

Ludwig-Maximilians-Universität München  
Sommersemester 2009



# Rechnernetze und verteilte Systeme

Prof. Dr. D. Kranzlmüller, Prof. Dr. H.-G. Hegering (em), Dr. V. Danciu

# Rechnernetze und verteilte Systeme

## Einführung

### Kapitel 1

# Rechnernetze und verteilte Systeme

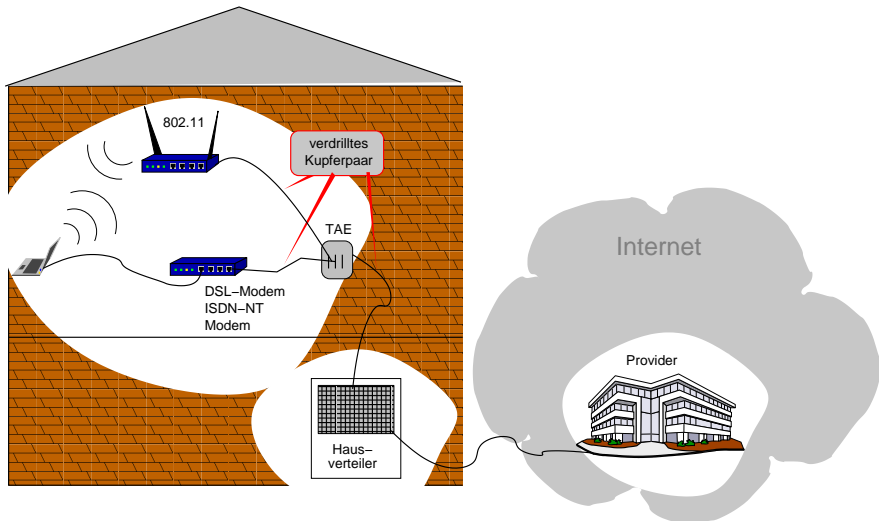
## Einführung

### Einordnung der Vorlesung

#### Kapitel 1.1

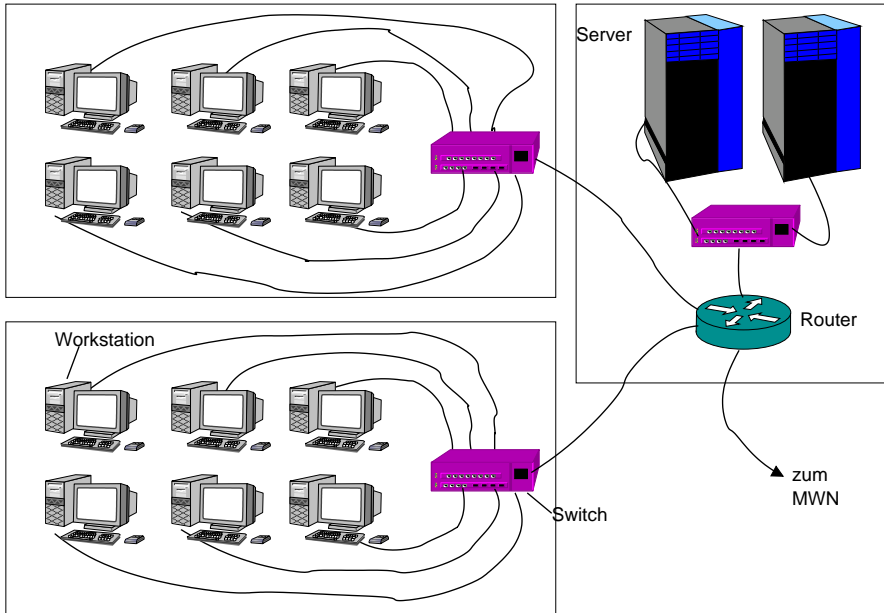
# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Anwendungsbeispiel – „Netzanschluss zu Hause“



