

# Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)

## Konzepte, Dienste, Infrastrukturen, Management

Juli 2008

### Gliederung:

1	Grundsätze .....	3
2	Bedarfsbegründende Grunddaten .....	3
2.1	Allgemeine Angaben zur Ludwig-Maximilians-Universität München .....	4
2.2	Allgemeine Angaben zur Technischen Universität München .....	4
2.3	Allgemeine Angaben zur Hochschule München .....	5
2.4	Standorte .....	5
2.5	Mengengerüst Netznutzung .....	8
3	Netzdienste .....	9
3.1	Stand der Netzdienste (Juli 2008) .....	9
3.1.1	Standarddienste .....	9
3.1.2	Backup und Archiv .....	9
3.2	Entwicklung des Dienst-Spektrums .....	9
3.2.1	Standarddienste .....	9
3.2.2	Daten- und Speicherverwaltung .....	9
3.2.3	Verzeichnisdienste .....	9
3.3	Dienstqualität .....	10
4	Netzstruktur .....	11
4.1	Stand (Juli 2008) .....	11
4.1.1	Netzstrukturierung und Komponenten .....	12
4.1.2	Netztechnologie .....	15
4.1.3	WDM-Systeme .....	15
4.1.4	Zugänge zum MWN von außerhalb .....	16
4.1.5	Zugang zum MWN für mobile Endgeräte .....	16
4.2	Entwicklung .....	17
4.2.1	Verkabelung .....	17
4.2.2	Netzstrukturierung und Komponenten .....	17
4.2.3	Zugänge zum MWN von außerhalb .....	18

---

4.2.4	Zugang zum MWN für mobile Endgeräte .....	18
4.3	Netztechnologien .....	19
5	Netzintegration.....	20
5.1	Sprachkommunikation.....	20
5.2	Verwaltungsnetze.....	20
5.3	Facility-Management-Netze .....	21
6	Verantwortungs- und Zuständigkeitsverteilung .....	21
6.1	Planung .....	22
6.2	Betrieb .....	22
7	Administration .....	26
7.1	Adressraum .....	26
7.2	Benutzerverwaltung .....	28
7.3	Geräte .....	28
8	Sicherheit .....	29
8.1	Schutz gegen Missbrauch und Angriffe .....	29
8.2	Sicherer Verkehr über unsichere Netze.....	29
8.3	Sicherung der Endgeräte und Zugangskontroll-Strategien.....	30
8.4	Maßnahmen zum sicheren Betrieb des Netzes .....	30
9	Datenschutz .....	32
10	Accounting .....	32
10.1	Nutzungsstatistik zu Informations- und Planungszwecken.....	32
10.2	Accounting zu Abrechnungszwecken .....	33
11	Betriebs- und Nutzungsregelungen .....	33
12	Unterstützung dezentraler Systeme und Dienste über das Netz .....	33
12.1	Mail- und Groupware-Services .....	33
12.2	Verzeichnisdienst-Services .....	34
12.2.1	IntegraTUM-Verzeichnisdienste .....	34
12.2.2	LRZ-SIM Verzeichnisdienste .....	35
12.2.3	Deutschlandweite Authentifizierungs- und Autorisierungsinfrastruktur .....	36
12.3	WWW-Dienste.....	36
12.4	File-Service .....	37
12.5	Backup/Archivierung .....	37
12.6	Storage Area Network.....	37
12.7	Windows- und Linux-Netzdienste .....	38
12.8	Softwareverteilung .....	39
13	Netz- und Dienst-Management.....	39
13.1	Dienstqualität .....	39
13.2	Dienstgüte .....	39
13.2.1	Verfügbarkeit .....	39
13.2.2	CoS/QoS .....	39
13.2.3	Service-Level Reporting .....	40
13.3	Wartung.....	40
13.4	Netzüberwachung .....	41
13.5	Störungsmanagement.....	41
14	Personelle Zuordnung .....	43
15	Anlage .....	44
Liste aller Unterbezirke des Münchner Wissenschaftsnetzes .....		44

---

# 1 Grundsätze

Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN) verbindet alle Gebäude der Münchner Hochschulen, darüberhinaus sind viele außer-universitären Einrichtungen angeschlossen. Das MWN ist als flächendeckendes Netz kontinuierlich auf dem jeweils aktuellen Stand der Technik zu halten. Jeder Mitarbeiter bzw. 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:

- Hochschule für Film und Fernsehen
- Hochschule für Musik und Theater
- Hochschule für Politik
- Deutsches Herzzentrum
- Bayerische Staatsbibliothek
- Zoologische Staatssammlung
- Wissenschaftszentrum Straubing
- Bayerisches Nationalmuseum
- Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung
- Staatsinstitut für die Ausbildung von Fachlehrern
- Staatsinstitut für Hochschulforschung und Hochschulplanung
- Generaldirektion der Staatlichen Naturwissenschaftlichen Sammlungen
- Botanischer Garten
- Staatliche Antikensammlung
- Zentralinstitut für Kunstgeschichte
- Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau
- Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft
- Hochschule für Philosophie
- Kath. Stiftungsfachhochschule München
- Studentenwerk München (und dessen Studentenwohnheime)
- Studentenwohnheime anderer Träger
- Max-Planck-Gesellschaft
- Fraunhofer-Gesellschaft in Weihenstephan
- Monumenta Germaniae Historica
- Bayerische Theaterakademie August Everding
- Pinakotheken
- Bauamt 2 München
- Gründerzentren in Garching und Weihenstephan
- Innovationszentrum Therapeutische Medizintechnik (ITEM)
- Umweltforschungsstation Schneefernerhaus

## **2.1 Allgemeine Angaben zur Ludwig-Maximilians-Universität München**

### **Fakultäten**

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

### **Studierende** (im WS 2007/2008)

44.214

### **Personal**

12.837, davon 3.712 wissenschaftliches Personal

### **Räume (ohne Medizin)**

10.532 Räume auf 315.050 qm Hauptnutzfläche, davon haben z. Z. 7035 Räume einen (möglichen) Netzanschluss.

## **2.2 Allgemeine Angaben zur Technischen Universität München**

### **Fakultäten**

Mathematik  
Physik  
Chemie  
Wirtschaftswissenschaften  
Bauingenieur- und Vermessungswesen  
Architektur  
Maschinenwesen  
Elektrotechnik und Informationstechnik  
Informatik  
Ernährung, Landnutzung und Umwelt  
Medizin  
Sportwissenschaft

### **Studierende** (im WS 2007/2008)

22.236

### **Personal**

8.980, davon 3.650 wissenschaftliches Personal

### **Räume (ohne Medizin)**

12.856 Räume auf 417.261 qm Hauptnutzfläche, davon haben 11.555 Räume einen (möglichen) Netzanschluss.

## **2.3 Allgemeine Angaben zur Hochschule München**

### **Fakultäten**

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

### **Studierende (im WS 2007/2008)**

13.500

### **Personal**

1320, davon 470 wissenschaftliches Personal

### **Räume**

2.701 Räume auf 84.768 qm Hauptnutzfläche, davon haben ca. 80% der Räume einen (möglichen) Netzanschluss.

## **2.4 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 (BAW), 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, beinhalten aber auch weitere Standorte in Bayern. Die zu versorgenden Universitäten stellen von ihrer Ausprägung 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 Konzentration (TUM in Garching und Weihenstephan, LMU in Großhadern/Martinsried).

Derzeit sind an das MWN mehr als 60 Gebäudeareale mit mehr als 440 Gebäuden 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 8.000 angeschlossenen Endgeräten. Derzeit sind bereits mehr als 45 Studentenwohnheime mit insgesamt 11.000 Wohnheimplätzen am MWN angeschlossen

Die Areale des MWN werden zu Dokumentationszwecken auch mit Kürzeln aus 1 oder 2 Zeichen (Unterbezirke) benannt. Siehe hierzu in Anlage „Liste aller Unterbezirke des Münchner Wissenschaftsnetzes“ oder <http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/ubezliste/>

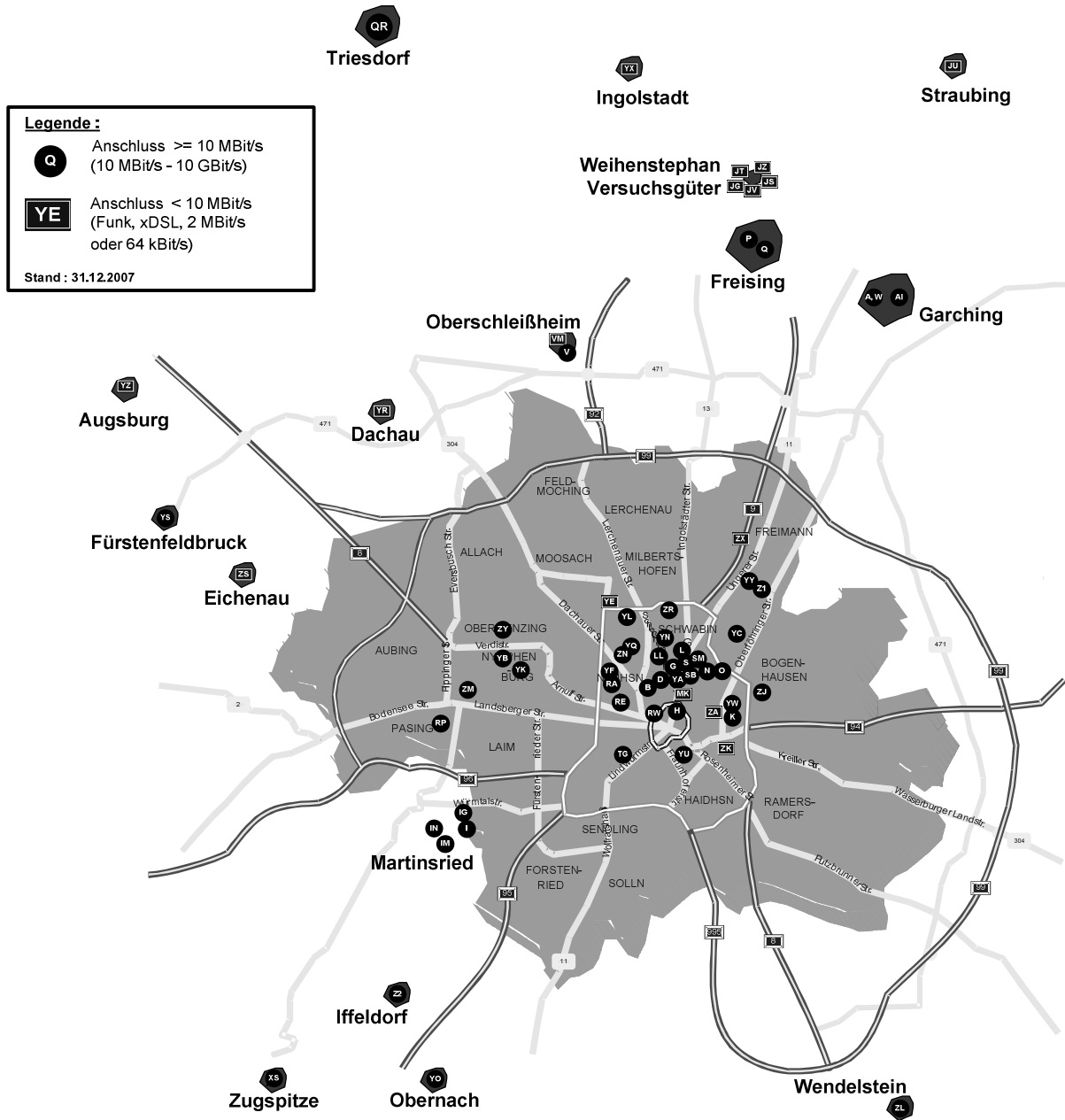


Abbildung 1: Lage der Standorte im MWN

Die folgende Liste gibt einen ungefähren Eindruck über die wichtigsten an das MWN derzeit angeschlossenen Standorte sowie über die an den einzelnen Standorten angeschlossenen Endgeräte wieder. Die Sortierung erfolgt nach der Anzahl der angeschlossenen Endgeräte.

