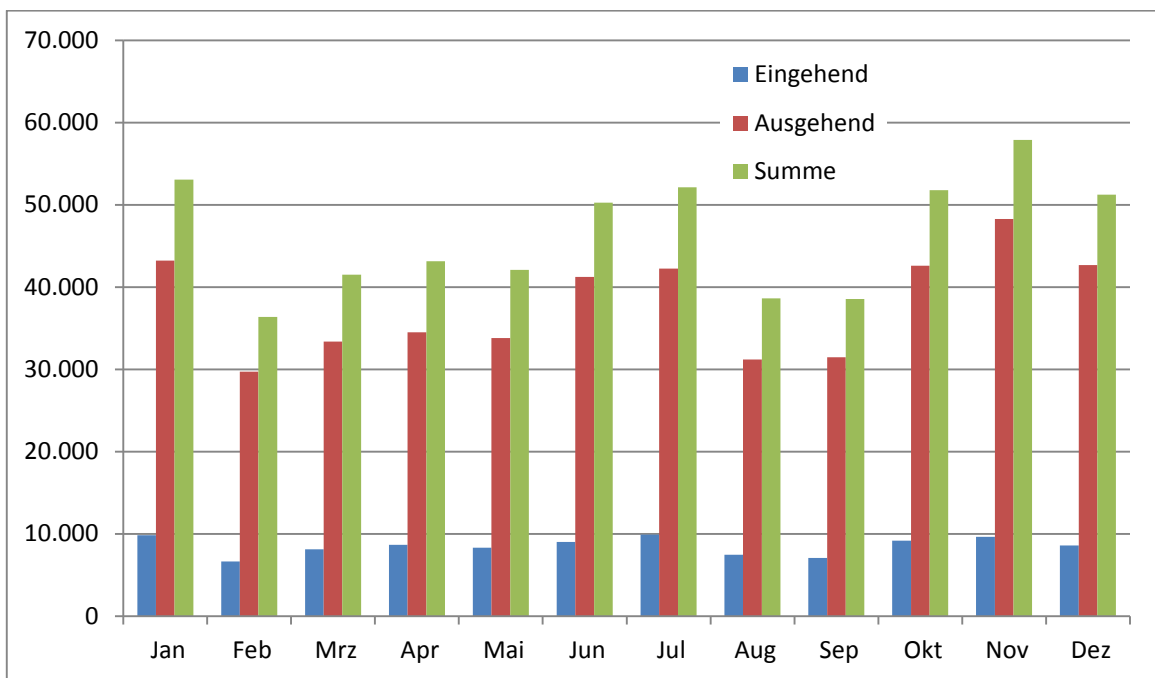


Abbildung 68: Monatliches Datenvolumen der VPN-Server in Gigabyte im Jahr 2015



## 13 Kurse, Führungen und Vorführungen am V2C

### 13.1 Kurse und Veranstaltungen

Das LRZ bot seinen Kunden in 2015 rund 40 Kurse an, die sich in die Bereiche PC-Software, Hochleistungsrechnen und weitere Veranstaltungen einteilen lassen. Die in Tabelle 26 bis Tabelle 29 aufgeführten Veranstaltungen wurden von mehr als 5.300 Teilnehmern besucht.

#### 13.1.1 Kursübersicht, Statistik 2015

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 26: Kurse zu PC-Software 2015**

| Kurstitel                                 | Dauer (Stunden) | Anzahl Kurse | Anmeldungen | Teilnehmer |
|-------------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|------------|
| Access 2013 (Kompakt)                     | 11              | 1            | 19          | 14         |
| Einführung in das Webhosting-Angebot      | 4               | 1            | 29          | 29         |
| Einführung in SPSS                        | 8               | 2            | 28          | 21         |
| Excel 2013 (Kompakt)                      | 9               | 5            | 356         | 113        |
| Excel 2013 (Fortsetzung)                  | 9               | 4            | 228         | 78         |
| Photoshop Elements 11                     | 9               | 1            | 53          | 21         |
| Photoshop Elements 13                     | 9               | 1            | 30          | 16         |
| PowerPoint 2013 (Kompakt)                 | 7               | 2            | 47          | 28         |
| PowerPoint 2013 (Professionelle Vorträge) | 9               | 1            | 25          | 10         |
| Word 2013 (Kompakt)                       | 9               | 4            | 75          | 63         |
| Word 2013 (Fortsetzung)                   | 9               | 4            | 78          | 70         |
| <b>Insgesamt</b>                          | <b>93</b>       | <b>26</b>    | <b>968</b>  | <b>463</b> |

**Tabelle 27: Kurse zum Hochleistungsrechnen 2015**

| Kurstitel                                                        | Dauer (Stunden) | Anzahl Kurse | Anmeldungen | Teilnehmer |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|-------------|------------|
| Advanced C++ with Focus on Software Engineering                  | 24              | 1            | 67          | 48         |
| Advanced Fortran Topics                                          | 48              | 1            | 10          | 10         |
| Automatic Tuning of HPC Applications with Periscope              | 3               | 1            | 3           | 3          |
| C for Beginners                                                  | 11              | 1            | 22          | 22         |
| C++ for Beginners                                                | 14              | 1            | 71          | 71         |
| Eclipse C/C++ Kurs/Fortran Programming                           | 6               | 1            | 18          | 18         |
| Intel MIC&GPU Programming Workshop                               | 27              | 1            | 21          | 21         |
| Parallel Programming of High Performance Systems                 | 45              | 1            | 31          | 31         |
| PRACE PATC Course: Advanced Topics in High Performance Computing | 36              | 1            | 16          | 16         |
| Programming with Fortran                                         | 45              | 1            | 21          | 21         |
| Recent Advances in Parallel Programming Languages                | 7               | 1            | 51          | 51         |
| Tools for Life Science                                           | 6               | 1            | 13          | 13         |
| Training LRZ Compute Cloud                                       | 9               | 1            | 29          | 29         |
| <b>Insgesamt</b>                                                 | <b>281</b>      | <b>13</b>    | <b>373</b>  | <b>354</b> |

**Tabelle 28: Führungen durch das LRZ und Vorführungen am V2C**

| Veranstaltungstitel                                                 | Anzahl der Veranstaltungen | Anzahl der angemeldeten Teilnehmer |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Führung durch das LRZ                                               | 112                        | 2834                               |
| Besichtigung des Zentrums für virtuelle Realität und Visualisierung | 93                         | 1653                               |
| <b>Insgesamt</b>                                                    | <b>205</b>                 | <b>4487</b>                        |

Auch im Jahr 2015 wurde – zusätzlich zum regulären Kursprogramm – die vorhandene, moderne Infrastruktur im Hörsaal, den Seminar- und Kursräumen für 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 29: Weitere Veranstaltungen in den Räumen des LRZ**

| Titel                                                   | Datum               |
|---------------------------------------------------------|---------------------|
| SUSE Linux Enterprise Server12 - Training               | 13.01. – 15.01.2015 |
| Besuch TU Dortmund                                      | 14.01.2015          |
| MrSymbioMath Review Meeting                             | 16.01.2015          |
| AutoTune Workshop                                       | 19.01.2015          |
| Arbeitstreffen: "Meet the LRZ" mit dem Universe Cluster | 20.01.2015          |
| SURF Workshop TU                                        | 20.01.2015          |
| Besuch Cray (Pete Ungary)                               | 21.01.2015          |
| nVIDIA-Veranstaltung                                    | 22.01.2015          |
| Lehrveranstaltung Prof. Mainzer "Komplexe Systeme"      | 22.01 – 23.01.2015  |
| Lehrveranstaltung CIO-Planspiel TUM                     | 27.01.2015          |
| SIMOPEK Treffen                                         | 27.01. – 28.01.2015 |
| Seagate-Meeting                                         | 28.01.2015          |
| PRACE 4IP WP5 Meeting                                   | 09.02.2015          |
| FORTRAN Programming                                     | 09.02. – 13.02.2015 |
| Intel IPCC Showcase (LRZ – TUM)                         | 10.02.2015          |
| SuperMUC Lenkungsausschuss-Sitzung                      | 13.02.2015          |
| Besuch Biomedizinisches Zentrum LMU                     | 23.02.2015          |
| Oakridge National Laboratory (Ph.D. Engelmann)          | 23.02.2015          |
| Referenzbesuch Skoda                                    | 25.02.2015          |
| Besuch Duale Hochschule                                 | 26.02.2015          |
| IBM-Meeting                                             | 27.02.2015          |
| Besuch A*Star                                           | 01.03.2015          |
| Meeting Allinea                                         | 05.03.2015          |
| BHN-Sitzung                                             | 05.03.2015          |
| OCIP-Meeting                                            | 09.03. – 11.03.2015 |
| Parallel Programming of High Performance Systems        | 09.03. – 13.03.2015 |
| EU-Projekt VERCE                                        | 09.03. – 13.03.2015 |
| Intel visit                                             | 13.03.2015          |
| Optical Coatings for Modern Application (OptiLayer)     | 16.03. – 18.03.2015 |
| PROSPECT Mitgliederversammlung                          | 25.03.2015          |

