



Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)

Konzepte, Dienste, Infrastrukturen, Management

April 2010

Gliederung:

1	Grundsätze.....	4
2	Bedarfsbegründende Grunddaten	4
2.1	Allgemeine Angaben zur Ludwig-Maximilians-Universität München	5
2.2	Allgemeine Angaben zur Technischen Universität München	5
2.3	Allgemeine Angaben zur Hochschule München.....	6
2.4	Allgemeine Angaben zur Hochschule Weihenstephan-Triesdorf	6
2.5	Standorte	7
2.6	Mengengerüst Netznutzung	10
3	Netzdienste	11
3.1	Stand der Netzdienste (April 2010)	11
3.1.1	Standarddienste	11
3.1.2	Backup und Archiv	11
3.2	Entwicklung des Dienst-Spektrums	11
3.2.1	Standarddienste	11
3.2.2	Daten- und Speicherverwaltung.....	11
3.2.3	Verzeichnisdienste	11
3.3	Dienstqualität.....	12
4	Netzstruktur.....	13
4.1	Stand (April 2010).....	13
4.1.1	Netzstrukturierung und Komponenten.....	14

4.1.2	Netztechnologie.....	16
4.1.3	WDM-Systeme	16
4.1.4	Zugänge zum MWN von außerhalb	17
4.1.5	Zugang zum MWN für mobile Endgeräte	17
4.2	Entwicklung	18
4.2.1	Verkabelung	18
4.2.2	Netzstrukturierung und Komponenten.....	18
4.2.3	Zugänge zum MWN von außerhalb	19
4.2.4	Zugang zum MWN für mobile Endgeräte	19
4.3	Netztechnologien.....	20
5	Netzintegration	20
5.1	Sprachkommunikation	20
5.2	Verwaltungsnetze	21
5.3	Facility-Management-Netze.....	21
6	Verantwortungs- und Zuständigkeitsverteilung	21
6.1	Planung	22
6.2	Betrieb	23
6.2.1	Verkabelungsinfrastruktur	23
6.2.2	Netzkomponenten	23
6.2.3	Netzdienste	23
6.2.4	Verfügbarkeit der angebotenen zentralen Netzdienste.....	23
6.2.5	Verwaltung von IP-Adressen.....	24
6.2.6	Betrieb des Domain-Name-Systems (DNS).....	24
6.2.7	DHCP	25
6.2.8	Firewall.....	25
6.2.9	Internet-Anschluss.....	25
6.2.10	DEISA.....	25
6.2.11	Multicastdienst.....	26
6.2.12	Radius-Server	26
6.2.13	VPN-Server	26
6.2.14	Mail-Server und Mailrelays.....	26
6.2.15	VideoConference (VC)-Dienst und Gatekeeper für das MWN	26
6.2.16	NTP-Dienst.....	27
6.2.17	Nyx/Nessi	27
7	Administration	27
7.1	Adress- und Namensräume.....	27
7.2	Benutzerverwaltung	29
7.3	Geräte.....	29
8	Sicherheit	30
8.1	Schutz gegen Missbrauch und Angriffe	30
8.2	Sicherer Verkehr über unsichere Netze	31
8.3	Sicherung der Endgeräte und Zugangskontrollstrategien	31
8.4	Maßnahmen zum sicheren Betrieb des Netzes.....	31
9	Datenschutz	33
10	Accounting	33
10.1	Nutzungsstatistik zu Informations- und Planungszwecken	33
10.2	Accounting zu Abrechnungszwecken.....	34
11	Betriebs- und Nutzungsregelungen.....	34
12	Unterstützung dezentraler Systeme und Dienste über das Netz	34
12.1	Mail- und Groupware-Services.....	34
12.2	Verzeichnisdienst-Services	35
12.2.1	IntegraTUM-Verzeichnisdienste.....	35
12.2.2	LRZ-SIM Verzeichnisdienste.....	36
12.3	DFN-AAI: Deutschlandweite Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur ..	37
12.4	WWW-Dienste	37

12.5	File-Service.....	38
12.6	Backup/Archivierung	38
12.7	Storage Area Network	39
12.8	Windows- und Linux-Netzdienste.....	39
12.9	Softwareverteilung.....	40
13	Netz- und Dienst-Management	40
13.1	Dienstqualität.....	40
13.2	Dienstgüte	40
13.2.1	Verfügbarkeit.....	40
13.2.2	CoS/QoS	41
13.2.3	Service-Level Reporting.....	41
13.3	Wartung.....	42
13.4	Netzüberwachung	43
13.5	Incident und Change Management nach ISO/IEC 20000	43
14	Personelle Zuordnung.....	44
15	Anlage: Liste aller MWN-Unterbezirke	45

1 Grundsätze

Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) verbindet die Gebäude der Münchner Hochschulen, darüberhinaus sind viele außeruniversitäre Einrichtungen angeschlossen. Das MWN ist als flächendeckendes Netz kontinuierlich auf dem jeweils aktuellen Stand der Technik zu halten, um bedarfsorientiert Kapazitäten bereitzustellen. Jeder Mitarbeiter und jeder Student der an diesem Netz angeschlossenen Institutionen soll an seinem Arbeitsplatz und bei Bedarf auch von zu Hause oder unterwegs aus komfortablen und uneingeschränkten Zugang zu allen Netzdiensten haben, die er für seine Arbeit in Forschung, Lehre und Studium benötigt. Das Netz vermittelt den Zugang zu Servern bzw. zu Netzdiensten innerhalb des MWN, zu nationalen und internationalen Wissenschaftsnetzen und zum allgemeinen Internet. Bei Planung, Ausbau und Betrieb des MWN wirken Leibniz-Rechenzentrum (LRZ), zuständige Bauämter und angeschlossene Institutionen eng zusammen.

2 Bedarfsbegründende Grunddaten

Das Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ist gemeinsames Rechenzentrum der

- Bayerischen Akademie der Wissenschaften
- Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU)
- Technischen Universität München (TUM);

es bedient auch die

- Akademie der Bildenden Künste,
- Hochschule München und die
- Fachhochschule Weihenstephan.

Zudem wird das MWN mitgenutzt von:

- Bauamt 2 München
- Bayerische Staatsbibliothek
- Bayerische Staatsbrauerei
- Bayerische Staatsgemäldesammlung
- Bayerische Theaterakademie August Everding
- Bayerisches Nationalmuseum
- Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten
- Botanischer Garten
- Deutsches Herzzentrum
- Fraunhofer Institut für Sichere Informationstechnologie (SIT)
- Fraunhofer-Gesellschaft in Weihenstephan
- Generaldirektion der Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen
- Gründerzentren in Garching und Weihenstephan
- Hochschule für Film und Fernsehen
- Hochschule für Musik und Theater
- Hochschule für Philosophie
- Hochschule für Politik
- Innovations- und Gründerzentrum Biotechnologie (IZB)
- Kath. Stiftungsfachhochschule München
- Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau
- Max-Planck-Gesellschaft
- Monumenta Germaniae Historica
- Pinakotheken
- Staatliche Antikensammlung
- Staatsinstitut für die Ausbildung von Fachlehrern
- Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung

- Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung
- Studentenwerk München (und dessen Studentenwohnheime)
- Studentenwohnheime anderer Träger
- Umweltforschungsstation Schneefernerhaus
- Wissenschaftszentrum Straubing
- Zentralinstitut für Kunstgeschichte
- Zoologische Staatssammlung

2.1 Allgemeine Angaben zur Ludwig-Maximilians-Universität München

Fakultäten

Evangelisch-Theologische Fakultät
Fakultät für Betriebswirtschaft
Fakultät für Biologie
Fakultät für Chemie und Pharmazie
Fakultät für Geowissenschaften
Fakultät für Geschichts- und Kunstwissenschaften
Fakultät für Kulturwissenschaften
Fakultät für Mathematik, Informatik und Statistik
Fakultät für Philosophie, Wissenschaftstheorie und Religionswissenschaft
Fakultät für Physik
Fakultät für Psychologie und Pädagogik
Fakultät für Sprach- und Literaturwissenschaften
Juristische Fakultät
Katholisch-Theologische Fakultät
Medizinische Fakultät
Sozialwissenschaftliche Fakultät
Tierärztliche Fakultät
Volkswirtschaftliche Fakultät

Studierende (im WS 2009/2010)
45.539

Personal
10.192, davon 3.399 wissenschaftliches Personal

Räume (ohne Medizin)
13.352 Räume auf 399.021 qm Hauptnutzfläche

2.2 Allgemeine Angaben zur Technischen Universität München

Fakultäten

Architektur
Bauingenieur- und Vermessungswesen
Chemie
Elektrotechnik und Informationstechnik
Ernährung, Landnutzung und Umwelt
Informatik
Maschinenwesen
Mathematik
Medizin
Physik
Sportwissenschaft
TUM School of Education

Wirtschaftswissenschaften

Studierende (im WS 2009/2010)
24.394

Personal
8.533, davon 5.615 wissenschaftliches Personal

Räume (ohne Medizin)
14.524 Räume auf 506.830 qm Hauptnutzfläche

2.3 Allgemeine Angaben zur Hochschule München

Fakultäten

Allgemeinwissenschaften
Architektur
Bauingenieurwesen
Betriebswirtschaft
Elektrotechnik und Informationstechnik
Feinwerk- und Mikrotechnik, Physikalische Technik
Geoinformationswesen
Gestaltung
Informatik, Mathematik
Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Flugzeugtechnik
Sozialwesen
Tourismus
Versorgungstechnik, Verfahrenstechnik, Druck- und Medientechnik
Wirtschaftsingenieurwesen

Studierende (im WS 2009/2010)
14.000

Personal
930

Räume
3.444 Räume auf 100.553 qm Hauptnutzfläche

2.4 Allgemeine Angaben zur Hochschule Weihenstephan-Triesdorf

Fakultäten

Biotechnologie und Bioinformatik
Gartenbau und Lebensmitteltechnik
Landschaftsarchitektur
Land- und Ernährungswirtschaft
Wald und Forstwirtschaft
Landwirtschaft (Triesdorf)
Umweltsicherung (Triesdorf)

Studierende (im WS 2009/2010)
4.400

Personal

505, davon 308 Professoren und Lehrbeauftragte

Räume

949 Räume auf 43.733 qm Hauptnutzfläche

2.5 Standorte

Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) verbindet vor allem Standorte der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU), der Technischen Universität München (TUM), der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (BAdW), der Hochschule München (HM) und der Fachhochschule Weihenstephan miteinander.

Diese Standorte sind insbesondere über die gesamte Münchner Region (i.W. Münchner Stadtgebiet, Garching, Großhadern/Martinsried und Weihenstephan) verteilt, umfassen aber auch weitere Standorte in Bayern. Die zu versorgenden Universitäten stellen von ihrer Ausprägung her keine reinen Campus-Universitäten dar, auch wenn Bestrebungen erkennbar sind, dies in einzelnen Bereichen zu forcieren. Beide Universitäten sind aufgrund der räumlichen Enge der Münchner Innenstadt über viele Gebäudeareale verteilt. Erst in den letzten 20 Jahren erfolgte eine gewisse räumliche Konzentration (TUM in Garching und Weihenstephan, LMU in Großhadern/Martinsried).

Derzeit sind an das MWN mehr als 510 als Unterbezirke bezeichnete Gebäudegruppen in mehr als 50 Arealen angebunden (siehe Abb.1). Die Lage von Standorten, die außerhalb des Münchner Stadtgebietes liegen, ist in der Abbildung nicht maßstabsgetreu dargestellt, sondern lediglich schematisch (Himmelsrichtung) angedeutet. 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 und mehr als 12.000 angeschlossenen Endgeräten. Derzeit sind bereits über 50 Studentenwohnheime mit insgesamt knapp 12.000 Wohnheimplätzen am MWN angeschlossen.

Die Areale des MWN werden zu Dokumentationszwecken auch mit Kürzeln aus einem oder zwei Zeichen (sog. Unterbezirke) benannt. Siehe hierzu den Anhang „Liste aller Unterbezirke des Münchner Wissenschaftsnetzes“ oder <http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/ubezliste/>

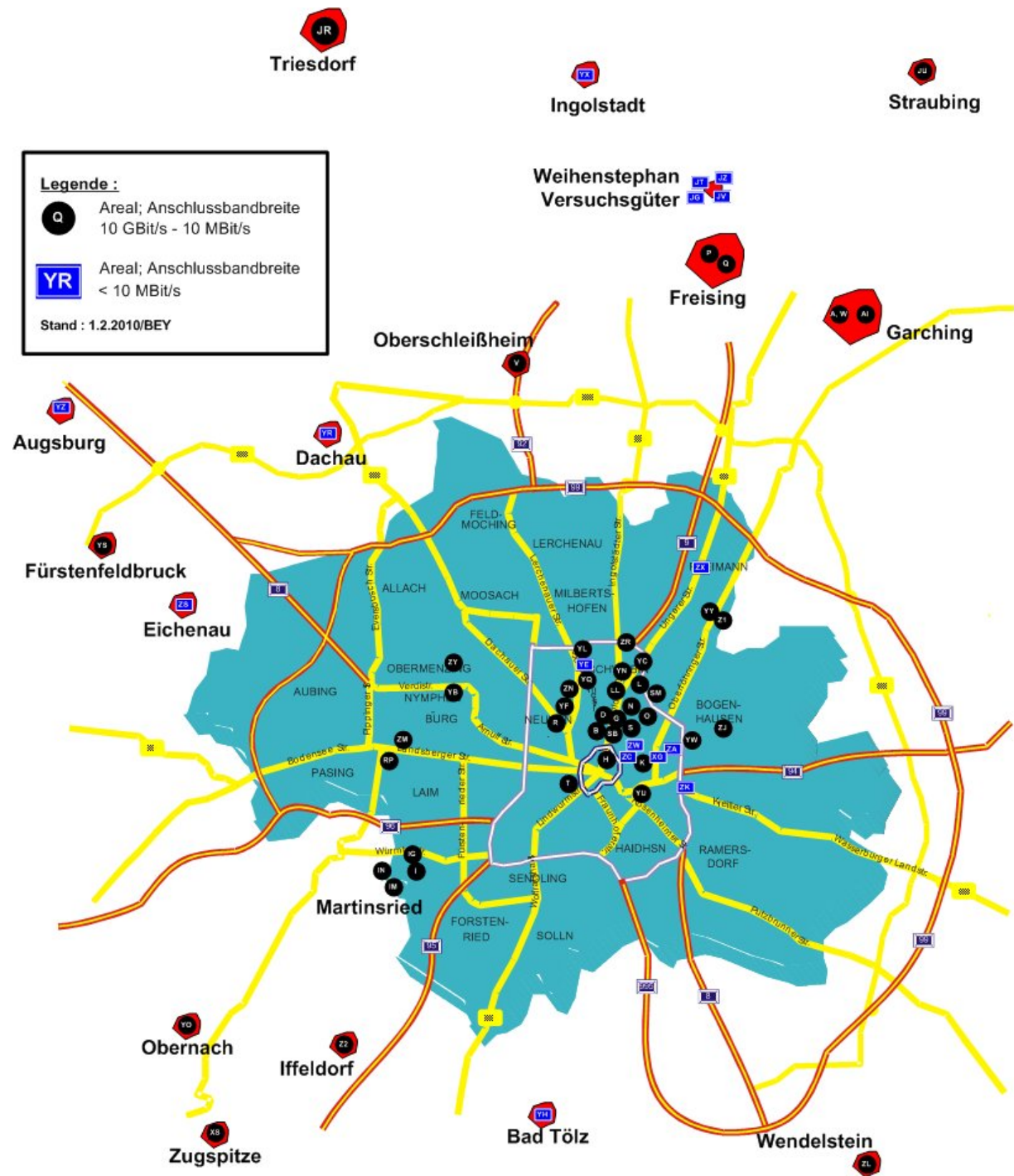


Abbildung 1: Lage der Standorte im MWN (außerhalb Münchens nicht maßstabsgetreu)

Die folgende Liste gibt einen ungefähren Eindruck über die wichtigsten an das MWN derzeit angeschlossenen Standorte sowie über die dort an vom LRZ verwaltete Netzkomponenten angeschlossenen Endgeräte wieder. Die Sortierung erfolgt nach der Anzahl der angeschlossenen Endgeräte.

Standort	Unterbezirks- Bezeichnung	Endge- räte (#)
LMU, Großhadern/Martinsried	I	10.500
Campus Garching (ohne LRZ)	A,M,W	8.250
LMU, Hauptgebäude	G,S	6.150
Campus Weihenstephan	J, P,Q	5.500
Hochschule-München, Lothstr.	RA, RB	5.500
Kleinere Studentenwohnheime in Summe	(diverse)	4.815
TUM, Stamm- und Nordgelände	B	4.600
LRZ, Garching	W	4.000
TUM, Medizin Rechts d.Isar	K	4.000
LMU, Medizin Innenstadt	T	3.100
Studentenwerk, Wohnheim Studentenstadt	Z1	2.400
Studentenwerk, Wohnheim Olympiadorf	Y6	1.800
LMU, Theresienstr. 39 – 43	D	1.500
LMU, Oettingenstr. 67	O	1.400
LMU, Leopoldstr. 13	L	1.300
Hochschule-München, Pasing	RP	1.300
Hochschule-München, Karlstr.	RW	1.100
LMU, Edmund-Rumpler-Straße	XE, XR	1.100
Studentenwerk, Wohnheime Freising	P0, P1, P8, PY	970
Königsplatz (LMU, TUM, HFF, Musik-HS, etc.)	F	900
FH Weihenstephan, Triesdorf	JR	650
LMU, Königinstr.	N	600
Studentenwohnheim Stiftsbogen	ZU	580
Studentenwohnheim Felsennelkenanger	Z7	545
TUM, Medizin Biederstein	YC	500
Studentenwerk, Wohnheim Heiglhofstr.	IT	420
LMU, Sternwarte	ZJ	300
LMU, Oberschleißheim	V	300
Staatsbibliothek, Ludwigstr. 14	SB	300
Studentenwerk, Wohnheim Agnes/Adelheidstr.	Z5	300
TUM, Connollystr.	YL	300
TUM, Lothstr. 17	YF	300
TUM, Baumbachstr. 7	ZM	300
BAdW, Marstallplatz	H	300
TUM, Straubing	JU	280
LMU, Konradstr.	LL	270
LMU, Luisenstr.	FG	270
Akademie der bildenden Künste	YA	250
TUM, Medizin Kölner Platz	YN	200
Studentenwerk, Wohnheim Oberschleißheim	VW	170
LMU, Winzererstr. 45	YQ	160
LMU, Schragenhofstr.	ZY	140
LMU, Maria-Ward-Str.	YK	100
Studentenwerk, Studentenbibliothek	LS	100
Kath. Stiftungs-FH, Preysingstr. 83	ZK	100
LMU, Deutsches Museum	YU	<100
TUM, Iffeldorf	Z2	<100
TUM, Leopoldstr. 139	ZR	<100

Die Anzahl tatsächlich ans MWN angeschlossener Endgeräte ist höher als die Summe der oben angegebenen Werte. Der Grund hierfür ist, dass in die obige Aufstellung die an nicht vom LRZ verwalteten Netzkomponenten angeschlossenen Endgeräte nicht einfließen. Beispielsweise werden in der Medizin und in der Informatik der TUM sowie in der Hochschule München und mehreren Studentenwohnheimen die Campusnetze selbst verwaltet. Unter Berücksichtigung entsprechender Rückmeldungen dieser nicht direkt erfassten Standorte beträgt die Gesamtzahl ans MWN angeschlossener Endgeräte derzeit rund 79.500 (Stand: April 2010).

2.6 Mengengerüst Netznutzung

Nutzungsberechtigte

Alle Mitglieder und Angehörigen der angeschlossenen Hochschulen sowie die Mitarbeiter der angeschlossenen Institutionen sind berechtigt, das MWN zu benutzen. Die Fakultäten der Medizin (LMU, TUM), der Informatik (TUM) sowie der Hochschule München betreiben die in ihren Räumen gelegenen Netzstrukturen selbst. Dies ist begründet u.a. in den geänderten Anforderungen an Medizinetze und dem speziellen Lehr- und Forschungscharakter von Informatiknetzen. Der Anschluss zum Internet (X-WiN und Backup über M-net) wird jedoch gemeinsam genutzt.

Eingetragene Nutzer

Derzeit sind am LRZ 30.741 Nutzer von Lehrstühlen und Instituten (Angehörige des wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Personals und Studenten höherer Semester) direkt in der LRZ-Benutzerverwaltung eingetragen. Darüber hinaus betreibt das LRZ die in die Web-Portale der beiden Münchner Universitäten integrierten Mailedienste, d.h. die Mailedienste für das Campus^{LMU}-Portal mit 54.758 Studentenkennungen sowie für das myTUM-Portal mit 30.657 Kennungen für Studenten und Mitarbeiter. Und schließlich haben noch 1.721 "sonstige" Studenten eine Kennung direkt am LRZ. Insgesamt nutzen also 117.877 Kennungen Dienste am LRZ.

Arbeitsplatzrechner

Über 75.500 Arbeitsplatzrechner sind zu versorgen; zusätzlich werden etwa 5% (4.000) der ans MWN angeschlossenen Systeme als Server eingesetzt.

Netzdienste

Charakteristische Daten für die wichtigsten Netzdienste sind:

- Durchsatz X-WiN ca. 300 TByte/Monat empfangene und ca. 207 TByte/Monat gesendete Daten. (Stand März 2010)
- Etwa 5.000.000 E-Mails, die pro Monat über das Mail-Relay des LRZ zugestellt werden; dabei werden fast 200 mal so viele weitere E-Mails gar nicht erst angenommen, weil sie durch Greylisting und andere Verfahren als Spam identifiziert werden. (Stand Dezember 2009)
- Etwa 28 TByte werden pro Tag für Backup und Archiv über das MWN zum Archiv-Server im LRZ transportiert. (Stand Dezember 2009)
- Etwa 500 Wählverbindungen pro Tag über die vom LRZ betriebenen Modem/ISDN-Zugänge. (Stand April 2010)
- Etwa 23.500 Verbindungen pro Tag zu den VPN-Servern. (Stand Dezember 2009)
- Mehr als 1340 WLAN-Access-Points. (Stand April 2010)

3 Netzdienste

3.1 Stand der Netzdienste (April 2010)

3.1.1 Standarddienste

Die vom LRZ betriebenen Dienste wie WWW, E-Mail, FTP, Zugang zu Online-Medien usw. stehen allen Berechtigten auf der Basis von Servern und systemnahen Diensten (DNS, NTP, DHCP u. a.) zur Verfügung. Es werden jedoch auch von den Institutionen selbst solche Dienste betrieben.

Als Protokoll wird flächendeckend IPv4 eingesetzt. Parallel dazu wird an der flächendeckenden Bereitstellung von IPv6 gearbeitet; neben seinem Einsatz im Rechenzentrumsnetz wird IPv6 bereits von über 60 angebundenen Einrichtungen genutzt, wobei das Interesse an der IPv6-Einführung auch in den anderen MWN-Bereichen weiterhin steigt.

3.1.2 Backup und Archiv

Das Rechenzentrum betreibt einen zentralen Backup- und Archivierungsdienst, für dessen Nutzung 6.100 Rechner (größtenteils Server, die mehrere Arbeitsplatzrechner bedienen) aus 430 Einrichtungen der Münchner Hochschulen registriert sind. Das Basissystem für allgemeine Anwendungen wurde im Oktober 2004 beschafft. Im Frühjahr 2006 wurde ein weiteres, hochperformantes System installiert, das Hosts mit sehr hohen Datenaufkommen (insb. den Bundeshöchstleistungsrechner) bedient und 2009 in erheblichem Umfang erweitert wurde. Derzeit sind 9 PetaByte Daten auf den Bandbibliotheken gespeichert. Etwa 28 Terabyte werden pro Tag für Backup und Archiv über das MWN zum Archiv-Server im LRZ transportiert. (Stand: Dezember 2009)

3.2 Entwicklung des Dienst-Spektrums

3.2.1 Standarddienste

Die Standarddienste müssen so weiterentwickelt werden, dass

- die rasch (Faktor 2/Jahr) ansteigenden Volumina bewältigt werden,
- weitgehende Ausfallsicherheit (Hochverfügbarkeit) erreicht wird,
- Quality of Service (QoS) einführbar wird und
- die Sicherung gegen Angriffe und Missbrauch verbessert wird (Authentizität, Vertraulichkeit, Integrität).