<b>Standort</b>	<b>Unterbezirks- Bezeichnung</b>	<b>Endge- räte (#)</b>
Campus Garching	A,W	9.000
LMU, Großhadern/Martinsried	I	8.500
LMU, Hauptgebäude	G,S	4.000
TUM, Medizin Rechts d.Isar	K	3.400
Studentenwerk, Wohnheim Studentenstadt	Z1	2.400
Campus Weihenstephan	J, P,Q	2.400
LMU, Medizin Innenstadt	T	1.600
Hochschule-München, Lothstr.	RA, RB	1.400
LMU, Oettingenstr. 67	O	1.200
LMU, Theresienstr. 39 – 43	D	1.200
Studentenwerk, Wohnheim Olympiadorf	Y6	1.000
TUM, Nordgelände	B	1.000
TUM, Stammgelände	B	1.000
Studentenwerk, Wohnheime Freising	P0, P8, PY	780
LMU, Leopoldstr. 13	L	700
Hochschule-München, Pasing	RP	700
LMU, Königinstr.	N	600
Hochschule-München, Karlstr.	RW	550
TUM, Medizin Biederstein	YC	500
LRZ, Garching	W	500
Studentenwerk, Wohnheim Heiglhofstr.	IT	420
LMU, Sternwarte	ZJ	390
LMU, Oberschleißheim	V	380
Staatsbibliothek, Ludwigstr. 14	SB	300
Studentenwerk, Wohnheim Agnes/Adelheidstr.	Z5	300
TUM, Connollystr.	YL	300
TUM, Lothstr. 17	YF	300
TUM, Baumbachstr. 7	ZM	200
TUM, Leopoldstr. 139	ZR	200
TUM, Medizin Kölner Platz	YN	200
Studentenwerk, Wohnheim Oberschleißheim	VW	170
BAdW, Marstallplatz	H	170
Akademie der bild. Künste, Schellingstr. 33	YA	100
Kath. Stiftungs-FH, Preysingstr. 83	ZK	100
LMU, Konradstr.	LL	100
LMU, Luisenstr.	FG	100
LMU, Maria-Ward-Str.	YK	100
LMU, Schragenhofstr.	ZY	100
LMU, Winzererstr. 45	YQ	100
Studentenwerk, Studentenbibliothek	LS	100
LMU, Deutsches Museum	YU	<100
TUM, Iffeldorf	Z2	<100
TUM, Versuchsgut Scheyern	Z0	<100
Max-Planck, Garching	AI	k.A.
Max-Planck, Martinsried	IM, IN	k.A.

## 2.5 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 (Juli 2008) sind am LRZ 38.743 Nutzer von Lehrstühlen und Instituten (Angehörige des wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Personals und Studenten höherer Semester) direkt eingetragen. Darüber hinaus betreibt das LRZ die in die Web-Portale der beiden Münchner Universitäten integrierten Mailsdienste, d.h. die Mailsdienste für das Campus<sup>LMU</sup>-Portal mit 42.819 Studierenden sowie für das myTUM-Portal mit 21.050 Studierenden und 5.185 Mitarbeitern. Und schließlich haben noch 1.179 "sonstige" Studenten eine Kennung direkt am LRZ. Insgesamt nutzen also 108.976 Personen kennungsbezogene Dienste am LRZ.

### Arbeitsplatzrechner

Über 65.000 Arbeitsplatzrechner sind zu versorgen, davon werden etwa 5% als Server eingesetzt.

### Netzdienste

Charakteristische Daten für die wichtigsten Netzdienste sind:

- Durchsatz X-WiN ca.138 TByte/Monat empfangene und ca. 92 TByte /Monat gesendete Daten. (Stand Mai 2008)
- Etwa 6.000.000 E-Mails (incl. Spam) pro Tag über das Mail-Relay des LRZ . (Stand Juni 2008)
- Etwa 15 TByte werden pro Tag für Backup und Archiv über das MWN zum Archiv-Server im LRZ transportiert. (Stand Juli 2008)
- Etwa 1.000 Wählverbindungen pro Tag über die vom LRZ-betriebenen Modem/ISDN-Zugänge. (Stand Juli 2008)
- Etwa 12.000 Verbindungen pro Tag zu den VPN-Servern. (Stand Juli 2008)
- Mehr als 925 WLAN-Access-Points. (Stand Juli 2008)



## **3 Netzdienste**

### **3.1 Stand der Netzdienste (Juli 2008)**

#### **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 TCP/IP eingesetzt.

#### **3.1.2 Backup und Archiv**

Das Rechenzentrum betreibt einen zentralen Backup- und Archivierungsdienst, für dessen Nutzung 5.000 Rechner (größtenteils Server, die mehrere Arbeitsplatzrechner bedienen) 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 (Bundeshöchstleistungsrechner) bedient. Die theoretische Ausbaupkapazität des Systems liegt bei 8,5 PetaByte. Derzeit sind 4,2 PetaByte belegt.

Etwa 15 TeraByte werden pro Tag für Backup und Archiv über das MWN zum Archiv-Server im LRZ transportiert.

### **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,
- QoS einführbar wird und
- die Sicherung gegen Angriffe und Missbrauch verbessert wird (Authentifizierung, 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 des Projekts IntegraTUM 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 CampusLMU bzw. myTUM und der damit integrierten Dienste erfolgt. Die hochverfügbare myTUM-LDAP-Infrastruktur wird dabei vom LRZ betrieben.

An beiden Universitäten laufen Projekte zum Aufbau hochschulweiter Identity Management Systeme auf Basis von Verzeichnisdiensten, deren Datenbestand in automatisierten Verfah-

ren über standardisierte Schnittstellen mit den lokalen Benutzerbeständen der übrigen Hochschul-IT-Services abgeglichen werden soll. An der TUM geschieht dies im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projekts IntegraTUM, an dem auch das LRZ maßgeblich beteiligt ist. Ziel dieses Projekts ist die Einführung einer durchgängigen IT-Unterstützung der Hochschulkernprozesse. Ihren Kern bildet ein vom LRZ aufgebautes und betriebenes Geflecht aus mehreren LDAP-Verzeichnisdiensten, das alle Angehörigen der TUM (Studenten, Mitarbeiter, Gäste) erfasst. In diese Architektur wird auch das bereits existierende myTUM-Verzeichnis nahtlos als Datenabnehmer integriert.

Das Projekt LRZ-SIM (Secure Identity Management) erneuert die in die Jahre gekommene zentrale Benutzerverwaltung des LRZ durch eine Migration auf aktuelle LDAP-Technik. Durch die angestrebte 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 werden.

Im Rahmen der beiden Projekte IntegraTUM und LRZ-SIM wird 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 erfolgreich eingesetzt wird.

### **3.3 Dienstqualität**

Wichtigstes Ziel ist die möglichst hohe Verfügbarkeit des Netzes und der Dienste, besonders der wichtigen Dienste DNS, E-Mail, WWW und Datenverwaltung. 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 Reporting Tools) erreicht werden. Operateur-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 unter diesem Wert 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 zumindest nicht betrachtet werden.

## 4 Netzstruktur

### 4.1 Stand (Juli 2008)

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 bildet seit dem Umzug des LRZ nach Garching ein Dreieck mit den Eckpunkten LRZ, LMU-Stammgelände und TUM-Nordgelände an dem sternförmig alle Leitungen zu den externen Standorten angeschlossen sind. Derzeit werden 27 Leitungen von der Telekom und 19 von M-net zum Aufbau des Backbonenetzes genutzt. Netze mit einer geringeren Anzahl von Endgeräten werden mit 64 Kbit/s (Versuchsgüter im Weihenstephaner Umfeld) oder 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 Funk-LAN-Verbindungen auf Basis von IEEE 802.11 a, b und g (11 bzw. 54 Mbit/s für Studentenwohnheime) an die Backbone-Router angeschlossen.

Redundante Leitungen sind derzeit aus Kostengründen nur für das Backbone-Dreieck realisiert, d.h. bei einem Ausfall einer Leitung im Backbone-Dreieck kommt es zu keinen Einbußen bei der Konnektivität, Allerdings führt ein Ausfall einer Leitung vom Eckpunkt des Dreiecks 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 fehlende Monomode-Strecken nachgerüstet werden. Zurzeit läuft eine 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 noch Defizite in der Realisierung einer flächendeckenden, strukturierten Verkabelung. Aus finanziellen Gründen wurde 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, damit endlich das letzte Koax ersetzt werden kann.

Die Verkabelungsstruktur des MWN lässt sich folgendermaßen schematisch darstellen:

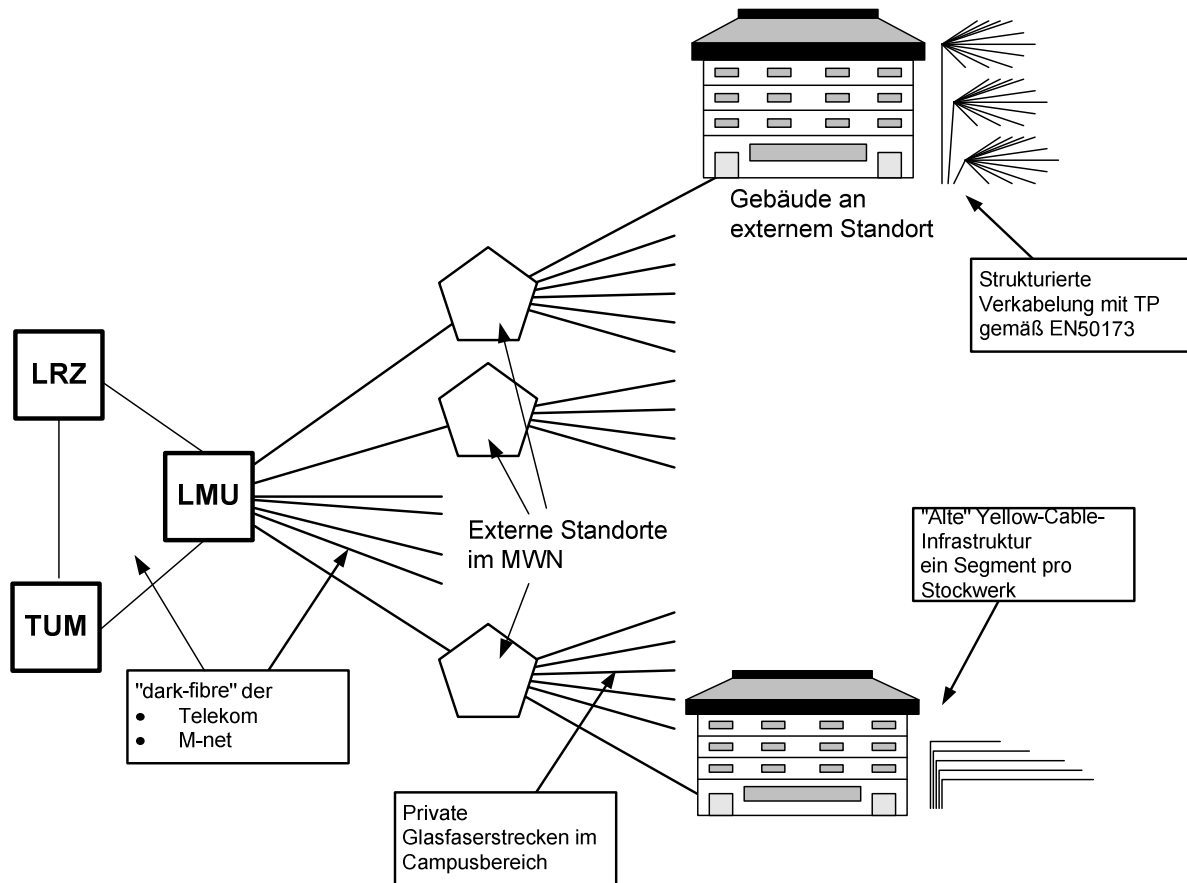


Abbildung 2: Schematische Verkabelungsstruktur

Um auch hier einen Eindruck der Größe des MWN zu vermitteln soll kurz auf das Mengengerüst eingegangen werden. Der gesamte Versorgungsbereich des MWN umfasst ca. 21.000 Räume, die mit einem (möglichen) Netzanschluss ausgestattet sind. Ca. 2 % der Räume sind noch mittels „Yellow-Cable“ angebunden.