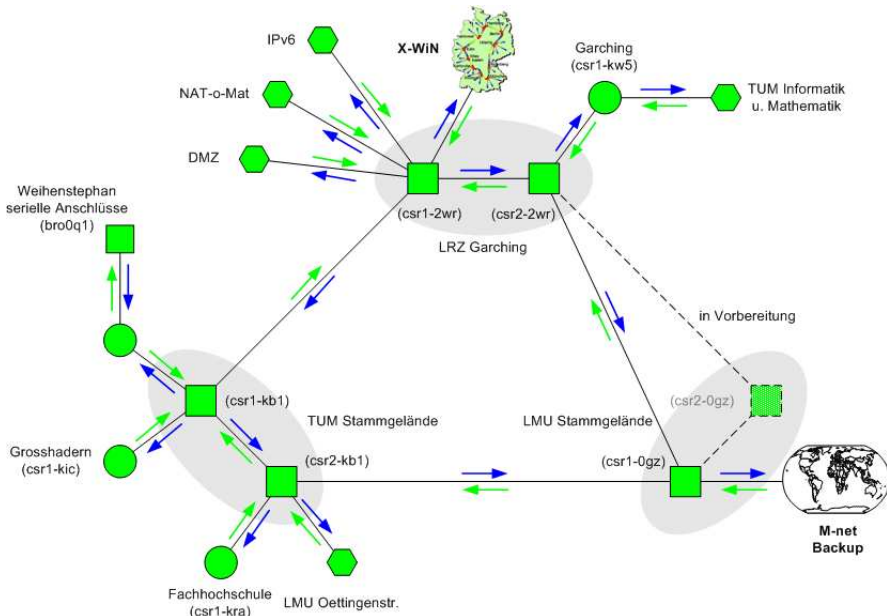
# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Anwendungsbeispiel – „CIP-Raum/LAN“



# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Anwendungsbeispiel – „Das Münchner Wissenschaftsnetz (MWN)“



# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Rechnernetz: **Komponenten**orientierte Definition

Ein System aus

**Datenendeinrichtungen** [DEE, DTE] (z.B. Supercomputer, Mainframes, Workstations, Messeinrichtungen, Geräte), die miteinander über

**Medien** (z.B. elektr. Leiter, LWL, Funkstrecken) mittels

**Übertragungseinrichtungen** [DÜE, DCE] (z.B. Anschalteinheiten, Modems, Multiplexer, Konzentratoren) und

**Vermittlungseinrichtungen** (z.B. Bridges, Router, Switches, Knotenrechner) oder über Rechnernetze [**Subnetze**, **Transitnetze**] verbunden sind.

# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Rechnernetze: **Dienst**orientierte Definition

- Ein **geschichtetes verteiltes System**, das seinen Nutzern (menschliche Nutzer, Anwendungen, Systeme) **Dienste** oder Dienstunterstützung anbietet
- Kommunikation von Personen
  - mail, conferencing, telecooperation
- Zugriff auf Informationen
  - z.B. Filetransfer, SW-Download, WWW, VoD, Finanzinformationen
- Benutzung entfernter Rechner/Geräte/Ressourcen
  - Ferndialog, RJE, Remote Experiments, GRID
- Kooperation von Programmläufen und Prozessen
  - client/server computing, B2B
- E-commerce, telebanking, teleshopping, trading



# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Verteiltes System: Definition

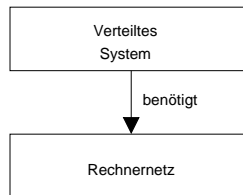
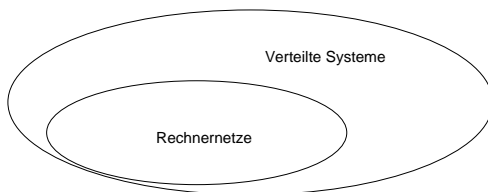
## Komponentenorientiert/nach Arbeitsweise

Ein verteiltes System umfasst eine **Menge von Hardware- und Softwarekomponenten** vernetzter Rechner, die **ausschliesslich durch den Austausch von Nachrichten** kommunizieren und ihre Aktionen koordinieren. (nach Coulouris, Dollimore, Kindberg)

## Dienstorientiert

Ein verteiltes System ist eine Menge **unabhängiger Rechner**, die ihren Nutzern als ein einziges, **zusammenhängendes System** erscheint. (nach Tanenbaum, van Steen)

⇒ Gegenseitige Abgrenzung der Begriffe „Rechnernetz“ und „verteiltes System“ unscharf