3.2.2 Daten- und Speicherverwaltung

Die Anzahl der Teilnehmer an Backup und Archivierung nimmt seit Jahren kontinuierlich zu. Dabei werden in aller Regel nicht einzelne Arbeitsplatzrechner, sondern lokale Server gesichert, die wiederum ihre Daten den Arbeitsplatzrechnern zur Verfügung stellen.

Im Rahmen eines DFG-geförderten Projekts ist eine hochschulweit nutzbare Datenspeicherplattform, die über Datensicherungs- und Archivierungsfunktionen verfügt und eng mit einem zentralen Verzeichnisdienst gekoppelt ist, etabliert worden. Dazu ist eine Fileserver-Konfiguration implementiert, die auf Network Attached Storage aufbaut.

3.2.3 Verzeichnisdienste

Beide Münchner Universitäten betreiben bereits seit einigen Jahren LDAP-basierte Verzeichnisdienste, mit denen die Verwaltung der Benutzer der Hochschulportale Campus^{LMU} bzw. TUMonline und der damit integrierten Dienste erfolgt.

Im Rahmen des Projekts LRZ-SIM (Secure Identity Management) wurde 2008 die in die Jahre gekommene zentrale Benutzerverwaltung des LRZ durch eine Migration auf aktuelle LDAP-Technik vollständig erneuert. Durch die seither weiterentwickelte direkte Kopplung mit den Verzeichnisdienstsyste men der beiden Universitäten werden die Datenerfassungs- und Verwaltungsprozesse wesentlich vereinfacht und somit die Qualität sowohl der verarbeiteten Daten als auch der darauf basierenden Dienste deutlich verbessert.

Im Rahmen der beiden Projekte IntegraTUM und LRZ-SIM wurde darüber hinaus der Betrieb eines MWN-weiten Verzeichnisdienstes auf Basis von Microsoft Active Directory pilotiert, um hochschulweite Systemadministrationskonzepte für die Plattform Microsoft Windows umzusetzen, Groupware-Lösungen wie Microsoft Exchange und Sharepoint Server anbieten zu können und die zentrale, NAS-Filer basierte Speicherlösung zu unterstützen.

Darüber hinaus betreibt das LRZ seit 2007 die zur Teilnahme an der vom Deutschen Forschungsnetz (DFN) betriebenen deutschlandweiten Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur (DFN-AAI) notwendigen Komponenten für die beiden Münchner Universitäten; die auf der Software Shibboleth basierende Infrastruktur ermöglicht eine hochschulübergreifende Dienstnutzung, die bereits in den Bereichen E-Learning, Verteilung lizenzierter Software und im Umfeld elektronischer Bibliotheksangebote mit kontinuierlich steigenden Nutzerzahlen sehr erfolgreich eingesetzt wird.

3.3 Dienstqualität

Wichtigstes Ziel ist die möglichst hohe Verfügbarkeit des Netzes und der Dienste, besonders der Basisdienste DHCP, DNS, E-Mail, LDAP, Storage und WWW. Das soll vor allem durch redundante Auslegung von wichtigen Teilen der aktiven Komponenten im Backbone und im Rechenzentrumsnetz des LRZ sowie durch Steigerung der Qualität des Netzmanagements (z.B. Einsatz von Monitoring-, Steuerungs- und Reportingwerkzeugen) erreicht werden. Operator-Betrieb für die zentralen Systeme und Komponenten besteht fast durchgängig in drei Schichten.

Damit bezüglich des Datenverkehrs keine Engpässe entstehen, ist beim Ausbau auf ein ausgewogenes Verhältnis von Primär-, Sekundär- und Tertiärnetz in Bezug auf Bandbreiten und Auslegung der aktiven Komponenten zu achten. Um dieses Ziel zu erreichen, werden proaktiv die Anschlussleitungen der Institute sowie die Leitungen im Backbone auf ihre Auslastung überwacht. Übersteigt die durchschnittliche Auslastung eines Interfaces mehrfach die Marke von 30% (Mittelwert für 1h), so werden entsprechende Schritte für eine Hochrüstung der Bandbreite eingeleitet. Dieser Grenzwert hat sich im Rahmen der steigenden Nutzung von zeitkritischen Multimediaanwendungen (Videokonferenzen und Vorlesungsübertragungen) als signifikant erwiesen. Nur unterhalb dieses Werts ist eine qualitativ hochwertige, zeitkritische Multimediaanwendung i.A. möglich. Damit müssen die weitergehenden Kriterien für Class of Service (CoS, Paketverluste, Verzögerung, Jitter) im lokalen Netz nicht zusätzlich betrachtet werden.

4 Netzstruktur

4.1 Stand (April 2010)

Das MWN verbindet die einzelnen (Sub-)Netze der Hochschuleinrichtungen an den verschiedenen Standorten. Zur Anbindung der einzelnen Standorte sind langfristig (5 - 10 Jahre) „dark-fibre“-Leitungen (Monomode-Lichtwellenleiter) von der Telekom und von M-net angemietet. Das damit geschaffene Backbonenetz hat seit dem Umzug des LRZ nach Garching die Hauptknotenpunkte LRZ, LMU-Stammgelände, Campus Großhadern und TUM-Nordgelände, an denen sternförmig alle Leitungen zu den externen Standorten angeschlossen sind. Derzeit werden 28 Leitungen von der Telekom und 21 von M-net zum Aufbau des Backbonenetzes genutzt. Netze mit einer geringeren Anzahl von Endgeräten werden mit SDSL-Verbindungen (bis zu 10 Mbit/s für Institute und Studentenwohnheime) von M-net, mit ADSL-Verbindungen der Telekom (VPN-Tunnel oder WiN-Shuttle) oder WLAN-Verbindungen auf Basis von IEEE 802.11 a, b, g und n (11, 54 bzw. 300 Mbit/s für Studentenwohnheime) an die Backbone-Router angeschlossen.

Redundante Leitungen sind derzeit aus Kostengründen nur für den Backbone realisiert, d.h. bei einem Ausfall einer Leitung im Backbone kommt es zu keinen Einbußen bei der Konnektivität, Allerdings führt ein Ausfall einer Leitung von einem Hauptknoten des Backbone zu einem externen Standort dazu, dass der gesamte Standort keine Konnektivität zum Rest des MWN besitzt. Bis jetzt ist es jedoch diesbezüglich noch zu keinem längeren Ausfall gekommen. Zudem ist die Anbindung des MWN an das Internet seit Anfang 2003 redundant ausgelegt (X-WiN Anschluss und Backup über M-net, siehe Abb. 3).

In den externen Campus-Standorten sind die anzubindenden Gebäude in der Regel ebenfalls sternförmig gemäß EN 50173 mittels in eigener Regie verlegter Glasfaserkabel an einen zentralen Standortverteiler angebunden. Hierzu wurden in der Vergangenheit anfänglich Mischkabel mit mindestens 8 Fasern multimode LWL (Lichtwellenleiter) und 4 Fasern monomode LWL verlegt. In einer zweiten Runde wurde die Anzahl der Fasern auf 16 multimode und 8 monomode erhöht. Mit der Verabschiedung des Standards für 10 Gigabit-Ethernet hat sich die Nutzung von Monomodefasern deutlich erhöht, so dass bei Neuinstallationen genauso viele Monomode- wie Multimode-Fasern verlegt werden. Zum Teil müssen in Zukunft Monomode-Strecken nachgerüstet werden. Das LRZ arbeitet an einer Erhebung, in welchem Umfang eine Nachrüstung notwendig ist. Eine Redundanz der Anbindung (Faser), d.h. eine teilweise Vermaschung einzelner Gebäude ist hier technisch möglich, wird derzeit aber betrieblich nicht genutzt.

Bei der gebäudeinternen Verkabelung gibt es immer noch einige Defizite in der Realisierung einer flächendeckenden, strukturierten Verkabelung. Aus finanziellen Gründen wurde in den 90er Jahren in Altbauten eine unstrukturierte „Yellow-Cable“-Verkabelung (Ethernet, 10Base5) realisiert. In der Regel wurde hierzu jeweils pro Stockwerk ein Segment gelegt, so dass eine Flächendeckung erreicht werden konnte, indem ein Transceiver in jeder anzuschließenden Räumlichkeit gesetzt wurde. In Neubauten wurde im Gegensatz dazu strukturiert gemäß EN50173 verkabelt.

Durch die Phase II des bayerischen Netz-Investitions-Programms (NIP II) sind an der gesamten LMU und im Campus Weihenstephan die bisher mit Koax versorgten Gebäude mit einer strukturierten Verkabelung versehen worden. Für die TUM in München und Garching wurden nach einer langen Wartezeit ein Teil der Mittel, für die bereits im Juli 2002 der entsprechende Antrag von der DFG positiv begutachtet wurde, im Jahr 2007 zugeteilt. Für das Jahr 2009 wurden weitere Mittel beim Ministerium angefordert, um die Koaxkabel endgültig

zu ersetzen. Bei der Umsetzung kommt es bei fünf kleineren Gebäuden der TUM jedoch immer noch zu Verzögerungen, da auf deren Generalsanierung gewartet wird bzw. deren zukünftige Nutzung noch nicht geklärt ist.

Die Verkabelungsstruktur des MWN lässt sich folgendermaßen schematisch darstellen:

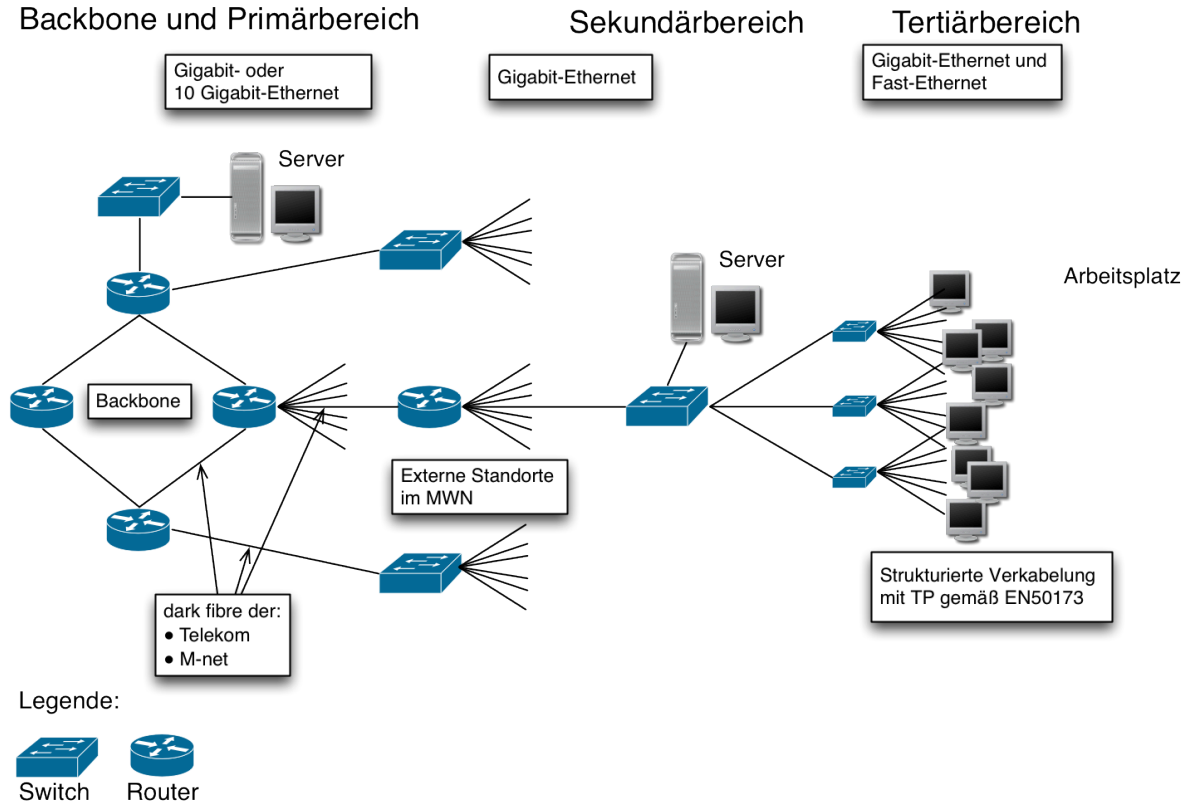


Abbildung 2: Schematische Verkabelungsstruktur

4.1.1 Netzstrukturierung und Komponenten

Auf der vorgenannten Infrastruktur wird das MWN betrieben. Es besteht im Wesentlichen aus einem Backbonenetz, an das über Router die einzelnen Areal- bzw. Gebäudenetze an den verschiedenen Standorten angeschlossen sind. Die Router sind untereinander mit 10 Gigabit-Ethernet verbunden. Die Anschlussbandbreite an das Backbone des MWN richtet sich nach dem transferierten Datenvolumen und der Größe des jeweiligen Standortes (Anzahl angeschlossener Endgeräte). Diese wird aufgrund der Auslastungsdaten des Netzmanagementsystems sowie in Absprache mit den Nutzern bei Bedarf der jeweiligen Gegebenheit (Bandbreitenbedarf) angepasst.

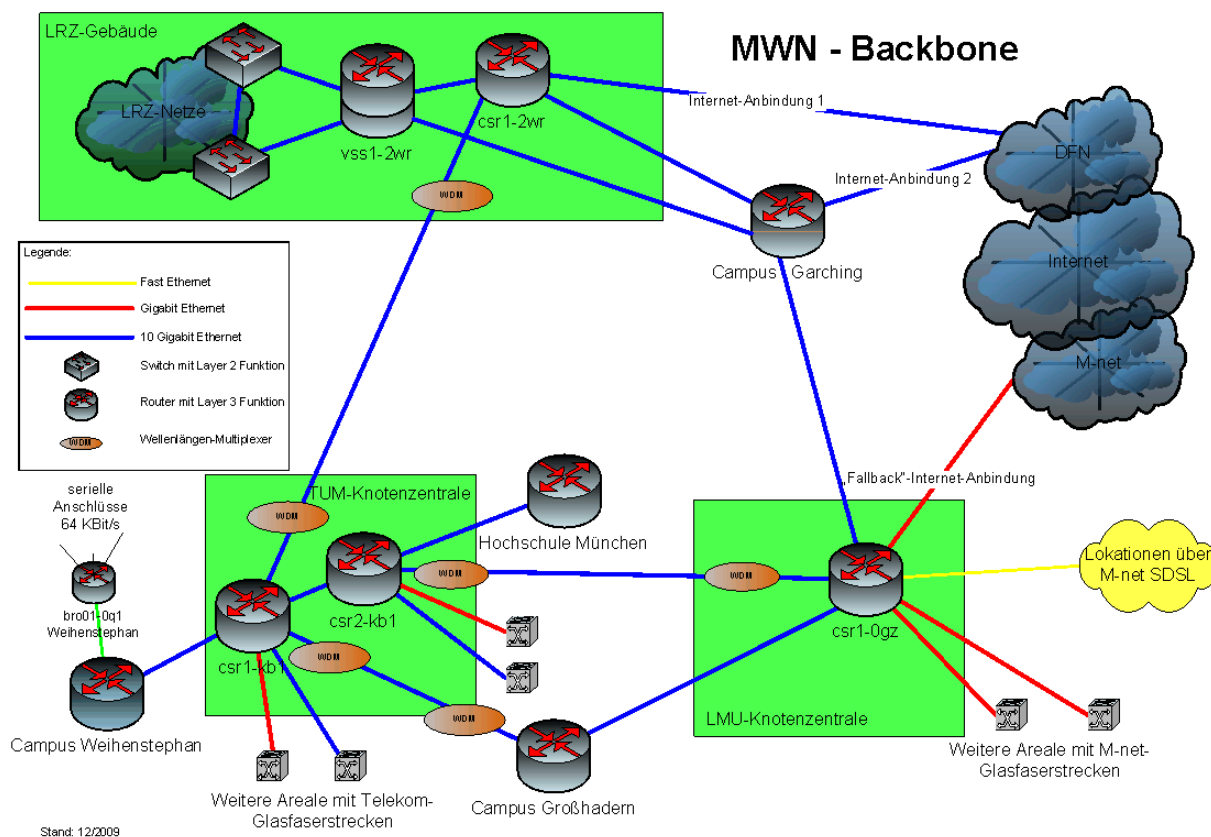


Abbildung 3: BackboneNetz des MWN

An den Routern sind die einzelnen Instituts- bzw. Gebäude-LANs angebunden. Derzeit sind gebäudeseitig etwa 300 lokale Routerinterfaces konfiguriert. Abhängig von der verfügbaren Verkabelungsinfrastruktur wird mittels Switches i.d.R. ein komplett „geschwitchtes“ Netz bis zum Endgerät, Anschlussgeschwindigkeit typischerweise 1 Gbit/s realisiert.

Zu diesem Zweck sind aktuell im Einsatz:

- 12 Router Cisco Catalyst 6509
- 1.020 LAN-Switches der Firma HP mit insgesamt ca. 60.250 Ports (Davon sind derzeit noch 30 HP ProCurve 4000, die jedoch neben ihrer geringen Portdichte bei Gigabit-Ethernet auch funktionelle Einschränkungen aufweisen und deshalb demnächst ersetzt werden)
- 1.340 WLAN Accesspoints der Firma HP

Aus Support-Gründen (Management, Konfiguration, Logistik) werden im MWN für die jeweiligen Aufgaben nur Produkte weniger Hersteller und wenige verschiedene Gerätetypen eingesetzt.

Das Grundgerüst des MWN bildet ein Backbone zwischen dem LRZ in Garching, der LMU in München, dem Campus Großhadern und der TUM in München. An diesen Hauptknotenpunkten sind Router vom Typ Cisco 6509 installiert, die die Verbindung zu den einzelnen Standorten des MWN realisieren. Größere Standorte werden mit 10 Gigabit Ethernet angebunden. Aufgrund des Datenaufkommens kann dies dem aktuellem Bedarf kurzfristig angepasst werden (z.B. Port-Trunking durch Nutzung redundanter Glasfasern bzw. Einsatz von WDM-Systemen).

Bei den größeren Arealen werden zur Anbindung ebenfalls Router vom Typ Cisco 6509 eingesetzt. Diese Geräte unterstützen alle gängigen Medien und Technologien und verfügen über 10 Gigabit-Ethernet- (Backbone und dedizierte Server-Cluster), Gigabit-Ethernet- und Fast-Ethernet-Schnittstellen (letztere sollen mittelfristig entfallen).

Zum Einsatz im Gebäudebereich kommen derzeit standardmäßig Switches der Firma Hewlett-Packard vom Typ ProCurve 4200 und bei erhöhten Anforderungen ProCurve 5400 (auch mit 10 GE-Interfaces). Aus älteren Beschaffungsrunden werden aber noch Switches vom Typ HP ProCurve 4000 und 4100 eingesetzt. Diese Geräte unterstützen Ethernet-, Fast-Ethernet und Gigabit-Ethernet Infrastrukturen.

4.1.2 Netztechnologie

Im MWN werden im Backbone und zum Anschluss von Gebäudenetzen derzeit die folgenden Netztechnologien unterstützt:

- Fast-Ethernet
- Gigabit-Ethernet
- 10 Gigabit-Ethernet

Vom LRZ werden somit bevorzugt Ethernet-Infrastrukturen eingesetzt, da damit eine leistungsfähige Netz-Infrastruktur zu günstigen Kosten und mit geringem Betreuungsaufwand möglich wird.

4.1.3 WDM-Systeme

Die dem MWN zugrunde liegende Glasfaserinfrastruktur dient sowohl zur Kopplung der Ethernet-Infrastrukturen (wissenschaftliches Produktionsnetz) als auch zur Kopplung von TK-Nebenstellenanlagen (NStA) der Universitäten und Fachhochschulen; sie wird ferner für die Kopplung des Patienten-Netzes der medizinischen Fakultäten genutzt. Zu diesem Zweck werden auf den entsprechenden Verbindungsstrecken seit mehr als 10 Jahren Wellenlängenmultiplex-Systeme (WDM) eingesetzt. Hierbei ist bereits die fünfte Generation an Systemen im Einsatz (ADVA OCM2, OCM4, FSP1 und ONI Online 2500, MRV Fiber Diver und Lambda Driver LD800). Im produktiven Einsatz befinden sich jedoch nur mehr zwei Systemfamilien (MRV Fiber Driver und Lambda Driver LD800). Die neueste Generation von Systemen (MRV Lambda Driver LD 800) unterstützt bis zu 64 transparente Kanäle mit einer maximalen Datenrate von derzeit 10 Gbit/s pro Kanal. Das Gerät kann sowohl als CWDM-System (Coarse Wave Division Multiplexer) wie auch als DWDM (Dense Wave Division Multiplexer) eingesetzt werden. Langfristig soll hier eine Homogenisierung der Plattformen durchgeführt werden. Derzeit werden WDM-Systeme im MWN auf 5 Strecken eingesetzt:

- TU-Nordgelände – LMU-Stammgelände (1*10-Gigabit-Ethernet, 1 * ATM OC-48)
- TU-Nordgelände – Garching (2*10-Gigabit-Ethernet)
- TU-Nordgelände – Großhadern (2 * 10-Gigabit-Ethernet)
- LMU-Stammgelände – Martiusstr. (2*Gigabit-Ethernet, 1*TK-Anlage)
- LMU-Stammgelände – Amalienstr. (1*Gigabit-Ethernet, 1*TK-Anlage)

Zusätzlich sind fünf Standorte der Fachhochschule München per WDM an den zentralen Standort in der Lothstraße angebunden. Hierbei kommen jeweils 3-Kanal-Systeme zum Einsatz („Produktionsnetz“, TK-Anlage, Verwaltungsnetz).

Die Nutzung der WDM-Systeme zur Kopplung von Telefonanlagen ist deutlich rückläufig. Die Gründe hierfür liegen einerseits darin, dass die Telefonanlagen der TU und der LMU erneuert bzw. ausgebaut wurden, so dass diese direkt über IP gekoppelt werden können. Außerdem wurden bei einigen Verbindungen sogenannte IP-Multiplexer eingesetzt, die eine transparente Übertragung von S_{2m}-Schnittstellen über IP ermöglichen.

4.1.4 Zugänge zum MWN von außerhalb

Für Zugang über Modem-/ISDN-Anschlüsse werden noch 60 Kanäle der Telekom und 120 Kanäle von der Firma M-net bereitgestellt. M-net-Kunden können damit während betriebschwacher Zeiten (abends, Wochenende) kostenfrei Zugang zum MWN erhalten. Die Nutzung dieser Anschlüsse ist allerdings weiter sinkend. Dagegen wird der VPN-Dienst, der beim Zugang zum MWN über DSL-Anschluss notwendig ist, immer stärker genutzt. Es sind nun insgesamt 5 Server im Einsatz mit bis zu 2.500 Verbindungen gleichzeitig. Die Validierung geschieht über einen Verbund von etwa 45 Radius-Servern.

4.1.5 Zugang zum MWN für mobile Endgeräte

Für den Anschluss von mobilen Endgeräten stehen z.Z. im gesamten MWN über 1.340 Access-Points in 221 Gebäuden und ca. 350 vorkonfigurierte Datendosen an 27 Standorten zur Verfügung.