#### 4.1.1 Netzstrukturierung und Komponenten

Auf der vorgenannten Infrastruktur wird das MWN betrieben. Es besteht im Wesentlichen aus einem Backbone-Netz, an dem 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.



Aus Support-Gründen (Management, Konfiguration, Logistik) werden im MWN für einzelne Aufgaben nur wenige Hersteller und wenige Gerätetypen eingesetzt.

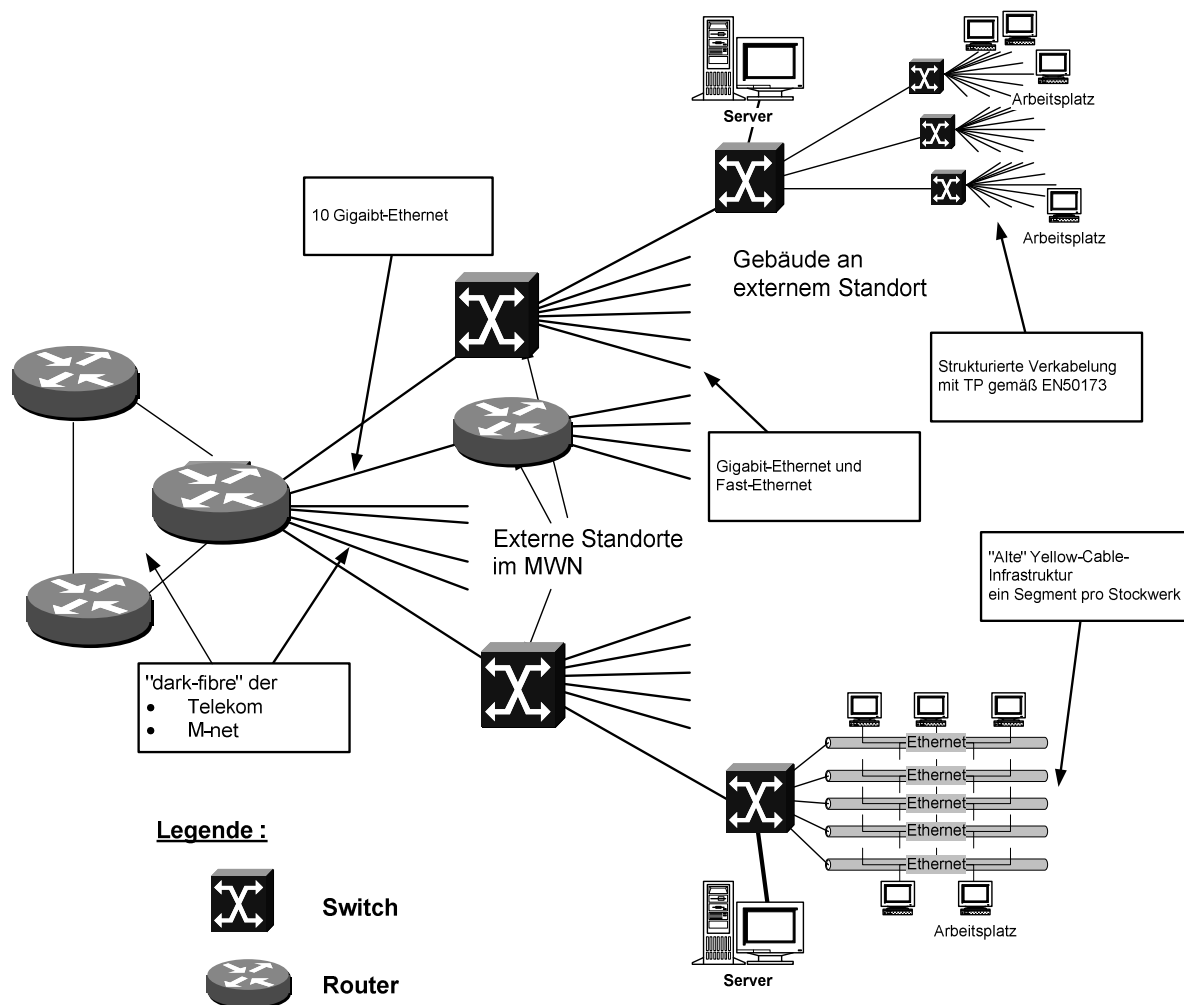


Abbildung 4: Schematische Darstellung der aktiven Netzstruktur

Das Grundgerüst des MWN bildet ein Dreieck aufgespannt zwischen dem LRZ-Garching, der LMU und der TUM in München. In diesen Eckpunkten sind Router 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 auf 10 Gigabit Ethernet durch Nutzung redundanter Glasfasern bzw. Einsatz von WDM-Systemen).

Bei den größeren Arealen werden zur Anbindung Router 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 (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:

- Ethernet (für Koax)
- Fast-Ethernet
- Gigabit-Ethernet
- 10 Gigabit-Ethernet

Vom LRZ werden durchgängige Ethernet-Infrastrukturen eingesetzt, da damit eine leistungsfähige Netz-Infrastruktur zu günstigen Kosten und 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 und für die Kopplung des Patienten-Netzes der medizinischen Fakultäten genutzt. Zu diesem Zweck werden auf den entsprechenden Verbindungsstrecken seit mehr als 8 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 drei System-Familien (ADVA OCM4, ONI Online 2500 und 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 7 Strecken eingesetzt:

- TU-Nordgelände – LMU-Stammgelände (1\*10-Gigabit-Ethernet, 3\*Gigabit-Ethernet)
- TU-Nordgelände – Garching (1\*10-Gigabit-Ethernet)
- TU-Nordgelände – Klinikum Rechts der Isar (4\*Gigabit-Ethernet)  
Drei Kanäle dienen zur transparenten Kopplung der Patientennetze der Außenstellen am Biederstein, Zentrale Hochschulsportanlage und Schwabinger Krankenhaus
- LMU-Stammgelände – Zentrale Hochschulsportanlage (2\*Gigabit-Ethernet)
- LMU-Stammgelände – Schwabinger Krankenhaus (2\*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<sub>2m</sub>-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 1.200 Verbindungen gleichzeitig. Die Validierung geschieht über einen Verbund von etwa 60 Radius-Servern.

#### 4.1.5 Zugang zum MWN für mobile Endgeräte

Für den Anschluss von mobilen Endgeräten stehen z.Z. im gesamten MWN über 920 Access-Points in 162 Gebäuden und ca. 350 vorkonfigurierte Datensteckdosen 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.

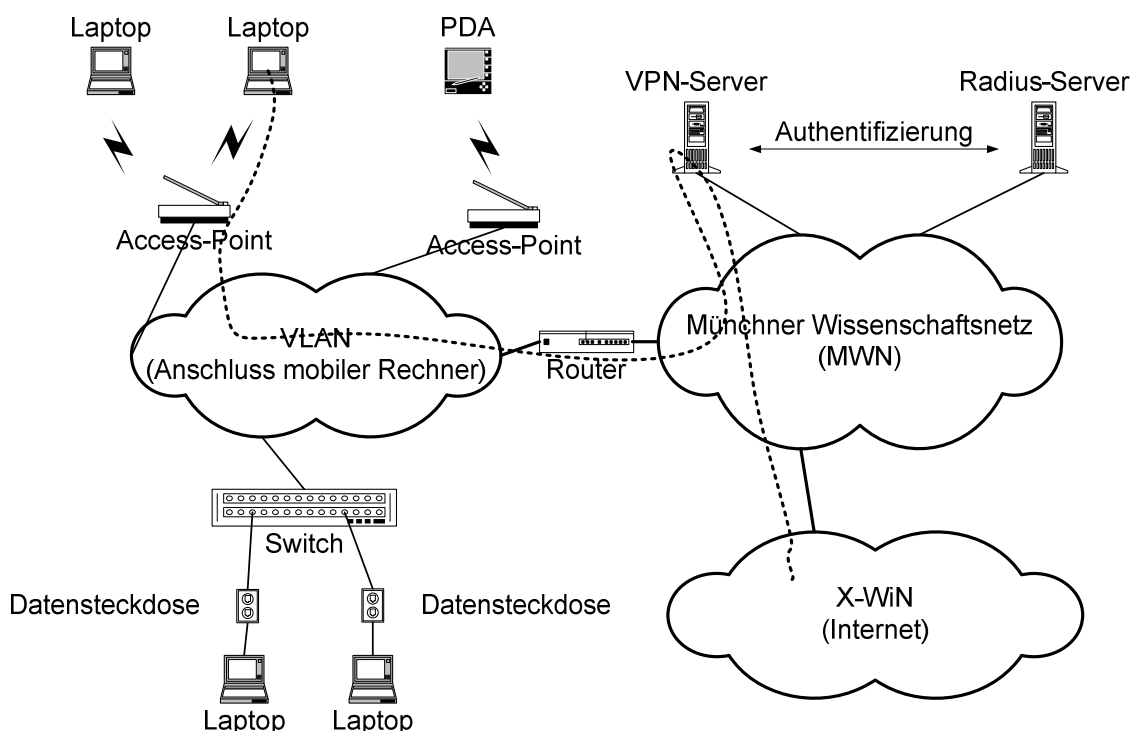


Abbildung 5: Zugang zum MWN über VPN-Server

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 die von der Modem/ISDN-Einwahl gültigen Benutzerkennungen und Passwörter zu benutzen. Fehlt die VPN-Software auf dem Client, so ist der Zugang über ein Web-Interface jedoch ebenfalls mit Authentisierung möglich. Ohne Authentisierung kann



keine Kommunikation mit Rechnern im MWN oder Internet erfolgen. Die 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).

## 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. Bis Ende 2009 muss es die Aufgabe sein, diese Koax-Verkabelung durch eine strukturierte Verkabelung (Kupfer oder Glas) zu ersetzen.