| Titel                                                                      | Datum               |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| itSM: Advanced Training in Service Planning and Delivery (SPD)             | 26.03. – 27.03.2015 |
| KlimEx Kick off Meeting                                                    | 31.03.2015          |
| Advanced Topics in High Performance Computing                              | 07.04. – 10.04.2015 |
| Praktikum Immunoinformatik                                                 | 07.04. – 10.04.2015 |
| ISMS Kompaktseminar LMU                                                    | 09.04.2015          |
| Citrix Netscaler-Schulung                                                  | 13.04.2015          |
| KONWIHR                                                                    | 13.04.2015          |
| AlpenDAZ-Planungsarchitektur-Workshop                                      | 14.04.2015          |
| Immunoinformatik (Prof. Antes)                                             | 16.04.2015          |
| Vortragskolloquium "Berufungsverfahren Werkstofftechnik der Leichtmetalle" | 20.04. – 21.04.2015 |
| Treffen Uni Regensburg                                                     | 21.04.2015          |
| Girl's Day                                                                 | 22.04. – 23.04.2015 |
| Lehrveranstaltung Virtual Reality                                          | 23.04.2015          |
| Besuch STMUV (Abt. Wasserwirtschaft)                                       | 24.04.2015          |
| AstroLab Support Call: I/O Projekt Uni Bochum                              | 24.04.2015          |
| Course for the Life Science Community                                      | 26.04.2015          |
| Compact-Course on Boundary Element Method                                  | 27.04.2015          |
| Intel MIC&GPU Programming Workshop                                         | 27.04. – 29.04.2015 |
| Alcatel (WLAN-Tag für Universitäten)                                       | 30.04.2015          |
| Meeting Piller / LRZ                                                       | 07.05.2015          |
| Intel Lizenzen Meeting                                                     | 06.05. – 07.05.2015 |
| Extreme Scale-Out SuperMUC Phase 2                                         | 11.05.2015          |
| LRZ Compute Cloud - Workshop                                               | 12.05.2015          |
| Informationsveranstaltung zum Studium im Ausland (TUM)                     | 19.05.2015          |
| Bavarikon-Rat-Treffen                                                      | 20.05.2015          |
| Jahressitzung der Kommission für Erdmessung und Glaziologie                | 22.05.2015          |
| Lehrveranstaltung Virtual Reality                                          | 28.05.2015          |
| Schnupperstudium Mathematik TU                                             | 01.06. – 02.06.2015 |
| Deutsches Internetzentrum                                                  | 03.06.2015          |
| PRACE aisbl Meeting                                                        | 08.06.2015          |
| Data Center Roadshow                                                       | 10.06.2015          |

| Titel                                                                              | Datum               |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| NCCA 2015                                                                          | 10.06. – 11.06.2015 |
| Lehrveranstaltung Prof. Mainzer TU                                                 | 11.06. – 12.06.2015 |
| BGCE Research Day                                                                  | 16.06.2015          |
| Auditory Modelling Workshop                                                        | 16.06. – 17.06.2015 |
| WG2015 Prof. Mayr (TU)                                                             | 17.06. – 19.06.2015 |
| V2C Benutzertreffen                                                                | 23.06.2015          |
| ETB-Arbeitskreis-Treffen (TU)                                                      | 23.06. – 25.06.2015 |
| Lange Nacht der Wissenschaften / Tag der offenen Tür                               | 27.06.2015          |
| Feierliche Inbetriebnahme SuperMUC Phase2                                          | 29.06.2015          |
| Projekttreffen TU                                                                  | 03.07.2015          |
| LRZ/TUM/RRZE Intel Meeting                                                         | 10.07.2015          |
| Meeting IBM (Don Grice / Technical Computing)                                      | 17.07.2015          |
| Sommerschule TU (Variational Inequalities and Optimization TU)                     | 20.07. – 24.07.2015 |
| KONWIHR-Projekt – Kick-off-Meeting                                                 | 29.07.2015          |
| Verne –Global LRZ-Meeting                                                          | 30.07.2015          |
| Gastvortrag Prof. Nam Thoai (Universität Vietnam)                                  | 27.08.2015          |
| Welcome Reception International Conference on e-Science 2015                       | 31.08.2015          |
| Plan E-draft Meeting (LMU)                                                         | 04.09.2015          |
| DEEP-Workshop                                                                      | 08.09.- 09.09.2015  |
| Iterative Gleichungssystemlöser und Parallelisierung                               | 07.09. – 11.09.2015 |
| Meeting Kundenunterstützung im HPC                                                 | 15.09.2015          |
| NetApp-Meeting                                                                     | 17.09.2015          |
| PRACE PATC-Kurs: Advanced Fortran                                                  | 14.09. – 18.09.2015 |
| Visit and Technology Presentation by Huawei                                        | 18.09.2015          |
| Sebi-Workshop TU                                                                   | 24.09.2015          |
| Meeting of the Appointment Committee for the W3 Professorship Data and Engineering | 25.09.2015          |
| IET User Group Meeting                                                             | 28.09.2015          |
| IBM QRadar Management Meeting                                                      | 29.09.2015          |
| ITSM-Kompaktseminar (LMU)                                                          | 06.10. – 07.10.2015 |
| IPCC-Workshop                                                                      | 06.10. – 08.10.2015 |
| HP: The Machine – Meeting                                                          | 09.10.2015          |

| Titel                                                                 | Datum               |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Arbeitskreis Bayerische Software                                      | 13.10.2015          |
| CIO-Planspiel TU                                                      | 13.10.2015          |
| Meeting Bull – LRZ                                                    | 14.10.2015          |
| SIMOPEK Projekttreffen                                                | 13.10. – 14.10.2015 |
| Software Defined Networking and Open Networking Technology Day (Dell) | 14.10.2015          |
| BAdW – LRZ-Meeting                                                    | 15.10.2015          |
| HPC-User-Forum                                                        | 15.10. – 16.10.2015 |
| ZKI-Tagung                                                            | 19. – 20.10.2015    |
| Wissenschaft im Dialog                                                | 19.10. – 21.10.2015 |
| Microstaxx – HD-Networking-Technology Day                             | 22.10.2015          |
| Kick-off Meeting ExaHyPE TU                                           | 23.10.2015          |
| Lehrveranstaltung TU                                                  | 23.10.2015          |
| Besuch Fa. Sphinx / Moxa                                              | 30.10.2015          |
| Bio-Workshop                                                          | 03.11.2015          |
| PRACE-Strategic Working Group                                         | 04.11.2015          |
| BVB – LRZ – Meeting                                                   | 05.11.2015          |
| Intel Solutions for Lustre Technical Deep dive-Meeting                | 05.11.2015          |
| Mont-Blanc 2 Bull / BAdW-LRZ-Meeting                                  | 05. – 06.11.2015    |
| Projekttreffen Lehrstuhl für Raumfahrt TU                             | 10.11.2015          |
| Vectra Networks Automated Threat Management                           | 11.11.2015          |
| Lehrverband Prof. Mainzer TU                                          | 12.11.2015          |
| V2 Peta GCS-Meeting                                                   | 13.11.2015          |
| Intel Presentation                                                    | 19. – 20.11.2015    |
| Data Science and Engineering                                          | 26. – 27.11.2015    |
| SeiSol-Meeting                                                        | 02.12.2015          |
| ExaHyPE Coding-Week TU                                                | 01.12. – 04.12.2015 |
| Cray-Meeting                                                          | 07.12.2015          |
| PRACE WP5 F2F Meeting                                                 | 09.12.2015          |
| Cloud-Treffen                                                         | 09.12.2015          |
| Besuch Microsoft EDU-Team                                             | 09.12.2015          |
| PRACE PATC Kurs: Node-Level Performance Engineering                   | 10.12. – 11.12.2015 |



| Titel                              | Datum      |
|------------------------------------|------------|
| Lab-Day                            | 14.12.2015 |
| Besuch Master Studenten LMU        | 17.12.2015 |
| LLCM Workshop TU                   | 18.12.2015 |
| Hochschule Kempten@Fort Fantastic  | 21.12.2015 |
| Lehrveranstaltung Prof. Mainzer TU | 22.12.2015 |

## 14 Software-Bezug und Lizenzen

Mit der Bündelung der Nachfrage nach Software-Lizenzen über Instituts- und Hochschulgrenzen hinweg 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 profitieren auch finanziell von Mengenrabatten. 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](http://www.lrz.de/services/swbezug) dargestellt.

### 14.1 Verlängerung und Ausbau bestehender Verträge

2015 wurden mehrere Verträge abgelöst oder planmäßig verlängert (Labview-„Flatrates“ im MWN, SAS, Matlab, die ESRI-Landeslizenz, Erdas, Ansys, Mindmanager, InfoVista). Aus Wirtschaftlichkeitsgründen (gesunkene Nachfrage) wurden die Campuslizenzen zu Amira und Scientific Workplace (SWP) nicht verlängert.

### 14.2 Adobe

Im CLP (Cumulative License Program), dem bundesdeutschen Rahmenvertrag für Kauflizenzen, kündigte Adobe im ersten Quartal 2015 die meisten Produkte. Hintergrund ist die neue Lizenzstrategie der Firma, künftig vor allem auf Mietmodelle und Cloud-Dienste („Creative Cloud“) zu setzen.