Der Zugang zum MWN über dieses Angebot ist mit derselben Kennung möglich, mit der die Wählzugänge des LRZ erreicht werden können. Die Authentifizierung geschieht über VPN-Server (Cisco ASA 5540). Dazu werden die Access-Points und die vordefinierten Datensteckdosen in ein eigenes VLAN eingebunden. Von diesem VLAN gibt es nur einen gesicherten Übergang (VPN-Server) mittels des IPSec-Protokolls in das MWN.

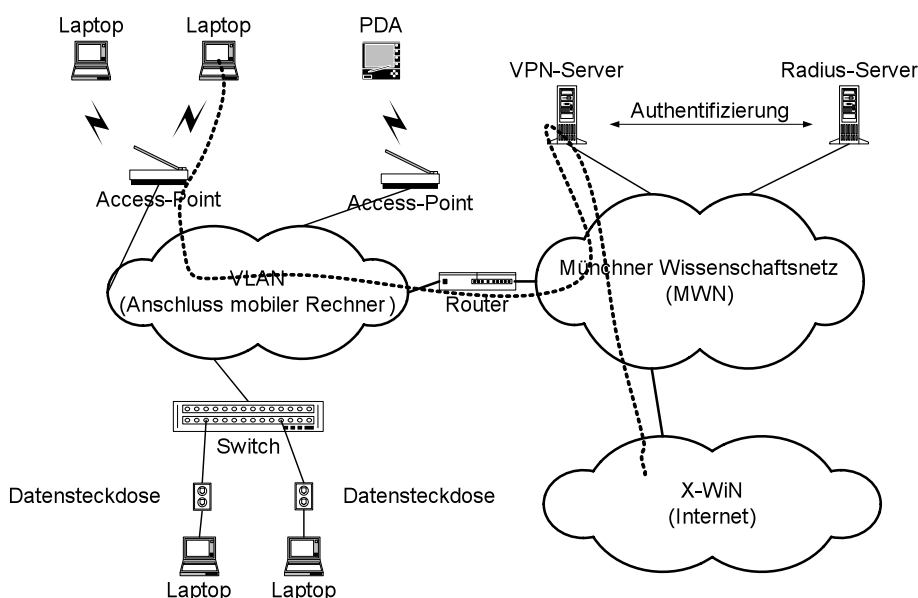


Abbildung 5: Zugang zum MWN über VPN-Server

Dadurch wird sowohl ein Schutz gegen den Missbrauch dieses Netzes erreicht, da der Internet-Anschluss des MWN nicht unbefugt genutzt werden kann, als auch der administrative Aufwand möglichst klein gehalten. Zu Beginn einer Sitzung ist eine Authentisierung über VPN-Server notwendig; dies entspricht dem Vorgehen, wie es bei der Modem/ISDN-Einwahl

üblich ist. Es sind dieselben Benutzerkennungen und Passwörter zu benutzen wie bei den weiteren LRZ-Diensten. Ohne Authentisierung kann keine Kommunikation mit Rechnern im MWN oder im Internet erfolgen. Abbildung 5 zeigt exemplarisch die notwendige Anmeldung und Nutzung mittels des VPN-Servers. Eine weitere Möglichkeit des Zugangs besteht über 802.1x (DFNRoaming oder eduroam, vgl. Abschnitt 4.2.4).

4.2 Entwicklung

4.2.1 Verkabelung

Mit NIP (Netzinvestitionsprogramm in Bayern) wurde zwar eine flächendeckende Vernetzung erreicht, diese ist jedoch an der TUM in München und Garching noch zu einem kleinen Teil in Koax ausgeführt. Die bis Ende 2009 gesetzte Aufgabe, diese Koax-Verkabelung durch eine strukturierte Verkabelung (Kupfer oder Glas) zu ersetzen, verzögert sich bei einigen wenigen Gebäuden noch durch das Warten auf deren Generalsanierung bzw. die Klärung der zukünftigen Nutzung.

TU-München (ohne Weihenstephan)

Im Bereich der TU-München (ohne Weihenstephan) wurde 2009 eine Reihe von Gebäuden im Rahmen von NIP saniert. Für fünf weitere kleinere Gebäude stehen entsprechende Maßnahmen zur strukturierten Verkabelung jedoch noch aus; eine konkrete Planung erfolgt noch zusammen mit weiteren Sanierungsarbeiten für diese Gebäude.

LMU München

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 4-drahtiger Anschluss [Kabelsharing] oder Installation von Kat5-Kabeln) Hier muss in den nächsten Jahren nachinstalliert werden. Eine Kostenschätzung ist zurzeit in Arbeit

Weihenstephan (TU-München)

Im Campus Weihenstephan der TU-München sind alle Gebäude mit einer strukturierten Verkabelung versehen.

In allen Bereichen wurden entweder Kupfer (Kat 6-Kabel) oder Glas (multimode) verwendet. Glasfaserkabel wurden verlegt, wo die Kabelwege für den Einsatz von Kupferkabeln zu lang sind, wobei pro Gebäude nur ein Medium im Tertiärbereich zum Einsatz kommt. Hier ist in den nächsten Jahren kein größerer Verkabelungsbedarf in Gebäuden sichtbar.

Die LWL-Strecken zwischen den Gebäuden müssen allerdings wie auch bei der LMU und TUM einer Revision unterzogen werden, ob Monomode-Fasern nachgezogen werden müssen, damit hohe Übertragungsraten (10 GE) realisiert werden können.

Unabhängig von der Verkabelung zwischen den Gebäuden ist der Bedarf für eine redundante Anbindung des gesamten Standorts Weihenstephan gegeben.

4.2.2 Netzstrukturierung und Komponenten

4.2.2.1 Netzstrukturierung

Mit dem Umzug nach Garching wurde der Kern des Backbones leitungs- und komponentenmäßig redundant ausgelegt.

Im Backbonebereich sind nun alle Verbindungen mit 10 Gbit/s realisiert. Im Anschlussbereich sind flächendeckend 1 Gbit/s bzw. teilweise 10 Gbit/s vorhanden. An Funktionalität der Komponenten sind die Unterstützung von VLANs, von Class-of-Service (CoS) und eine Zugangskontrolle gefordert. Mittelfristig wird von einer komponenten- oder gebäudelokalen zu

einer netzweiten, leicht managbaren VLAN-Strukturierung übergegangen. Dieser Übergang hängt stark von der Verfügbarkeit eines herstellerübergreifenden zentralen VLAN-Managements ab; beispielsweise ist die Implementierung des Managementprotokolls GVRP bei den eingesetzten HP-Switches auf max. 256 VLANs beschränkt. Eine durchgehende CoS-Unterstützung aller Komponenten kann für die Übertragung zeitkritischer Daten wie Video und Ton wichtig werden. Zugangskontrollen am Netzrand (IEEE 802.1x) werden zu einem wichtigen Sicherheits- und Kontrollinstrument.

Der Stabilität und Ausfallsicherheit im Netz muss durch den Einsatz von USVs, redundanten Komponententeilen und (eventuell) doppelter Leitungsführung Rechnung getragen werden.

4.2.2.2 Flächendeckender Ausbau

Bei der Erstplanung wurden aus Kostengründen nur wirklich aktiv benötigte Leitungen beschaltet; auf eine Vollversorgung aller vorhandenen Dosen mit aktiven Komponenten wurde verzichtet. Zurzeit sind etwa 60 % der vorhandenen passiven Anschlüsse aktiv geschaltet. Bei einem Umzug oder Neuanschluss muss daher die Verbindung im Patchfeld (entfernt und) neu geschaltet werden. Eine Untersuchung, ob dieses personalaufwändige Änderungsmanagement durch eine (fast) volle Beschaltung aller Anschlüsse erheblich reduziert werden kann, stellte hierfür einen nicht vertretbaren finanziellen Mehraufwand fest. Aktuell wird bei einem Neubezug von Gebäuden (Neubau oder Sanierung), ein Überhang von zusätzlich ca. 10% an aktiven Ports in den Verteilerräumen für zukünftige Erweiterungen vorgehalten.

4.2.2.3 Flächendeckende Versorgung auf Switching-Basis

Die Switch-Infrastruktur realisiert Geschwindigkeiten von 1 bis 10 Gbit/s in Richtung Backbone-Netz, in Richtung Nutzeranschluss 10/100/1000 Mbit/s autosensing Switched Ethernet Ports, in Ausnahmefällen aber auch 10 Gigabit-Ethernet (Archivierungssystem, Compute-Cluster, Video-Server). Insbesondere für den Backbone-Bereich ist eine Ausrüstung auf 40 bzw. 100 Gbit/s Komponenten zu konzipieren, sobald die entsprechenden Standardisierungen abgeschlossen und Produkte verfügbar sind.

4.2.3 Zugänge zum MWN von außerhalb

Die Zugänge vom häuslichen Arbeitsplatz, sowohl für Studenten als auch für Hochschulmitarbeiter im Rahmen von Telearbeit, werden durch die DSL-Angebote der verschiedenen Provider unterstützt. Der Zugang zum MWN erfolgt über VPN-Dienste.

Durch geeignete VPN (Virtuelle Private Netze)-Server auf IPsec-Basis können die häuslichen Arbeitsplätze an das MWN angebunden werden und alle Dienste des lokalen Netzes unter Berücksichtigung der geltenden Zugangsregelungen nutzen (siehe Abschnitt 6.2.13). Dazu wird nach dem Aufbau eines gesicherten Tunnels und der Authentifizierung eine MWN-weit gültige IP-Adresse vergeben.

Für die von der Firma Vodafone gesponserten Geräte (PDAs, MCC-Karten) an der LMU und TUM wurde ein geregelter Zugang zum MWN geschaffen. Basierend auf der eindeutigen Rufnummer des Endgerätes wird eine MWN-weit gültige IP-Adresse zugewiesen, mit der die Nutzung aller MWN-relevanten Dienste möglich ist. Damit sind die Installation eines eigenen VPN-Clients sowie die Validierung nicht notwendig.

4.2.4 Zugang zum MWN für mobile Endgeräte

Der Zugang für mobile Endgeräte wird weiter ausgebaut werden. Es werden sowohl drahtlose Verbindungen über IEEE 802.11g und jetzt auch beginnend über 11.n als auch Kabelgebundene Anschlüsse mit 100 Mbit/s Ethernet-Datendosen (RJ45) angeboten. Alle seit Herbst 2008 installierten Accesspoints unterstützen bereits IEEE 802.11n; auch ca. 50 an Standorten mit hoher WLAN-Nutzung bereits vorhandene Accesspoints wurden gegen IEEE 802.11n-fähige Geräte ausgetauscht.

Bei der Größe des zu versorgenden Bereiches ist an eine flächendeckende Versorgung aller Bereiche (auch Büros) mit WLAN vorerst nicht zu denken. Es können daher nur öffentlich zugängliche Orte (z.B. Hörsaal, Seminarraum, Mensa, Cafeteria, Foyer) mit Access-Points versehen werden. Eine Vollversorgung all dieser Orte wird angestrebt, dies erfordert allerdings mehr als 2.000 Access-Points (z.Z. 1.340). Bei Neuinstallationen wird eng mit den Hochschulen zusammengearbeitet, die federführend bei der Benennung der Örtlichkeiten sind. Pro Jahr sollen bis zu 300 weitere Access-Points im MWN installiert werden. Der Zugang zum MWN erfolgt ebenfalls über den erwähnten VPN-Server auf IPsec-Basis.

Für Veranstaltungen (Kongresse, Tagungen usw.) mit fremden Teilnehmern wurde neben dem Standard-Netznamen „lrz“ die zusätzliche SSID „con“ eingeführt. Die Konnektivität für „con“ wird für die Dauer der Veranstaltung in den genutzten Arealen freigeschaltet, damit können die Teilnehmer das Netz ohne Nutzererkennung, aber mit eingeschränkten Protokollen verwenden.

Um die Nutzung der Funknetze für reisende Wissenschaftler auch in fremden Universitäten zu ermöglichen, wurde deutschlandweit das Projekt „DFNRoaming“ bzw. weltweit „eduroam“ eingeführt. Die MWN-Radiusstruktur wurde in den zentralen DFN-Radiusverbund integriert. Für die Validierung auswärtiger Gäste im MWN-WLAN steht der Zugang über IEEE 802.1x zur Verfügung.

4.3 Netztechnologien

Mit der Standardisierung von 40- bzw. 100-Gbit/s wird sich in den nächsten Jahren zumindest die Backbone-Netztechnologie ändern. Andere grundsätzliche Änderungen der Netztechnologien und –topologie im MWN sind in naher Zukunft jedoch nicht vorgesehen.

Funknetze werden als ergänzende Technologie angesehen und sind vor allem zur Anbindung von mobilen Rechnern gedacht; eine Ersetzung von festen Kabelstrukturen ist damit nach wie vor nicht zu erreichen und bis auf Weiteres auch nicht vorgesehen.

5 Netzintegration

5.1 Sprachkommunikation

Eine Integration der Sprach- und Datenkommunikation findet zurzeit bei der Nutzung von Datenleitungen für die Verbindung der TK-Anlagen der TUM (für 14 Standorte) und der bei der LMU (Großhadern und Oberschleißheim) über IP statt. Bei der TK-Anlage der Hochschule München (flächendeckend für alle ihre Standorte) werden auf angemieteten LWL-Leitungen mittels WDM-Systemen eigene Kanäle zur Verbindung geschaltet.

Da die TK-Anlagen der TUM und LMU relativ neu sind, ist eine allgemeine Zusammenführung von Sprache und Daten in einem einheitlichen IP-Netz (vorerst) nicht geplant. Es ist allerdings vorgesehen, Neubauten mit einer einzigen Verkabelungsstruktur auszustatten und VoIP-Telefone zu betreiben. Die beiden TK-Anlagen der TUM und LMU haben inzwischen integrierte VoIP-Server, die in geringem Umfang bereits VoIP-Telefone bedienen.

Für die Sprachkommunikation am LRZ wurde mit dem Umzug nach Garching eine VoIP-Anlage installiert, die jedoch für die Anbindung der VoIP-Telefone aufgrund der Abhörproblematik, da aus Sprachqualitätsgründen noch nicht verschlüsselt übertragen wird, ein eigenes physikalisches Netz benutzt. Siehe hierzu folgende Abbildung:

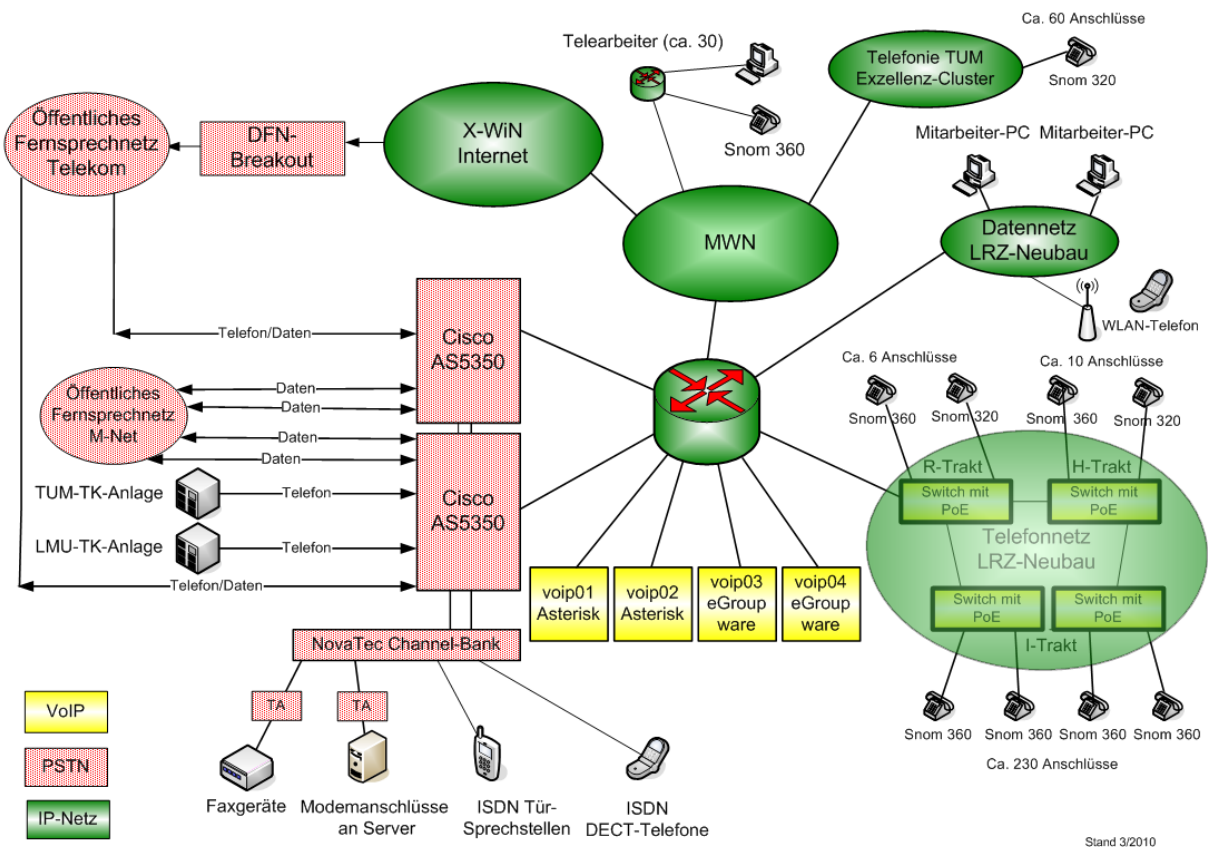


Abbildung 6: TK-Anlage am LRZ

Mit der Implementierung der verschlüsselten Sprachübertragung soll der VoIP-Verkehr ins Datennetz integriert werden.

5.2 Verwaltungsnetze

Die Verwaltungsnetze der LMU und TUM bilden in ihrem Stammbereich eigene physische Netze, die über Firewalls vom eigentlichen Hochschulnetz abgetrennt sind. Außenstellen der Verwaltung (z.B. in Weihenstephan oder Garching) werden jedoch mittels VLANs an die eigentlichen Verwaltungsnetze angebunden.

5.3 Facility-Management-Netze

Das MWN wird zurzeit an einigen Standorten bereits für Facility-Management (z.B. Gebäudesteuerung, Zugangskontrolle und Arbeitszeiterfassung) benutzt. Eine Ausweitung vor allem im Bereich der Gebäudesteuerung (Klima, Heizung) ist geplant. Sie ist Bestandteil von Neubauplanungen und erfolgt darüber hinaus bei der Sanierung alter Gebäudetechnik.

6 Verantwortungs- und Zuständigkeitsverteilung

Das Leibniz-Rechenzentrum (LRZ) ist als Dienstleister für die Münchner Hochschulen grundsätzlich für Planung, Betrieb und Management des Münchner Wissenschaftsnetzes (MWN) bis zur Datendose im Arbeitsraum zuständig.

Dies geschieht in enger Zusammenarbeit mit den z.Z. 843 (inkl. Stellvertreter; Stand März 2010) **Netzverantwortlichen** in den Fachbereichen und Instituten der angeschlossenen Institutionen. Mit der Einführung von Netzbenutzungsrichtlinien durch das LRZ wurde die bis

dahin informelle Zusammenarbeit institutionalisiert und geregelt. Insbesondere wird hierin von Instituten die Benennung von Netzverantwortlichen zwingend gefordert.

(<http://www.lrz-muenchen.de/wir/regelwerk/netzbenutzungsrichtlinien/>)

Der Netzverantwortliche hat folgende Aufgaben in seinem Zuständigkeitsbereich wahrzunehmen:

- Verwaltung der zugeteilten Namens- und Adressräume
- Führung einer Dokumentation über die ans MWN angeschlossenen Endgeräte bzw. Netze
- Zusammenarbeit mit dem LRZ bei der Planung und Inbetriebnahme von Erweiterungen der Gebäudenetze (neue Anschlusspunkte, neue Netzstrukturen)
- Mitarbeit bei der Fehlerbehebung (z.B. Durchführen von mit dem LRZ abgestimmten Tests zur Fehlereingrenzung)
- Zusammenarbeit mit dem LRZ bei der Eindämmung missbräuchlicher Netznutzung.

Um jeweils aktuelle Daten der Netzverantwortlichen in den Instituten zur Verfügung zu haben, hat sich eine jährliche Überprüfung bestens bewährt. Die Aktualität ist zwingend erforderlich, da Informationen zu Netzwartungen, Hinweise zum Netzmissbrauch usw. per E-Mail an diese Personengruppe geschickt werden.

Als Gegenpart im LRZ sind so genannte **Arealbetreuer** benannt. Ein Arealbetreuer fungiert als erster Ansprechpartner für die Netzverantwortlichen bei Netzfragen (z.B. vom Erstanschluss bis hin zu Mailkonzepten). Bei aktuellen Betriebsproblemen soll jedoch der Weg über die zentrale Hotline gesucht werden.

Falls es gewünscht wird, können einzelne Fakultäten und Institute in Absprache mit dem LRZ mehr oder weniger weitgehende Teilaufgaben der Netzadministration auch selbständig wahrnehmen. Derzeit ist dies lediglich für die Netze der medizinischen Fakultäten (TUM und LMU), der Informatik der TUM und der Hochschule München der Fall. Hier sind eigene Betriebsgruppen vorhanden, die aber eng mit dem LRZ zusammenarbeiten.

Die medizinischen Fakultäten planen, bauen und betreiben ihre internen Netze (Patienten-Netz und Wissenschaftsnetz) völlig selbständig. Die Übergänge aus den Netzen der medizinischen Fakultäten in das MWN und darüber hinaus ins Internet (X-WiN oder M-net) werden vom LRZ betrieben.

6.1 Planung

An der Planung der Netzinfrastruktur des MWN sind neben den zuständigen Bauämtern (Staatliches Hochbauamt II München, Staatliches Hochbauamt Freising, ...) die Verwaltungsinstanzen der beteiligten Institutionen, die Fachbereiche und Institute der Hochschulen in der Form von sog. DV-Beauftragten und, federführend, das Leibniz-Rechenzentrum beteiligt. In Zusammenarbeit mit den einzelnen Instanzen der Hochschulen (Verwaltung, CIOs und DV-Beauftragte der Fakultäten, Netzverantwortliche usw.) ermittelt das LRZ den Bedarf und entwickelt eine Planung für die mittelfristige Entwicklung in quantitativer und qualitativer Hinsicht unter besonderer Berücksichtigung der Nutzung innovativer Netztechniken.

Diese Planung ist Grundlage für die Umsetzung in konkrete Anträge, Bau- und Beschaffungsmaßnahmen, für die insbesondere auch die Verwaltungen und Bauämter im Rahmen ihrer Zuständigkeiten Verantwortung tragen. Durch geeignete Abstimmungsprozesse wird sichergestellt, dass die Intentionen der Planung tatsächlich umgesetzt werden.

6.2 Betrieb

Die grundsätzliche Zuständigkeit für den Betrieb des MWN liegt beim LRZ. Soweit im Einzelfall andere Regelungen vereinbart sind, wird im Folgenden darauf eingegangen.

6.2.1 Verkabelungsinfrastruktur

(Kabelwege, Verteilerräume, Primär-, Sekundär-, Tertiärverkabelung, Funkstrecken)

Die technischen Betriebsinstanzen der am MWN angeschlossenen Institutionen sind zuständig für die Bereitstellung und den Betrieb von Kabelwegen und Verteilerräumen. Alle Messungen, sofern diese nicht Bestandteil der Ersterstellung sind, die Beschaltung der Verteilerschränke samt zugehöriger Dokumentation und die Beseitigung von Störungen obliegen dem LRZ.

6.2.2 Netzkomponenten

(Switches, Router, Access Points, WDMs, Medienkonverter, Modem/ISDN-Server, usw.)