#### **TU-München (ohne Weihenstephan)**

Im Bereich der TU-München (ohne Weihenstephan) sollen die noch fehlenden Gebäude (siehe nachfolgende Liste) im Jahr 2009 im Rahmen von NIP saniert werden. Hierfür wurden 1.2 Mio EUR vom zuständigen Ministerium angefordert.

<b>Bereich</b>	<b>Gebäude-Nummer</b>	<b>Gebäude-Bezeichnung</b>
Innenstadt	0509	Neubau Innenhof
Garching	5402	Laborgebäude CH 2
	5402	Laborgebäude CH 6
Iffeldorf	3150	Hofmark 3
	3152	Hofmark 3

#### **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 zu lange für den Einsatz von Kupferkabeln 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.

## 4.2.2 Netzstrukturierung und Komponenten

### 4.2.2.1 Netzstrukturierung

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

Im Backbonebereich sind nun alle Verbindungen mit 10 Gbit/s realisiert. Im Anschlussbereich sind nun flächendeckend 1 Gbit/s bzw. teilweise 10 Gbit/s vorhanden. An Funktionalität der Komponenten ist die Unterstützung von VLANs, von CoS und eine Zugangskontrolle gefordert. Mittelfristig wird von einer Komponenten- oder gebäudelokal zu einer netzweiten, leicht managbaren VLAN-Strukturierung übergegangen. Dieser Übergang hängt stark

von der Verfügbarkeit eines herstellerübergreifenden zentralen VLAN-Managements ab. 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 USV, 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 nicht 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**

Im Rahmen der Umstrukturierung der Vernetzung von Koax auf strukturierte Verkabelung sind die eingesetzten Netzkomponenten (Switches mit 10 Mbit/s mit angeschlossenen Koax-Strängen) durch Switches mit hoher Übertragungsleistung ersetzt worden. In Richtung Backbone-Netz sind Geschwindigkeiten von 1 bis 10 Gbit/s, in Richtung Nutzeranschluss 10/100/1000 Mbit/s autosensing Switched Ethernet Ports, in Ausnahmefällen aber auch 10 Gigabit-Ethernet (Archivierungssystem, Compute-Cluster, Video-Server) realisiert.

#### **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 (Virtueller Privater 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. 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-Client, 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.

Bei der Größe des zu versorgenden Bereiches ist an eine flächendeckende Versorgung aller Bereiche (auch Büros) 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 etwa 2.000 Access-Points (z.Z. 925). Bei Neuinstallationen wird eng mit den Hochschulen zusammengearbeitet, die federführend bei der Benennung der Örtlichkeiten sind. Pro Jahr sollen bis zu 400 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 Deutschland-weit das Projekt „DFNRoaming“ bzw. europaweit „edu-roam“ eingeführt. Die MWN-Radiusstruktur wurde in den zentralen DFN-Radiusverbund integriert. Für die Validierung auswärtiger Gäste im MWN-Funk-LAN ist ein Gateway für die SSID „VPN/WEB“ eingerichtet worden, außerdem steht der Zugang über IEEE 802.1x zur Verfügung.

### **4.3 Netztechnologien**

Grundsätzliche Änderungen der Netztechnologien sind in naher Zukunft 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 (vorerst) nicht zu erreichen und auch nicht vorgesehen.

Inwieweit allerdings die weitere Entwicklung auf diesem Gebiet (z.B. höhere Übertragungsraten mit IEEE 802.11n) ein Umdenken bewirkt, kann jetzt noch nicht abgeschätzt werden.

## 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 TU-München (für 14 Standorte) und der bei der LMU-München (Großhadern und Oberschleißheim) über IP statt. Bei der TK-Anlage der Hochschule München (flächendeckend für alle 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 im geringen Umfang VoIP-Telefone bedienen.

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

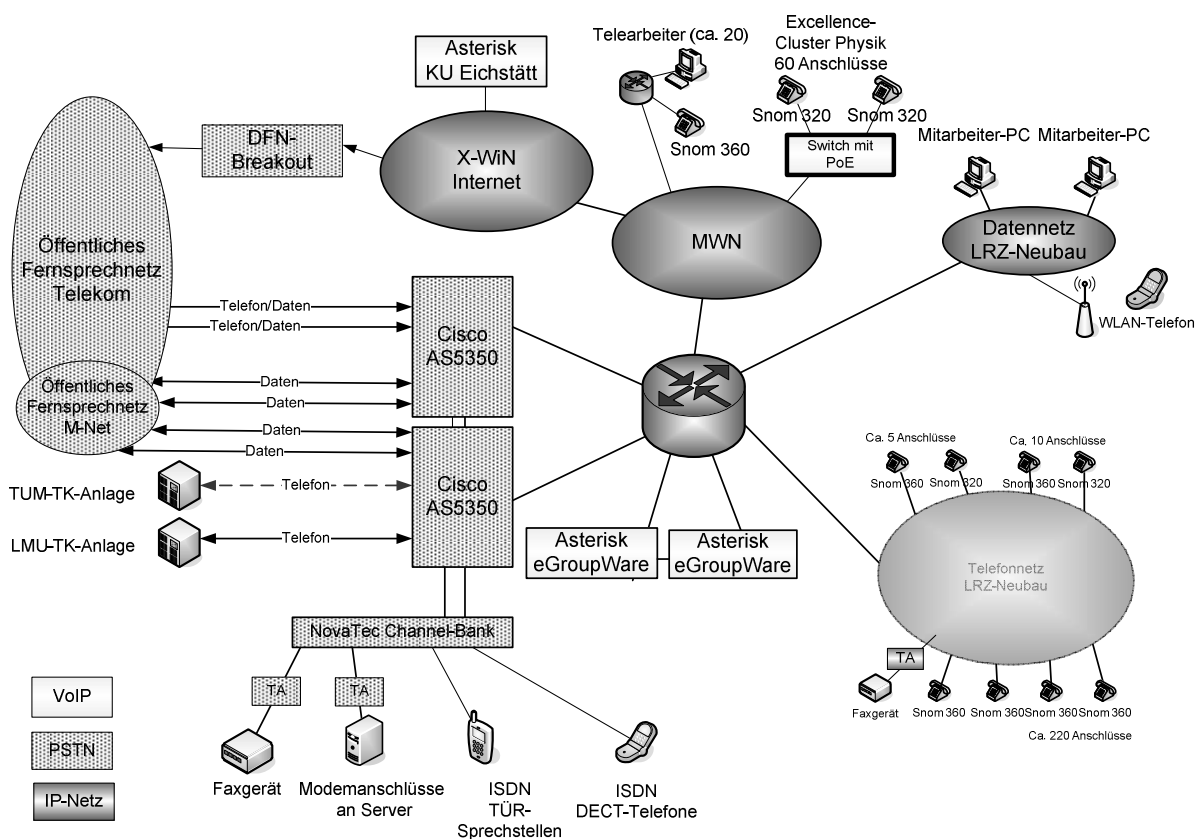


Abbildung 6: TK-Anlage am LRZ

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

### 5.2 Verwaltungsnetze

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

### 5.3 Facility-Management-Netze

Das MWN wird zurzeit an einigen Standorten bereits für Facility-Management (z.B. Gebäude-Steuerung, Zugangskontrolle und Arbeitszeiterfassung) benützt. 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 Steckdose im Arbeitsraum zuständig.

Dies geschieht in enger Zusammenarbeit mit den z.Z. 763 (incl. Stellvertreter) **Netzverantwortlichen** in den Fachbereichen und Instituten der angeschlossenen Institutionen. Mit der Einführung von Netzbenutzungsrichtlinien durch das LRZ wurde die bis dahin mehr informelle Zusammenarbeit institutionalisiert und geregelt. Insbesondere wurde 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. Eine Aktualität ist zwingend erforderlich, da aktuelle Informationen zu Netzwartungen, Hinweise zum Netzmissbrauch usw. per 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 Erstan-schluss bis hin zu Mailkonzepten). Bei aktuellen Betriebsproblemen soll jedoch der Weg über die zentrale Hotline gesucht werden.

Falls gewünscht, 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 TU-München 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.

### 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.

### Netzkomponenten

(WDMs, Medienkonverter, Switches, Router, Access Points, 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 Sub-Netzwerke 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.

### 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 (Mail, DHCP, WWW-Server) ist hier derzeit eine Rezentralisierung festzustellen, die sowohl im Sinne des LRZ als auch im Sinne der einzelnen an das MWN angeschlossenen Hochschulen liegt.

### Verfügbarkeit der angebotenen zentralen Netzdienste

Die tägliche Arbeit vieler Mitarbeiter in den Hochschulen hängt mittlerweile von der Verfügbarkeit zentraler Netzdienste ab. Um hier Ausfälle zu vermeiden, wurden in den letzten Jahren immer mehr Dienste redundant und ausfallsicher hinter Server-Load-Balancer (SLB) im-

plementiert. Mit dieser Technik lassen sich Dienste auf mehreren unabhängigen Maschinen aufsetzen, zum Nutzer werden sie jedoch quasi transparent (virtuell) unter einer IP-Adresse oder einem Namen angeboten. Die Last verteilt sich gleichmäßig auf alle Systeme. Im Falle eines Ausfalls der Hardware, bei Software-Updates usw. übernehmen dann die verbleibenden Maschinen die Last bzw. Anfragen, der Dienst 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 Hochschulinstituten
- SSH-Server

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

- DHCP-Server
- Directories im Rahmen des MyTUM-Projektes
- 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.

### **Verwaltung von IP-Adressen, Betrieb des Domain-Name-Systems (DNS)**

Die Vergabe der IP-Adressen (offizielle und private IP-Adressen) wird vom LRZ zentral koordiniert. Die Verwaltung einzelner (Teil-)Bereiche ist an die Netzverantwortlichen in den Instituten im Rahmen der von ihnen zu leistenden Tätigkeiten delegiert. Damit 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 dem der Netzverantwortliche des Instituts seine Bereiche selbst konfigurieren kann.

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 auf Wunsch private IP-Adressen im MWN auch geroutet und ermöglichen somit die Nutzung zentraler Dienste (Mail, News, Zugang zu Online-Medien, usw.), die vom LRZ oder anderen Einrichtungen (z.B. Bibliotheken) im MWN angeboten und betrieben werden.

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

### **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 DHCP-Servern bietet das LRZ jedoch diesen Service verstärkt auch den einzelnen Instituten an. Er wird in 228 Subnetzen mit ca. 47.500 Adressen genutzt. Der

Zugang mobiler Endgeräte zum MWN (FunkLan und VPN) setzt ebenfalls auf diesem Dienst auf. Der DHCP-Dienst ist mittels eines Failover Protokolls (HA-Lösung) redundant ausgelegt, so dass selbst im Fehler- bzw. Wartungsfall für die Nutzer kein Ausfall eintreten sollte. Der DHCP-Server ist IPv6-fähig, allerdings können die Router die entsprechenden Anfragen noch nicht bearbeiten und weiterleiten.

### **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 33 virtuelle FWs von 30 Institutionen betrieben.

### **Internet-Anschluss**

Das MWN ist seit Anfang 2003 redundant an das Internet angebunden. Derzeit steht ein 10 Gbit/s-Ethernet-Anschluss 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 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.

Das LRZ ist seit 2005 Mitglied in DEISA (Distributed European Infrastructure for Supercomputer Applications), einem Zusammenschluss von 11 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 und die nationalen Forschungsnetze gebildet. Um hier notwendige Dienstgütemerkmale einhalten zu können, ist ein eigener 10 Gigabit-Ethernet Anschluss realisiert.