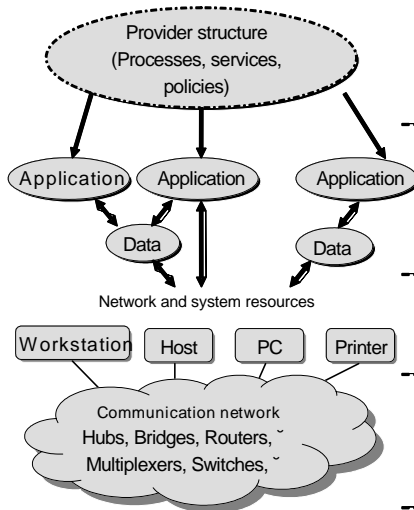


# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Umfeld für kooperative IT-Infrastruktur

Objects and resources to be managed

Levels of integrated management



Service management

Enterprise management

Application management

Information management

System management

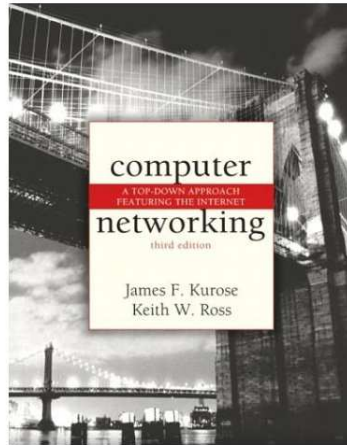
Network management

# 1.1 Einordnung der Vorlesung

## Aufbau der Vorlesung

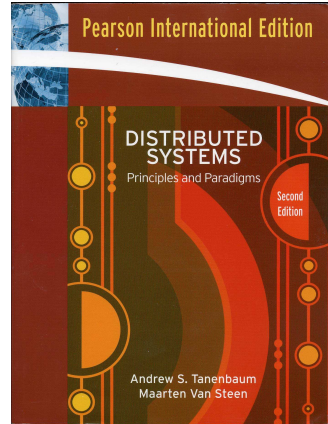
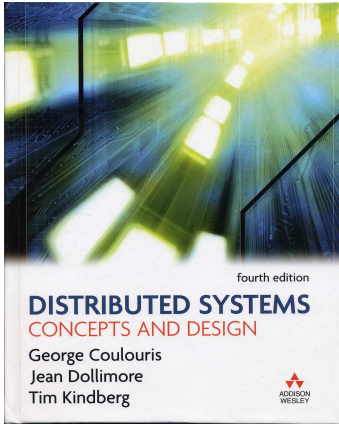
- Einleitung und Grundbegriffe
- Referenzmodelle, Architekturen
  - ISO-OSI, Internet, VS
- Schichtunabhängige Protokollkonzepte
  - Adressierung, Fehlererkennung, Verbindungsmgmt, Flow Control
- Schicht 1 — Bitübertragung
  - Medien, Kodierung, Modulation, Schnittstellen
- Schicht 2 — Sicherung
  - 2a Medium-Zugriffsverfahren
  - 2b Leitungsprotokolle
- Schicht 3 — Vermittlung
  - Vermittlung, Wegewahl, Internetworking, IP
- Schicht 4 — Transport
  - TCP, UDP
- Middleware
  - Entfernter Prozeduraufruf, Typensysteme
- Grundzüge des Anwendungssystems (Dienste im Internet)
- Management im Internet

## Literatur Rechnernetzen (Beispiele)



# 1.1 Einordnung der Vorlesung

Literatur zu verteilten Systemen (Beispiele)



## → Rechnernetze und verteilte Systeme

- Schwerpunkt: geschichtete Architektur, Protokolle des Transportsystems
- Middleware, verteilte Anwendungen, Dienste
- Komponenten zum Aufbau von Rechnernetzen
  - Schwerpunkt: **komponenten**orientierte Sicht auf Rechnernetze
- Netz- und Systemmanagement
  - Schwerpunkt: Konzepte und Architekturen zum **Betrieb** vernetzter Systeme
- Grid
  - Schwerpunkt: **lose gekoppelte**, verteilte Systeme
- IT-Sicherheit
- Mobilkommunikation
  - WLAN, GSM, UMTS, GPRS ...
- Selbstorganisierende Netze
- Verteilte Systeme/Ubiquitous Computing
- Praktikum Rechnernetze
- Praktikum IT-Sicherheit
- Praktikum Grid