In Folge der im November 2014 gescheiterten Gespräche zwischen der Firma Adobe und Hochschulvertretern aus Deutschland, Österreich und der Schweiz zur Anpassung dieser neuen Lizenzstrategie an die europäische Hochschullandschaft brach der Umsatz von Adobe an den Hochschulen massiv ein (da die neuen Lizenzmodelle für die Hochschulen schlicht nicht brauchbar waren). Somit kehrte Adobe nach einigen Monaten an den Verhandlungstisch zurück. Resultat ist ein neues Lizenzmodell für Adobe-Einzelplatzlizenzen („ETLA per Desktop“), das in Bayern (parallel zu weiteren Bundesländern) in einem Rahmenvertrag umgesetzt wurde, dem die Hochschulen ohne Abnahmeverpflichtungen beitreten können. Der Rahmenvertrag wurde vom LRZ zum 30. Oktober 2015 mit Adobe Systems Software Irland Limited für die bayerischen Hochschulen abgeschlossen. Zusammen mit der Vergabestelle der Uni Würzburg haben wir zu diesem Vertrag eine Handelspartnerausschreibung durchgeführt, die von der Firma SoftwareOne gewonnen wurde, die auch in der Schweiz diesen Vertrag betreut. Alle Hochschulen und Unikliniken in Bayern haben ihre Teilnahme an dieser Ausschreibung erklärt.

Praktische Folge im MWN ist, dass die Institute seit November 2015 wieder Lizenzen zu allen Adobe-Produkten über das LRZ beziehen können.

Ferner wurde der bestehende Landesvertrag für Adobe-Campuslizenzen („ETLA“) in Absprache mit Adobe auch für Österreich geöffnet.

### 14.3 Microsoft

Über den Bundesrahmenvertrag des LRZ mit Microsoft versorgten sich Universitäten und Hochschulen allein in Bayern im Jahr 2015 mit Software-Lizenzen im Wert von brutto über 2 Mio. Euro, Tendenz steigend. Im Bundesgebiet sind bis zum Jahresende ca. 180 Hochschulen diesem Vertrag beigetreten.

Für den Nachfolgevertrag des bis 30. April 2017 laufenden Bundesrahmenvertrags haben die im ZKI koordinierten Gespräche mit Microsoft dieses Jahr begonnen, da beide Seiten Verbesserungen und Aktualisierungen anstreben – somit ist ein Abschluß in 2016 denkbar.

Die Öffnungsklausel des im „Schlepptau“ des Bundesrahmenvertrags vom LRZ mit Microsoft abgeschlossenen Support-Vertrages („Premier Support“) wird inzwischen von über 15 Hochschulen in Deutschland genutzt, Tendenz steigend.

### 14.4 SPSS

Der bisherige Landesvertrag zu SPSS mit IBM lief zum 1. Januar 2016 aus. Mit der Firma Asknet konnte im Sommer der Bezug von SPSS-Lizenzen für bayerische Hochschulen für die Jahre 2016 – 2020 zu günstigen Konditionen geregelt werden (Asknet war vom Rechteinhaber IBM als exklusiver Lizenzgeber

beauftragt worden). Auf Seite der Lizenznehmer hat das LRZ den Vertrag zusammen mit den Konsortialführern der Hochschulen der anderen deutschen Bundesländer ausgehandelt.

## 14.5 Intel

Mit Intel wurde im April ein Vertrag über Software-Lizenzen (mit Laufzeit bis zum 30. April 2018) abgeschlossen, der die Gegebenheiten am LRZ und in den Instituten (unterschiedlicher Hochschulen in Bayern), die über das LRZ Intel-Software nutzen wollen, explizit berücksichtigt und die Versorgung vereinfacht.

## 14.6 Novell / Attachmate / SuSE

Als Dienstleistung für die Nutzer des Novell Landesvertrages in Bayern (Laufzeit November 2013 bis November 2017) betreibt das LRZ seit dem Sommer einen Update-Server für SLES-Server ab Version 12.

## 14.7 Ansys

Der Bedarf an Ansys Lizenzen war auch im Jahr 2015 weiterhin hoch. Die Ansys Academic Lizenzen werden auf den HPC Systemen des LRZ stark genutzt, teilweise laufen Rechenjobs mit mehreren Hundert Ansys Academic Parallel Lizenzen.

Neben den Systemen des LRZ können die Ansys Academic Lizenzen nach Bestellung bzw. Registrierung am LRZ auch von den berechtigten Lehrstühlen und Instituten der LMU, TUM und HM verwendet werden, die Lizenzen werden dabei von einem zentralen Lizenzserver am LRZ zur Verfügung gestellt.

Speziell die seit Beginn des Wintersemesters 2014/2015 in großer Anzahl vorhandenen Ansys Teaching Lizenzen wurden im Jahr 2015 von den Studierenden stark angefragt und genutzt. Die Ansys Teaching Lizenzen können von den Studierenden nach der Registrierung am LRZ im Rahmen der Lizenzbedingungen auch auf häuslichen bzw. mobilen Rechnern kostenfrei genutzt werden. Des Weiteren versorgen die Ansys Teaching Lizenzen mehrere Kurse und Praktika in den CIP-Pools der berechtigten Einrichtungen im MWN.

## 14.8 Tagesgeschäft

### 14.8.1 Abläufe und Änderungen bei der Versorgung der Kunden des LRZ

Das LRZ stellt den Münchner Hochschulen unter anderem Kauflizenzen (= dauerhafte Nutzungsrechte) aus den Bereichen

- Microsoft im Rahmen der Select-Plus-Verträge
- Adobe- und Corel im Rahmen des Adobe CLP-Vertrags

und Mietlizenzen der Firma Adobe für einzelne Arbeitsplätze (mit Laufzeit bis Oktober 2018) zur Verfügung. Dies sind die derzeit umsatzstärksten Bereiche. Wo es sinnvoll ist, eine flächendeckende Pauschalversorgung mit Mietlizenzen einzuführen (z.B. über den Bundesrahmenvertrag des LRZ mit Microsoft), sollte das auch gemacht werden. Dadurch kann der anfallende Arbeitsaufwand sowohl in den Instituten als auch im LRZ reduziert werden (der mit Kauflizenzen erzielte, unten aufgeführte Umsatz ist also kein Erfolgsindikator). Die TUM ist dem o. g. Bundesrahmenvertrag schon vor einiger Zeit beigetreten und musste daher in 2015 nur noch spezielle Lizenzen über das Select-Plus Programm kaufen.

Bei Bestellungen zu Microsoft und Adobe/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. Die zuletzt deutlich geschrumpften Umsätze bei Adobe-Kauflizenzen erklären sich dadurch, dass Adobe seine wichtigsten Produkte seit Anfang 2015 nicht mehr als Kauflizenzen anbietet, sondern nur noch als Mietlizenzen (s. o.) – das aber erst seit Herbst 2015 in einem für Hochschulen geeigneten Lizenzmodell. Daher gibt es für 2015 keine aussagekräftigen Umsatzzahlen.

**Tabelle 30: Die umsatzstärksten Softwarepakete**

| Hersteller / Name | Beschreibung                                              | Lizenzzahlen 2015 | Bruttowert der 2015 beschafften Lizenzen |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Microsoft         | Applikationen, System- und Server-Software (Kauflizenzen) | 14.434            | 268.017,95 €                             |
| Adobe             | Kauflizenzen                                              | 2.948             | 130.257,01 €                             |
| Corel             | Kauflizenzen                                              | 137               | 5.796,04 €                               |
| Systat            | Datenanalyse und Datenpräsentation                        | 26                | 7.564,83 €                               |

Tabelle 30 listet die wertmäßig umsatzstärksten Softwarepakete (nur Kauflizenzen) auf. Miet- und Subskriptionsmodelle (SPSS, Matlab, Novell, SAS) sowie Flatrate Verträge (ESRI, Sophos) werden nicht in dieser Tabelle erfasst.

Für Einrichtungen mit zentralem Einkauf besteht die Möglichkeit, die am meisten nachgefragten Kauflizenzen beim LRZ online zu bestellen. Zu diesen Einrichtungen zählen die Münchner Universitätskliniken, die Universität Augsburg, einige Fachhochschulen aus dem südbayerischen Raum, einige Institute von LMU und TUM sowie einige kleinere Einrichtungen.

Bei den meisten anderen Produkten tritt das LRZ in Vorleistung und beteiligt die Institute an den Kosten. Produkte aus Landesverträgen des LRZ (Novell, Sophos, ESRI, auch Microsoft Premier Support) werden den bayerischen Universitäten und Hochschulen nach einem festen Kostenschlüssel bereitgestellt (ESRI-Produkte werden an der LMU teilweise noch mit den Instituten einzeln abgerechnet). Produkte aus den Bundesrahmenverträgen (Microsoft, Adobe ETLA) werden dagegen direkt zwischen den ausgeschriebenen Händlern und den Lizenznehmern abgewickelt, ohne dass das LRZ involviert werden muss.

### 14.8.2 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 für Pakete zur Softwareentwicklung wie Compiler, Debugger, Libraries und Tools zur Performanceanalyse.