Konfiguration, Überwachung und die Beseitigung von Störungen sind grundsätzlich Aufgabe des LRZ. Die Netzkomponenten sind in den Verteilerräumen untergebracht. Sofern sie zum Betrieb lokaler, fachbereichseigener Infrastrukturen dienen (CIP und WAP-Cluster), können sie auch in den Räumen der Fachbereiche aufgestellt und von diesen betreut werden. In der Informatik der TU-München, zu deren Forschungsaufgaben auch der Betrieb von Netzen zählt, werden Subnetze selbständig betrieben, die sich über mehrere Etagen und sogar über ganze Gebäude erstrecken. Darüber hinaus ist der Betrieb der Intranets der medizinischen Fakultäten (Patienten- und Wissenschaftsnetz) und der Hochschule München komplett in der Hand eigenständiger Betriebsabteilungen.

6.2.3 Netzdienste

Das LRZ betreibt das MWN und zentrale Services für die am MWN angeschlossenen Institutionen. Zur Sicherstellung eines reibungslosen Betriebs geht dies nicht ohne gewisse administrative Vorgaben und Einschränkungen. Diese sind unter <http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/einschraenkung/> festgehalten und werden bei Bedarf fortgeschrieben. Viele der in der Folge aufgelisteten zentralen Netzdienste werden sowohl vom LRZ als auch dezentral in den Instituten und Fachbereichen erbracht. Ähnlich wie auch bei anderen zentralen Netzdiensten (z.B. Mail-, DHCP-, WWW-Server) ist hier derzeit eine Zentralisierung festzustellen, die sowohl im Sinne des LRZ als auch im Sinne der einzelnen an das MWN angeschlossenen Hochschulen liegt.

6.2.4 Verfügbarkeit der angebotenen zentralen Netzdienste

Die tägliche Arbeit der Mitarbeiter in den Hochschulen hängt mittlerweile von der Verfügbarkeit zentraler Netzdienste ab. Um Ausfälle zu vermeiden, wurden in den letzten Jahren immer mehr Dienste redundant und ausfallsicher hinter Server-Load-Balancern (SLB) implementiert. Mit dieser Technik lassen sich Dienste auf mehreren unabhängigen Maschinen aufsetzen, zum Nutzer werden sie jedoch quasi transparent unter einer IP-Adresse oder einem DNS-Namen angeboten. Die Last verteilt sich gleichmäßig auf alle Systeme. Im Falle eines Ausfalls eines Teils der Server-Hardware, bei Software-Updates usw. übernehmen die verbleibenden Maschinen die Last bzw. Anfragen; die Verfügbarkeit des Dienstes ist damit gesichert. Folgende Dienste werden redundant und für den Benutzer transparent über SLB angeboten:

- PAC-Server (automatische Proxy-Konfiguration)

- Zugriff auf die elektronischen Zeitschriften der TU-München und LMU-München
- RADIUS-Server
- Öffentliche und interne WWW-Server des LRZ
- Virtuelle WWW-Server von Hochschulen
- SSH-Server
- LDAP-Server (Benutzerverwaltung)

Eine andere Möglichkeit, Dienste hochverfügbar zu halten, ist die Installation einer HA (High Availability)-Lösung. Dabei werden gleich konfigurierte Server miteinander gekoppelt. Mit Hilfe der HA-Software wird der Ausfall einer Anwendung automatisch festgestellt und ihre Übernahme auf einen anderen Server eingeleitet - mit dem Ziel, dass der Benutzer nicht oder nur geringfügig in seinen Arbeiten gestört wird. Folgende Server sind über eine HA-Lösung hochverfügbar:

- DHCP-Server
- Mailserver

Zudem werden alle Zugangswege zu den Systemen im Rechnerwürfel des LRZ doppelt (Leitungen, Switches, Router) gehalten. Die beiden physisch vorhandenen Router bilden einen „virtuellen“ Router, der auch doppelt am Kernnetzknotten des X-WiN in Garching angeschlossen ist.

6.2.5 Verwaltung von IP-Adressen

Die Verwaltung einzelner (Teil-)Bereiche ist an die Netzverantwortlichen in den Instituten im Rahmen der von ihnen zu leistenden Tätigkeiten unter Koordination des LRZ delegiert.

Neben offiziellen, weltweit gültigen IP-Adressen koordiniert das LRZ im MWN auch die Nutzung von privaten IP-Adressen gemäß RFC 1918. Zum Schutz vor Angriffen, zur Abschottung institutlokaler Infrastrukturen usw. werden bevorzugt private IP-Adressen im MWN vergeben, die auch im MWN geroutet werden und somit die Nutzung zentraler Dienste (Mail, News, Zugang zu Online-Medien, usw.) ermöglichen, die vom LRZ oder anderen Einrichtungen (z.B. Bibliotheken) im MWN angeboten und betrieben werden. Das LRZ empfiehlt, nur für Server, die auch über das Internet erreichbar sein müssen, öffentliche IP-Adressen zu verwenden.

Für die Adressumsetzung (NAT) bietet das LRZ das System „NAT-o-MAT“ und seinen Nachfolger „Secomat“ an, das neben der Adressumsetzung zugleich auch als IPS (Intrusion Prevention System) eingesetzt wird und damit auffällige Rechner aufgrund ihres Verkehrsverhalten erkennt.

6.2.6 Betrieb des Domain-Name-Systems (DNS)

Mit der Verwaltung von IP-Adressen müssen aber nicht unbedingt auch die primären DNS-Dienste für die Teiladressbereiche von den Fachbereichen selbst erbracht werden. Das LRZ bietet als allgemeinen Dienst den Betrieb zentraler DNS-Server an. Er kann aber auch von den Instituten selbst erbracht werden, siehe: <http://www.lrz-muenchen.de/services/netzdienste/dns/>. Zudem wird eine web-basierte, mandantenfähige Schnittstelle am zentralen DNS des LRZ (webdns) angeboten, mit welcher der Netzverantwortliche des Instituts seine Bereiche selbst konfigurieren kann.

Die DNS-Server stehen verteilt im LRZ, im Stammgelände der LMU, im Stammgelände der TUM und in Weihenstephan. Die Dienste sind getrennt in den autoritativen Nameservice und den rekursiven Resolverdienst redundant konfiguriert. Durch die Konfiguration über anycast sind die Dienste auf den verschiedenen Systemen unter jeweils der gleichen IP-Adresse erreichbar.

Über einen Domain-Reseller bietet das LRZ seinen Kunden die Möglichkeit, Second-Level-Domains zu registrieren. Die dabei anfallenden Kosten werden den Kunden in Rechnung gestellt.

6.2.7 DHCP

Das LRZ betreibt einen zentralen DHCP-Dienst für das gesamte MWN. Dieser Service kann auch von den Fachbereichen selbst erbracht werden. Aufgrund häufiger Betriebsprobleme mit falsch konfigurierten institutslukalen DHCP-Servern bietet das LRZ jedoch diesen Service verstärkt auch den einzelnen Instituten an. Er wird in 330 Subnetzen mit ca. 66.000 Adressen genutzt. Der Zugang mobiler Endgeräte zum MWN (FunkLan und VPN) setzt ebenfalls auf diesem Dienst auf. Der DHCP-Dienst ist IPv6-fähig und mittels eines Failover Protokolls (HA-Lösung) redundant ausgelegt, so dass selbst im Fehler- bzw. Wartungsfall für die Nutzer kein Ausfall eintritt.

6.2.8 Firewall

Eine einzige zentrale äußere Firewall (zum Wissenschaftsnetz) würde nur einen kleinen Teil der Sicherheitsprobleme der am MWN angeschlossenen Institutionen und Institute lösen. Die Heterogenität der Nutzerschaft und ihre sehr unterschiedlichen Kommunikationsinteressen machen es zudem ausgesprochen schwierig, eine Firewall so zu konfigurieren, dass sie einerseits ihre Schutzfunktion möglichst wirksam ausübt, andererseits aber nicht zu viele sinnvolle Kommunikationsformen verhindert oder erschwert. Es ist deshalb sinnvoll, den Zugriffsschutz möglichst nahe an kleineren Bereichen mit homogeneren Kommunikationsinteressen einzurichten.

Seit Frühjahr 2007 wird den Instituten die Möglichkeit geboten über mandantenfähige virtuelle Firewalls (eingebaute Blades in den Cisco-Routern) selbst den Schutz zu realisieren. Somit besteht für die Institute die Möglichkeit „eigene“ Firewalls auf LRZ-Hardware zu betreiben. Inzwischen werden virtuelle FWs für rund 60 Institutionen betrieben.

6.2.9 Internet-Anschluss

Das MWN ist seit Anfang 2003 redundant an das Internet angebunden. Derzeit stehen zwei 10 Gbit/s-Ethernet-Anschlüsse zum X-WiN (in paralleler Leitungsführung im Rahmen des virtuellen Routers) und eine 1 Gbit/s Backup-Leitung über M-net zur Verfügung. Um beim Ausfall des primären Internet-Zugangs den Verkehr automatisch umlenken zu können, betreibt das LRZ ein eigenes Autonomes System (AS 12816). Im Falle des Ausfalls des X-WiN-Anschlusses wird aufgrund der geringeren Anschlussbandbreite der Backup-Leitung der Verkehr einzelner zentraler Server leistungsmäßig begrenzt.

Der Betrieb des X-WiN-Anschlusses liegt in der vollen Verantwortung des LRZ. An den Routerinterfaces, die den Übergang ins Internet darstellen (X-WiN und M-net) sind einige Filter installiert, die z.B. das Spoofing unterbinden, die Anzahl der von außen erreichbaren Mail- und DNS-Server beschränken und einige Anwendungen mit bestimmten Ports verbieten.

6.2.10 DEISA

Das LRZ ist seit 2005 Mitglied in DEISA (Distributed European Infrastructure for Supercomputer Applications), einem Zusammenschluss von 15 europäischen Supercomputer-Zentren (u.a. FZ Jülich, HLR Stuttgart, MPG Garching, ECMWF, SARA, IDRIS, CINECA). Innerhalb dieses Konsortiums erfolgt eine enge Kopplung der Höchstleistungsrechner zum Zwecke eines Lastausgleichs auf der Basis eines VPNs. Dieses VPN wird über GEANT2/3 und die

nationalen Forschungsnetze gebildet. Um hier notwendige Dienstgütemerkmale einhalten zu können, ist ein eigener 10 Gigabit-Ethernet Anschluss realisiert.

6.2.11 Multicastdienst

Der Multicastdienst wird vom LRZ zentral für das gesamte MWN konfiguriert und betrieben. Er steht flächendeckend zur Verfügung.

6.2.12 Radius-Server

Um eine einheitliche Authentifizierung der Nutzer beim Zugang zum MWN von öffentlichen Arbeitsplätzen, WLAN-Zugängen und per Wählmodem sicherzustellen, betreibt das LRZ einen zentralen Radius-Server. Bei Bedarf kann die Benutzerverwaltung auch in die einzelnen Institute delegiert werden. Derzeit ist die Verwaltung von ca. 40 der eingerichteten Radius-Zonen an Institute delegiert.

6.2.13 VPN-Server

Durch VPN-Server werden sichere Verbindungen über ein öffentliches, unsicheres Medium ermöglicht. Zu den unsicheren Medien gehören:

- Drahtlose Netzwerke (WLAN),
- Anschlussdosen für mobile Rechner in öffentlich zugänglichen Bereichen des MWN,
- Zugang zu Diensten des MWN über das Internet (z.B. Telearbeitsplatz, reisende Wissenschaftler).

Das LRZ betreibt hierzu fünf zentrale VPN-Server, die zu einem Cluster zusammengefasst sind. Als Schnittstelle zwischen VPN-Server und Benutzerverwaltung werden die Radius-Server des MWN verwendet. Damit kann auf die AAA-Möglichkeiten (Authentication, Authorization & Accounting) des Radiusdienstes zurückgegriffen werden.

6.2.14 Mail-Server und Mailrelays

Das LRZ betreibt für die Institute des MWN zentrale Mailserver und Mailrelays. Einzelnen Instituten ist jedoch freigestellt, eigene Mailserver zu betreiben. Der Betrieb institutseigener Mailserver bedingt aber Betreuungsaufwand und Know-how, welche nicht jedes Institut aufbringen können. Aufgrund mangelnden Systemmanagements (Konfiguration, Einspielen von Sicherheitspatches usw.) wurde in der Vergangenheit eine Vielzahl von Institutsservern von externen Angreifern zu Spam-Zwecken missbraucht. Deshalb wird nur gut gepflegten, großen und spam-festen Mail-Servern der direkte Empfang von E-Mails erlaubt, die übrigen müssen ihre E-Mails über ausgezeichnete Mailserver (Mailrelays) des LRZ empfangen.

6.2.15 VideoConference (VC)-Dienst und Gatekeeper für das MWN

Das MWN ist am VC-Dienst des DFN beteiligt. Dieser Dienst setzt auf dem H.323-Standard auf und kann im MWN von jedem Nutzer verwendet werden. Um (weltweit) erreichbar zu sein, müssen die Clients in einem Gatekeeper registriert sein. Der Gatekeeper ist für die Auflösung der eindeutigen H.323-Adresse in die zugehörige IP-Adresse zuständig. Das LRZ betreibt zentral für das MWN einen entsprechenden Gatekeeper, der in den nationalen und weltweiten Verbund integriert ist. Das MWN hat die Vorwahl „**0049 134**“ (vergleichbar mit der Vorwahl beim Telefon) zugeteilt bekommen. Die Struktur der Sub-Adressen im MWN orientiert sich an den im MWN genutzten Telefonnummern der angeschlossenen Institutionen.

6.2.16 NTP-Dienst

Mit NTP (Network Time Protocol) können Rechner über das Internet (bzw ein TCP/IP-Netz) mit einer hochgenauen Zeit versorgt werden.

Am LRZ werden zwei Server betrieben, deren Uhren auf die DCF77-Zeit synchronisiert werden. Die Servernamen lauten ntp1.lrz-muenchen.de und ntp2.lrz-muenchen.de.

ntp1 läuft auf einer Appliance Meinberg Lantime, er empfängt die Zeit direkt über DCF77 (Stratum 1). Beim Ausfall der Appliance wird ntp1 auf die dns-Servermaschinen umgeleitet, auf welchen jeweils eine ntp-Instanz läuft. Die Zeitsynchronisation erfolgt dabei über externe Server wie den NTP-Server des DFN am MPI in Garching oder den Server an der PTB Braunschweig. ntp2 ist ein weiterer Linux-basierter Server, welcher die Uhrzeit von ntp1 erhält.

6.2.17 Nyx/Nessi

Nyx ist ein Sicherheits- und Netzwerkmanagementwerkzeug, mit dem einzelne Rechner im MWN lokalisiert werden können. Nach Eingabe einer bestimmten MAC- oder IP-Adresse meldet Nyx den Switch, Port und die Dosenbezeichnung, wo der Rechner mit dieser Adresse angeschlossen ist.

Im Pilotbetrieb wird zusätzlich eine mandatenfähigen Plattform für Netzverantwortliche getestet, welche ins LRZ-ID-Portal integriert ist. Darüber können Netzverantwortliche Nyx-Daten für die von Ihnen verwalteten Adressbereiche abfragen.

7 Administration

7.1 Adress- und Namensräume

Das LRZ betreibt im Zusammenhang mit der redundanten Anbindung an das Internet ein eigenes Autonomes System (AS 12816). Im Rahmen dieses Autonomes Systems werden alle der mit ☒ markierten IP-Netze geroutet. Bei den anderen IP-Netzen ist dies leider nicht möglich, da sie nicht Provider-unabhängig registriert sind.

Im MWN werden derzeit folgende offizielle IP-Adressen (**IPv4**) benutzt

LRZ-Netze (für LRZ registriert und vom LRZ verwaltet):

Class-B-Netze:

☒ 129.187.0.0	TU, LMU, BADW, LRZ
☒ 141.40.0.0	Campus Weihenstephan
☒ 141.84.0.0	LMU, LRZ
141.39.240.0-141.39.255.255	Hochschule München

Class-C-Netze :

☒ 192.68.211.0	Verschiedene Institute, z.B. Pinakotheken
☒ 192.68.212.0	Netz für Veranstaltungen
☒ 192.68.213.0	Gründerzentrum Garching
☒ 192.68.214.0	Kultusministerium
☒ 192.68.215.0	Akademie der Bildenden Künste
☒ 193.174.96.0 – 193.174.99.0	Bayerische Staatsbibliothek
☒ 194.95.59.0	Bayerische Staatsbibliothek

LRZ-Netze die außerhalb des MWN liegen und den X-WiN-Anschluss des LRZ nicht verwenden, aber z.B. die Mailserver verwenden dürfen:

193.175.201.0/24	Triesdorf
194.95.250.56/26	Limnologische Station Iffeldorf (TU)
195.37.11.0/26	Versuchsanstalt fuer Wasserbau in Oberrach (TU)
195.37.68.0/24	Observatorium auf dem Wendelstein (LMU)
195.37.191.0/28	Schneeferner Haus auf der Zugspitze(LMU)
195.37.210.80/28	Katholische Stiftungsfachhochschule , Benediktbeuern(KSFH)

Institutsnetze, die über den X-WiN-Anschluss des LRZ geroutet werden:

Class-B-Netze :

<input checked="" type="checkbox"/> 131.159.0.0	TU-Informatik
<input checked="" type="checkbox"/> 138.244.0.0	Patientenversorgungsnetz der LMU-Klinika (Großhadern und Innenstadt)
<input checked="" type="checkbox"/> 138.245.0.0	Forschungsnetz der LMU-Klinika (Großhadern und Innenstadt)
<input checked="" type="checkbox"/> 138.246.0.0	Externe MWN-Nutzer
141.39.128.0-141.39.191.255	Klinikum Rechts der Isar

Class-C-Netze :

<input checked="" type="checkbox"/> 192.54.42.0	Beschleuniger-Labor Garching LMU
193.175.56-63.0	Klinikum rechts der Isar
194.94.221.0	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
195.37.167.0	Zoologische Staatssammlung, München
195.37.7.0	DEISA (Europäisches Grid-Projekt)
193.174.158.0	Kath. Stiftungsfachhochschule

Das LRZ hat sich im April 2005 durch eine Mitgliedschaft bei RIPE einen eigenen, global providerunabhängigen routebaren **IPv6**-Block gesichert

2001:4ca0::/32

Adressen aus diesem Bereich werden an interessierte Institute verteilt und können derzeit im Rahmen von Pilotprojekten verwendet werden. Eine generelle Nutzung von IPv6 ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geplant, jedoch sind alle Router und wichtigen Netzdienste wie DNS, NTP, Web-Server, DHCP IPv6 fähig. Eine Anbindung an X-WiN und M-net über IPv6 ist vorhanden.

Derzeit sind für Institutionen aus dem MWN u.a. die folgenden Namensräume (Domains) vom LRZ registriert (Stand April 2010):

babs-muenchen.de	lrz-münchen.de
badw-muenchen.eu	lrz.de/.eu
badw-munich.eu	lung-register.eu
badw.de/.eu	materialinformation.eu
bauchemie-tum.de	materials-information.eu
cfdm.de	medilingua.de
coin-dfg.de	medizinische-kleintierklinik.de
d-grid-ids.de	mhn.de
derkabu.de	mnm-team.net/.org
econhist.de	munich-photonics.de
examuc.de/.eu	munichatomchip.de
facharbeitspreis-physik.de	munichfilmschool.eu
ferienakademie.de	mwn.de
fh-weihenstephan.eu	nanax4.de
filmtechnologie.de	nano-initiative-munich.de
fischer-symposium.org	nanosystems-munich.de

for801.de	nanotum.org
gauss-zentrum.de/.eu	neuroinf.de
grid-ids.de	petamuc.de/.eu
guide-market-research.com	physik-modern.de
hff-muc.eu	physik-uni-muenchen.de
historische-kommission-muenchen-editionen.de	quantum-munich.de
hochschulforum-lmu.de	scavin.eu
ige-project.eu	sfb824.de
igsse.de	sirgas.org
integratum.de	sprachchancen.de/.org
its-edunet.org	studierendenvertretung[en][]-bayern.de
jcemolchem.org	supermuc.eu
kinderlungenregister.de	tum-ias.de
kkr-gf.org	tum.de
klreg.eu	tumonline.de/.org
lrz.de	uni-muenchen.eu
lehrerbildungszentren-bayern.de	uni-münchen.eu
leibniz-supercomputing-centre.de/.eu	unimuenchen.de
lmhyg.de	unimünchen.de
lmu-muenchen.de/.eu	universitaet-muenchen.eu
lmu-münchen.de/.eu	universität-münchen.de
lmu-pd.de	weihenstephan.de
lmu-shop.de	werkstoffe.de
lmu.de/.eu	zblg-online.de
lmushop.de	zepelin.org
lrz-garching.de/.eu/.se	zeptoworld.de
lrz-munich.eu	

Die Struktur der Namensräume unterhalb dieser Ebene folgt den Strukturen auf der Ebene der Institute, Lehrstühle und Arbeitsgruppen. Die expliziten Regelungen sind in <http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/domain/> dokumentiert.

Daneben existieren unter Kenntnis und Genehmigung der zuständigen Stellen weitere Second-Level-Domains, die von einzelnen Instituten, Lehrstühlen und Arbeitsgruppen nicht über das LRZ beantragt und anderweitig gepflegt werden.

Das LRZ hat einen MWN-weiten Active Directory Dienst (ADS, Windows) eingerichtet. Die Namensgebung der ADS-Domänen im MWN und der Subdomänen folgt den Konventionen des DNS-Namensraums (s.o.).

7.2 Benutzerverwaltung

Für die vom LRZ angebotenen Ressourcen (Zentrale Server, Einwahldienst, öffentliche Arbeitsplätze) ist eine einheitliche Nutzerverwaltung eingerichtet. In den einzelnen Institutionen wie z.B. der Verwaltung, der Bibliothek und in einigen Fachbereichen existieren eigene, davon unabhängige Nutzerverwaltungen. Sofern diese Nutzer auf Netz-Ressourcen des LRZ wie z.B. Modemzugang, WLAN-Zugang, öffentliche Netz-Anschlussdosen zugreifen, kann dies über die von den Instituten selbständig verwalteten Radius-Zonen geschehen.

7.3 Geräte

Aufgrund der großen Anzahl angeschlossener Endgeräte (derzeit mehr als 79.500), der verteilten Zuständigkeit und der Vielzahl beteiligter Institutionen besteht das LRZ derzeit nicht auf einer expliziten, vorab durchgeführten Anmeldung der ans Datennetz angeschlossenen und anzuschließenden Geräte. Dies ist und wird im Hinblick auf die zunehmende Anzahl mobiler Geräte und zukünftig evtl. auch IP-Telefone immer schwieriger realisierbar. Die entsprechende Dokumentation ist aufgrund der Delegation der IP-Adressverwaltung von den

Netzverantwortlichen zu erbringen. Das LRZ hat bei Bedarf Zugriff auf diese Informationen. Lediglich die Information über netzrelevante Geräte (Router, Switches, Firewalls, Server für Netzdienste u. dgl.) – auch diejenigen in der Zuständigkeit der Institute – werden vom LRZ in einer Netzdokumentation gepflegt. Endgeräte werden hiervon explizit ausgenommen. Grund sind der hohe Verwaltungsaufwand und die große Änderungshäufigkeit.

8 Sicherheit

8.1 Schutz gegen Missbrauch und Angriffe

Im MWN werden im Zuständigkeitsbereich des LRZ seit langem keine Hubs mehr eingesetzt. Durch den Einsatz von leistungsfähigen Switches sind die Möglichkeiten zur unbefugten Kenntnisnahme von für andere bestimmtem Netzverkehr bis auf den für die verwendeten Protokollwelten unvermeidlichen Broadcastverkehr eingeschränkt worden.