# Rechnernetze und verteilte Systeme

## Einführung

### Grundbegriffe, Anforderungen

#### Kapitel 1.2

# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

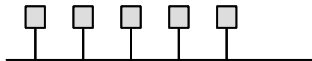
Konnektivität: Verbindungsvarianten



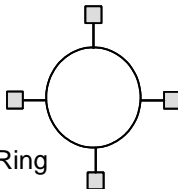
Endnutzersystem



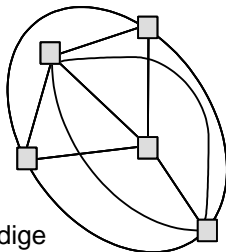
Direkte Verbindung  
(Punkt-zu-Punkt)



Bus



Ring

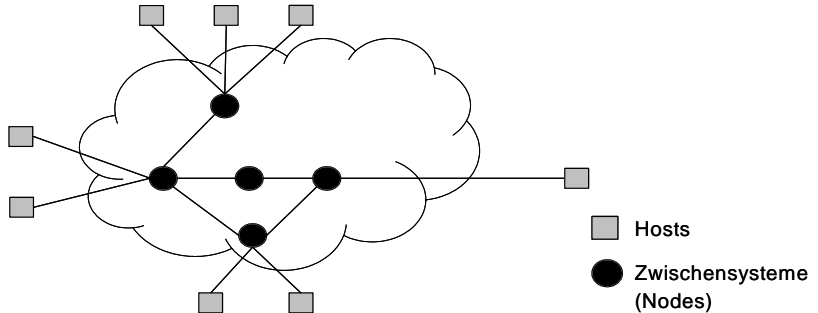


Vollständige  
Vermaschung



# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

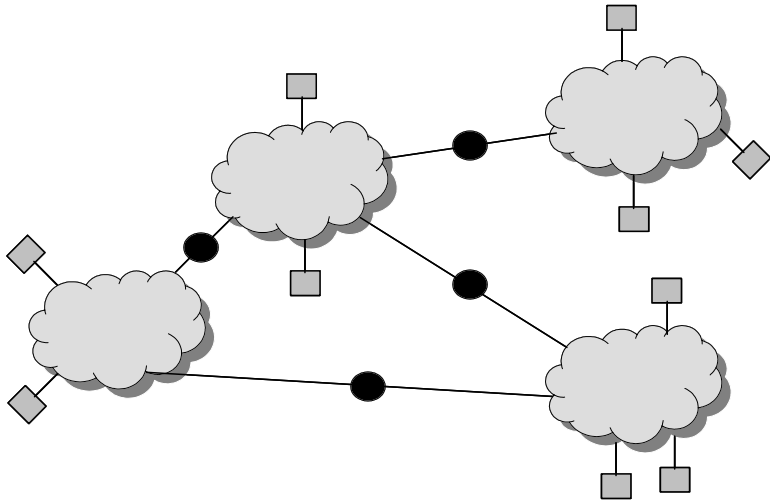
Konnektivität: vermitteltes Netz



# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

Konnektivität: Verbundnetz, Internetworking

- Aufgaben: globale Wegewahl/Vermittlung, Protokollumsetzung
- Beispiel: Internet



# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

Besonderheiten: Abstand der Systeme

- **Räumliche Trennung** der Systeme
  - kein gemeinsamer Speicher
  - evtl. getrennter Adressraum
- **Unabhängigkeit** der Systeme
  - unterschiedliche Steuerstrategien (Autonomie)
  - keine garantierte Ablaufsynchronität (**keine globale Uhr**)
- Somit **distribulierter Gesamtstatus**
- **Heterogenität** der Systeme bzgl.
  - HW (Operationen, Codes, Zykluszeiten)
  - SW (BS, Compiler, Kommando-Sprachen, Anwendungen)
  - E/A-Schnittstellen, Peripherie
  - Datenmanagement, Dateiorganisation

# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

Besonderheiten: Technische Mittel der Kommunikation

- Prozesskommunikation (Aspekte)
  - Austausch von Nachrichten/Daten
  - Signalisierung asynchroner Ereignisse (Events)
  - Prozesskoordination über Synchronisationsoperationen
- In Rechensystemen üblicherweise 3 Mechanismen
  - Austausch über shared memory
  - Eventsignalisierung über Interrupt-Mechanismus
  - Betriebssystemfunktionen
- In verteilten Systemen und Rechnernetzen für alle Aspekte **nur expliziter Nachrichtenaustausch**

# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

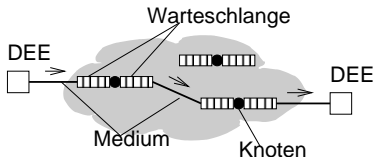
Besonderheiten: Fehler und Probleme

Einzelsysteme handeln auf der Grundlage einer ungesicherten Kenntnis über den jeweiligen Zustand des Gesamtsystems.