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

### 14.9 Lizenzen für spezielle HPC Applikationen

Auch in 2015 unterstützt das LRZ die Anwendung von kommerziellen Applikationen für Struktur- und Fluidynamik sowohl auf SuperMUC, dem Linux-Cluster als auch auf institutseigenen Rechnern. Dabei übernimmt das LRZ die finanzielle Abwicklung, ermöglicht so verbilligte Lizenzen für einzelne Institute und pflegt und überwacht die Lizenzen auf einem zentralen Server. In 2015 wurde das gesamte Ansys-Portfolio zur Version 16.0 aktualisiert.

In 2015 hat das LRZ Schritte unternommen, in ähnlicher Weise das Software-Angebot im Bereich der Ingenieurwissenschaften und der Multi-Physics-Simulationssoftware COMSOL zu erweitern. Hierzu wurde eine Bündelung der Lizenzen in seinen zentralen Lizenzpool den Anwendern vorgeschlagen. Die Umsetzung soll im Frühjahr 2016 erfolgen.

## 15 Gebäude und Infrastruktur

### 15.1 Gebäudemanagement

Das Hauptanliegen der Gebäudetechnik, den IT-Systemen eine verlässliche Betriebsumgebung zu bieten, wurde auch 2015 erreicht. Wie schon 2014 erhöhten kurze Stromunterbrechungen auf der Versorgerseite den Aufwand für den Betrieb der gesamten Gebäudetechnik stark. Da hier keine Besserung in Sicht ist, wurden technische Verbesserungen bei der Stromversorgung der besonders empfindlichen Steuerungshardware auf den Weg gebracht, die im ersten Quartal 2016 umgesetzt werden sollen.

Die Kühlungsinfrastruktur konnte einerseits weiter optimiert werden, um sich automatischer an wechselnde Anforderungen seitens der IT-Systeme sowie den energieeffizienten Betrieb anzupassen. Leider verdichtete sich die Erkenntnis, wie wenig leistungsfähig der Kältebrunnen (als Quelle für Kaltwasser zur Kühlung) aufgrund seiner geologischen Lage und mangelnden Ergiebigkeit der Niederschläge ist. Hier muss die Gebäudeleittechnik weiter entwickelt werden, so dass flexibler und vor allem gleichmäßiger das verbleibende Grundwasser-Kühlungspotenzial genutzt werden kann.

Bei der Lüftungstechnik konnte durch "nachgeholt" Inbetriebnahmen, die teilweise von umfangreichen und aufwendigen Nacharbeiten an den jeweiligen Anlagensteuerungen begleitet waren, eine deutliche Verbesserung der Betriebsstabilität erzielt werden.

Beim Haustechnikpersonal kehrte nach den Fluktuationen des Jahres 2014 in 2015 erfreulicherweise wieder Kontinuität ein, die sich positiv auf den Betrieb der Gebäudeinfrastruktur auswirkte. Die Planung und Begleitung der vorgenannten Optimierungen und Nachbesserungen, sowie der vorschriftenkonforme und wirtschaftliche Betrieb der verschiedenen Wasserkreisläufe und der Wasseraufbereitung erforderten jedoch auch im Jahr 2015 einen großen Einsatz des Gebäudebetriebspersonals. Leider ging der Betreuungsaufwand für die im LRZ tätigen externen Firmen nicht im erhofften Maße zurück, teils wegen Personalfluktuations, teils wegen schlichter Knappheit an Fachpersonal und dadurch erhöhter Aufwände und Reaktionszeiten für Wartung und Störungsbeseitigung.

Parallel zur allmählich zu erwartenden Normalisierung des Betriebsaufwandes für den Bauabschnitt 2011 machte sich das Alter der Systeme des Bauabschnitts 2005 im Jahr 2015 erstmals durch signifikant erhöhte Ausfälle von Komponenten infolge Alterung und Verschleiß bemerkbar. Um hier rechtzeitig der Entstehung betriebskritischer Situationen entgegenzusteuern, wird 2016 ein umfassender Austausch von Steuerungshardware, die darüber hinaus vom Hersteller abgekündigt wurde, durchgeführt.

Ungeachtet der beschriebenen Fortschritte wird der Arbeitsaufwand für die Gebäudetechnik auch im kommenden Jahr auf einem erhöhten Niveau bleiben, da noch immer nicht alle erforderlichen Bereinigungen und Anpassungen vorgenommen sind.

Im Einzelnen wurden 2015 folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Identifikation und Dokumentation des Umfangs des Datenverkehrs auf dem GLT-Netz. Diese Informationen sind zur Fehleranalyse beim Auftreten von Latenzzeiten bei der Aktualisierung von Prozessdaten erforderlich.
- Anpassung des Betriebsmodus der installierten Regler an häufige Lastwechsel. Da Lastwechsel in der herkömmlichen Gebäudetechnik eher selten sind, waren die Reaktionsgeschwindigkeiten im ursprünglichen Modus zu gering.
- Bereitstellung von Schnittstellen zur Anpassung von Regelparametern der Rückkühlwerke, insbesondere Sollwertvorgaben. Hierdurch können die Temperaturprofile an die tatsächliche Leistungsfähigkeit der Wärmetauscher angepasst werden, die stark von den jeweiligen Betriebsbedingungen (Umlaufmengen usw.) abhängig ist.
- Umstellung der Pumpensteuerungen der Versorgungskreise der Warmwasserkühlung zur automatischen Anpassung der Umlaufmengen an die jeweils aktuelle Wärmezeugung der IT-Systeme. Hierdurch wird die benötigte elektrische Leistung der Pumpen bedarfsgerecht variiert.
- Anpassung der Steuerung von Raumluftanlagen und Umluftkühlgeräten an die Ist-Erfordernisse und realen Einbaubedingungen. Hier zeigten sich die Auswirkungen der termin- und wettbewerbsbedingt mangelhaften Inbetriebnahmen der Jahre 2011/2012 am deutlichsten.
- Kältebrunnen: eine umfassende Untersuchung des ursprünglich zur Grundlastabdeckung vorgesehenen Kältebrunnensystems wurde durchgeführt. Ausgelöst wurden diese Aktivitäten durch den Ende 2014 festgestellten extremen Verschleiß der ausgefallenen Brunnenpumpe. Hier stand am

Ende einer Reihe von Untersuchungen, Tests und Betriebsphasen, die von einem externen Fachgutachter begleitet wurden, die ernüchternde Erkenntnis, dass das vorhandene Kühlungspotenzial für die vorgesehene Rolle bei weitem nicht ausreicht. Geologisch bedingt schlägt die warme und trockene Witterung ungewöhnlich direkt auf Menge und Temperaturniveau des oberflächennahen Grundwassers durch. Die beschriebene Lage erforderte eine größere Umprogrammierung der Verbundsteuerung der Kälteerzeugungssysteme im Kaltwassernetz, um im Winter vorrangig den Dunsturm und die freie Kühlung nutzen zu können. Das neue Steuerprogramm konnte Ende November in Teilen erfolgreich getestet werden.

## 15.2 Energieeffizienz

Eine wesentliche Herausforderung im Bereich des Gebäudemanagements bestand darin, die Effizienz der ausgedehnten Kühlungsinfrastruktur zu verbessern. Bereits im Vorjahr war u.a. durch den Einbau zusätzlicher Wärmemengenzähler die notwendige Instrumentierung dafür geschaffen worden.

Hier wurde ein längerer Prozess eingeleitet, der folgende Ziele verfolgt

- Zuverlässigere Vorhersage der Kühlleistung unter wechselnden Betriebsbedingungen
- Verbesserte Wirksamkeit der Kühlung: wie erreicht die erzeugte Kälte den Verbraucher, obwohl das dazwischen liegende Kühlwassernetz viele „Rutschkupplungen“ (Wärmetauscher, hydraulische Weichen) enthält?
- Mehr Nutzung „billiger“ Kälte durch Nutzung sog. „freier Kühlung“, die ohne den Betrieb (teurer) Kältemaschinen auskommt

Dies erfordert Maßnahmen v.a. in den Bereichen Kälteerzeugung, Kältetransport und flexibler Steuerung der beteiligten Aggregate. Die Nutzung des Dunsturms und, wo möglich, von Grundwasser-Kälte muss weiter priorisiert werden.



## 16 Personal

Die Anzahl der Mitarbeiter im LRZ ist im Jahre 2015 weiter angestiegen. Leider konnten wie im Vorjahr erneut offene Stellen teilweise gar nicht bzw. erst nach mehrfachen Ausschreibungen erfolgreich besetzt werden. Davon betroffen waren insbesondere Ausschreibungen für Stellen mit einem Bachelor-Abschluss. So waren Ende 2015 am LRZ 162 Mitarbeiter und 51 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. Zwei Auszubildende haben ihre Ausbildung erfolgreich abgeschlossen.

Zahlreiche Vorträge auf Konferenzen und Fachtagungen, viele wissenschaftliche Veröffentlichungen sowie der erfolgreiche Abschluss von zwei Promotionen belegen zudem die Kompetenz des LRZ.