### **Multicastdienst**

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

### **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. 60 Radius-Zonen an Institute delegiert.

### **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.

Das LRZ betreibt hierzu fünf zentrale VPN-Server, die in 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, Authorisation & Accounting) des Radiusdienstes zurückgegriffen werden.

### **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 zu Spam-Zwecken missbraucht. Deshalb wird nur gut gepflegten, großen und Spam-festen Mail-Servern der direkte Empfang erlaubt, die übrigen müssen ihre Mail über ausgezeichnete Mailserver (Mailrelays) des LRZ empfangen.

### **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.

## 7 Administration

### 7.1 Adressraum

Das LRZ betreibt im Zusammenhang mit der redundanten Anbindung an das Internet ein eigenes Autonomes System (AS 12816). Im Rahmen dieses Autonomen 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

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

141.78.200.0/22	Kath. Universität Eichstätt-Ingolstadt
193.175.201.0/24	Triesdorf (FH Weihenstephan)
195.37.11.0/26	Versuchsanstalt für Wasserbau in Obernach (TU)
195.37.68.0/24	Observatorium auf dem Wendelstein (LMU)

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

##### Class-B-Netze :

☒ 131.159.0.0	TU-Informatik
☒ 138.244.0.0	Patientenversorgungsnetz der LMU-Klinika (Großhadern und Innenstadt)
☒ 138.245.0.0	Forschungsnetz der LMU-Klinika (Großhadern und Innenstadt)
☒ 138.246.0.0	Externe MWN-Nutzer
141.39.128.0-141.39.191.255	Klinikum Rechts der Isar

##### Class-C-Netze :

153.96.185.0	Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung in Freising (IVV)
153.96.48.0/23	Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung in Freising (IVV)
192.48.107.0	LS Rechnergestütztes Entwerfen TU
192.48.231.0	LS Rechnergestütztes Entwerfen TU
192.54.42.0	Beschleuniger-Labor Garching LMU
192.67.170.0	LS Rechnergestütztes Entwerfen TU
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
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 (ab Herbst 2008) IPv6 fähig. Eine Anbindung an X-Win und M-net über IPv6 ist vorhanden.

Folgende Namensräume sind für Institutionen innerhalb des MWN vom LRZ reserviert

- babs-muenchen.de
- badw.de
- badw.eu
- badw-muenchen.de
- badw-muenchen.eu
- badw-münchen.de
- badw-munich.eu
- brain-net.net
- cfdm.de
- derkabu.de
- econhist.de
- familienservice-weihenstephan.de
- fh-muenchen.de
- fischer-symposium.org
- gauss-zentrum.de
- gauss-zentrum.eu
- hff-muc.eu
- integratum.de
- kinderlinik-muenchen.eu
- klinikum-uni-muenchen.eu
- lmu.de
- lmu.eu
- lmu-muenchen.de
- lmu-münchen.de
- lmu-shop.de
- unimuenchen.de
- uni-muenchen.de
- uni-muenchen.eu
- unimünchen.de
- uni-münchen.de
- universität-münchen.de
- lrz.de
- lrz.eu
- lrz-garching.de
- lrz-garching.eu
- lrz-muenchen.de
- lrz-muenchen.eu
- lrz-münchen.de
- lrz-münchen.de
- lrz-munich.eu
- materialinformation.eu
- materials-information.eu
- medilingua.de
- mhn.de
- munichfilmschool.eu
- munich-photonics.de
- mwn.de
- nano-initiative-munich.de
- nanosystems-munich.de
- sprachchancen.de
- sprachchancen.org
- tum.de
- tum-ias.de
- tu-muenchen.de
- tu-münchen.de
- weihenstephan.de
- werkstoffe.de
- zepelin.org

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 beantragt und 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. 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 65.000), der verteilten Zuständigkeit und der Vielzahl beteiligter Institutionen, besteht das LRZ derzeit nicht auf einer expliziten 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-Telefonen immer schwieriger realisierbar. Die entsprechende Dokumentation ist aufgrund der Delegation der IP-Adress-Verwaltung 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 die in der Zuständigkeit der Institute, werden vom LRZ in einer Netzdokumentation gepflegt. Endgeräte werden hiervon explizit ausgenommen. Der Grund ist 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. 693 lokale (bis zum nächsten Router) VLANs für Nutzer, 230 lokale VLANs für das Management von Netzkomponenten und 7 MWN-weite VLANs für globale Nutzergruppen (z.B. TU- und LMU-Verwaltung, Gebäudemanagement, Bibliothek, Bauamt) realisiert.

Aufgrund der Ergebnisse, die durch 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 und Bro) 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. Zudem werden die P2P-Protokolle (Kazaa, Gnutella, Edonkey, DirectConnect, Apple, WinMX, Ares, Soulseek) für alle Benutzer zusammen auf 1Mbit/s Bandbreite begrenzt; für BitTorrent steht 2Mbit/s zur Verfügung.

Das System hat durch seine NAT-Funktion die von Systemen mit privaten IP-Adressen bisher verwendeten Proxy-Server obsolet gemacht.

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 Zugangskontroll-Strategien

### 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.

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 bereits. Derzeit ist jedoch eine Unterstützung von 802.1x lediglich auf Systeme mit Windows XP, Windows Vista, Windows 2000 (SP4), Mac OS und Linux beschränkt. Für ältere Versionen von Windows und Macs 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-Backbone-Dreiecks B (TUM-Nordgelände) und G (LMU Stammgelände) sind mit 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 Erfolg. Nur die Anbindung des MWN an das Internet ist seit Anfang 2003 redundant ausgelegt. (X-WiN Anschluss und Backup über M-net). Mit dem Umzug des LRZ nach Garching, wurde die bisherige Backbone-Sternstruktur aufgegeben und durch ein Dreieck ersetzt, an dem an den Eckpunkten die anderen Bereiche sternförmig angebunden sind. Die dort zur Anbindung notwendigen Router sind doppelt vorhanden. Durch die direkte Verbindung dieser Eckpunkte (Primärnetzknoten) mit Garching in einem Dreieck wird somit eine Redundanz im Backbone-Netz des MWN erreicht. Es ist in den nächsten Jahren vorgesehen wichtige Areale (Großhadern, 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 sollte nach Möglichkeit auf wenige Systeme (z.B. Managementstationen) beschränkt sein. Wenn möglich erfolgt dieser Zugang ausschließlich über SSH/SSL. Mittelfristig sollte beim Zugriff auf die Managementinformationen der Netzkomponenten SNMPv3 zum Einsatz kommen.

Bei Störungen müssen wichtige Netzkomponenten zusätzlich über ein Outbandmanagement 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 Fern-diagnose- und Fernwartungszwecke (für Mitarbeiter des LRZ) möglich.

Für das zentrale Netz- und Systemmanagement werden als Plattform HP OpenView Network NodeManager und HP OpenView Operations eingesetzt. Weitere herstellerspezifische Management Applikationen (ProCurve Manager Plus für HP Switches, Cisco Works 2000 usw.) sowie ein zentrales Trouble-Ticket-System (BMC Remedy ARS), 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 10 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, 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 8.2 bzw. 6.2 Gesagte. Darüber hinaus sollte möglichst vermieden werden, dass Nutzerkennungen und Passwörter im Klartext übermittelt werden. Deshalb sind z.B. die Server des LRZ nicht mehr über Telnet, sondern nur noch über SSH (secure shell) erreichbar. Für WWW-Zugriffe wird https angeboten. Auch auf E-Mail und andere Dienste kann nur noch über sichere Zugriffsverfahren zugegriffen werden.

Beim Backup- und Archivierungsdienst (am LRZ eingesetzt: TSM von IBM/Tivoli) ist sowohl eine verschlüsselte Client/Server-Übertragung wie 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 Institutebene bzw. Hochschulebene.

Für Planungszwecke sind netzstrukturbezogene Daten über den internen (und auch den externen) Verkehr wichtig. Diese Verkehrs-Daten 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 Funk-LANs 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 WiN zentrale Mailrelay-Rechner, die den ankommenden und abgehenden Mail-Verkehr (derzeit durchschnittlich ca. 6 Millionen E-Mails pro Tag) 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-Port 25. Ungefähr 2/3 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<sup>LMU</sup> (ca. 42.800 Mailboxen) und myTUM (ca. 26.200 Mailboxen) realisiert. Auf einem weiteren Message-Store (mailin) befindet sich der größte Teil der virtuellen Do-

mains für einzelne Lehrstühle, Institute und Fakultäten der beiden Universitäten sowie anderer Organisationen (ca. 15.000 Mailboxen). Schließlich gibt es noch zwei kleinere Message-Stores, einen für „sonstige“ Studenten (ca. 1.200 Mailboxen) und einen für die Fakultät Physik der TU München (ca. 2.200 Mailboxen). Auf alle Mailboxen kann mit den Protokollen IM-AP und POP zugegriffen werden. Außerdem existiert eine Webmail-Oberfläche, über die die Mailboxen weltweit auf einfache Weise erreicht werden können.

Schließlich betreibt das LRZ im Rahmen des IntegraTUM-Projekts der TU München eine Exchange-Server-Farm, auf der zurzeit ein Pilotbetrieb für die Fakultät Elektro- und Informationstechnik sowie einige Lehrstühle der Fakultät Maschinenwesen stattfindet. Der Produktionsbetrieb soll im Herbst 2008 aufgenommen werden.

## 12.2 Verzeichnisdienst-Services

Im Rahmen der Projekte LRZ-SIM und IntegraTUM werden mehrere Verzeichnisdienste aufgebaut und 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.