Zudem gibt es die Möglichkeit der Bildung von VLANs. Diese werden konfiguriert, um homogene Nutzergruppen zu bilden, die dann zusätzlich durch einen Firewall geschützt werden können, oder um eigene Managementnetze für Netzkomponenten zu bilden. Es sind z. Z. 990 lokale (bis zum nächsten Router) VLANs für Nutzer, 350 lokale VLANs für das Management von Netzkomponenten und 12 MWN-weite VLANs für globale Nutzergruppen (z.B. TU- und LMU-Verwaltung, Gebäudemanagement, Bibliothek, Bauamt) realisiert.

Aufgrund der Ergebnisse, die durch die Einführung einer Monitor-Station am WiN-Zugang gewonnen wurden (<http://www.lrz-muenchen.de/services/security/sec-brief/>), setzt das LRZ in Absprache mit den Administratoren in den Instituten Werkzeuge zur Überprüfung der Konfiguration der Rechner in auffälligen Teilnetzen unter Sicherheitsgesichtspunkten ein. Diese Monitorstation (Accounting auf der Basis von IP-Audit und Netflows, Intrusion Detection auf der Basis von Snort) wird derzeit zur Aufdeckung von Missbrauchsfällen wie z.B. Portscans auf Ziele außerhalb des MWN, direkter Mailversand (Spamming) und FTP-Server auf „Nicht-Standard-Ports“ eingesetzt. Diese Aktivitäten sind i.d.R. ein Hinweis auf einen Viren- oder Trojaner-Befall bzw. auf ein anderweitig kompromittiertes System. Der eingesetzte Mechanismus ist mittlerweile so ausgereift, dass er im Falle des direkten Mailversandes und beim Auftreten von FTP-Servern auf „Nicht-Standard-Ports“ zu einer automatischen Sperre des betreffenden Rechners am WiN-Zugang führt.

Als zusätzliche Maßnahme zur Eingrenzung von missbräuchlicher Nutzung und Erkennung von „gehackten“ oder „verVirteten“ Rechnern wurde das System NAT-o-MAT eingeführt. Rechner mit privaten Adressen sowie Verbindungen, die über Wählanschlüsse oder VPN-Server in das MWN aufgebaut werden, müssen (zwangsweise) dieses System nutzen. Dabei werden falls notwendig die privaten in öffentliche IP-Adressen umgewandelt (NAT-Funktion) sowie das Kommunikationsverhalten der Rechner untersucht und bewertet. Bei Auffälligkeiten (z.B. hohe Anzahl von versendeten E-Mails, viele Portscans) wird die IP-Adresse des Rechners für eine bestimmte Zeit gesperrt.

Das System hat durch seine NAT-Funktion die von Systemen mit privaten IP-Adressen bisher verwendeten Proxy-Server obsolet gemacht. Derzeit ist die Umstellung auf das leistungsfähigere Nachfolgesystem Secomat in Arbeit.

In engem Zusammenspiel mit dem Intrusion Detection System Snort wird eine zentrale Auswertung der Sicherheitsmeldungen auf Basis des Security Event und Incident Management (SIEM) Werkzeugs OSSIM (Open Source) vorgenommen. Damit können insbesondere auch die Sicherheitsmeldungen von verschiedenen Sensoren mit Schwachstellen auf den jeweiligen System korreliert und entsprechende Informations- und Eskalationswege umgesetzt werden. Zusätzlich wird das LRZ vom DFN-CERT über Sicherheitsvorfälle informiert. Somit wird eine zeitnahe Reaktion sichergestellt.

Das LRZ berät die Systemverwalter der Institute in der Nutzung von Werkzeugen, die es den Endnutzern ermöglichen, die Sicherheit ihrer Rechner selbst zu überprüfen.

8.2 Sicherer Verkehr über unsichere Netze

Wissenschaftler und Studenten äußern immer häufiger den Wunsch, von einem beliebigen Ort aus gesicherten Zugang zu Daten zu erhalten, die auf Rechnern ihrer Arbeitsgruppe im MWN gespeichert sind. Hierzu benötigen sie einen Zugang aus öffentlichen Netzen ins MWN und darüber zum Institutsnetz, dem diese Rechner angehören. Derzeit ist ein Cluster von fünf VPN-Servern im Betrieb, die den Zugang über öffentliche Netze absichern.

8.3 Sicherung der Endgeräte und Zugangskontrollstrategien

Berechtigte Geräte

Nur die vom LRZ den Netzverantwortlichen zugewiesenen IP-Adressen dürfen verwendet werden. An den Switches könnte zwar sichergestellt werden, dass nur Geräte mit registrierten MAC-Adressen einen Netzwerkzugang erhalten, dies wird jedoch wegen des hohen Verwaltungsaufwandes derzeit nur in sehr begrenztem Umfang (öffentliche Räume mit freien Netzdosens) durchgeführt. Hierdurch könnte lediglich sichergestellt werden, dass nur „berechtigte Geräte“, nicht aber „berechtigte Nutzer“ die Infrastruktur verwenden. Eine rudimentäre Überprüfung der zugewiesenen IP-Adressbereiche geschieht am Übergang in das X-WiN. Hier werden nicht zugewiesene IP-Adressen festgestellt und verfolgt.

Berechtigte Nutzer

Mittelfristig soll sichergestellt werden, dass nur authentifizierte Nutzer Zugriff auf Endgeräte und insbesondere Netzdienste erhalten. Eine anonyme Nutzung des Netzes sollte es jetzt bereits nicht geben. Eine Ausnahme bildet das temporäre Aktivieren eines Konferenz-WLAN-Netzes, bei dem z.B. die Besucher von wissenschaftlichen Tagungen, die von Lehrstühlen im MWN organisiert werden, Internetzugang auch ohne LRZ-Kennung erhalten; in vielen Fällen ist jedoch die Verfügbarkeit von eduroam ausreichend, so dass keine unauthentifizierte Nutzung erforderlich ist.

Bei Geräten, die im Institutsbereich stehen und dort lokal verwaltet werden, hat der Netzverantwortliche bzw. der Systemverwalter dafür Sorge zu tragen, dass die Geräte nur von berechtigten Nutzern benutzt werden und für den Fall eines Missbrauchs auch identifizierbar sind. In öffentlichen PC-Räumen ist dies auf Basis der zwingend erforderlichen Nutzerverwaltung mittels Nutzererkennung und Passwort bereits geregelt. Beim Einwahlzugang, bei der Nutzung von WLAN-Zugängen und beim Zugang über öffentliche Netze, erfolgt eine Authentifizierung der Nutzer über einen Radius-Server. Zukünftig sollte mit Verfügbarkeit von Netzkomponenten mit 802.1x-Authentifizierung (realisiert z.B. auf Basis von Radius) auch flächendeckend ein benutzerspezifischer Netzzugang, wie derzeit schon bei Wählzugängen, angestrebt werden. Die vom LRZ aktuell eingesetzte Switch-Generation HP ProCurve unterstützt diese Funktionalität ebenso wie Systeme mit Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 2000 (SP4), Mac OS X und Linux. Für ältere Versionen von Windows und Mac OS sind kostenpflichtige Clients verfügbar.

8.4 Maßnahmen zum sicheren Betrieb des Netzes

Sicherung der Verteilerräume

Durch die Art der Schließung hat nur technisches Personal Zugang zu den Verteilerräumen. Es ist derzeit nicht vorgesehen, diese Zugangskontrolle durch automatische Zugangskontrollsysteme zu verschärfen und zu personalisieren.

Stromversorgung der Verteilerräume, Klimatisierung und Brandschutz

Alle für einen größeren Bereich wichtigen Verteilerräume sind mit einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) zur Überbrückung kurzer Unterbrechungen versehen. Je nach Relevanz der abzusichernden Komponenten können hierdurch Überbrückungszeiten bis zu 2 Stunden gewährleistet werden. Die beiden Eckpunkte des MWN-Backbones B (TUM-Nordgelände) und G (LMU Stammgelände) sind mit leistungsfähigeren USVs ausgestattet, die 24 Stunden überbrücken können, der Eckpunkt W (LRZ Garching) ist an das unterbrechungsfreie Notstromnetz des Campus Garching angeschlossen. Mittelfristig muss erreicht werden, dass die entsprechende Versorgung auf alle Verteilerräume ausgedehnt wird. Zudem ist der punktuelle Anschluss an Notstromversorgungen zu realisieren, so dass auch längere Unterbrechungen keinen Schaden anrichten können. Die USVs werden durch das zentrale Netzmanagement überwacht und damit in den Störungsdienst einbezogen. Ein regelmäßiger Test der Funktionsfähigkeit wird im 14-tägigen Abstand von der USV selbst durchgeführt. Zur Verbesserung des Brandschutzes sollten die Verteilerräume mit Rauchmeldern ausgerüstet werden.

Ausfallsicherheit durch Redundanz

Um eine hohe Verfügbarkeit im Primärnetz (Backbone) zu erreichen, wären eine flächendeckende doppelte Auslegung und eine redundante Anbindung der Primärnetzknoten notwendig. Aufgrund der großen Verteiltheit des MWN stehen die allein für eine redundante Streckenführung notwendigen Finanzmittel in keinem Verhältnis zum erzielbaren Mehrwert. Nur die Anbindung des MWN an das Internet ist seit Anfang 2003 redundant ausgelegt. (X-WiN Anschlüsse und Backup über M-net). Mit dem Umzug des LRZ nach Garching wurde die bisherige Backbone-Sternstruktur aufgegeben und zunächst durch ein Dreieck ersetzt, an dem an den Eckpunkten die anderen Bereiche sternförmig angebunden sind; die Vermaschung wurde inzwischen durch den Ausbau des Standorts Großhadern noch erweitert. Die zur Anbindung notwendigen Router sind jeweils doppelt vorhanden. Durch die direkte Verbindung dieser Eckpunkte (Primärnetzknoten) wird somit eine Redundanz im Backbone-Netz des MWN erreicht. Es ist in den nächsten Jahren vorgesehen, weitere wichtige Areale (Weihenstephan) mit redundanten Strecken anzubinden.

Die Verteiler des Sekundärnetzes könnten bei Bedarf redundant an die Primärnetzknoten angeschlossen werden. Alle zum Betrieb des Backbones notwendigen Netzkomponenten sind mit einem redundanten Netzteil ausgestattet. Darüber hinaus verfügen alle eingesetzten Backbone-Router über redundante Managementmodule (notwendig für Routing). Weitergehende Redundanzen sind derzeit nur im Bereich der medizinischen Fakultäten zu finden. Bei der Auswahl der Netzkomponenten (Router und Switches) wurde großer Wert darauf gelegt, dass bei den eingesetzten chassis-basierten Systemen hot-swap-fähige Module zum Einsatz kommen. Hierdurch werden unnötige Ausfallzeiten bei Upgrades (Erweiterungen) und beim Austausch im Fehlerfalle vermieden.

Managementnetz

Aus Sicherheitsgründen ist zum Management aller Netzkomponenten ein eigenes Management-Netz auf der Basis eines im MWN gerouteten privaten Netzes realisiert. Dieses wird zudem durch eigene VLANs separiert. Über dieses Netz können alle Netzkomponenten von den Managementsystemen erreicht werden. In Zukunft könnte dieses Netz auch zu Accounting-Zwecken benutzt werden. Der Zugang zu den Routern und Switches ist nach Möglichkeit auf wenige Systeme (z.B. Managementstationen) beschränkt. Wenn möglich erfolgt dieser Zugang ausschließlich über SSH/SSL. Mittelfristig wird beim Zugriff auf die Managementinformationen der Netzkomponenten SNMPv3 zum Einsatz kommen.

Bei Störungen müssen wichtige Netzkomponenten zusätzlich über ein Out-of-band Management erreichbar sein (Modem, etc.). Dies ist derzeit für alle Backbone-Router realisiert. Der Zugang wird überwacht und ggf. protokolliert. Mit entsprechenden Sicherungsmaßnahmen

ist ein kontrollierter Zugang auf das Managementnetz auch über den Einwahlservice für Ferndiagnose- und Fernwartungszwecke (für Mitarbeiter des LRZ) möglich.

Für das zentrale Netz- und Systemmanagement werden als Plattform HP OpenView Network NodeManager und HP OpenView Operations sowie als derzeit in Einführung befindliches Nachfolgeprodukt IBM Tivoli Netcool eingesetzt. Weitere herstellereigene Management Applikationen (ProCurve Manager Plus für HP Switches usw.) sowie ein zentrales Trouble-Ticket-System (BMC Remedy ARS; wird durch die iET ITSM Toolsuite abgelöst), ein Tool für SLA-Reporting (InfoVista) und das Customer Service Management (CSM) für das MWN werden für spezifische Views auf die gesammelten Management-Daten verwendet (Details siehe dazu im Kapitel 13).

9 Datenschutz

Hier wird nur der wissenschaftliche Bereich behandelt, ohne auf die an anderer Stelle geltenden besonderen Belange der Verwaltung bzw. der medizinischen Netze einzugehen. Der vorliegende Abschnitt gibt auch nur Auskunft über Daten, die im Zuständigkeitsbereich des LRZ beim Betrieb des Netzes und zentraler Server anfallen. Die angeschlossenen Institutionen regeln den Umgang mit diesen Daten in eigener Verantwortung. Es ist hierbei zwischen **Nutzerdaten** und **Betriebsdaten** zu differenzieren.

Unter **Betriebsdaten** werden die Daten verstanden, die im LRZ beim Betrieb des Netzes und zentraler Server anfallen. Im LRZ existiert eine Auflistung aller dieser Daten. Für alle Daten ist der betriebliche Zweck aufgeführt, zu dem sie gespeichert werden, und daraus abgeleitet der Zeitraum (i.d.R. 7 Tage), nach dem sie wieder gelöscht werden.

Die **Nutzerdaten**, die im LRZ auf den zentralen Servern (z.B. Compute-, Mail-, WWW-Server) und im Backup- und Archivservice gespeichert sind, sind mit den üblichen Mechanismen durch Nutzererkennung und Passwort geschützt. Hier kommt es darauf an, Nutzererkennung und Passwort gegen unbefugte Kenntnisnahme zu schützen, und zwar sowohl an den Orten, an denen sie gespeichert sind, als auch auf dem Weg über das Netz. Soweit sie im LRZ gespeichert sind, sind sie mit den gängigen Mechanismen der verschlüsselten Speicherung in UNIX- und Windowssystemen geschützt. Auf dem Weg über das Netz gilt einerseits das unter 6.2 bzw. 8.2 Gesagte. Darüber hinaus sollte möglichst vermieden werden, dass Nutzerkennungen und Passwörter im Klartext übermittelt werden. Deshalb sind z.B. die Server des LRZ schon lange nicht mehr über Telnet, sondern nur noch über SSH (secure shell) erreichbar. Für WWW-Zugriffe wird durchgängig HTTPS angeboten. Auch auf E-Mail und andere Dienste kann nur noch über sichere, meist SSL- bzw. TLS-basierte Verfahren zugegriffen werden.

Beim Backup- und Archivierungsdienst (am LRZ eingesetzt: TSM von IBM/Tivoli) ist sowohl eine verschlüsselte Client/Server-Übertragung als auch eine automatische Verschlüsselung bei der Speicherung konfigurierbar.

10 Accounting

10.1 Nutzungsstatistik zu Informations- und Planungszwecken

Für die externe Nutzung der Netzdienste über den X-WiN Anschluss wird eine Statistik erstellt. Sie ist in unterschiedlicher Detailtiefe vorhanden. So werden zur Aufdeckung von

Missbrauchsfällen Statistiken in Stunden- bzw. Tagesintervallen erstellt, die Auskunft über die Nutzung auf Basis der Rechner-IP-Adresse liefern. Bei der Statistik auf Monatsbasis erfolgt eine Aggregation der Nutzung auf Institutsebene bzw. Hochschulebene.

Für Planungszwecke sind netzstrukturbezogene Daten über den internen (und auch den externen) Verkehr wichtig. Diese Verkehrsdaten werden derzeit regelmäßig nur auf der Ebene der Routerinterfaces gesammelt. Bei den Switches wird dies aufgrund des großen Aufwands nur für bestimmte Teilbereiche durchgeführt (zentrale Switchkomponenten in Campusbereichen). Endgeräteanschlüsse werden wegen des erheblichen Aufwands nicht in Erwägung gezogen. Dennoch hat man hiermit ein mächtiges Werkzeug in der Hand, um auf Veränderungen der Netznutzung rechtzeitig, d.h. proaktiv reagieren zu können. Diese Daten fallen im Rahmen eines eingesetzten Service-Level-Agreement-Tools (InfoVista) und des Customer Service Management (CSM)-Tools für das MWN (Weiterentwicklung des gleichnamigen Tools im G-WiN) an.

10.2 Accounting zu Abrechnungszwecken

Zurzeit werden den satzungsgemäßen Nutzern bzw. den angeschlossenen Institutionen für die Nutzung des MWN keine Gebühren berechnet. Deshalb findet auch kein nutzerbezogenes Accounting statt. Allgemein dürfte es mit den derzeit zur Verfügung stehenden Möglichkeiten auch sehr schwer, wenn nicht unmöglich sein, aufgrund der äußerst heterogenen Struktur und der verteilten Zuständigkeiten im MWN ein halbwegs zuverlässiges, nutzerbezogenes Accounting zu realisieren.

11 Betriebs- und Nutzungsregelungen

Die jeweils gültigen Betriebs- und Benutzungsregeln für die Nutzung der zentralen Server des LRZ („Benutzungsrichtlinien für die Informationssysteme des Leibniz-Rechenzentrums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften“) finden sich in

<http://www.lrz-muenchen.de/wir/regelwerk/benutzungsrichtlinien/>

Ergänzende Betriebsregelungen sind unter

<http://www.lrz-muenchen.de/wir/regelwerk/betriebsregeln/>

festgehalten. Die für die Nutzung des MWN gültigen Richtlinien sind zu finden unter

<http://www.lrz-muenchen.de/wir/regelwerk/netzbenutzungsrichtlinien/>

Diese werden durch die Regeln für den Betrieb von institutseigenen WLANs unter

<http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/mobil/inst-funklans/>

ergänzt.

Zusammengefasst finden sich unter

<http://www.lrz-muenchen.de/wir/regelwerk/>

alle für die Nutzung der vom LRZ angebotenen Dienste (zentrale Server, MWN, ...) geltenden Regelungen und Hinweise.

12 Unterstützung dezentraler Systeme und Dienste über das Netz

12.1 Mail- und Groupware-Services

Das LRZ betreibt am Zugang zum X-WiN zentrale Mailrelay-Rechner, die den ankommenden und abgehenden Mail-Verkehr (derzeit durchschnittlich ca. 5 Millionen E-Mails pro Monat) an

die Mailserver im LRZ und in Hochschulinstituten weiterleiten. Aus Sicherheitsgründen (Viren- und Spam-Mails) ist es neben den Mailrelays des LRZ nur einer kleinen Anzahl weiterer Mailserver einzelner Fakultäten gestattet, direkt E-Mails aus dem Internet zu empfangen. Für alle anderen gilt eine Sperre des SMTP-Ports 25. Ungefähr 70% aller E-Mails aus dem Internet laufen über die Mailrelays des LRZ. Dort ankommende Mails durchlaufen zunächst das so genannte „Greylisting“ und können dieses nur passieren, wenn die Mailquelle bereits bekannt ist. Dadurch werden ca. 98% der Viren- und Spam-Mails, für die in der Regel nur ein Zustellversuch unternommen wird, an den Mailrelays gar nicht erst angenommen. E-Mails, die diese Hürde nehmen, werden anschließend auf vier weiteren Rechnern auf Infektionen mit Viren und Würmer überprüft (durch Sophos-Antivirus und Clam-Antivirus) sowie einer Spam-Bewertung unterzogen (durch SpamAssassin).

Neben den Mailrelays betreibt das LRZ einen Mailinglisten-Server und fünf Message-Stores mit ca. 225 virtuellen Maildomains. Auf je einem Message-Store sind die Mailservices für die Portale Campus^{LMU} (ca. 54.750 Mailboxen) und myTUM (ca. 30.600 Mailboxen bzw. Mailweiterleitungen für Alumni) realisiert. Auf einem weiteren Message-Store (mailin) befindet sich der größte Teil der virtuellen Domains für einzelne Lehrstühle, Institute und Fakultäten der beiden Universitäten sowie anderer Organisationen (ca. 18.000 Mailboxen). Schließlich gibt es noch zwei kleinere Message-Stores, einen für „sonstige“ Studenten (ca. 1.700 Mailboxen) und einen für die Fakultät Physik der TU München (ca. 2.800 Mailboxen). Auf alle Mailboxen kann mit den Protokollen IMAP und POP zugegriffen werden. Außerdem existiert eine Webmail-Oberfläche, über die die Mailboxen weltweit auf einfache Weise erreicht werden können.

Schließlich betreibt das LRZ eine Exchange-Server-Farm als Groupware-Lösung, die bereits produktiv für die TUM und im Pilotbetrieb für ausgewählte LMU-Fakultäten eingesetzt wird.

12.2 Verzeichnisdienst-Services

Vom LRZ werden mehrere Verzeichnisdienste betrieben, die sich für verschiedene Anwendungszwecke eignen. Sie werden im Folgenden für die jeweilige Zielgruppe separat beschrieben.

12.2.1 IntegraTUM-Verzeichnisdienste

Abbildung 7 zeigt die im Rahmen von IntegraTUM aufgebaute Verzeichnisdienstarchitektur. Als primäre Datenquelle dient das 2008 eingeführte Campus Management System TUMonline, das Benutzerdatensätze aller TUM-Angehörigen (differenziert nach Studenten, Mitarbeitern und Gästen) an einen zentralen, als Meta-Directory bezeichneten Verzeichnisdienst liefert, der die Daten aufbereitet, konvertiert und selektiv in drei weitere Verzeichnisdienste einspielt.

Dabei fungiert der so genannte *Applikationsverzeichnisdienst* als Verteilmechanismus für zentrale IT-Dienste der TUM, der von der E-Learning-Plattform im-c Clix und den Benutzerverwaltungssystemen der TU-Bibliothek genutzt wird. Ein zentraler *Authentifizierungsserver* ermöglicht Zugang z.B. für dezentral betriebene oder am LRZ gehostete Webserver und wird bereits von mehr als 60 Kunden in nahezu allen Fakultäten und zentralen Einrichtungen der TUM intensiv genutzt. Ein dedizierter *Systemadministrations-Verzeichnisdienst* ermöglicht die Integration von Linux-Clients, z.B. in Rechnerpools für Studenten, oder die Einspeisung der entsprechenden Daten in dezentral bereits vorhandene Verzeichnisdienste, die beispielsweise von lokalen Rechnerbetriebsgruppen aufgebaut wurden. Der darin enthaltene Benutzerdatenbestand wird darüber hinaus an das *MWN-weite Active Directory* weitergegeben, das zur delegierten Administration von Windows-Arbeitsplatzrechnern eingesetzt werden kann und die Basis für Dienste wie die Groupware Microsoft Exchange und den zentralen NAS-Filer bildet.