## 17 Zahlen und Fakten

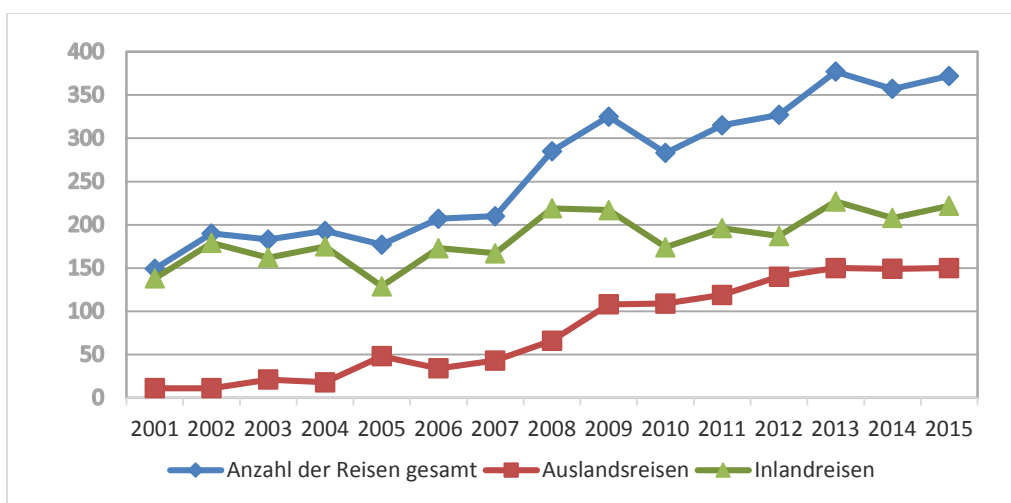
### 17.1 Personal

**Tabelle 31: Personalstand, Neueinstellungen und Abgänge 2015**

| Personalstand (31.12.2015) |     |                             |
|----------------------------|-----|-----------------------------|
|                            | 174 | Mitarbeiter                 |
|                            | 52  | Stud. und wiss. Hilfskräfte |

| Neueinstellungen |    |                             |
|------------------|----|-----------------------------|
|                  | 5  | Wiss. Mitarbeiter           |
|                  | 6  | Techn. Angestellte          |
|                  | 2  | Verwaltungsangestellte      |
|                  | 2  | Auszubildende               |
|                  | 20 | Stud. und wiss. Hilfskräfte |

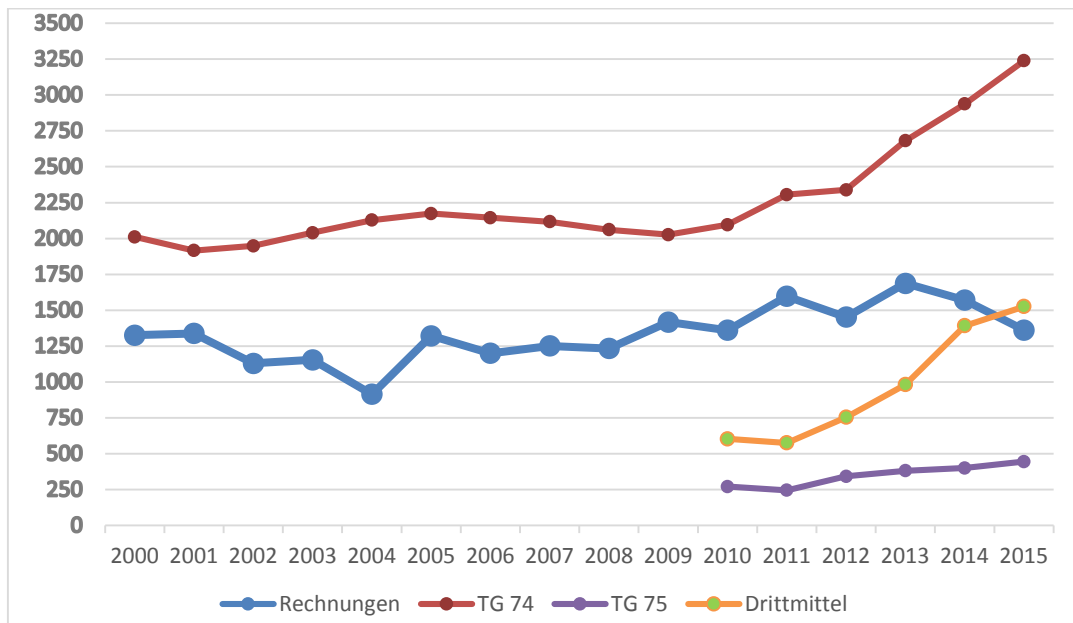
| Abgänge |   |                             |
|---------|---|-----------------------------|
|         | 1 | Wiss. Mitarbeiter           |
|         | 2 | Techn. Angestellte          |
|         | 1 | Verwaltungsangestellte      |
|         | 2 | Auszubildende               |
|         | 1 | Praktikanten                |
|         | 9 | Stud. Und wiss. Hilfskräfte |



**Abbildung 69: Entwicklung des Dienstreiseaufkommens 2001-2015**

**Tabelle 32: Haushalt – Buchungsaufkommen**

| Buchungen |       |                                |
|-----------|-------|--------------------------------|
|           | 1.362 | Rechnungen                     |
|           | 3.239 | Normaler Haushalt (TG 74)      |
|           | 445   | Höchstleistungsrechner (TG 75) |
|           | 1.526 | Drittmittel                    |
|           | 6.562 | Insgesamt                      |



**Abbildung 70: Entwicklung des Buchungsaufkommens**

**Tabelle 33: Haushalt – Inventarisierung**

| Inventarisierungen |       |                              |
|--------------------|-------|------------------------------|
|                    | 2.982 | IT-System spezifische Geräte |
|                    | 30    | Sonstige (Möbel, usw.)       |
|                    | 3.012 | Insgesamt                    |

Tabelle 34: Stromverbrauch

| 2015 |            |                               |
|------|------------|-------------------------------|
|      | 5.592 kW   | Lastspitze (15 min Intervall) |
|      | 40.408 MWh | Verbrauch insgesamt           |

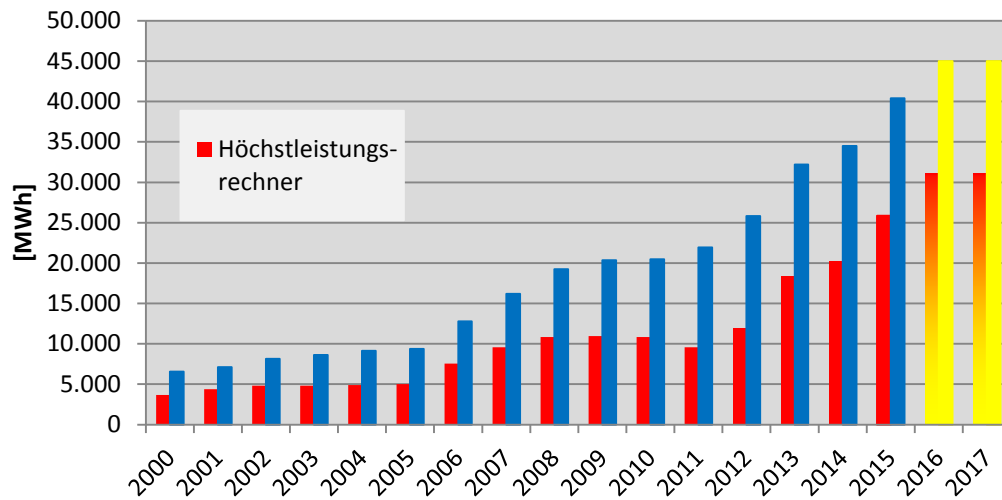


Abbildung 71: Entwicklung des Stromverbrauchs

## 17.2 E-Mail und Exchange

Tabelle 35: E-Mail und Exchange

| E-Mail und Exchange                                                                      | gerundet            |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Exchange-Postfächer                                                                      | 66.000 mit 18 TByte |
| POP/IMAP-Postfächer                                                                      | 95.500 mit 10 TByte |
| E-Mail-Verteilerlisten                                                                   | 1.225               |
| Eintreffende E-Mails/Tag                                                                 | 710.000             |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>davon angenommen</li> </ul>                       | 229.000 (32 %)      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>davon abgelehnt (Spam- und Virenmails)</li> </ul> | 481.000 (68 %)      |
| Server für E-Mail-Dienste                                                                | 30                  |
| Server für Exchange                                                                      | 12                  |

## 17.3 Poster und Schriften

Tabelle 36: Poster und Schriften

| Großformat Poster - Schriften                                          |       |
|------------------------------------------------------------------------|-------|
| Großformat Poster insgesamt                                            | 4.041 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• am LRZ abgegeben</li> </ul>   | 1.483 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bibliothek der LMU</li> </ul> | 932   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bibliothek der TUM</li> </ul> | 1.411 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biozentrum der LMU</li> </ul> | 215   |
| Schriften - Umsatz                                                     | 1.612 |

## 17.4 Benutzerverwaltung und Shibboleth

Tabelle 37: Benutzerverwaltung und Shibboleth

| Benutzerverwaltung und Shibboleth                                           |         |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------|
| Master User                                                                 | 2.215   |
| LRZ-Projekte                                                                | 1.906   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Davon SuperMUC-Projekte</li> </ul> | 510     |
| Authentifizierungen pro Woche an den Shibboleth IdPs                        |         |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• TUM Identity Provider</li> </ul>   | 120.000 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• LMU Identity Provider</li> </ul>   | 35.000  |
| Server für Benutzerverwaltung, Directorys und DFN-AAI                       | 30      |