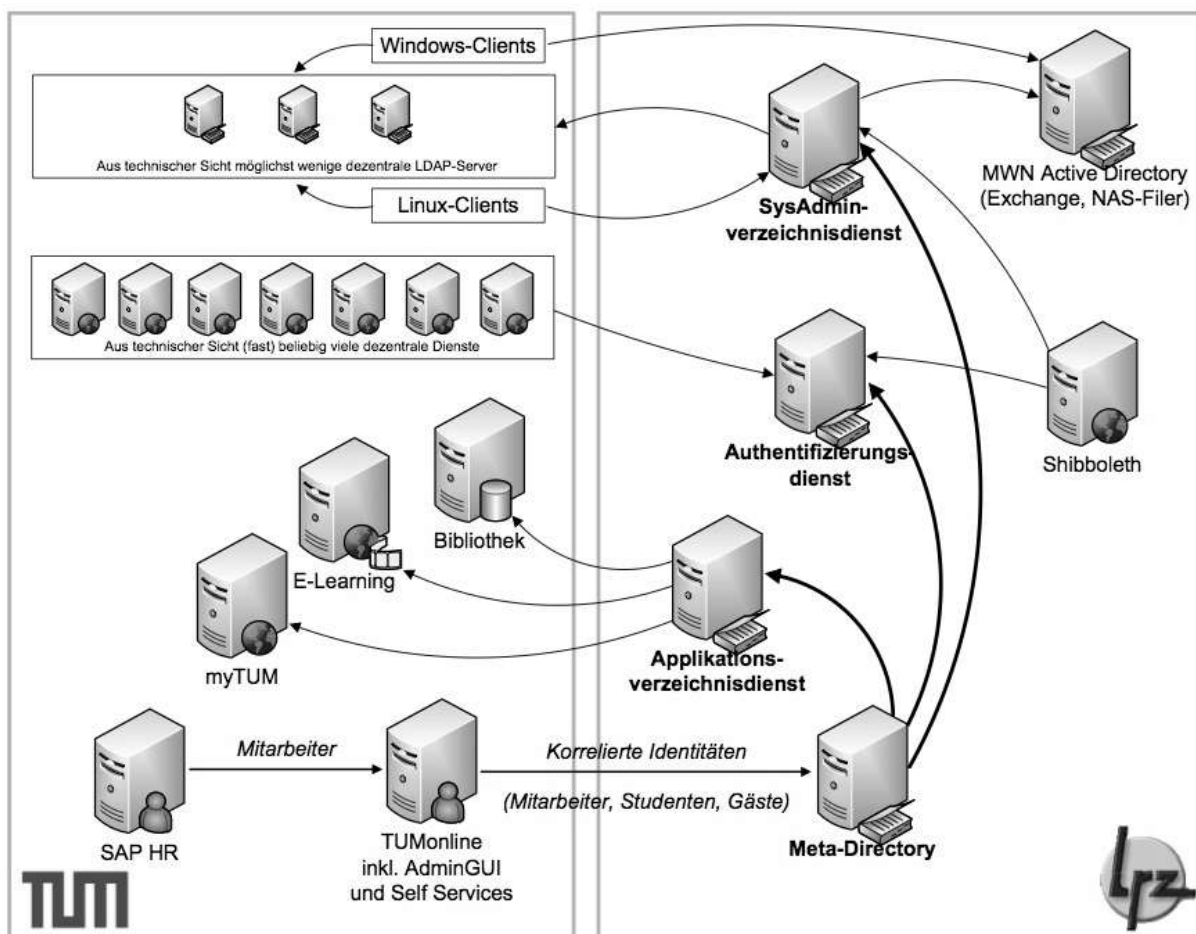


Abbildung 7: IntegraTUM-Verzeichnisdienstarchitektur

Dabei fungiert der so genannte *Applikationsverzeichnisdienst* als Verteilmechanismus für zentrale IT-Dienste der TUM, der derzeit bereits vom myTUM-Portal, 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 30 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.

### 12.2.2 LRZ-SIM Verzeichnisdienste

Wie in Abbildung 8 dargestellt ist, basiert auch die LRZ-Verzeichnisdienstarchitektur auf einem zentralen Meta-Directory, das die Benutzerdaten zwischen den übrigen Verzeichnisdiensten abgleicht.

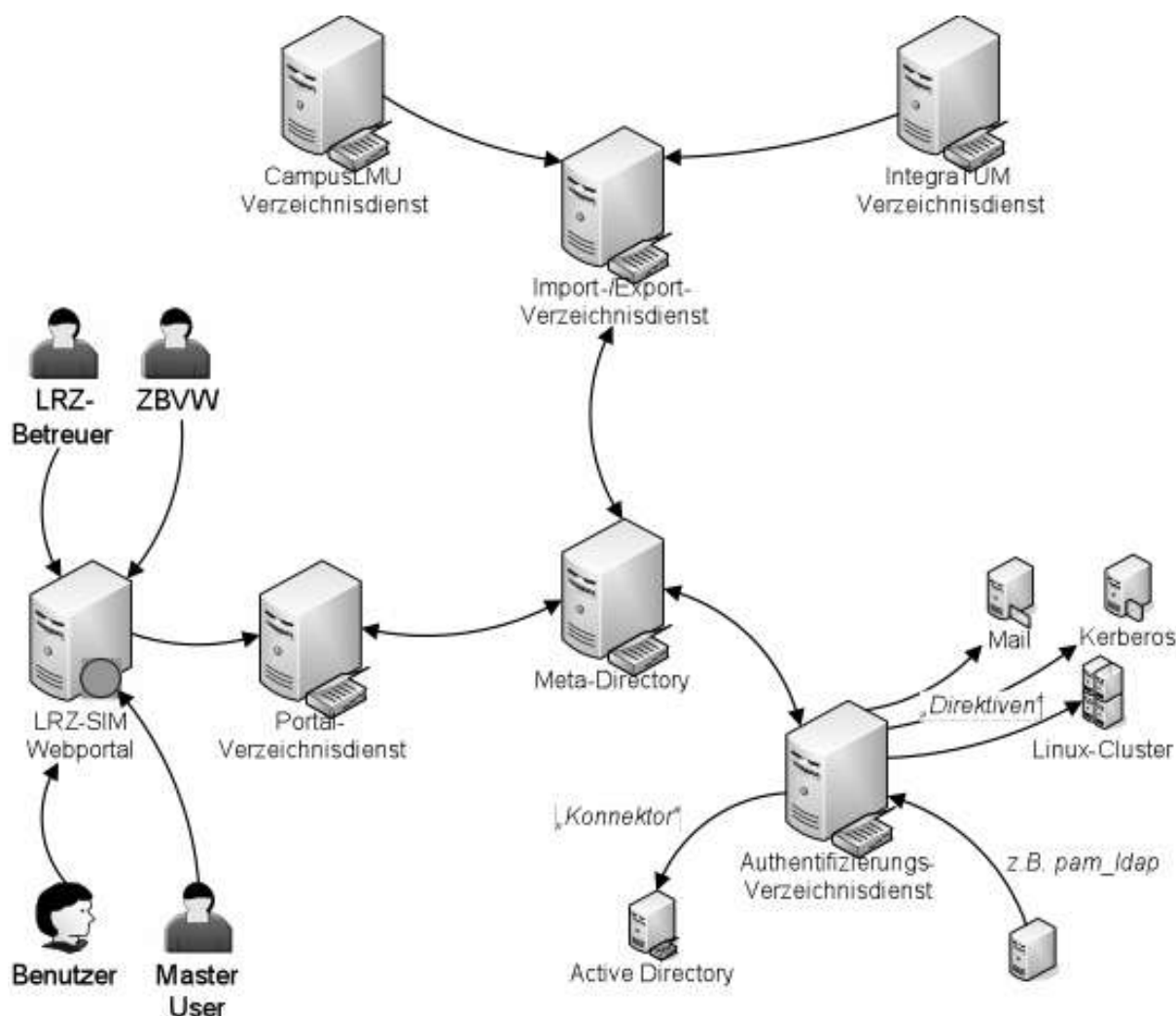


Abbildung 8: LRZ-Verzeichnisdienstarchitektur

Ein zentraler Aspekt der Verzeichnisdienstarchitektur ist die Schnittstelle zu den Identity Management Systemen der beiden Münchner Universitäten, über die ausgewählte Benutzerinformationen automatisiert ausgetauscht werden können, ohne dass eine erneute manuelle, fehleranfällige und zu Inkonsistenzen führende Neuerfassung der Benutzer notwendig wird. Diese Anbindung befindet sich für Campus<sup>LMU</sup> bereits im Produktivbetrieb und für den IntegraTUM-Datenbestand im Aufbau. Mittelfristig wird damit auch die Nutzung des in 12.2.1 (TODO) beschriebenen MWN-weiten Active Directory und der darauf basierenden Dienste durch die LMU möglich werden.

### 12.2.3 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 elektronischen 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.

## 12.3 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. 400 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 *tools.lrz.de* (Tools zur Administration der eigenen Kennung).

Hinzu kommt noch ein Spezialserver für WWW-Suchanfragen. Die Anzahl der Zugriffe auf die Web-Server betrug im Jahr 2005 im Mittel 30 Millionen pro Monat, der aufgerufenen Seiten ca. 5,1 Millionen pro Monat, der übertragenen Datenmenge ca. 490 GByte pro Monat.

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

## 12.4 File-Service

Das LRZ betreibt seit 1992 einen File-Service für heterogene Plattformen mit Hilfe des verteilten Filesystems AFS. Unter diesem System liegen die Home-Verzeichnisse von über 35.000 Nutzern, ein Teil des Software-Angebots des LRZ, und die Daten der 400 vom LRZ betriebenen Web-Server (virtuelle Web-Server zum Hosting von Web-Seiten der Hochschulinstitute). Der AFS-Fileservice wurde und wird hauptsächlich Rechenzentrums-intern, teilweise auch hochschulweit genutzt, um von allen beteiligten Rechnern Zugriff auf einen gemeinsamen, sicheren Datenbereich haben zu können. Zielgruppe waren an erster Stelle die offenen Systeme unter Unix, es war aber auch eine Anbindung der Windows-Welt realisiert. Bereits seit einigen Jahren arbeitet das LRZ daran, 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 Jahren, im Unixbereich seit einigen Jahren genutzt. Anwendungen wie Mail und E-Learning verwenden die gleichen Filer zusätzlich über iSCSI. Das gleiche Konzept wird im Rahmen von IntegraTum an der TU hochschulweit verfolgt und ist dort seit dem Sommersemester 2008 im Produktionseinsatz. Mit der LMU laufen Pilotprojekte auf Fakultätsebene.

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

## 12.5 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 2 LTO-Libraries von IBM mit insgesamt 40 Bandlaufwerken, IBM Storage-Servern und 18 Linux-Servern (IBM xSeries)
- 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 hochschulweit 5000 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 15 TB Daten entgegengenommen.

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

## 12.6 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 Bundeshöchsteleistungsrechner betrieben. An die SAN Fabrics sind Storage-server mit einer Kapazität von mehr als 800 TB, alle 66 Bandlaufwerke der Libraries und alle Serversysteme mit hohem Datenverkehr, insbesondere die File- und Backupserver angeschlossen.

## 12.7 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 ca. 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 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 des MWN die Nutzung eines MS Windows Software Update Service (WSUS) an, der entsprechende Rechner wird am LRZ betrieben. Der Dienst ermöglicht Betreibern von Windows Rechnern ihre Systeme auf dem aktuellen Patch-Stand zu halten. Der Software Update Service des LRZ ist Teil eines umfassenden 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 uns 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 Re-

mote-Update-Server, der am LRZ betrieben wird, zu bewerkstelligen sind. Hierdurch können auch Rechner mit privaten Adressen mit einem automatischen Updateverfahren versorgt werden.

## 12.8 Softwareverteilung

Das LRZ betreibt zur Softwareverteilung mehrere FTP-Server, um passwortgeschützt lizenzpflichtige Software oder mit freiem Zugang Free- and ShareWare anzubieten. Das Schwergewicht liegt derzeit aber auf einer Softwareverteilung mit Datenträgern. Längerfristig jedoch ist mit einer deutlichen Zunahme der Verteilung über das Netz zu rechnen. Im Bereich der Institute werden weitere FTP-Server betreiben.

# 13 Netz- und Dienst-Management

## 13.1 Dienstqualität

Das LRZ berät (allgemeine) 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 (z. B. Redundanzen auf Komponenten und Leitungsebene (redundante Leitungs-Anbindung ans Internet), BGP ins Internet, OSPF, HSRP, proaktives Management usw.) genutzt, die eine möglichst rasche und automatische Umschaltung im Fehlerfall bewirken sollen, damit Betriebsunterbrechungen möglichst vermieden oder zumindest kurz gehalten werden können. Zudem können Wartungskosten niedriger gehalten werden, weil nur noch in sehr wenigen Fällen sehr kurze (teure) Reaktionszeiten vereinbart werden müssen (siehe 13.3).