- Partnerinstanzen können ausgefallen sein
- Nachrichten können im Transportsystem nicht kalkulierbar verzögert werden
- Nachrichten können verfälscht, dupliziert und verloren werden. Es können Reihenfolgen vertauscht werden.
- Konnektivität kann gestört sein
- Kanäle können unzureichend sein (Durchsatz, Latenz)
- Heterogenität kann nicht überbrückt werden

# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

Besonderheiten bei Rechnernetzen: Verzögerungsarten in vermittelten Netzen



- **Signalverzögerung** Laufzeit des Signals über ein Medium  $t = l/v$ ,  
 $v = \text{const} \times c_0$ ,  $l$  = Mediumlänge
- **Nachrichtenverzögerung** Laufzeit der Nachricht über ein Medium  
 $t_N = NL/\ddot{U}R$ ,  
 $NL$  : Nachrichtenlänge in Bits,  $\ddot{U}R$  : Übertragungskapazität in Bits/s
- **Verarbeitungsverzögerung** Zeit zur Verarbeitung einer Nachricht im Knoten ohne Last (abhängig vom Protokoll und Knotensystem)
- **Warteschlangenverzögerung** Wartezeit im Knoten abhängig von Last
- **Netzverzögerung** (network delay): Summe über alle Verzögerungsbeiträge über alle Streckenabschnitte und Knoten auf dem Weg
- **Round trip delay** (RTD)

# 1.2 Grundbegriffe, Anforderungen

## Kommunikationsbeziehungen (1)

- Teilnehmerzahl

- 2 : eine Quelle, eine Senke (point-to-point)

- > 2 : eine Quelle, viele Senken (multipoint, multicast, broadcast (an alle) )

- > 2 : viele Quellen, viele Senken (conference)

- u.U. kann Teilnehmerzahl unbekannt sein

- Probleme:

- Gruppendefinition: wer ist Kommunikationspartner?

- Quittungssemantik: alle, Mindestanzahl, mindestens eine ...

- Informationstyp (medium)

- Text, Daten, Audio, Video, Graphik, Messwerte

- Datenfluss

- einseitig (simplex)

- im Wechsel einseitig (halbduplex, hdx, TWA)

- gleichzeitig beidseitig (duplex, dx, TWS)

- Beispiel:

- einseitig: Verteilkommunikation Radio, TV

- beidseitig: WWW, interaktives Fernsehen (aber stark unsymmetrischer Fluss)

- Steuerung
  - **asymmetrisch** (Sendeaufruf, Empfangsaufruf). Master-Slave- Beziehung
  - **symmetrisch** (Konkurrenzbetrieb): Evtl. Konfliktauflösung erforderlich (z.B. bei Verbindungsaufbau oder Mediumzugriff)
- Verbindungsdienst
  - **verbindungsorientiert**: expliziter Verbindungsaufbau und -abbau.
    - Ressourcenreservierung für Verbindung
    - Verbindung wird statusüberwacht (Fehler, Reihenfolge, Quittungen, Flußsteuerung)
    - Beispiele: Telefon, Fax, TCP
  - **verbindungslos**, datagrammorientiert: Nachricht wird ohne Garantie und Bezug auf Nachfolgenachrichten transportiert  
Beispiele: Briefe, IP-Pakete
  - Wichtig: Verhältnis Verbindungsmanagement zur Nachrichtendauer