## 17.5 Höchstleistungsrechner

**Tabelle 38: Höchstleistungsrechner SuperMUC**

| SuperMUC Phase 1                                         |                    |
|----------------------------------------------------------|--------------------|
| Anzahl Rechenkerne                                       | 159.496            |
| Gesamthauptspeicherkapazität                             | 342 TByte          |
| Spitzenleistung                                          | 3,3 PFlop/s        |
| Anzahl Infinibandkabel                                   | 11.900             |
| Gesamtlänger der Infinibandkabel                         | 195 km             |
| Direktwarmwasserkühlungsinfrastruktur mit                |                    |
| Eingangstemperatur                                       | 45°C               |
| Kühlwasservolumen (nur Rechnerraum)                      | 7,9 m <sup>3</sup> |
| Gesamtrohrlänge (nur Rechnerraum)                        | 38,9 km            |
| SuperMUC Phase 2                                         |                    |
| Anzahl Rechenkerne                                       | 73.728             |
| Gesamthauptspeicherkapazität                             | 197 TByte          |
| Spitzenleistung                                          | 3,6 PFlop/s        |
| Anzahl Infinibandkabel                                   | 4.295              |
| Gesamtlänger der Infinibandkabel                         | 58 km              |
| Direktwarmwasserkühlungsinfrastruktur mit                |                    |
| Eingangstemperatur                                       | 45°C               |
| Kühlwasservolumen (nur Rechnerraum)                      | 2,0 m <sup>3</sup> |
| SuperMUC Phase 1 & Phase 2                               |                    |
| Plattenspeicherkapazität                                 | 20.000 TByte       |
| Gesamt-CMOS-Fläche aller Intel-Prozessoren in der Anlage | 12 m <sup>2</sup>  |
| Maximale elektr. Leistungsaufnahme der Anlage            | 5,4 MW             |
| Typische Leistungsaufnahme der Anlage                    | 3,1 MW             |
| Gesamtgewicht der Anlage                                 | 250 t              |



| Anzahl Komponenten        | Gesamter Hauptspeicher (in GB) | Systemdaten                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                 | Aufgabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                                | Typ der Komponenten                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prozessoren der Komponenten                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 18 Thin Node Inseln       | 294912                         | Hochtemperatur-wassergekühltes IBM System x iDataPlex mit Fat-Tree Verbindungsnetz auf der Basis von Mellanox FDR10 Infiniband Technologie.<br>Die Inseln sind untereinander ebenfalls mit einem Fat-Tree verbunden, allerdings mit einer um den Faktor 4 reduzierten Bandbreite.              | Je Insel 512 iDataPlex Knoten mit jeweils zwei 8-Core Intel Sandy Bridge-EP (Xeon E5-2680) Sockeln und 32 GByte Hauptspeicher.                  | Höchstleistungsrechner für Benutzer aus den Hochschulen in Deutschland sowie Tier-0 System für europäische Nutzer aus dem PRACE Projekt; für die Nutzungsberechtigung ist eine spezielle Begutachtung durch den wissenschaftlichen Lenkungsausschuss oder PRACE-Begutachtung notwendig.<br>Typ: Parallel-Rechner |
| Eine Fat Node Insel       | 52480                          | Luftgekühltes IBM BladeCenter HX5 mit Fat-Tree Verbindungsnetz auf der Basis von Mellanox QDR Infiniband Technologie.                                                                                                                                                                          | 205 x3850 Blades mit jeweils vier 10-Core Westmere-EX (Intel Xeon E7-4870) Sockeln und 256 GByte Hauptspeicher                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 6 Medium Node Inseln      | 196608                         | Hochtemperatur-wassergekühltes Lenovo NeXtScale nx360M5 WCT System mit Fat-Tree Verbindungsnetz auf der Basis von Mellanox FDR14 Infiniband Technologie.<br>Die Inseln sind untereinander ebenfalls mit einem Fat-Tree verbunden, allerdings mit einer um den Faktor 4 reduzierten Bandbreite. | Je Insel 512 Lenovo NeXtScale nx360M5 WCT Knoten mit jeweils zwei 14-Core Intel Haswell-EP (Xeon E5-2697v3) Sockeln und 64 GByte Hauptspeicher. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Knights Corner Testsystem | 2432                           | Luftgekühltes IBM System mit Mellanox FDR 14 Dual-Rail Interconnect und 32 Rechenknoten                                                                                                                                                                                                        | Je Knoten zwei 8-Core Ivy-Bridge Prozessoren und zwei 60-Core Knight's Corner Beschleuniger mit insgesamt 76 GByte Hauptspeicher                | Evaluation der Intel Many-Core Architektur, Portierung und Optimierung von Applikationen.                                                                                                                                                                                                                        |

Im Umfeld des SuperMUC angesiedelt ist das C2PAP Universe Cluster, das aber für die beteiligten Forschergruppen dediziert über einen Housing-Vertrag betrieben wird:

| Anzahl Komponenten   | Gesamter Hauptspeicher (in GB) | Systemdaten                                                                                                                                 |                                                                                                                       | Aufgabe                                                  |
|----------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                      |                                | Typ der Komponenten                                                                                                                         | Prozessoren der Komponenten                                                                                           |                                                          |
| 128 Thin Node Knoten | 8192 GB                        | Auf Rack-Ebene wassergekühltes IBM System x iDataPlex mit Fat-Tree Verbindungsnetz auf der Basis von Mellanox FDR10 Infiniband Technologie. | IBM iDataPlex Knoten mit jeweils zwei 8-Core Intel Sandy Bridge-EP (Xeon E5-2680) Sockeln und 32 GByte Hauptspeicher. | C2PAP Universe Cluster Housing.<br>Typ: Parallel-Rechner |

## 17.6 Hochleistungs-Linux-Systeme

Aus mehreren heterogenen Segmenten zusammengesetztes Linux-Cluster, der aus ca. 960 Komponenten mit insgesamt 64 TByte Hauptspeicher besteht, die mit 1 oder 10 GBit Ethernet, NUMALink 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 39: Hochleistungs-Linux-Systeme (ohne SuperMUC)**

| Systemdaten            |                                                                                                     |                                        |                               | Aufgabe                                                                                                                         |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Komponenten | Typ der Komponenten                                                                                 | Anzahl der Prozessoren der Komponenten | Hauptspeicher der Komponenten |                                                                                                                                 |
| 1                      | SUN X4100<br>Opteron, 2600 MHz                                                                      | 2                                      | 4 GB                          | Komponente des Linux-Clusters:<br>SGE 6.2u2 Master-Server<br>(im Laufe des Jahres außer Betrieb genommen)                       |
| 1                      | SUN X4100<br>Opteron, 2600 MHz                                                                      | 4                                      | 8 GB                          | Komponente des Linux-Clusters:<br>Zentraler nagios-Überwachungsserver                                                           |
| 8                      | MEGWARE Xeon<br>E5462, 2800 MHz                                                                     | 8                                      | 128 GB                        | Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Geodäsie der TU-München<br>(im Laufe des Jahres außer Betrieb genommen)      |
| 14                     | Lenovo/IBM<br>NeXtScale nx360M5<br>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                                                      |
| 15                     | SUN 4600<br>Opteron, 2800 MHz                                                                       | 32                                     | 960 GB                        | Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Mathematik der TU-München<br>(Teile wurden im Laufe des Jahres abgeschaltet) |
| 3                      | Dell PowerEdge R920<br>vier 12-Core E7-8857 v2                                                      | 72                                     | 4096 GB                       | Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Mathematik der TU-München                                                    |
| 16                     | Lenovo/IBM<br>NeXtScale nx360M5<br>WCT Knoten mit je zwei 14-Core Intel Haswell E5-2697 Prozessoren | 448                                    | 1024 GB                       | Attended Cluster-Housing-Knoten des Lehrstuhls für Chemie der TU-München<br>(Prof.Ville Kaila)                                  |
| 35                     | MEGWARE Xeon<br>X3230, 2667 MHz                                                                     | 4                                      | 280 GB                        | Attended Cluster-Housing-Knoten der Bayerischen Staatsbibliothek                                                                |
| 124                    | MEGWARE Xeon<br>X3230, 2667 MHz                                                                     | 4                                      | 992 GB                        | Komponente des Linux-Clusters:<br>LCG Tier-2 Rechen-Knoten                                                                      |
| 32                     | DELL<br>Xeon L5640, 2261 MHz                                                                        | 12                                     | 384 GB                        | Komponente des Linux-Clusters:<br>LCG Tier-2 Rechen-Knoten                                                                      |
| 68                     | MEGWARE Xeon<br>L5420, 2500 MHz                                                                     | 8                                      | 544 GB                        | Komponente des Linux-Clusters:<br>LCG Tier-2 Rechen-Knoten                                                                      |