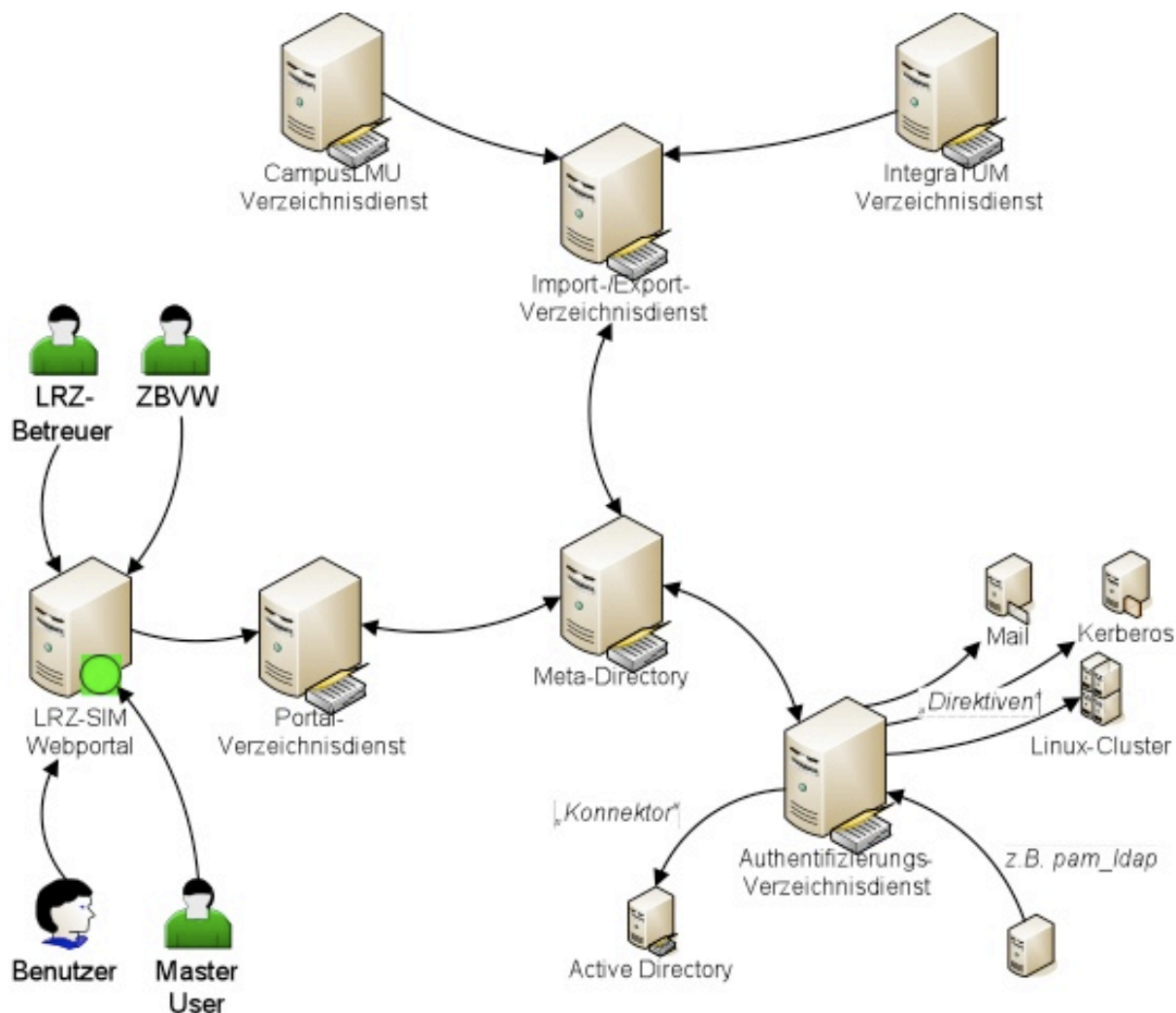


Abbildung 8: LRZ-Verzeichnisdienstarchitektur

12.3 DFN-AAI: Deutschlandweite Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur

Durch hochschulübergreifend gemeinsame Studiengänge, den Bolognaprozess und die Mobilität von Lehrenden und Lernenden gewinnt die hochschulübergreifende Nutzung von IT-Diensten immer mehr an Bedeutung. Über die durch Roaming mögliche WLAN-Nutzung an anderen Hochschulen deutlich hinausgehend bildet die vom Verein zur Förderung eines deutschen Forschungsnetzes (DFN) betriebene Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur (DFN-AAI) seit 2007 die Basis für die deutschlandweite, hochschulübergreifende Nutzung von web-basierten Diensten wie E-Learning-Systemen, Zugang zu digitalen Medien von akademischen Verlagen und Download lizenzierter Software, die z.B. für Studenten kostenlos angeboten wird.

Zur Teilnahme einer Hochschule an der DFN-AAI ist der Betrieb eines so genannten Shibboleth Identity Providers notwendig, der zur Authentifizierung der Hochschulmitglieder eingesetzt wird und den Dienstleistern selektiv Benutzerprofildaten zur Verfügung stellen kann. Das LRZ betreibt diese Infrastruktur produktiv für die beiden Münchner Universitäten.

12.4 WWW-Dienste

Das LRZ betreibt eine Webserver-Farm, auf der folgende Dienste realisiert werden:

- virtuelle WWW-Server:
Betrieb von Web-Servern für Institute und Lehrstühle, die das nicht selbst tun möchten (für die Inhalte der dargebotenen Information müssen sie allerdings selbst sorgen). Dieser Dienst, der derzeit von ca. 530 Einrichtungen in Anspruch genommen wird, erspart den Betrieb eines eigenen, physischen WWW-Server-Rechners, daher der Name „virtueller Server“.
- WWW-Server des LRZ:
Auf diesem Server stellt das LRZ die Dokumentation für seine Benutzer zur Verfügung.
- Spezielle WWW-Server:
In diese Kategorie gehören z.B. die Server *webmail.lrz.de* (Bearbeiten von E-Mails über eine Web-Schnittstelle) und *idportal.lrz.de* (Self Services zur Konfiguration der eigenen Kennung).

Hinzu kommt noch ein Spezialserver für WWW-Suchanfragen. Die Anzahl der Zugriffe auf die Web-Server betrug im Jahr 2009 im Mittel 43,88 Millionen pro Monat, der aufgerufenen Seiten ca. 6,4 Millionen pro Monat, der übertragenen Datenmenge ca. 1,8 TeraByte pro Monat.

Darüber hinaus betreiben im Bereich des MWN viele Institute und Einrichtungen eigene Webserver, insbesondere in den technisch-naturwissenschaftlich bzw. ingenieurwissenschaftlichen Fakultäten.

12.5 File-Service

Bereits seit einigen Jahren arbeitet das LRZ daran, das seit 1992 eingesetzte Filesystem AFS durch ein moderneres System abzulösen, gleichzeitig aber das Konzept der zentralen Bereitstellung von Speicher, auf den verteilt zugegriffen werden kann, beizubehalten und als „*Speicher für die Wissenschaft*“ hochschulweit zur Verfügung zu stellen. Dazu werden hochverfügbare NAS-Filer eingesetzt.

Im Rechenzentrum werden für die gemeinsame Datenhaltung über CIFS im Windows-Bereich diese Filer schon seit vielen, im Unixbereich seit einigen Jahren genutzt. Anwendungen wie Mail und E-Learning verwenden die gleichen Filer zusätzlich über iSCSI. Das gleiche Konzept wurde im Rahmen von IntegraTUM an der TUM hochschulweit verfolgt und ist dort seit dem Sommersemester 2008 im Produktionseinsatz. Mit der LMU laufen Pilotprojekte auf Fakultätsebene.

Auf die Dateien in den gemeinsamen Ablagebereichen sowie im eigenen Home-Directory können die Benutzer auch über die „IntegraTUM WebDisk“ – ein web-basiertes, weltweit erreichbares Frontend – zugreifen (<https://webdisk.ads.mwn.de/>).

In allen diesen Fällen ist ein hochperformanter und unterbrechungsfreier Netzbetrieb Grundvoraussetzung.

12.6 Backup/Archivierung

Das LRZ bietet seit 1996 einen zentralen Backup- und Archivierungsdienst auf der Basis des Tivoli Storage Manager von IBM an. Im Hinblick auf die Architektur kann zwischen zwei Systemen unterschieden werden:

- LABS - das LTO-Archiv- und Backupsystem für allgemeine Anwendungen, bestehend aus einer SAN Fabric mit 3 LTO_Libraries von IBM und SUN mit insgesamt 46 Bandlaufwerken, Storage-Servern von SUN und 12 Linux-Servern (SUNX4270).

- HABS – das Hochleistungsarchiv- und Backupsystem für besonders daten-intensive Anwendungen bestehend aus einer SAN Fabric mit einer Library SUN SL8500 mit 26 SUN T10K Laufwerken, SUN Storage-Servern und 20 Linux-Servern (SunFire 4200)

Der Datenfluss wird durch die großen Ein-/Ausgabedatenmengen der HPC-Systeme, vor allem des Bundeshöchstleistungsrechners, einerseits und die Sicherung von MWN-weit rund 6100 Systemen geprägt.

Eine weitere, sehr rasch wachsende Datenquelle sind die Digitalisate der Bibliotheken, die zur langfristigen Speicherung ans LRZ geschafft werden.

Diese Anwendungen nutzen naturgemäß das Kommunikationsnetz sehr intensiv: Täglich werden an den TSM-Servern 28 TB Daten entgegengenommen.

Über eine 10 Gbit-Verbindung werden die Archivdaten zusätzlich an das Rechenzentrum der Max-Planck-Gesellschaft in Garching gespiegelt.

12.7 Storage Area Network

Das Storage Area Netzwerk (SAN) des LRZ bildet die Grundlage für die Vernetzung der Massenspeicherkomponenten. Das ursprüngliche SAN, dessen Anfänge auf das Jahr 2000 zurückgehen, wurde in den letzten Jahren stark ausgebaut und aus Gründen der höheren Verfügbarkeit in mehrere sogenannte Fabrics aufgeteilt. Es werden getrennte Fabrics für das Hochleistungsarchiv, das LTO-Archiv- und Backupsystem, das verteilte Filesystem und das SAN-Filesystem des Bundeshöchstleistungsrechner betrieben. An die SAN Fabrics sind Storage-Server mit einer Kapazität von mehr als 1,1 PetaByte, alle 86 Bandlaufwerke der Libraries und alle Serversysteme mit hohem Datenverkehr, insbesondere die File- und Backup-Server angeschlossen.

12.8 Windows- und Linux-Netzdienste

Das lokale Netz wird im Windows- und Linux-Bereich für die klassischen Dienste genutzt: Zugriff auf Dateidienste, Mail-Services, gemeinsame Druckernutzung usw. Das LRZ setzt sie in folgenden Gebieten ein:

- PCs in Kursräumen, in denen Windows-Applikations- und Unix-/Linux-Administrations- und Programmierschulungen angeboten werden. Die einzelnen Windows-Kurs-PCs werden über das Kommunikationsnetz installiert und mit einem zentralen Kurs-Server mit Applikationssoftware versorgt. Die Linux-PCs haben Zugriff auf einen für sämtliche Rechnerklassen genutzten Installationsserver.
- Windows-PCs und MACs in öffentlichen Pools, zur Nutzung durch Studenten und Hochschulangehörige. Diese rund 30 Windows- und 4 Apple Macintosh-Geräte sind mit einer breiten Softwarepalette von Büroanwendungen bis zu Spezialgrafikprogrammen ausgestattet und ergänzen die fachspezifischen Geräte in den CIP-Pools der Münchener Hochschulinstitute.
- PCs als Mitarbeiterarbeitsplätze des LRZ, sowohl in der wissenschaftlichen Betreuung als auch in der Verwaltung. Außerdem sind eine Reihe solcher PCs im Management der Rechner und der Infrastruktur eingesetzt. Alle diese PCs greifen auf gemeinsame Datei- und Funktionsserver zu.
- PCs in der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, der Fakultät für Sportwissenschaften der TUM, der LMU Biologie I und der Hochschule für Musik und Theater mit Windows-File und Print-Services.

Neben dem Einsatz von Linux und Windows gibt es Windows-basierte Terminal Services, die es erlauben, Applikationen, die nicht an lokalen PCs verfügbar sind, remote zu nutzen. Auf diese Terminal Services kann auch über Unix/Linux zugegriffen werden, z.B. um für diese Systeme MS-Office-Produkte verfügbar zu machen.

Die dauernde Verfügbarkeit des Netzes und dessen hohe Leistungsfähigkeit ist in allen diesen Einsatzbereichen von essentieller Wichtigkeit.

WSUS-Server

Das LRZ bietet für Windows-Rechner im MWN die Nutzung eines MS Windows Software Update Service (WSUS) an; der entsprechende Server wird am LRZ betrieben. Der Dienst ermöglicht Betreibern von Windows-Rechnern, ihre Systeme automatisch auf dem aktuellen Patch-Stand zu halten. Der Software Update Service des LRZ ist Teil eines umfassenden Software-Sicherheitskonzepts.

Sophos-Anti-Virus

Das LRZ hat für die Anti-Viren-Software Sophos schon seit mehreren Jahren eine Landeslizenz für die bayerischen Hochschulen, die es u. a. erlaubt, das Produkt im Münchner Hochschulbereich weiterzugeben. In diesem Umfeld wird im MWN auch ein Verfahren angeboten, mit dem die Installation und die regelmäßigen Updates sehr einfach über einen Remote-Update-Server, der am LRZ betrieben wird, zu bewerkstelligen sind. Hierdurch können auch Rechner mit privaten Adressen in einem automatischen Updateverfahren versorgt werden.

12.9 Softwareverteilung

Das LRZ betreibt zur Softwareverteilung mehrere FTP-Server, um passwortgeschützt lizenzpflichtige Software oder – mit freiem Zugang – Free- and Shareware anzubieten. Der Schwerpunkt liegt derzeit aber auf einer Softwareverteilung mit Datenträgern. Längerfristig ist jedoch mit einer deutlichen Zunahme der Verteilung über das Netz zu rechnen.

Im Bereich der Institute werden weitere FTP-Server betrieben.

13 Netz- und Dienst-Management

13.1 Dienstqualität

Das LRZ berät Nutzer des MWN bei der Verwendung der angebotenen Netzdienste und bei der Aufklärung von Störungsursachen via Hotline, die mit in das Störungsmanagement (siehe 13.5) eingebunden ist, und durch regelmäßig abgehaltene Schulungsveranstaltungen.

Darüber hinaus findet mit den Netzverantwortlichen, die als Ansprechpartner für das LRZ vor Ort in den Instituten fungieren, in Fragen der Planung und Einrichtung neuer Infrastrukturen ein regelmäßiger Austausch statt. Um das notwendige Know-how vor Ort sicher zu stellen, werden für die Netzverantwortlichen und Interessierte auch spezielle Schulungen angeboten.

13.2 Dienstgüte

13.2.1 Verfügbarkeit

Ziel des LRZ ist es, mit dem vorhandenen Personalbestand eine maximale Verfügbarkeit des Netzes zu gewährleisten. Es werden alle zur Verfügung stehenden Mechanismen genutzt, die eine möglichst rasche und automatische Umschaltung im Fehlerfall bewirken, damit Betriebsunterbrechungen möglichst vermieden oder zumindest sehr kurz gehalten werden können.

nen. Zudem sinken die Wartungskosten, weil nur noch in sehr wenigen Fällen sehr kurze (teure) Reaktionszeiten mit den Dienste/Komponenten-Lieferanten zu vereinbaren sind (siehe 13.3).

Zu den Redundanz-Mechanismen zählen:

- redundante Leitungswege im Backbone
- Mehrfache Internet-Anbindung (2x X-WiN + 1x M-net)
- OSPF im Backbone, BGP zu den Internet Providern (zur automatischen Wege-Umschaltung)
- Redundanter Rechenzentrums-Router (ausgeführt als Virtual Switching System)
- Spanning-Tree im Rechenzentrums-Backbone (Layer-2 Ausfallsicherheit)
- proaktives Management (z.B. Überwachung der Fehlerzähler an Router- und Switch-ports)

13.2.2 CoS/QoS

Grundsatz ist, im Netz zu jedem Zeitpunkt ausreichende Kapazitäten zur Verfügung zu halten, um die nachgefragten Dienste in guter Qualität abwickeln zu können. Das erscheint mittel- und langfristig effizienter und wirtschaftlicher als eine aufwändige und mit dem vorhandenen Personal ohnehin nicht leistbare Mangelverwaltung zu betreiben. Andererseits sollen völlig bedarfsferne Überkapazitäten vermieden werden. Deshalb ist es notwendig, wesentliche Charakteristika der Verkehrsflüsse in ihrer zeitlichen Entwicklung sowie wichtige Dienstgüteparameter zu messen und als Planungsgrundlage auszuwerten. Im Rahmen dieser Tätigkeiten werden derzeit die Anschlussleitungen der Institute sowie die Leitungen im Backbone auf ihre Auslastung hin überwacht. Übersteigt die durchschnittliche Auslastung eines Interfaces mehrfach die Marke von 30% (Mittelwert für 1h), so werden entsprechende Schritte für eine Hochrüstung der Bandbreite dieses Anschlusses eingeleitet.

Es ist abzusehen, dass (Multimedia-)Dienste (z.B. Vorlesungsübertragung per IP-Codecs, Videokonferenz, Voice-over-IP usw.) an Bedeutung zunehmen werden, die auf bestimmte Dienstgüteparameter (Paketverluste, Verzögerung, Jitter) besonders empfindlich reagieren. Zur Qualitätssicherung für solche Dienste wird man auf steuernde Eingriffe (Priorisierung, Ende-zu-Ende Kontrolle mit geeigneten Agenten) nicht verzichten können. Bei der Auswahl von Netzkomponenten (Router und Switches) wurde vom LRZ bereits seit 1999 darauf geachtet, dass sich hier CoS-Funktionen abhängig von unterschiedlichen Parametern (IP-Adresse, MAC-Adresse, Port, ...) einstellen lassen. Leider enden derzeit die Möglichkeiten der Steuerung von CoS bereits am Übergang ins Internet (X-WiN). Es fehlen leider noch immer Absprachen (auf interorganisationeller Ebene), um eine Ende-zu-Ende Priorisierung entsprechender Datenströme zwischen deutschen Wissenschaftseinrichtungen angehen zu können. Ob dies notwendig wird, muss die Zukunft zeigen: Es kann auch sein, dass aufgrund der verfügbaren Bandbreite ein Priorisieren mittels CoS nicht notwendig wird.

13.2.3 Service-Level Reporting

Die Nutzer des MWN erwarten vom LRZ als ihrem Dienstleister auch Informationen über den Zustand der Netzdienste. Die Informationspflicht wird derzeit mit folgenden Mechanismen erfüllt:

- Statistiken über die Auslastung ausgewählter Backbone-Interfaces (X-WiN-Anschluss, Backbone-Router), Nutzung der Wählzugänge und globale Verfügbarkeit des MWN-Backbones. Diese Statistiken sind allen Nutzern des MWN zugänglich (<http://wwwmwn.lrz-muenchen.de>)

- Das CNM für das MWN liefert den Netzverantwortlichen in den Instituten aktuelle und historische Informationen über den Zustand und die Qualität des MWN (<http://www.cnm.mwn.de>).
- Das seit längerem intern eingesetzte Service-Level-Reporting-Tool (InfoVista) wird zukünftig die MRTG-Statistiken ersetzen und liefert schon heute Reports über die Qualität des Fehlerbehebungsprozesses (BMC Remedy ARS bzw. iET ITSM-Suite) sowie Verfügbarkeitszahlen diverser Router, Auslastungsstatistik u.ä. Es wurde ein gestuftes Zugriffskonzept erarbeitet, um den unterschiedlichen Nutzergruppen (Anwender, Netzverantwortlicher, LRZ-intern) entsprechende Sichten auf die gesammelten Informationen zur Verfügung stellen zu können. Die entsprechenden Berichte werden nach Absprache auch für einzelne Netzverantwortliche bereitgestellt.

13.3 Wartung

Im MWN ist derzeit aus Gründen der Kostenoptimierung folgendes Wartungskonzept realisiert:

- Wenn verfügbar, redundante Netzteile bei allen wichtigen Netzwerkkomponenten (z.B. Router, Switches). In den zentralen Backbone-Routern zusätzlich ein redundantes Managementmodul. Bei den eingesetzten chassis-basierten Systemen (Router und Switches) sind die zum Einsatz kommenden Module hot-swap-fähig. Hierdurch werden unnötige Ausfallzeiten bei Upgrades (Erweiterungen) und beim Austausch im Fehlerfall vermieden.
- Identifikation von Störungen, Störungsbehebung einschließlich Ein- und Ausbau von Komponenten ausschließlich durch das LRZ (während der Dienstzeiten kann so eine Entstörzeit von weniger als 2 Stunden gewährleistet werden).
- Einheitliches Servicekonzept für alle Netzkomponenten mit den folgenden Anforderungen:
 - Vorhaltung von Ersatzteilen für alle zentralen Komponenten, so dass ein Austausch eines defekten Elements jederzeit möglich ist.
 - Bring-In-Service mit Tausch der defekten Hardwarekomponenten innerhalb von 48 Stunden
 - Service für Beratung (Hotline und Fernwartung des Serviceanbieters)
 - Softwareservice (Updates, Problemdatenbank,..)

Dieses Konzept erfordert eine möglichst homogene Geräteausstattung. Abhängig von der Funktion im Netz werden i.d.R. nur bestimmte, durch das LRZ in regelmäßigen Zeitintervallen ausgewählte Produkte eingesetzt. Dadurch lässt sich auch eine zentrale Ersatzteilhaltung realisieren, ohne sehr restriktiven Zeitvorgaben beim Bring-in-Service zu unterliegen und ohne dass die Qualität und die Verfügbarkeit des Netzes darunter leidet.

Während der Netzwartung (regelmäßig dienstags ab 07:30 bis max. 09:00 Uhr) werden eventuell notwendige Updates an Netzkomponenten eingespielt, veraltete oder defekte Geräte ausgetauscht oder gewünschte Konfigurationsänderungen durchgeführt. Da die meisten Arbeiten aber nur lokale Teilnetze betreffen, ist meistens trotzdem der größte Teil des Netzes erreichbar. Die Unterbrechungen (wann ungefähr, wie lange und welche Bereiche oder Dienste betroffen sind) werden mindestens einen Tag vorher über die aktuellen Mitteilungen (ALI) des WWW-Servers des LRZ (www.lrz.de/aktuell) sowie per E-Mail an alle Netzverantwortliche bekannt gegeben. Größere Eingriffe oder Umbauten am Netz werden jeweils am Samstag durchgeführt. Die Ankündigungen hierzu erfolgen mindestens eine Woche im Voraus.

13.4 Netzüberwachung

Die Netzüberwachung und die Überwachung von Betriebsparametern erfolgt automatisiert und proaktiv durch die zentrale Netzmanagementplattform (HP OpenView Network Node Manager; wird abgelöst durch IBM Tivoli Netcool). In regelmäßigen Abständen (5 Minuten Intervall) werden sämtliche Netzkomponenten gepollt und der Status abgefragt. Fehler werden zusätzlich sofort dem für den Betrieb zuständigen Personal (Verteiler-Liste) per E-Mail und ggf. per SMS signalisiert. Da es bei größeren Störungen in diesem Umfeld aber zu einer erhöhten Flut von Fehlermeldungen kommen kann, wird derzeit an der Optimierung eines Korrelationswerkzeuges gearbeitet, das eine Vorfilterung der Meldungen nach gewissen Regeln ermöglicht (Root Cause Analyse).

13.5 Incident und Change Management nach ISO/IEC 20000

Die Arbeitsfähigkeit sehr vieler Hochschulangehöriger hängt wesentlich von der Funktionsfähigkeit des Netzes und seiner Netzdienste ab.

Störungen werden erkannt durch das Netzmanagementsystem (s. o.) und durch Meldungen der Nutzer. Fehlermeldungen der Nutzer können sowohl telefonisch an die LRZ-Hotline, wie auch per Web-Schnittstelle (Hotline-Web) gemeldet werden. Näheres ist beschrieben in <http://www.lrz-muenchen.de/fragen/>.