### 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 (Vorlesungsübertragung per IP-Codecs, Video-konferenz, 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 hierzu 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 sein, dass aufgrund der verfügbaren Bandbreite ein Priorisieren mit 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-Tools (InfoVista) wird zukünftig die MRTG-Statistiken ersetzen und liefert schon heute Reports über die Qualität des Fehlerbehebungsprozesses (BMC Remedy ARS) sowie Verfügbarkeitszahlen diverser Router, Auslastungsstatistik u.ä.. Es wurde ein gestuftes Zugriffskonzept erarbeitet, um den unterschiedlichen Nutzergruppen (allg. Nutzer, Netzverantwortlicher, LRZ-intern) entsprechende Views auf die gesammelten Informationen zur Verfügung stellen zu können. Die entsprechenden Reports werden nach Absprache 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, HP-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 Fehlerfalle 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 validierte Produkte eingesetzt. Dadurch lässt sich auch eine zentrale Ersatzteilhaltung realisieren, ohne sehr restriktive Zeitvorgaben beim Bring-in-Service und ohne dass die Qualität und die Verfügbarkeit des Netzes darunter leidet.

Während der Netzwartung (regelmäßig dienstags 7.30 bis 9.00 Uhr) werden eventuell notwendige Updates an Netzkomponenten eingespielt. 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 einen Tag vorher über die aktuellen Mitteilungen (ALI) des WWW-Servers des LRZ ([www.lrz.de/aktuell](http://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 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). 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. SMS signalisiert. Da es bei größeren Störungen in diesem Umfeld aber zu einer erhöhten Flut von Fehlermeldungen kommen kann, wird derzeit am Einsatz eines Korrelationswerkzeuges gearbeitet, das eine Vorfilterung der Meldungen nach gewissen Regeln ermöglicht.

## 13.5 Störungsmanagement

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). Durch entsprechende Vorkehrungen kann sich ein (berechtigter) Nutzer über den Bearbeitungszustand des von ihm initiierten Trouble-Tickets (Fehlermeldung) informieren. Bei der Klassifikation des Fehlers wird nach Wichtigkeit (gering, mittel, kritisch) differenziert, wobei sich dieser Wert i.d.R. aus dem Umfang der betroffenen Nutzerschaft 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. Dies geschieht außerhalb der Dienstzeit

mit zwei studentischen Mitarbeitern, während der Dienstzeit wird diese Tätigkeit vom Operating der zentralen Server erbracht.

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 im Bereich von 99,9%.

## 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 Dipl.-Math. Alfred Läßle.

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 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, Accounting usw.), ist bei Produktauswahlen aktiv, hält einen ständigen Marktüberblick und beteiligt sich aktiv bei Pilotprojekten und Beta-Tests. 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 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 werden im Rahmen der Deutschen D-Grid Initiative verschiedene Projekte zum Monitoring, Accounting und zum Management von Grids gefördert. Die europäische Union fördert wissenschaftliche Arbeiten zum Management zur Visualisierung und zum Monitoring von Geant2, dem Verbund der europäischen Forschungsnetze.

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

Die Leitung der Gruppe liegt in den Händen von Herrn Dr. Helmut Reiser.

## 15 Anlage

### Liste aller Unterbezirke des Münchner Wissenschaftsnetzes

#### **Knotenbezirk A: Garching Hochschulgelände 1**

A0	TUM, Geb. 5212, Radiochemie
A1	TUM, Geb. 6101, Heizhaus
A2	TUM, Geb. 6104, Feuerwehr
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 2, Enzianstraße 1-3
A6	TUM, Geb. 5209, (alter) Reaktor-Betriebs- und Laborgebäude
A7	TUM, Geb. 5210, (alter) Reaktor-Betriebszentrale
A8	TUM, Geb. 6102, TBA (Verwaltung)
A9	Studentenwohnheim Garching I, Jochbergweg 1-7
AA	TUM, Geb. 5208, Telefonzentrale
AB	TUM, 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, Wassergütwirtschaft
AX	TUM, Geb. 5108 Infra-Schall-Labor in Messbunker
AY	WSI, Geb. 5112, Walter-Schottky-Institut

#### **Knotenbezirk B: TUM-Stammgelände, TUM-Nordgelände und nächste Umgebung**

B1	TUM, Geb.0101, N1 (Nordgelände)
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 (Thesianum)
BH	TUM, Geb. 0507 (Stammgelände), Theresien- Arcisstraße
BI	TUM, Geb. 0508 (Stammgelände), im Kern
BJ	Studentenwohnheim Jakob Balde Haus, Theresienstr. 100
BL	TUM, Geb.0205, Arcisstr. 19
BM	TUM, Geb.0509 (Stammgelände), im Kern
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

#### **Knotenbezirk D: Block Theresienstraße Barer Straße Gabelsbergerstraße Türkenstraße**

DA	LMU, Theresienstr. 37, Block A
DB	LMU, Theresienstr. 39, Block B
DC	LMU, Theresienstr. 41, Block C
DN	Neue Pinakothek Barer Straße 29
DO	Alte Pinakothek Barer Straße 27
DP	Pinakothek der Moderne – TUM, Architekturmuseum, Barer Str. 40

**Knotenbezirk F: Königsplatz**

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
FO	Studentenwohnheim Ottonia, Gabelsbergerstr. 24
FP	LMU, Paläontologie, Richard-Wagner-Str. 10
FV	BAdW, Institut für Volkskunde, Barer Str. 13
FW	Studentenwohnheim, Richard-Wagner-Str. 16
FZ	TUM, Barer Str. 21, Ehem. LRZ-Gebäude

**Knotenbezirk G: Westlich Ludwigstraße, südlich Akademiestraße, östlich Türkenstraße, nördlich Theresienstraße**

G1	Haus der Bayerischen Bauwirtschaft, Amalienstr. 13
G2	IBZ Amalienstraße 38
GA	LMU, Geb. 0110, Akademiestraße 1
GB	LMU, Geb. 0030 (Hauptgebäude), Bibliothek
GC	LMU, Fakultät für Geschichte (Historicum), Schellingstr. 12; Altbau in Amalienstr. 52
GD	LMU, Geb. 0010 (Hauptgebäude), an der Adalbertstraße (Adalberttrakt)
GE	LMU, Geb. 0000E (Hauptgebäude), an der Amalienstraße (Amalienstrakt)
GF	LMU, Geb. 0090, Amalienstr. 54
GG	LMU, Geb. 0252, Schellingstr. 7
GH	LMU, Ludwigstr. 25, Bibliothek und Medienlabor
GI	MPI, Psychologische Forschung, Amalienstr. 33
GJ	LMU, Schellingstr. 5
GK	LMU, Geb. 0020 (Hauptgebäude) Kernbereich, Physik-Altbau, Turm, Salinenhof
GL	LMU, Schellingstr. 9
GM	LMU, Geb. 0000M (Hauptgebäude) Mitteltrakt
GN	LMU, Amalienstr. 83
GO	LMU, Geb. 0121 (Vorder- und Rückgebäude), Ludwigstr. 31
GP	LMU, Geb. 0040, Ludwigstr. 27
GQ	LMU, Geb. 0122, Ludwigstr. 29
GR	LMU, Geb. 0200, Schellingstr. 3 (Rückgebäude)
GS	LMU, Geb. 0203, Schellingstr. 3 (Vordergebäude)
GT	LMU, Geb. 0000T (Turmgebäude zwischen GK und GZ)
GU	LMU, Amalienstr. 17
GV	LMU, Geb. 0120, Statistik, Ludwigstr. 33
GW	LMU, Geb. 0000W (Hauptgebäude), Geschwister-Scholl-Platz 1, Nord
GX	LMU, Geb. 0060, Schellingstr. 10
GY	LMU, Geb. 0050, Schellingstr. 4
GZ	LMU, Geb. 0000Z (Hauptgebäude), Telefonzentrale, Geschwister-Scholl-Platz 1

**Knotenbezirk 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

**Knotenbezirk 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 Biologie 2, Martinsried
IH	LMU Jugendmedizin, Heiglhofstraße 63
IJ	Mensa Martinsried
IK	LMU, Geb. 010 - 060 (Bettenhaus), Klinikum Großhadern, Rechenzentrum der Medizin
IL	LMU, Neubau Biologie 1, 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 Heiglhofstraße
IU	LMU, Bauamt, Marchioninistr. 15a
IW	TUM, Geb.2801, Wassergüte, Marchioninistr. 17

**Knotenbezirk J: Weihenstephan (inkl. Außenbezirke)**

J0	TUM, Geb. 4321 4320, TUM-Verwaltung (TBA)
JA	TUM, Altes Bauamt (Geb. 4199)
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 Grünschwaige, 85462 Eitting
JH	TUM, Geb.4701-4720, Hirschau, Hirschau 0, 85417 Marzling
JI	IZB, Weihenstephan, Lise-Meitner-Strasse 30
JR	FH Weih. Triesdorf, Steingruberstr. 2 91746 Weidenbach
JS	TUM, FAM-DVS-Weihenstephan, Prielhof 1, 85298 Scheyern
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

**Knotenbezirk 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
KA	TUM, Geb. 501, 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 - Hauptgebäude (ABCE-Fächer)
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
KM	TUM, Geb. 523, zur Trogerstraße
KN	TUM, Geb. 514, zur Trogerstraße
KO	TUM Gebäude 716 Lehr und Trainingszentrum (LUTZ)
KP	TUM, Geb. 516, zur Ismaninger Str. 22
KQ	TUM, Geb. 517, zur Ismaninger Str. 22
KR	TUM, Gebäude zwischen 514 und 513, zur Trogerstraße
KS	TUM, Trogerstr. 24
KT	TUM, Geb. 513, zur Trogerstraße
KU	TUM, Geb. 506, zur Ismaninger Str. 22
KV	TUM, Geb. 520, zur Ismaninger Str. 22
KW	TUM, Geb. 551, zur Einsteinstraße
KX	TUM, Geb. 552, zur Einsteinstraße
KY	TUM, Geb. 557, zur Trogerstraße

**Knotenbezirk L: Leopoldstraße vom Siegestor bis Münchner Freiheit mit Seitenstraßen**

L1	Studentencafe der Katholischen Hochschulgemeinde (KHG) Leopoldstraße 11
L3	LMU, Geb. 0601, Leopoldstr. 13
LA	LMU, Geb. 0602, Leopoldstr. 13
LB	LMU, Geb. 0603, Leopoldstr. 13
LE	LMU, Georgenstr. 11
LF	SWH Sophie-Barat-Haus, Franz-Josef-Str. 4
LG	LMU, Georgenstr. 5
LK	LMU, Georgenstr. 7
LL	LMU, Soziologie, Konradstr. 6
LM	Mensa, Leopoldstr. 13a
LP	SWH Priesterseminar St. Johannes der Täufer, Georgenstr. 14
LS	LMU, Geb. 0610, Leopoldstr. 15
LT	LMU, Geb. 0620, Leopoldstr. 5 Georgenstr. 3
LV	LMU, Geb. 0600, Leopoldstr. 3

**Knotenbezirk 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. EF (früher 08200822) , 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

**Knotenbezirk O: LMU, Oettingenstraße 67**

OA	LMU, Gebäudeteil A, Oettingenstraße
OB	LMU, Gebäudeteil B, Oettingenstraße
OC	LMU, Gebäudeteil C, Oettingenstraße
OD	LMU, Gebäudeteil D, Oettingenstraße
OE	LMU, Gebäudeteil E, Oettingenstraße
OF	LMU, Gebäudeteil F, Oettingenstraße
OG	LMU, Gebäudeteil G, Oettingenstraße
OZ	LMU, Gebäudeteil Z, Oettingenstraße, Hauptgebäude, Mitte