| Systemdaten            |                                                    |                                        |                               | Aufgabe                                                                                                                                                         |
|------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Komponenten | Typ der Komponenten                                | Anzahl der Prozessoren der Komponenten | Hauptspeicher der Komponenten |                                                                                                                                                                 |
| 15                     | MEGWARE Xeon 4<br>5060, 3200 MHz                   | 4                                      | 60 GB                         | Komponente des Linux-Clusters:<br>LCG Tier-2 dCache-Knoten                                                                                                      |
| 13                     | MEGWARE Xeon 4<br>5148, 2333 MHz                   | 4                                      | 52 GB                         | Komponente des Linux-Clusters:<br>LCG Tier-2 dCache-Knoten                                                                                                      |
| 10                     | MEGWARE Xeon 4<br>L5240, 3000 MHz                  | 4                                      | 80 GB                         | Komponente des Linux-Clusters:<br>LCG Tier-2 dCache-Knoten                                                                                                      |
| 6                      | DELL Xeon L5640,<br>2261 MHz                       | 24                                     | 96 GB                         | Komponente des Linux-Clusters:<br>LCG Tier-2 dCache-Knoten                                                                                                      |
| 2                      | MEGWARE Quad-Core<br>Opteron, 2400 MHz             | 16                                     | 132 GB                        | Attended Cluster-Housing-Knoten des LMU<br>Exzellenz-Cluster                                                                                                    |
| 20                     | MEGWARE Xeon L5420,<br>2500 GHz                    | 8                                      | 32 GB                         | Attended Cluster-Housing-Knoten des LMU<br>Exzellenz-Cluster                                                                                                    |
| 112                    | MEGWARE Xeon L 8<br>5420, 2500 GHz                 | 8                                      | 16 GB                         | Attended Cluster-Housing-Knoten des LMU<br>Exzellenz-Cluster                                                                                                    |
| 1                      | MEGWARE Xeon E5504,<br>2000GHz                     | 4                                      | 12                            | Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU,<br>LS Prof. Ruhl                                                                                                       |
| 12                     | MEGWARE Xeon X5500,<br>2660GHz,<br>Je 1 NVidia GPU | 6                                      | 48                            | Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU,<br>LS Prof. Ruhl                                                                                                       |
| 4                      | MEGWARE AMD Opteron,<br>Je 1 NVIDIA GPU            | 48                                     | 16 GB                         | Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU,<br>LS Prof. Ruhl                                                                                                       |
| 19                     | Sysgen Intel Xeon                                  | 16                                     | 128 GB                        | Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU,<br>LS Prof. Scrinzi                                                                                                    |
| 1                      | SGI UV 2000 Sandy Bridge<br>CPUs (8) (NVidia GPUs) | 320                                    | 5000 GB                       | Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU,<br>LS Prof. Frey                                                                                                       |
| 4                      | SGI UV 20 Sandy Bridge<br>CPUs                     | 128                                    | 1024 GB                       | Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU,<br>LS Prof. Frey                                                                                                       |
| 2                      | SGI UV 30 Haswell<br>CPUs                          | 80                                     | 512 GB                        | Attended Cluster-Housing-Knoten der LMU,<br>LS Prof. Frey, Prof. Broedersz                                                                                      |
| 38                     | MEGWARE Opteron,<br>2600 MHz                       | 8                                      | 1216 GB                       | Komponente des Linux-Clusters:<br>x86_64-Cluster Knoten für parallele MPI-<br>und 8-fach Shared Memory Jobs<br>(im Laufe des Jahres außer Betrieb genommen)     |
| 234                    | MEGWARE Opteron,<br>2600 MHz                       | 4                                      | 1872 GB                       | Komponente des Linux-Clusters:<br>x86_64-Cluster Knoten für serielle und parallele<br>4-fach Shared Memory Jobs<br>(im Laufe des Jahres außer Betrieb genommen) |

| Systemdaten            |                                                                                                              |                                        |                               | Aufgabe                                                                                                                                                     |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anzahl der Komponenten | Typ der Komponenten                                                                                          | Anzahl der Prozessoren der Komponenten | Hauptspeicher der Komponenten |                                                                                                                                                             |
| 64                     | SGI Altix ICE8200<br>Xeon E5540, 2533 MHz                                                                    | 512                                    | 1536 GB                       | X86_64-MPP-Rechner<br>2 Prozessorsocket pro Knoten<br>8 Prozessorkerne pro Knoten<br>3 GB pro Prozessorkern<br>(im Laufe des Jahres außer Betrieb genommen) |
| 1                      | SGI UV 1000<br>Xeon E7-4780,<br>2400 MHz                                                                     | 2080                                   | 3328 GB                       | X86_64-ccNUMA-Rechner. Er wird als zwei separierte Partitionen betrieben.                                                                                   |
| 183                    | MEGWARE<br>CoolMUC,<br>AMD Opteron<br>6128HE,<br>2000 MHz                                                    | 2928                                   | 2928 GB                       | X86_64-MPP-Rechner<br>2 Prozessorsocket pro Knoten<br>16 Prozessorkerne pro Knoten<br>1 GB pro Prozessorkern                                                |
| 63                     | MEGWARE<br>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                                                                | 96                                     | 512 GB                        | Login- und Management-Server für CoolMUC2                                                                                                                   |

## 17.7 Hochleistungs-Graphik-System

Tabelle 40: Hochleistungs-Graphik-System

| System                         | Hersteller und System-Typ            | Struktur                                | Systemdaten<br>(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 | IBM System iDataplex dx360 M4 server | serielles x Batch-Cluster (unter SLURM) | 8 (7 für Benutzerbetrieb)                                                                                                               | Intel Xeon E5-2690, 2.9 GHz, NVidia Kepler GPU | 2 CPUs, 1 GPU                         | 128 GB                       | Remote Visualisierung von SuperMUC Datensätzen |

## 17.8 Datenspeicher

Die Tabelle gibt differenziert nach Speicherarchitektur einen Überblick über die Bruttokapazität der Plattenspeichersysteme des LRZ Ende 2015 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 zugegriffen. Die SAN-Plattensysteme sind mit den Rechnern und Bandlaufwerken über die Speichernetz-Infrastruktur verbunden.

**Tabelle 41: Bruttokapazitäten Online-Speicher (NAS + SAN)**

| BRUTTOKAPAZITÄTEN ONLINE-SPEICHER (NAS+SAN) |                      |                                                                                                      |                  |
|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Typ                                         | Modell               | Anwendung                                                                                            | Kapazität        |
| NAS                                         | 2 x NetApp FAS 6280  | MWN Storage Cloud                                                                                    | 1.440 TB         |
| NAS                                         | 1 x NetApp FAS 6280  | Replikationssystem für MWN Storage Cloud                                                             | 912 TB           |
| NAS                                         | 2 x NetApp FAS 6280  | Speicher für Sync+Share, NFS-Dateidienste, Linux-Mailsysteme (zukünftig auch für MWN Storage Cloud,) | 960 TB           |
| NAS                                         | 1 x NetApp FAS 6280  | Replikationssystem für Sync+Share, NFS-Dateidienste, Linux-Mailsysteme                               | 912 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            |
| <b>NAS Gesamt</b>                           |                      |                                                                                                      | <b>14.927 TB</b> |
| 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                                         | 4x Dell PowerVault   | DB+Cache für Archiv- und Backupsystem                                                                | 280 TB           |
| <b>SAN Gesamt</b>                           |                      |                                                                                                      | <b>2.703 TB</b>  |
| <b>Gesamt NAS+SAN</b>                       |                      |                                                                                                      | <b>17.630 TB</b> |

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 42 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 42: Kapazitäten der Nearline-Speicher**

| KAPAZITÄTEN DER NEARLINE-SPEICHER |                |                                                    |               |                  |
|-----------------------------------|----------------|----------------------------------------------------|---------------|------------------|
| Systemname                        | Bandbibliothek | Bandlaufwerke                                      | Kassetten     | Kapazität        |
| DRABS                             | IBM TS3500     | 7 x IBM LTO-5<br>8 x IBM LTO-6                     | 19.137        | 25.750 TB        |
| HABS                              | SUN SL8500     | 26 x SUN T10K                                      | 10.000        | 10.000 TB        |
|                                   | IBM TS3500     | 15 x IBM LTO-5<br>22 x IBM LTO-6                   | 17.333        | 19.150 TB        |
| LABS                              | IBM TS3500     | 10 x IBM LTO-4<br>8 x IBM LTO-5                    | 16.773        | 21.616 TB        |
|                                   | SUN SL8500     | 16 x IBM LTO-4<br>16 x IBM LTO-5<br>26 x IBM LTO-6 |               |                  |
| <b>Gesamt</b>                     | <b>5</b>       | <b>154</b>                                         | <b>63.243</b> | <b>76.516 TB</b> |