Je nach Art der Störung werden vom LRZ (ggf. in Zusammenarbeit mit anderen, wie z. B. externe Provider, Netzverantwortlichen und Lieferanten) geeignete Maßnahmen eingeleitet. Um (besonders in komplexen Fällen) einen geordneten und koordinierten Verlauf sicherzustellen und zu dokumentieren, wird als zentrales Steuerungsinstrument ein Trouble-Ticket-System benutzt (BMC Remedy ARS; in Ablösung durch die iET ITSM-Suite). Durch entsprechende Vorkehrungen kann sich ein (berechtigter) Nutzer über den Bearbeitungszustand des von ihm initiierten Trouble-Tickets (Störungsmeldung) informieren. Bei der Klassifikation des Vorfalls wird nach Wichtigkeit (gering, mittel, kritisch) differenziert, wobei sich dieser Wert i.d.R. aus dem Umfang der betroffenen Nutzerschaft und den Service Level Agreements ableitet. Abhängig von dieser Klassifikation sind unterschiedliche Reaktionszeiten und Eskalationszeiträume hinterlegt.

Die Hotline des LRZ ist die Anlaufstelle, bei der alle Störungsmeldungen für den Verantwortungsbereich des LRZ auflaufen. Sie ist über eine einheitliche Rufnummer bzw. E-Mail-Adresse erreichbar und rund um die Uhr besetzt.

Die zentrale Management-Station überwacht in regelmäßigen Abständen (5-Minuten Intervall) per SNMP die Funktionsfähigkeit aller Netzkomponenten. Fehlersituationen generieren eine Meldung per E-Mail und bei wichtigen Netzkomponenten auch eine Nachricht per SMS.

Ein zuverlässiger Netzbetrieb ohne Unterbrechung auch außerhalb der Dienstzeiten sollte sichergestellt werden. Deshalb wurde die Möglichkeit der Einrichtung einer formellen Rufbereitschaft geprüft. Trotz bisher fehlender Rufbereitschaft liegt die Verfügbarkeit des zentralen Backbone-Netzes mit den entsprechenden Übergängen zu den Institutsinfrastrukturen meistens bei mehr als 99,9%.

Im Rahmen der Ausrichtung der LRZ IT Service Management Prozesse nach ISO/IEC 20000 wurde auch das Management von Änderungen an den Netzdiensten und der Netzinfrastruktur stärker formalisiert. Änderungsanträge werden in so genannten KOM Change Requests (KCRs) erfasst, priorisiert, auf Abhängigkeiten untersucht, bewertet und genehmigt. In den KCRs werden auch der gesamte Bearbeitungsverlauf und der jeweils aktuelle Stand festgehalten. Die aktuell in Bearbeitung befindlichen KCRs werden einem wöchentlichen Review unterzogen und stehen als Dokumentation über den Abschluss der Arbeiten hinaus zur Verfügung.

14 Personelle Zuordnung

Die **Abteilung Kommunikationsnetze** des LRZ ist für das MWN zuständig. Dies bedeutet die Planung, Inbetriebnahme und den laufenden Betrieb des Netzes, bis zur Datensteckdose am Arbeitsplatz des Hochschulangehörigen.

Die Leitung der Abteilung liegt in der Hand von Herrn PD Dr. Helmut Reiser.

Die Abteilung gliedert sich in drei Gruppen - Wartung, Betrieb und Planung.

Die Gruppe **Wartung Kommunikationsnetze** ist hauptsächlich mit der Inbetriebnahme neuer Infrastrukturen sowie mit der Fehlersuche und Fehlerbeseitigung vor Ort bei den Nutzern beschäftigt. Sie stellt die wesentliche Schnittstelle zu den Bauämtern und Planungsbüros bei der Realisierung neuer passiver Netzinfrastrukturen (Leitungswege, Verteilerstandorte, usw.) dar. Eigene Leitungsinstallationen werden nicht durchgeführt; die Gruppe nimmt jedoch die Überwachung anstehender Installationen (Schnittstelle zum Installateur) sowie deren Abnahme wahr.

Die Gruppe besteht bis auf den Leiter und dessen Stellvertreter aus Mitarbeitern, die als Informationselektroniker oder IT-Systemelektroniker ausgebildet wurden.

Die Leitung der Gruppe liegt in den Händen von Herrn Dipl.-Ing. (FH) Heinrich Glose.

Die Gruppe **Betrieb Kommunikationsnetze** betreut die aktiven Komponenten im MWN (Router, Switches, Access Points und netznahe Dienste wie z.B. DHCP, DNS, VPN, Firewall, usw.). Zu den Aufgaben gehören die Konfiguration, die Dokumentation, das Monitoring der Netzinfrastruktur sowie die Fehlersuche (Layer 2 – Layer 7). Hinzu kommt die Unterstützung von Nutzern durch das Erstellen von Anleitungen und persönlichen Beratungen. Fremdfirmen werden bei diesen Prozessen nicht eingebunden. Wartungsverträge für die Netzkomponenten sehen nur einen Hotline-Support, Software-Update sowie einen Austausch defekter Teile per Paket vor; eine Präsenz vor Ort ist nicht vorgesehen.

Die Gruppe besteht aus Hochschul- und Fachhochschulabsolventen mit Schwerpunkt Informatik/Nachrichtentechnik sowie Mathematisch-Technischen Assistentinnen.

Die Leitung der Gruppe liegt in den Händen von Herrn Dipl.-Math. Wolfgang Beyer.

Die Gruppe **Planung Kommunikationsnetze** betreut die Netzmanagement-Plattformen und -Werkzeuge (Netzdoku-System, Reporting-Tools, Trouble-Ticket-System und ITSM-Suite, Accounting usw.), ist bei Produktauswahlen und -konsolidierungen aktiv, hält einen ständigen Marktüberblick und beteiligt sich aktiv bei Pilotprojekten und Beta-Tests von Netzkomponenten und Managementwerkzeugen. Sie überwacht und treibt den schrittweisen Ausbau der Netzinfrastruktur voran und ist bei der Auswahl und Dimensionierung der aktiven Komponenten in Absprache mit den Instituten beteiligt (Netzplanung). Neben der Erarbeitung von Einsatzkonzepten (z.B. Einsatz von Firewalls im MWN) beschäftigt sich die Gruppe mit der Integration von Managementwerkzeugen sowie der pilothaften Untersuchung und Installation neuer Dienste (Voice-over-IP, Video-Conferencing, Vorlesungsübertragung, IDS, IPS, SIEM, Security-Reporting, Policy Management usw.). Werden diese Dienste produktionsrelevant, dann gehen sie i.d.R. in den Zuständigkeitsbereich anderer Gruppen im LRZ über. In der Gruppe werden auch drittmittel-finanzierte Forschungsprojekte durchgeführt. Vom BMBF wird im Rahmen der Deutschen D-Grid Initiative ein Projekt zur Intrusion Detection in Grids gefördert. Die europäische Union fördert wissenschaftliche Arbeiten zum Management zur Visualisierung und zum Monitoring von Geant2/3, dem Verbund der europäischen Forschungsnetze, sowie zum Management von 100 Gigabit Ethernet-Technologien im Backbonebereich.

Die Gruppe besteht aus Hochschul- und Fachhochschulabsolventen mit Schwerpunkt Informatik/Nachrichtentechnik.

Die Leitung der Gruppe liegt in den Händen von Herrn Dr. Wolfgang Hommel.

15 Anlage: Liste aller MWN-Unterbezirke

Bezirk A: Garchinger Hochschulgelände 1

A0 TUM, Geb. 5212, Radiochemie, Walther-Meißner Str.
A1 TUM, Geb. 6101, Heizhaus
A2 TUM, Geb. 6104, Feuerwehr, Römerhofweg/Ludwig-Prandtl-Straße
A3 TUM, Geb. 5213, Walther-Meißner-Str. 6, ZAE
A4 TUM, Geb. 5701, IME-TUM (Institute of Medical Engineering at TUM), Boltzmannstr. 15
A5 Studentenwohnheim Garching II Enzianstraße 1-3 85748 Garching
A6 TUM, Geb. 5209, (alter) Reaktor-Betriebs- und Laborgebäude, James-Franck-Straße/Boltzmannstraße
A7 TUM, Geb. 5210, (alter) Reaktor-Betriebszentrale
A8 TUM, Geb. 6102, TBA (Verwaltung)
A9 Studentenwohnheim Garching I, Jochbergweg 1-7
AA TUM, Geb. 5208, Alte Telefonzentrale (außer Betrieb)
AB TUM, LMU, Geb. 5120, Beschleunigerbereich
AC TUM, Geb. 5402, Chemiegebäude Bau Ch2
AD TUM, Geb. 5402, Chemiegebäude Bau Ch3
AE TUM, Geb. 5403, Hofgebäude I
AF TUM, Geb. 5401, Chemiegebäude Bau Ch1, Bibliothek, Hörsaal
AG TUM, Geb. 5402, Chemiegebäude Bau Ch6
AH TUM, Geb. 5402, Chemiegebäude Bau Ch7
AI MPG, Institut für Plasmaphysik (IPP)
AJ TUM, Geb. 5204, Umformtechnik und Gießereiwesen
AK TUM, Geb. 5203, GRS -Hauptgebäude -Reaktordynamik und -Sicherheit
AL LMU, Geb. 5109, Physikgebäude
AM TUM, Geb. 5202, Reaktorbereich, Zyklotron
AN TUM, Geb. 5302, Mensa, Raumfahrttechnik
AO TUM, Geb. 5219, Ersatzgebäude hinter Telefonzentrale (Verwaltungsgebäude)
AP TUM, Geb. 5215, Reaktorstation
AQ TUM, Geb. 5107, Physik II
AR TUM, Geb. 5205, Wetterstation
AS TUM, Geb. 5201, Reaktorbereich
AT TUM, Geb. 5101, Physikgebäude
AU WMI, Geb. 5213, Tieftemperaturforschung
AV TUM, Geb. 5104 / 5216, Siemenshallen
AW TUM, Geb. 5111, Wassergütewirtschaft
AX TUM, Geb. 5108 Infra-Schall-Labor in Messbunker
AY WSI, Geb. 5112, Walter-Schottky-Institut
AZ TUM Garching, Neubau Geb. 5130 Telefonzentrale

Bezirk B: TUM-Stammgelände, TUM-Nordgelände und nächste Umgebung

B1 TUM, Geb.0101, N1 (Nordgelände) Theresienstraße 90 München
B2 TUM, Geb.0102, N2 (Nordgelände)
B3 TUM, Geb.0103, N3 (Nordgelände)
B4 TUM, Geb.0104, N4 (Nordgelände)
B5 TUM, Geb.0105, N5 (Nordgelände)
B6 TUM, Geb.0106, N6 (Nordgelände)
B8 TUM, Geb.0108, N8 (Nordgelände)
BA TUM, Geb. 0510 (Stammgelände), TU-Verwaltung
BB TUM, Geb. 0501 (Stammgelände), Arcisstraße
BC TUM, Geb. 0502 (Stammgelände), Arcis- / Gabelsbergerstraße
BD TUM, Geb. 0503 (Stammgelände), Gabelsberger- / Luisenstraße
BE TUM, Geb. 0504 (Stammgelände), Luisenstraße
BF TUM, Geb. 0505 (Stammgelände), Luisen- / Theresienstraße
BG TUM, Geb. 0506 (Stammgelände), Theresienstraße (Theresianum)
BH TUM, Geb. 0507 (Stammgelände), Theresien- / Arcisstraße
BI TUM, Geb. 0508 (Stammgelände), im Kern
BJ Studentenwohnheim Jakob Balde Haus Theresienstr. 100 80333 München
BL TUM, Geb.0205, Arcisstr. 19
BM TUM, Geb.0509 (Stammgelände)
BN TUM, Geb.0206, Mensa Arcisstr. 17
BS TUM, Geb.0202, Gabelsbergerstr. 39
BT TUM, Geb.0201, Geb0203, Gabelsbergerstr. 43, 45
BU TUM, Geb.0204, Gabelsbergerstr. 49

Bezirk D: Block Theresienstraße /Barer Straße /Gabelsbergerstraße /Türkenstraße

DA LMU, Theresienstr. 37, Block A Theresienstr. 37 80333 München
DB LMU, Theresienstr. 39, Block B Theresienstr. 39 80333 München

DC LMU, Theresienstr. 41, Block C Theresienstr. 41 80333 München
DN Neue Pinakothek Barer Str. 29 80799 München
DO Alte Pinakothek Barer Straße 27
DP Pinakothek der Moderne - Architekturmuseum Barer Str. 40 80799 München

Bezirk F: Königsplatz

FA TUM, Karlstraße 45
FE LMU, Haus der Kulturen, Meiserstr. 10
FF Hochschule für Fernsehen und Film Neubau
FG LMU, Geologische und Geographische Institute, Luisenstr. 37
FH Katholische Hochschulgemeinde an der TUM, Karlstr. 32
FK Gabelsbergerstr. 29 (Test Gebert)
FL TUM, Geb.0401, Verwaltung, Mathematik, Richard-Wagner-Str. 18
FM Musikhochschule, Luisenstr. 37a
FN Barer Str. 34, Rückgebäude, Appartement 11
FO Studentenwohnheim Ottonia, Gabelsbergerstr. 24
FP LMU, Paläontologie, Richard-Wagner-Str. 10
FS Musikhochschule, Arcisstr. 12
FV Institut für Volkskunde, Barer Str. 13
FW Studentenwohnheim, Richard-Wagner-Str. 16
FY Ägyptische Staatssammlung Neubau Barer Straße
FZ TUM, Gebäude 0305 (S5), Barer Str. 21, Ehem. LRZ-Gebäude

Bezirk G: Westlich Ludwigstraße, südlich Akademiestraße, östlich Türkenstraße, nördlich Theresienstraße

G2 IBZ Amalienstraße 38 Amalienstr. 38 80799 München
GA LMU, Geb. 0110, Akademiestraße 1 Akademiestr. 1 80799 München
GB LMU, Geb. 0030 (Hauptgebäude inkl. Turmgebäude), Bibliothek Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München
GC LMU, Fakultät für Geschichte (Historicum), Schellingstr. 12; Altbau in Amalienstr. 52 Schellingstr. 12 80799 München
GD LMU, Geb. 0010 (Hauptgebäude), an der Adalbertstraße (Adalberttrakt) Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München
GE LMU, Geb. 0000E (Hauptgebäude), an der Amalienstraße (Amalienstr.) Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München
GF LMU, Geb. 0090, Amalienstr. 54 Amalienstr. 54 80799 München
GG LMU, Geb. 0252, Schellingstr. 7 Schellingstr. 7 80799 München
GH LMU, Ludwigstr. 25, Bibliothek und Medienlabor Ludwigstr. 25 80539 München
GI MPI, Psychologische Forschung, Amalienstr. 33 Amalienstr. 33 80799 München
GJ LMU, Schellingstr. 5 Schellingstr. 5 80799 München
GK LMU, Geb. 0020 (Hauptgebäude) Kernbereich, Physik-Altbau, Salinenhof Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München
GL LMU, Schellingstr. 9 Schellingstr. 9 80539 München
GM LMU, Geb. 0000M (Hauptgebäude) Mitteltrakt Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München
GN LMU, Amalienstr. 83 Amalienstr. 83 80799 München
GO LMU, Philosophie, Geb. 0121 (Vorder- und Rückgebäude) Ludwigstr. 31 80539 München
GP LMU, Philosophie, Geb. 0040 Ludwigstr. 27 80539 München
GQ LMU, Geb. 0122, Rechtsinformatik Ludwigstr. 29 80539 München
GR LMU, Fak. für Kulturwissenschaften Bibliothek, Geb. 0200 (Rückgebäude) Schellingstr. 3 80799 München
GS LMU, Geb. 0203 (Vordergebäude) Schellingstr. 3 80333 München
GT LMU, Amalienstr. 73 Amalienstr. 73 80799 München
GU LMU, Bioinformatik, Medieninformatik Amalienstr. 17 80333 München
GV LMU, Geb. 0120, Statistik, Ludwigstr. 33 Ludwigstr. 33 80539 München
GW LMU, Geb. 0000W (Hauptgebäude), Geschwister-Scholl-Platz 1, Nord Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München
GX LMU, Geb. 0060, Schellingstr. 10 Schellingstr. 10 80799 München
GY LMU, Geb. 0050, Schellingstr. 4 Schellingstr. 4 80799 München
GZ LMU, Geb. 0000Z (Hauptgebäude), Telefonzentrale, Geschwister-Scholl-Platz 1 Geschwister-Scholl-Platz 1 80539 München

Bezirk H: Residenz und Umgebung

HA BAdW, Akademiegebäude, Bau A (Turmbau)
HC BAdW, Akademiegebäude, Bau C
HK BAdW, Akademiegebäude, Kapellenhof
HP MPG, Hauptverwaltung, Hofgartenstr. 2
HZ BAdW, Akademiegebäude, Bau B, Alfons-Goppel-Str. 11

Bezirk I: Campus Großhadern / Martinsried

IA FCP-A, Genzentrum, Molekularbiologie und Biochemie, Feodor-Lynen-Str. 25
IB LMU FCP-B, Pharmazeutische Biologie und Technologie, Butenandtstr. 5 - 13
IC LMU FCP-C, Pharmakologische Chemie, Butenandtstr. 5-13
ID LMU FCP-D, Anorganische Chemie, Butenandtstr. 5-13
IE LMU FCP-E, Physikalische Chemie, Butenandtstr. 5-13
IF LMU FCP-F, Organische Chemie, Butenandtstr. 5-13
IG LMU, Neubau Bauabschnitt 2, Biologie I, Martinsried
IH LMU Jugendmedizin, Heiglhofstraße 63
IJ Mensa Martinsried
IK LMU, Geb. 010 - 060 (Bettenhaus), Klinikum Großhadern, Rechenzentrum der Medizin
IL LMU, Neubau Bauabschnitt 1, Biologie II, Martinsried
IM MPG, Institut für Biochemie, Martinsried
IN MPG, Institut für Neurobiologie, Martinsried
IP Zentrum für Prionforschung

IQ IZB, Gründerzentrum Biotechnologie, Martinsried
IS Studentenwohnheim Sauerbruchstraße 61
IT Studentenwohnheim Heighofstraße
IU LMU, Bauamt, Marchioninstr. 15a
IW TUM, Geb.2801, Wassergüte, Marchioninstr. 17

Bezirk J: Weihenstephan (inkl. Außenbezirke)

J0 TUM, Geb. 4321 / 4320, TUM-Verwaltung (TBA)
JA FH Weihenstephan, Bioinformatik, (Geb. 4199) (Altes Bauamt)
JB TUM, Geb. 4111, Versuchs- und Lehrbrauerei
JC TUM, Geb. 4224 (Neubau), Biowissenschaft
JD TUM Gebäude 4298, Lise-Meitner-Str. 34 (ehem. Degussa-Gebäude)
JF TUM, Geb. 4129, Fischbiologie, Mühlenweg 22, 85354 Freising
JG TUM, Geb.4801-4815, Versuchsgut Grünschwaike, 85462 Eitting
JH TUM, Geb.4701-4720, Hirschau, Hirschau 0, 85417 Marzling
JI IZB, Weihenstephan, Lise-Meitner-Strasse 30
JN TUM, Versuchsstation Viehhausen
JR FH Weih. Triesdorf, Steingruberstr. 2 91746 Weidenbach
JT TUM, Geb.4601-4620, Thalhausen, Ampertshausen 15, 85402 Kranzberg
JU TUM / FH Weih., Geb.2928, Petersgasse 18, 94315 Straubing
JV TUM, Veitshof, Veitsmüllerweg 4-6, 85354 Freising
JZ FH Weih., Zurnhausen 3, 85356 Freising

Bezirk K: Klinikum Rechts der Isar

K1 TUM, Geb. 561, zur Ismaninger Str. 22
K2 TUM, Geb. 546, zur Ismaninger Str. 22 li.
K3 TUM, Geb. zwischen 523 und 507, zu Trogerstraße
K4 TUM, 2 kleine Gebäude zwischen 507 und 528, zu Trogerstraße
K5 TUM, Gebäude zwischen 516 und 514, zu Trogerstraße
K6 TUM, Geb. 528, am Eck Troger- / Einsteinstraße
K7 TUM, Geb. neben Geb. 523, zu Trogerstraße
K8 TUM, Gebäude 541, Trogerstraße 24
K9 TUM, Nigerstraße 3, Gebäude 713, Lehr und Trainingszentrum (LUTZ)
KA TUM, Geb. 501 (Hauptgebäude) zur Einsteinstraße
KB TUM, Geb. 502, zur Einsteinstraße
KC TUM, Geb. 503, zur Ismaninger Str. 22
KD TUM, Geb. 504, zur Ismaninger Str. 22
KE TUM, Geb. 507, zur Einsteinstraße
KF TUM, Geb. 518, zur Ismaninger Str. 22 li.
KG TUM Klinikum - Gebäude 523 zur Trogerstraße (RZ)
KH TUM, Geb. 508, zur Ismaninger Str. 22
KI TUM, Geb. 509, zur Ismaninger Str. 22
KJ TUM, Geb. 510, zur Ismaninger Str. 22
KK TUM, Geb. 511, zur Einsteinstraße
KL TUM, Geb. 505, zur Ismaninger Str. 22
KN TUM, Geb. 514, zur Trogerstraße
KO TUM Gebäude 716
KP TUM, Geb. 516, zur Ismaninger Str. 22
KQ TUM, Geb. 517, zur Ismaninger Str. 22
KR TUM, Geb.512 Trogerstraße 7
KS TUM, Trogerstr. 24
KT TUM, Geb. 513, zur Trogerstraße Trogerstraße
KU TUM, Geb. 506, zur Ismaninger Str. 22
KV TUM, Geb. 520, zur Ismaninger Str. 22
KW TUM, Geb. 551 (Hörsaalgebäude) zur Einsteinstraße
KX TUM, Geb. 552, zur Einsteinstraße
KY TUM, Geb. 557, zur Trogerstraße

Bezirk L: Leopoldstraße vom Siegestor bis Münchner Freiheit mit Seitenstraßen

L1 Studentencafe der Katholischen Hochschulgemeinde (KHG) Leopoldstraße 11
L2 LMU, Leopodstr. 11a
L3 LMU, Geb. 0601, Leopoldstr. 13
LA LMU, Geb. 0602, Leopoldstr. 13
LB LMU, Geb. 0603, Leopoldstr. 13
LC LMU Leopoldstraße 11a
LE LMU, Georgenstr. 11
LF SWH Sophie-Barat-Haus, Franz-Josef-Str. 4 Franz-Josef-Str. 4 80539 München
LG LMU, Georgenstr. 5
LH LMU Seniorenstudium, Hohenstaufenstraße 1, 80801 München
LK LMU, Georgenstr. 7
LL LMU, Soziologie, Konradstr. 6
LM Mensa, Leopoldstr. 13a
LP SWH Priesterseminar St. Johannes der Täufer, Georgenstr. 14 Georgenstr. 14 80799 München
LS LMU, Geb. 0610, Leopoldstr. 15
LT LMU, Geb. 0620, Leopoldstr. 5 / Georgenstr. 3

LV LMU, Geb. 0600, Leopoldstr. 3

Bezirk M: Garching Hochschulgelände 3

ME Neubau Exzellenzzentrum (vor Maschinenwesen)
MK Kinderhaus (hinter Maschinenwesen)
MU TUM, Physik Untergrundlabor