**Knotenbezirk P: Campus Weihenstephan 1**

P0	Studentenwohnheim Weihenstephan II, Giggenhauser Str. 25
P1	Studentenwohnheim Weihenstephan IV, Giggenhauser Straße 29
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
P8	Studentenwohnheim Weihenstephan I, Vöttinger Str. 49
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, Dürnast
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	BVA, Geb. 4108, Bayerische Hauptversuchsanstalt
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
PZ	TUM, Geb. 4223, Anbau an Geb. 4219, Genetik

**Knotenbezirk Q: Campus Weihenstephan 2**

Q0	TUM, Geb. 4219, Landpflege und Botanik
Q1	TUM, Geb. 4221, Telefonzentrale
Q2	TUM, Geb. 4277, Forstwissenschaft, FVA - Forstwissenschaftliche Versuchsanstalt
Q3	TUM, Geb. 4238, Werksfeuerwehr
Q4	TUM, Geb. 4106, Wirtschaftslehre des Landbaus
Q5	TUM, Geb. 4107, Ernährungslehre
Q6	BLA, Geb. 4254, LBP Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur- und Pflanzenbau
Q7	FH Weih., Geb. 4176, Lehrgebäude
Q8	TUM, Geb. 4212, Physik, Chemie, Zentrallaboratorium
Q9	FH Weih., Geb. 4125, Löwentorgebäude
QA	TUM, Geb. 4124, FML neu - Zentrum für Milch- und Lebensmittel
QB	TUM, Geb. 4130, ehemalige Datenverarbeitung
QC	TUM, Geb. 4117, Grünlandlehre
QD	TUM, Geb. 4109, LS f. Maschinenkunde der Brauerei u. Lebensmittelverpackungstechnik
QE	TUM, Geb. 4101, Alte Akademie
QF	FH Weih., Geb. 4172, FH - Verwaltung
QG	TUM, Geb. 4102, Bibliothek und Dekanatsgebäude
QH	TUM, Geb. 4105, Tierzucht, Ökologischer Landbau
QI	TUM, Geb. 4214, Zentrales Hörsaalgebäude
QJ	FH Weih., Geb. 4276, Land- und Forstwirtschaft Am Hochanger 5

QK	TUM, Geb. 4209 4210 4211 Landtechnik
QL	TUM, Geb. 4215, Zentrales Praktikagebäude
QM	TUM, Geb. 4110, Brauerei I
QN	TUM, Geb. 4119 4120
QO	TUM, Geb. 4126, Lebensmittel Verfahrenstechnik
QP	TUM, Geb. 4121 4122, Landschaftsökologie, Vöttinger Str.12
QQ	TUM, Geb. 4115, Senger - Wohnhaus
QR	FH Weih., Geb. 4178, Kleine Kustermannhalle
QS	TUM, Geb. 4201, Gemüsebau
QT	TUM, Geb. 4217, Bodenkunde
QU	TUM, Geb. 4113, Versuchs- und Lehrbrennerei, Mikrobiologie
QV	TUM, Geb. 4116, Wirtschaftslehre des Haushalts
QW	TUM, Geb. 4280, Ehemaliges Arbeitsamt
QX	TUM, Geb. 4112, Braufakultät
QY	TUM, Geb. 4220, Bibliothek Neubau
QZ	TUM, Geb. 4216, Mensa

**Knotenbezirk R: Hochschule (FH) 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

**Knotenbezirk S: LMU, östlich Ludwigstr., nördlich Adalbertstr.**

SA	Bauamt 2, Ludwigstr. 18
SB	Staatsbibliothek, Ludwigstr.16
SC	LMU, Schackstr. 4
SD	LMU, Ludwigstr. 14
SE	Hochschule für Politik, Ludwigstr. 8-10
SF	LMU, Vestibülbau
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
SO	LMU, Ostasieninstitut, Kaulbachstr. 51a
SP	B AdW, 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 Kaulbachstraße 25
SX	MGH, Monumenta Germaniae Historica, Kaulbachstr. 19
SY	Hochschule für Philosophie, Institut für Gesellschaftspolitik, Kaulbachstr. 31

**Knotenbezirk T: LMU, Innenstadtkliniken**

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



**Knotenbezirk U: TUM, Südgelände und Musikhochschule**

UK Musikhochschule, Arcisstr. 12

**Knotenbezirk V: LMU, Oberschleißheim**

VH LMU, Versuchsgut St. Hubertus, St. Hubertusstr. 12  
VM LMU, Moorversuchsgut Badersfeld, Hackerstr. 27  
VR LMU, Klautierklinik  
VS LMU, Schleicherbau, Schönleutnerstr. 8  
VV LMU, Geflügelkrankheiten, Veterinärstr. 3  
VW Studentenwohnheim, Oberschleißheim

**Knotenbezirk 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  
WD Studentenhaus DOMINO, Garching Untere Straßäcker 21  
WE Speicherbibliothek der Bayerischen Staatsbibliothek  
WF TUM, Gebäude 5103 Bauamt (bei Siemenshallen)  
WG GATE, Gründerzentrum, Lichtenbergstr. 8  
WH Studentenwohnheim Hochschulhaus Garching, Am Römerhofweg  
WI TUM, Geb. 5600, Informatik Mathematik  
WJ Studentenwohnungen SLC (REWE )  
WK Exzellenz-Cluster Universe (ehem. ITER-Gebäude)  
WL LRZ Institutstrakt  
WM ITEM - Gebäude  
WQ IAS-Gebäude  
WR LRZ Rechnerwürfel  
WS TUM, Halle 17, Maschinenwesen  
WT Pflanzenöltankstelle Parkplatz  
WU Garching U-Bahnhof Forschungsgelände  
WW Studentenwohnheim ehem. Hausmeisterwohnung Maschinenwesen  
WY TUM, Tritron-Hütte (bei Beschleunigerlabor)  
WZ LRZ Hörsaaltrakt

**Knotenbezirk X: Kleinere Unterbezirke 1**

XA TUM, Augustenstraße 44, TU-Verwaltung  
XE LMU, Edmund-Rumplerstr. 9, Physik  
XF LMU ifo-Institut Poschingerstr. 5,  
XI Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Ludwigstr.2  
XK Bayerisches Kultusministerium, Salvatorstr.  
XL Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, Neuhauser Str. 8  
XN LMU Geophysik Außenstelle Unterlippach  
XO Oberste Baubehörde, Franz-Josef-Strauß-Ring 4  
XS LMU, TUM Schneefernerhaus Zugspitze

**Knotenbezirk Y: Kleinere Unterbezirke 2**

Y0 Studentinnenheim Arme Schulschwester Unterer Anger 17  
Y1 SWH Hildegard-von Bingen-Haus, Josephsburgstr. 20  
Y2 TUM, 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  
Y7 Studentenwohnheim, Stettenkaserne Uni-Radio, Schwere Reiter Str. 35  
Y8 Studentenwohnheim, Albertus Magnus Haus, Avenariusstr. 15, Pasing  
Y9 Studentinnenheim Arme Schulschwester Unterer Anger 2  
YA ABK, Akademie der Bildenden Künste, Schellingstr. 33  
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  
YE LMU, Tiermedizin, Schwere-Reiter-Str. 9 Nord  
YF TUM, Geb.2201 u. 2202, Lothstr. 17, (Vorder und Rückgebäude)  
YG Studentenwohnheim, Willi-Graf-Heim, Hiltenspergerstr. 77  
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, Geb. 3001 3002, Genetik und Mikrobiologie, Maria-Ward-Str.1a

YL	TUM, Geb. 2306, ZHS, Connollystr. 32
YM	LMU, Stiftung für Arbeitsrecht (ZAAR), Infanteriestr. 8
YN	TUM, Klinikum Schwabing, Kölner Platz 1
YO	TUM, Geb.3101-3120, Versuchsanstalt für Wasserbau, Oberrach
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
YU	LMU+TUM, Geb.2804, Deutsches Museum
YV	Studentenwohnheim Spanisches Kolleg, Dachauerstr. 145
YW	LMU, CAP, Maria - Theresia Str. 21
YX	TUM, Ingolstadt, ini.tum
YY	MPG, Föhringer Ring 6, Freimann
YZ	TUM, IWB, Anwenderzentrum Augsburg, Beim Glaspalast 5, 86153 Augsburg

**Knotenbezirk Z: Kleinere Unterbezirke 3**

Z0	Studentenwohnheim, Chiemgaustraße, Traunsteinerstr.1-13
Z1	Studentenstadt Freimann, Christoph-Probst-Str. 10
Z2	TUM, Limnologische Station, Iffeldorf
Z3	Studentenwohnheim Lothstraße 62 (Studentenwerk)
Z4	Studentenwohnheim, Kreittmayrstr. 14
Z5	Studentenwohnheim, Adelheidstr. 13
Z6	Studentenwohnheim Geschwister-Scholl, Steinickeweg 7
Z7	Studentenwohnheim Felsennekenanger 7-21 (FNA, Panzerwiese)
Z8	Studentenwohnheim, Roncalli - Kolleg, Nymphenburgerstr. 99
Z9	Studentenwohnheim BLLV, Cimbarnstr. 68
ZA	Studentenwohnheim, Stiftung Maximilianeum, Max - Planck - Str. 1
ZB	Hochschule für Fernsehen und Film, Dependence Pfälzer-Wald-Str. 64
ZC	LUM, CAP (Centrum f. ang. Politikforschung), Deutsch als Fremdspr., Bay. Forsch.stift, Prinzregentenstr.7
ZD	Studentenwohnheim, Türkenstr. 58
ZE	Studentenwohnheim, Massmannheim, Heßstr.77
ZF	HFF, Hochschule für Fernsehen und Film, Frankenthalerstr. 23
ZG	Studentenwohnheim Heidemannstraße, Paul-Hindemith-Allee 4
ZH	DHM, Deutsches Herzzentrum München, Lothstr. 11
ZI	IHF, Institut für Hochschulforschung, Prinzregentenstr. 24
ZJ	LMU, Sternwarte, Scheinerstraße 1
ZK	KSFH, Katholische Stiftungsfachhochschule, Preysingstr. 83
ZL	LMU, Observatorium Wendelstein
ZM	TUM, Baumbachstr. 7, Pasing
ZN	Studentenwohnheim Paulinum, Rambergstr. 6
ZO	Studentenwohnheim, Arcisstr. 31 Heßstraße
ZP	Bayerische Theaterakademie August Everding im Prinzregententheater Prinzregentenplatz 12
ZQ	Studentenwohnheim, Hedwig-Dransfeld-Allee 7 (früher Dachauerstraße 128)
ZR	TUM, Betriebswirtschaftslehre, Leopoldstr. 139
ZS	TUM Geb.3201, Geodäsie, Außenstelle Eichenau, Lindenweg 15, 82223 Eichenau
ZT	LMU Zentnerstr. 31
ZU	SWH Stiftsbogen Schröfelhofstr. 4-26a
ZV	Studentenwohnheim, Steinickeweg 4
ZW	TUM, Lst. Restaurierung, Nationalmuseum, Archäologische Staatssammlung, Oettingenstr. 15
ZX	Studentenwohnheim Georg-Lanzenstiel-Haus, Kieferngartenstr. 12
ZY	TUM, Geb.2103-2109, Schragenhofstr. 31
ZZ	LMU, ZSM, Zoologische Staatssammlung, Münchhausenstr. 21