## 17.9 Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)

Tabelle 43: Das MWN in Zahlen

| MWN in Zahlen                                         |  |             |  |
|-------------------------------------------------------|--|-------------|--|
| Netzkomponenten im Management                         |  | 4.600       |  |
| Switches                                              |  | 1.500       |  |
| Access Points                                         |  | 3.000       |  |
| Ports (Kupfer)                                        |  | 94.400      |  |
| Ports (Glas)                                          |  | 10.200      |  |
| Bandbreite des Internet-Zugangs (X-WiN)               |  | 23,6 Gbit/s |  |
| Bandbreite des Internet-Zugangs (M-net)               |  | 10 Gbit/s   |  |
| Datenmenge pro Monat am Internet-Übergang             |  |             |  |
| eingehend                                             |  | 1,6 PB      |  |
| ausgehend                                             |  | 0,8 PB      |  |
| Wohnheime                                             |  |             |  |
| Angeschlossene Heime                                  |  | 52          |  |
| Versorgte Wohnheimplätze                              |  | 12.600      |  |
| Dienste                                               |  |             |  |
| WLAN                                                  |  |             |  |
| Maximum der gleichzeitigen Nutzer im 5 Minuten Mittel |  | 33.200      |  |
| Verschiedene Geräte im WLAN                           |  | 300.000     |  |
| Kongresse und Tagungen                                |  | 527         |  |
| VPN                                                   |  |             |  |
| Maximale Anzahl gleichzeitiger Verbindungen           |  | 3.800       |  |
| Maximale Anzahl von Sessions pro Monat                |  | 270.000     |  |
| Maximales Datenvolumen pro Monat                      |  | 60 TB       |  |
| DNS                                                   |  |             |  |
| Verwaltete Domains                                    |  | 2.300       |  |
| Eingetragene IPv4 Adressen                            |  | 370.000     |  |
| DHCP                                                  |  |             |  |
| Verwaltete Adressen                                   |  | 387.000     |  |
| IPv6; Geräte mit nativem IPv6                         |  | 117.000     |  |
| Netzverantwortliche in Instituten                     |  | 1.028       |  |

## 17.10 Netzkomponenten im MWN

### 17.10.1 Router

Tabelle 44: Netzkomponenten im MWN: Router

| Anzahl    | Hersteller/Typ       | Einsatz              | Aktive Ports 100GE | Aktive Ports 10GE | Aktive Ports 1GE | Aktive Ports FE |
|-----------|----------------------|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| 10        | Cisco Nexus 7010     | Backbone-Router      | 2                  | 99                | 248              | 0               |
| 4         | Cisco Nexus 7010     | RZ-Router            | 0                  | 241               | 2                | 0               |
| 3         | Cisco Catalyst 6509  | Firewall             | 0                  | 3                 | 0                | 0               |
| 1         | Cisco 7206VXR        | Anbindung Triesdorf  | 0                  | 0                 | 2                | 0               |
| 1         | Cisco ASR1001-X      | Anbindung Triesdorf  | 0                  | 0                 | 2                | 0               |
| 1         | Cisco 2911           | Anbindung FFB        | 0                  | 0                 | 2                | 0               |
| 32        | Cisco 1921           | Standortanbindung    | 0                  | 0                 | 31               | 35              |
| 4         | Cisco 1811/1812      | Standortanbindung    | 0                  | 0                 | 0                | 8               |
| 1         | Cisco 1721           | Standortanbindung    | 0                  | 0                 | 0                | 2               |
| 2         | Cisco 891            | Standortanbindung    | 0                  | 0                 | 0                | 4               |
| 2         | Cisco 1921           | Site2Site VPN        | 0                  | 0                 | 4                | 0               |
| 2         | F5 BigIP 8900        | Server Load Balancer | 0                  | 4                 | 0                | 0               |
| 1         | F5 BigIP 3400        | Server Load Balancer | 0                  | 0                 | 4                | 0               |
| <b>64</b> | <b>Router gesamt</b> |                      | <b>2</b>           | <b>347</b>        | <b>295</b>       | <b>49</b>       |

### 17.10.2 Switch-Komponenten

Tabelle 45: Netzkomponenten im MWN: Switches

| Anzahl | Hersteller/Typ     | verfügbare TP-Ports |      | verfügbare Glasfaserports |      |      |
|--------|--------------------|---------------------|------|---------------------------|------|------|
|        |                    | 10/100/1000         | 10GE | 100/1000                  | 10GE | 40GE |
| 2      | HP E8212zl         | 148                 | -    | 72                        | 48   | -    |
| 2      | Comware 7900       | 8                   | -    | -                         | 4    | -    |
| 14     | Comware5900 / 5700 | 192                 | 358  | -                         | 115  | 106  |
| 451    | HP 5412zl / 5406zl | 43.922              | 17   | 4.561                     | 543  | -    |

|              |                              |               |            |              |              |            |
|--------------|------------------------------|---------------|------------|--------------|--------------|------------|
| 207          | HP 4208vl / 4204vl           | 22.719        | -          | 470          | 4            | -          |
| 70           | HP 4108gl / 4104gl           | 5.084         | -          | 787          | -            | -          |
| 30           | HP E6600-24XG/-24G-4XG       | 864           | 13         | -            | 159          | -          |
|              | HP E6600-48G-4XG             |               |            |              |              |            |
| 5            | HP 3500yl-24G-PoE+           | 137           | -          | 7            | -            | -          |
|              | HP 3500yl-48G-PoE+           |               |            |              |              |            |
| 27           | HP 3800-48G / -24G           |               | -          |              |              | -          |
| 41           | HP E2910al-48G / -24G        | 1.574         | -          | 10           | 14           | -          |
| 38           | HP2900-48G / -24G            | 1.656         | 69         |              | 38           | -          |
| 44           | HP E2810-48G / -24G          | 1.435         | -          | 29           | -            | -          |
| 10           | HP3400cl-48G                 | 475           | -          | 5            | 4            | -          |
| 3            | HP 6400cl-6XG                | -             | 13         | -            | 7            | -          |
|              | HP 6410cl-6XG                |               |            |              |              |            |
| 64           | HP 2848 / 2824               | 1.947         | -          | 21           | -            | -          |
| 14           | HP E2620-48 / -24            | 386           | -          | 15           | -            | -          |
| 208          | HP E2610-48 / -48pwr         | 6.086         | -          | 118          | -            | -          |
|              | HP E2610-24 / -24pwr         |               |            |              |              |            |
|              | HP E2610-24/12pwr            |               |            |              |              |            |
| 95           | HP E2615-8-PoE               | 923           | -          | 27           | -            | -          |
|              | HP E2915-8G-PoE              |               |            |              |              |            |
| 81           | HP 2650 / HP 2626            | 2.910         | -          | 81           | -            | -          |
| 12           | HP 2510G-48 / HP 2510G-24    | 314           | -          | 10           | -            | -          |
| 1            | HP 2520G-48 / -24 / -24PoE   | 24            | -          | -            | -            | -          |
| 61           | HP 2530-48/-24, HP2530-8Gpwr | 1.228         | -          | 38           | -            | -          |
| 2            | HP 2524                      | 50            | -          | -            | -            | -          |
| 1            | Cisco Nexus7000              | -             | -          | -            | 288          | -          |
| <b>1.483</b> | <b>Switches gesamt</b>       | <b>92.082</b> | <b>470</b> | <b>6.251</b> | <b>1.224</b> | <b>106</b> |

### 17.10.3 WLAN-Komponenten

**Tabelle 46: Netzkomponenten im MWN: WLAN-Komponenten**

| Anzahl | Hersteller/Typ               | Verwendung   | Standards         | Radios |
|--------|------------------------------|--------------|-------------------|--------|
| 1374   | Alcatel-Lucent AP-135        | Access Point | 802.11a/g/n       | 2      |
| 196    | Alcatel-Lucent AP-215        | Access Point | 802.11ac/a/g/n    | 2      |
| 192    | Alcatel-Lucent AP-325        | Access Point | 802.11ac w2/a/g/n | 2      |
| 21     | Alcatel-Lucent AP-275        | Access Point | 802.11ac/a/g/n    | 2      |
| 8      | Alcatel-Lucent<br>OAW-4650EU | Controller   |                   |        |
| 400    | HP MSM 310                   | Access Point | 802.11b/g         | 1      |
| 64     | HP MSM 320                   | Access Point | 802.11a/b/g       | 2      |
| 401    | HP MSM 422                   | Access Point | 802.11a/g/n       | 2      |
| 548    | HP MSM 460                   | Access Point | 802.11a/g/n       | 2      |
| 60     | HP MSM 466                   | Access Point | 802.11a/g/n       | 2      |
| 3256   | WLAN gesamt                  |              |                   |        |

## 17.10.4 Netz-Server

**Tabelle 47: Netzkomponenten: Server**

| Anzahl    | Hersteller/Typ        | Verwendung                                        | Betriebssystem | Prozessoren | Hauptspeicher |
|-----------|-----------------------|---------------------------------------------------|----------------|-------------|---------------|
| 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-Gateway                    | 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         |
| 14        | Dell PowerEdge R610   | DNS/DHCP-Server<br>Security-Server<br>VoIP-Server | Linux          | 28          | 16 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          | 1           | 8 GB          |
| 5         | APUs                  | Monitoring                                        | Linux          | 1           | 5 GB          |
| 1         | Dell Power Edge 1650  | DSL-Server                                        | Linux          | 1           | 256 MB        |
| 12        | HP DL 380             | Virt. Firewalls                                   | Linux          | 24          | 1536 GB       |
| <b>62</b> | <b>Server gesamt</b>  |                                                   |                |             |               |







# 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](mailto:lrzpost@lrz.de)  
Internet: [www.lrz.de](http://www.lrz.de)