Bezirk N: LMU, Tierärztliche Fakultät, Schwabing

NA LMU, Geb. C (früher 0802), Veterinärstraße 13, Anatomie
NB LMU, Geb. J (früher 0828), Chirurgie der Schweine, Königinstr. 18
NC LMU, Geb. G (früher 0824), Chirurgie, Königinstr. 14
ND LMU, Geb. N (früher 0825), Chirurgie, Königinstr. 14
NF LMU, Geb. P (früher 0823), Gynäkologie, Königinstr. 12
NG LMU, Geb. E/F (früher 0820/0822), Gynäkologie, Königinstr. 12
NH LMU, Geb. R (früher 0840), Veterinärstraße 13, Hygiene
NK LMU, Gebäude 0310, Zoologie Fischkrankheiten, Kaulbachstr. 37
NL LMU, Geb. L (früher 0827) Pharmazie, Königinstr. 16
NM LMU, Geb. S (früher 0850), Veterinärstraße 13, Mikrobiologie+Pathologie
NN LMU, Geb. T (früher 0851), Veterinärstraße 13, Mikrobiologie
NO LMU, Geb. Q (früher 0835), Rechnerbetriebsgruppe
NP LMU, Geb. H (früher 0826), Pharmazie, Königinstr. 16
NQ LMU, Geb. K (früher 0830), Pharmazie, Königinstr. 16
NS LMU, Geb. V (früher 0860), Stallung
NT LMU, Geb. B (früher 0801), Tierzucht, Veterinärstr. 13
NY LMU, Geb. A (früher 0800), Physiologie, Veterinärstr. 13
NZ LMU, Geb. D (früher 0810), Lebensmittelkunde, Veterinärstr. 13

Bezirk O: LMU, Oettingenstraße 67

OA LMU, Gebäudeteil A, Oettingenstraße
OB LMU, Gebäudeteil C (früher B), Oettingenstraße 67
OC LMU, Gebäudeteil D (früher C), Oettingenstraße 67
OD LMU, Gebäudeteil E (früher D), Oettingenstraße 67
OE LMU, Gebäudeteil F (früher E), Oettingenstraße 67
OF LMU, Gebäudeteil G (früher F), Oettingenstraße 67
OG LMU, Gebäudeteil H (früher G), Oettingenstraße 67
OK LMU, Oettingenstraße 67, Baracke auf Parkplatz
OZ LMU, Gebäudeteil Z, Oettingenstraße, Hauptgebäude, Mitte

Bezirk P: Campus Weihenstephan 1

P0 Studentenwohnheim Weihenstephan II, Giggenhauser Str. 25 Giggenhauser Str. 25 85354 Freising
P1 Studentenwohnheim Weihenstephan IV, Giggenhauser Straße 29 Giggenhauser Straße 29 85354 Freising
P2 TUM, Geb. 4323 Kfz - Mechanikwerkstatt
P3 FHG / IVV, Fraunhofer Gesellschaft, Giggenhauser Str. 35
P4 TUM, Geb. 4218, Zierpflanzenbau, Botanik, Mikrobiologie
P5 TUM, Geb. 4153, Teilverwaltung TUM (früheres Verwaltungsgebäude der Molkerei)
P6 TUM, Geb. 4307, Tierernährung Versuchsanlage
P7 Bayerische Staatsbrauerei Weihenstephan, Alte Akademie 2
P8 Studentenwohnheim Weihenstephan I, Vöttinger Str. 49 Vöttinger Str. 49 85354 Freising
P9 TUM, Geb. 4317, Neubau Tierwissenschaften
PA TUM, Geb. 4378, Lange Point 51.
PB FH Weih., Geb. 4375, SVA Lehrstuhl für Bodenkunde und Pflanzen, am Staudengarten
PC FH Weih., Geb. 4376, SVA Lehrstuhl für Obstbau und Baumschulung, am Staudengarten
PD TUM, Geb.: 4231 / 4232 / 4234 / 4235, Dürmast
PE FH Weih., Geb. 4383, Fachbereich Gartenbau, Technische Landwirtschaft, am Staudengarten
PF FH Weih., Geb. 4379, SVA Lehrstuhl für Zierpflanzenbau, am Staudengarten
PG TUM, Geb. 4213, Lebensmitteltechnikum
PH FH Weih., Geb. 4372, Hörsäle L - P, Staatliche Versuchsanstalt, Lehrstuhl für Obstverwertung
PI TUM, Geb. 4306, Tierernährung - Hauptgebäude
PJ FH Weih., Geb. 4373, Hörsäle Lange Point, SVA Info-Stelle
PK FH Weih., Geb. 4374, Hörsaal L-P, SVA Institut für Gemüsebau, Stauden und Gehölze
PL TUM, Geb. 4386, Lange Point
PM TUM, Geb. 4304, Pflanzenbau
PN FH Weih., Geb. 4377
PO TUM, Geb. 4308, Tierernährung - Institutsgebäude
PP TUM, Geb. 4309, Wirtschaftslehre des Gartenbaus
PQ TUM, Geb. 4313, Zierpflanzenbau
PR FH Weih., Pappelallee Geb. 179 (4179)
PS TUM, Geb. 4311, Zierpflanzenbau
PT TUM, Geb. 4108, Alte Akademie 10
PU FH Weihenstephan, Gebäude 4123
PV TUM, Geb. 4171, alte Baumschule
PW FH Weih., Geb. 4173, FH Institutsgebäude
PX FH Weih., Geb. 4174, FH Bibliothek
PY Studentenwohnheim Weihenstephan III, Lange Point Lange Point 85354 Freising
PZ TUM, Geb. 4223, Anbau an Geb. 4219, Genetik

Bezirk Q: Campus Weihenstephan 2

Q0 TUM, Geb. 4219, Landpflege und Botanik, Emil-Rammann Str. 6
Q1 TUM, Geb. 4221, Telefonzentrale, Emil-Erlenmeyer-Forum 7
Q2 TUM, Geb. 4277, Forstwissenschaft, FVA - Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt, H.C.v.C.PI. 2
Q3 TUM, Geb. 4238, Werksfeuerwehr, Emil-Erlenmeyer-Forum 2
Q4 TUM, Geb. 4106, Wirtschaftslehre des Landbaus, Alte Akademie 14
Q5 TUM, Geb. 4107, Ernährungslehre, Alte Akademie 16
Q6 BLA, Geb. 4254, LBP Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur- und Pflanzenbau
Q7 FH Weih., Geb. 4176, Lehrgebäude
Q8 TUM, Geb. 4212, Physik, Chemie, Zentrallaboratorium, Emil-Erlenmeyer-Forum 5
Q9 FH Weih., Geb. 4125, Löwentorgebäude
QA TUM, Geb. 4124, FML neu - Zentrum für Milch- und Lebensmittel, Weihenstephaner Berg 3
QB TUM, Geb. 4130, ehemalige Datenverarbeitung
QC TUM, Geb. 4117, Grünlandlehre
QD TUM, Geb. 4109, LS f. Maschinenkunde der Brauerei u. Lebensmittelverpackungstechnik, WS.Steig 22
QE TUM, Geb. 4101, Alte Akademie 3
QF FH Weih., Geb. 4172, FH - Verwaltung
QG TUM, Geb. 4102, Bibliothek und Dekanatsgebäude, Alte Akademie 8
QH TUM, Geb. 4105, Tierzucht, Ökologischer Landbau, Alte Akademie 12
QI TUM, Geb. 4214, Zentrales Hörsaalgebäude, Maximus-von-Imhof-Forum 3
QJ FH Weih., Geb. 4276, Wald- und Forstwirtschaft, Georg-Dätzel-Straße 5
QK TUM, Geb. 4209 / 4210 / 4211 Landtechnik, Am Staudengarten 2
QL TUM, Geb. 4215, Zentrales Praktikagebäude, Maximus-von-Imhof-Forum 3
QM TUM, Geb. 4110, Brauerei I, Weihenstephaner Steig 20
QN TUM, Geb. 4119 / 4120, Gregor-Mendel-Straße
QO TUM, Geb. 4126, Lebensmittel Verfahrenstechnik, Weihenstephaner Berg 1
QP TUM, Geb. 4121 / 4122, Landschaftsökologie, Emil-Ramann-Straße 6
QQ TUM, Geb. 4115, Senger - Wohnhaus, Weihenstephaner Steig 19
QR FH Weih., Geb. 4178, Kleine Kustermannhalle
QS TUM, Geb. 4201, Gemüsebau, Emil-Ramann-Str. 10
QT TUM, Geb. 4217, Bodenkunde, Emil-Rammann Str. 2
QU TUM, Geb. 4113, Versuchs- und Lehrbrennerei, Mikrobiologie, Weihenstephaner Steig 16
QV TUM, Geb. 4116, Wirtschaftslehre des Haushalts, Weihenstephaner Steig 17
QW TUM, Geb. 4280, Ehemaliges Arbeitsamt
QX TUM, Geb. 4112, Braufakultät, Weihenstephaner Steig 23
QY TUM, Geb. 4220, Bibliothek Neubau, Maximus-von-Imhof-Forum 3
QZ TUM, Geb. 4216, Mensa, Maximus-von-Imhof-Forum 3

Bezirk R: Hochschule München

RA HM, Gebäude A, Lothstr. 34
RB HM, Gebäude B, Dachauerstr. 98
RC HM, Gebäude C, Loristr. 19
RD HM, Gebäude D, Ferdinand Miller Platz
RE HM, Gebäude E, Dachauerstr. 98b
RF HM, Gebäude F, Karlstr. 6
RG HM, Gebäude G, Lothstr. 34
RH HM, Gebäude H, Lothstr. 13 d
RK HM, Gebäude K, Am Stadtpark 20 Altbau
RL HM, Gebäude L, Pasing, Am Stadtpark 20, Neubau
RM HM, Gebäude M, Infanteriestr. 14
RN HM, Gebäude N, Infanteriestr. 13
RR HM, Gebäude R1, R2, R3, Heßstraße / Lothstr. 64
RS HM, Gebäude S, Schachenmeierstr. 35
RW HM, Gebäude W, Lothstr. 21
RZ HM, Gebäude Z, Clemensstr. 33

Bezirk S: LMU, östlich Ludwigstr., nördlich Adalbertstr.

SA LMU-Bauamt, Ludwigstr. 18
SB Staatsbibliothek, Ludwigstr.16
SC LMU, Schackstr. 4
SD LMU, Ludwigstr. 14
SE Hochschule für Politik, Ludwigstr. 8-10
SF LMU, Vestibülbau, Ludwigstr./Prof.Huber-Pl.2
SG LMU Giselastraße 10
SH LMU, Seestraße 13
SI Studentenwohnheim Marie-Antonie Haus, Kaulbachstraße 49,
SJ LMU, Juristisches Seminargebäude, Prof.-Huber-Platz 2
SK LMU, Geb. 0407, Ludwigstr. 28, Rückgebäude
SL LMU, Geb. 0410, Ludwigstr. 28, Vordergebäude
SM LMU Martiusstr. 4
SN SWH Georgianum Prof. Huber Platz 1 80539 München
SO LMU, Ostasieninstitut, Kaulbachstr. 51a
SP Historisches Kolleg, Kaulbachstraße 15
SQ LMU, Kaulbachstr. 45

SR Studentenwohnheim, Kardinal-Wendel-Kolleg, Kaulbachstr. 29a
ST LMU, Seniorenstudium + Orientalistik, Veterinärstr. 3
SU LMU, Jura, Veterinärstr. 1
SV LMU, Jura, Veterinärstr. 5
SW Studentenwohnheim Magdalena-Lindt-Heim, Kaulbachstraße 25
SX MGH, Monumenta Germaniae Historica, Kaulbachstr. 19
SY Hochschule für Philosophie, Institut für Gesellschaftspolitik, Kaulbachstr. 31

Bezirk T: LMU, Innenstadtkliniken

TA LMU, Augenklinik, Mathildenstraße
TB LMU, Zahnklinik, Goethestr. 68
TC LMU, Chirurgische Klinik, Nussbaumstraße
TD LMU, Frauenlobstraße 7a
TF LMU, Innenstadtkliniken, Bavariaring 19
TG LMU, Gebäudekomplex Bereich Physiologie, Goethestr. 33
TH LMU, Innenstadtkliniken, Beethovenplatz
TL LMU, Gebäudekomplex Nervenklinik, Nussbaumstraße
TM LMU, Frauenklinik, Maistraße 11
TP Pettenkofersstraße 9, Kreislaufprophylaxe + Bauamt
TQ Pettenkofersstraße 12, Theoretische Institute
TR Pettenkofersstraße 14, Theoretische Institute
TS LMU, Gebäudekomplex Schiller- / Goethestraße
TW LMU Klinik, Lindwurmstraße 2a
TZ LMU Ziemssenstraße 1, Medizinische Klinik

Bezirk V: LMU, Oberschleißheim

VH LMU, Versuchsgut St. Hubertus, St. Hubertusstr. 12
VM LMU, Moorversuchsgut Badersfeld, Hackerstr. 27
VP LMU, Reptilienklinik Oberschleißheim (geplant)
VR LMU, Klautierklinik, Sonnenstraße 16
VS LMU, Schleicherbau, Schönleutherstr. 8
VV LMU, Geflügelkrankheiten, Veterinärstr. 3
VW Studentenwohnheim, Oberschleißheim, Am Schäferanger 9-15

Bezirk W: Garching Hochschulgelände 2

W0 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 0 ~5510), Maschinenwesen
W1 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 1 ~5501), Maschinenwesen
W2 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 2 ~5502), Maschinenwesen
W3 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 3 ~5503), Maschinenwesen
W4 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 4 ~5504), Maschinenwesen
W5 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 5 ~5505), Maschinenwesen
W6 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 6 ~5506), Maschinenwesen
W7 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 7 ~5507), Maschinenwesen
W8 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 8 ~5508), Maschinenwesen
W9 TUM, Geb. 5500 (Bauteil 9 ~5509), Maschinenwesen
WA TUM, Geb. 5222, FRM II, Zugangshalle
WB TUM, Geb. 5220, FRM II, Neutronenleiterhalle
WC LRZ Erweiterungsgebäude
WD Studentenhaus DOMINO, Garching Untere Straßäcker 21 Untere Straßäcker 21 85748 Garching
WE Speicherbibliothek der Bayerischen Staatsbibliothek
WF TUM Gebäude 5103 Bauamt (bei Siemenshallen)
WG GATE, Gründerzentrum, Lichtenbergstr. 8
WH Studentenwohnheim Hochschulhaus Garching, Am Römerhofweg Am Römerhofweg 85747 Garching
WI TUM, Geb. 5600, Informatik / Mathematik
WJ Student Living Center (SLC am REWE), Freisinger Landstr. 47, Garching
WK Exzellenz-Cluster Universe (ehem. ITER-Gebäude)
WL LRZ Institutstrakt Boltzmannstraße 1 Garching
WM Ehemaliges ITEM - Gebäude
WN TUM Industrielles Anwenderzentrum (IAZ)
WO Business Campus Garching, Parkring 4
WP LMU Physik Tandemlabor, Am Coulombwall 6
WQ IAS-Gebäude
WR LRZ Rechnerwürfel
WS TUM, Halle 17, Maschinenwesen
WT Pflanzenöltankstelle Parkplatz
WU Garching U-Bahnhof Forschungsgelände
WV Campus Garching, GE Global Research
WW Studentenwohnheim ehem. Hausmeisterwohnung Maschinenwesen
WX LMU Wetterturm
WY Tritron-Hütte (bei Beschleunigerlabor)
WZ LRZ Hörsaaltrakt

Bezirk X: Kleinere Unterbezirke 1

XA TUM, Augustenstraße 44, TU-Verwaltung
XB Bischöfliches Ordinariat München, Maxburgstr. 2

XC TUM, Nymphenburger Str. 39 (Exzellenzinitiative)
XD Fortis-Institut, UCC, Guerickestr. 25
XE LMU, Edmund-Rumplerstr. 9, Universitätsarchiv + Physik
XF LMU ifo-Institut Poschingerstr. 5,
XG Gasteig, Hochschule für Musik und Theater
XH TUM, Außenstelle der FZG in Augsburg Am Glaspalast 1 86153 Augsburg
XI Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, Ludwigstr. 2
XJ SWH Josef-Wirth-Weg 19 Josef-Wirth-Weg 19 80939 München
XK Bayerisches Kultusministerium, Salvatorstr.
XL Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, Neuhauserstr. 8
XM SWH Moosacher Str. 81 Moosacher Str. 81 80809 München
XN LMU Geophysik Außenstelle Unterlippach
XO Oberste Baubehörde, Franz-Josef-Strauß-Ring 4
XP LMU Fraunhoferstraße 12, Planegg
XQ SWH Heinrich-Groh-Str. 17 Heinrich-Groh-Str. 17 80939 München
XR LMU, Edmund-Rumpler-Str. 13
XS LMU, TUM Schneefernerhaus Zugspitze
XU SWH Oskar von Miller Forum (Haus der Bay. Bauwirtschaft), Oskar von Miller Ring 25 - Amalien 13 Amalienstr. 13 80333 München
XV SWH Johanneskolleg, Hiltenspergerstr. 84 Hiltenspergerstr. 84 80796 München
XW MPI für Psychiatrie Kraepelinstr. 2-10 80804 München

Bezirk Y: Kleinere Unterbezirke 2

Y0 Studentinnenheim Arme Schulschwester Unterer Anger 17 Unterer Anger 17 80331 München
Y1 SWH Hildegard-von Bingen-Haus, Josephsburgstr. 20 Josephsburgstr. 20 81673 München
Y2 ZHS, Neubau, BFTS (Bayerisches Forschungs- und Technologiezentrum für Sportwissenschaft)
Y3 TUM, Geb. 2303, ZHS, Connollystr. 32
Y4 TUM, Geb. 2301, ZHS, Connollystr. 32
Y5 TUM, Geb. 2305, ZHS, Connollystr. 32
Y6 Studentenwohnheim, Olympiadorf Helene-Mayer-Ring 9 80809 München
Y7 Studentenwohnheim, Stettenkaserne / Uni-Radio, Schwere Reiter Str. 35 Schwere Reiter Str. 35 80797 München
Y8 Studentenwohnheim, Albertus Magnus Haus, Avenariusstr. 15, Pasing Avenariusstr. 15 81243 München
Y9 Studentinnenheim Arme Schulschwester Unterer Anger 2 Unterer Anger 2 80331 München
YA TUM Schellingstr. 33 (School of Education)
YB LMU, Geb. 3102 / 3103, Botanik, Menzinger Str. 67
YC TUM, Geb. 0602 / 0603, Klinikum Biederstein
YD Studentenwohnheim, John-Mott-Haus, Theo-Prosel-Weg 16 Theo-Prosel-Weg 16 80797 München
YE LMU Schwere Reiter Str. 9 Nord
YF TUM, Geb.2201 u. 2202, Lothstr. 17, (Vorder und Rückgebäude)
YH LMU, Prof.-Max-Lange-Platz 11, 83646 Bad Tölz
YI LMU, Tiermedizin, Schwere-Reiter-Str. 9 Süd
YJ ABK, Akademie der Bildenden Künste, Akademiestr. 2
YK LMU, Maria-Ward-Str.1a (zurzeit nicht belegt)
YL TUM, Geb. 2306, ZHS, Connollystr. 32
YM Stiftung für Arbeitsrecht (ZAAR), Infanteriestr. 8 (Ab Mai 2010:Destouchesstr. 68)
YN TUM, Klinikum Schwabing, Kölner Platz 1
YO TUM, Geb.3101-3120, Versuchsanstalt für Wasserbau, Obernach
YP ISB, Schellingstr. 155 und IFP, Schellingstr.155
YQ TUM, Geb.2401, Winzererstr. 45
YR TUM, Geb.2805, Bauklimatik und Haustechnik, Karl Benz Straße 15, 85221 Dachau
YS LMU, Ludwigshöhe 8, 82256 Fürstenfeldbruck
YT Studentenwohnheim Biederstein, Biedersteinerstraße 24-30a Biedersteinerstr. 24 - 30a 80805 München
YU LMU+TUM, Geb.2804, Deutsches Museum
YV Studentenwohnheim Spanisches Kolleg, Dachauerstr. 145 Dachauerstr. 145 80335 München
YW LMU, CAP, Maria - Theresia Str. 21
YX TUM, Ingolstadt, ini.tum
YY MPI für Physik, Föhringer Ring 6, Freimann
YZ IWB, Anwenderzentrum Augsburg, Beim Glaspalast 5, 86153 Augsburg

Bezirk Z: Kleinere Unterbezirke 3

Z0 Studentenwohnheim, Chiemgaustraße, Traunsteinerstr.1-13 Traunsteiner Str. 1 - 13 81549 München
Z1 Studentenstadt Freimann, Christoph-Probst-Str. 10 Christoph-Probst-Str. 10 80805 München
Z2 TUM, Limnologische Station, Iffeldorf
Z3 Studentenwohnheim Lothstraße 62 (Studentenwerk) Lothstr. 62 80335 München
Z4 Studentenwohnheim, Kreittmayrstr. 14 Kreittmayrstr. 14 80335 München
Z5 Studentenwohnheim Agnes/Adelheidstraße, Adelheidstr. 13 Adelheidstr. 13 80798 München
Z6 Studentenwohnheim Geschwister-Scholl, Steinickeweg 7 Steinickeweg 7 80798 München
Z7 Studentenwohnheim Felsennelkenanger 7-21 (FNA, Panzerwiese) Felsennelkenanger 7-21 80937 München
Z8 Studentenwohnheim, Roncalli - Kolleg, Nymphenburgerstr. 99 Nymphenburgerstr. 99 80636 München
Z9 Studentenwohnheim BLLV, Cimbernstr. 68 Cimbernstr. 68 81377 München
ZA Studentenwohnheim, Stiftung Maximilianeum, Max - Planck - Str. 1 Max-Planck-Str. 1 81675 München
ZB Hochschule für Fernsehen und Film, Dependence Pfälzer-Wald-Str. 64
ZC CAP (Centrum f. ang. Politikforschung), Deutsch als Fremdspr., Bay. Forsch.stift, Prinzregentenstr.7 Prinzregentenstr. 7 80538 München
ZD Studentenwohnheim, Türkenstr. 58 Türkenstr. 58 80799 München

ZE Studentenwohnheim, Massmannheim, Heßstr.77 Heßstr. 77 80797 München
ZF HFF, Hochschule für Fernsehen und Film, Frankenthalerstr. 23
ZG Studentenwohnheim Heidemannstraße, Paul-Hindemith-Allee 4 Paul-Hindemith-Allee 4 80939 München
ZH DHM, Deutsches Herzzentrum München, Lothstr. 11
ZI IHF, Institut für Hochschulforschung, Prinzregentenstr. 24
ZJ LMU, Sternwarte, Scheinerstraße 1
ZK KSFH, Preysingstr. 83, SWH Johann Michael Sailer Haus, Preysingstr. 83d Preysingstr. 83 81667 München
ZL LMU, Observatorium Wendelstein
ZM TUM, Baumbachstr. 7, Pasing
ZN Studentenwohnheim Paulinum, Rambergstr. 6 Rambergstr. 6 80799 München
ZO Studentenwohnheim, Arcisstr. 31 / Heßstraße Arcisstr. 31 80799 München
ZP Bayerische Theaterakademie August Everding im Prinzregententheater Prinzregentenplatz 12
ZQ Studentenwohnheim, Hedwig-Dransfeld-Allee 7 (früher Dachauer Straße 128) Hedwig-Dransfeld-Allee 7 80637 München
ZR TUM, Betriebswirtschaftslehre, Leopoldstr. 139
ZS TUM Geb.3201, Geodäsie, Außenstelle Eichenau, Lindenweg 15, 82223 Eichenau
ZT LMU Zentnerstr. 31 Zentnerstr. 31 80798 München
ZU SWH Stiftsbogen Schröfelhofstr. 4-26a Schröfelhofstr. 4-26a 81375 München
ZV Studentenwohnheim, Steinickeweg 4 Steinickeweg 4 80798 München
ZW TUM, Lst. Restaurierung, Nationalmuseum, Archäologische Staatssammlung, Oettingenstr. 15 Oettingenstr. 15 80538 München
ZX Studentenwohnheim Georg-Lanzenstiel-Haus, Kieferngartenstr. 12 Kieferngartenstr. 12 80939 München
ZY TUM, Geb.2103-2109, Schragenhofstr. 31
ZZ ZSM, Zoologische Staatssammlung, Münchhausenstr. 21 81247 München