### Ein Protokoll ist die Spezifikation...

- in **syntaktischer**, **prozeduraler** und **semantischer** Hinsicht
  - der Vorschriften zum Informationsaustausch
  - zwischen gleichrangigen Instanzen (**peer entities**), d.h. Partnern auf der gleichen Dienst- bzw. Abstraktionsebene.
- 
- Beispiele von peer entities:
    - Prozesse der Anwendungsebene
    - Instanzen der Internet-IP-Ebene
    - Leitungstreiber
  - Protokollspezifikationen umfassen
    - Syntax der Nutz-Datenobjekte: Zeichen, Datei, Video, Auftragsbeschreibung
    - virtuelle Verbindungscharakteristik: Prioritäten, Ü-Raten, Reihenfolgegarantie, Pufferfähigkeit, QoS
    - Komm.-abläufe: Steuerung, Fluss, Fehlerbehandlung, Synchronisation
    - Wirkung der Steuernachrichten

### Nachricht

- (semantisch sinnvolle) Information,
  - die von einer Quelle (source) erzeugt und
  - als Ganzes für eine Senke (sink, destination) bestimmt ist
  - z.B.: „Ich komme heute nicht“
- (syntaktische) Informationsmenge, die als Einheit transportiert wird
  - z.B.: „Ich komme heute“ und „nicht“
- Probleme
  - Zerlegung, Reassembly, Reihenfolge, Quittungen
- Transporteinheiten haben oft schichtspezifisch verschiedene Begriffe/Bezeichnungen:
  - Nachricht, Segment, Paket, Block, Frame

# Rechnernetze und verteilte Systeme

## Einführung

### Klassifikation von Rechnernetzen

#### Kapitel 1.3

# 1.3 Klassifikation von Rechnernetzen

nach Zugang: öffentlich / privat

**öffentlich** Dienste und Netze werden allgemein angeboten (eventuell getrennt nach Geschäftskunden/Privatkunden)

Beispiel Telekom: T-ISDN, T-DSL, T-ATM, T-online, IntraSelect, FramelinkPlus, SDH-VPN, Festverbindungen, DatexP

**privat** Dienste und Netze werden individuell einer geschlossenen Benutzergruppe oder Organisation angeboten

Beispiel: Intranet = privates Netz einer Organisation mit Internet-Technik

**VPN** Virtuelles Privates Netz als logisches Netz auf öffentlicher Netzinfrastruktur

Beispiel: G-Win/X-Win (Deutsches Wissenschaftsnetz) als SDH-VPN

# 1.3 Klassifikation von Rechnernetzen

nach **Rolle im Netzwerk**

**Subnetz** Teilnetz eines Netzverbundes

**Kernnetz** (core network, backbone network): Hauptverbindungsstruktur eines Netzverbundes

**Zugangsnetz** (access network):

- für private Endsysteme  
(z.B. ISDN, DSL, CATV, FITL, POTS)
- für institutionelle Endsysteme und Subnetze  
(z.B. LANs)
- für mobile Endsysteme  
(z.B. GSM, UMTS, WLAN)

# 1.3 Klassifikation von Rechnernetzen

nach Technologie und „Größe“

## SAN (storage area network):

- beschränkt auf Verbindungen im Cluster-Computing bzw. zwischen Rechnern und autonomen Speichersystemen.
- Ausdehnung RZ
- Technik: FC (Fibre Channel), Infiniband

## LAN (local area network):

- beschränkt i.A. auf Gebäude-/Campusbereich
- einfache Topologien
- hohe Übertragungsrate
- Technik: Ethernet, Token Ring/FDDI (Fiber Distributed Data Interface)

## WAN (wide area network):

- Weitverkehrsnetze, i.a. irregulär vermaschte Topologien
- hohe Ü-Raten sind teuer
- Beispiele: Internet, Konzernnetze, öffentliche Netze
- Technik: SDH, ATM, FR, X.25, Internet, ISDN

# 1.3 Klassifikation von Rechnernetzen

nach ...

## Verbindungstyp

- Festverbindungsnetz, Wählnetz, Mobilnetz

## Topologie

- Busnetz, Ringnetz, Sternnetz, Baumnetz, regulär vermaschtes Netz, irregulär vermaschtes Netz

## Vermittlungstechnik

- Paketvermittlungsnetz, Store-and-Forward-Network, Nachrichtenvermittlungsnetz, Durchschaltnetz, Leitungsvermittlungsnetz

# 1.3 Klassifikation von Rechnernetzen

nach **Zweck**

- Erhöhung von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Grenzdurchsatz
- Funktionsverbund (resource sharing):
  - Verbund „spezialisierter“ Rechner bzgl. HW, SW, Daten
- Lastverbund (load sharing)
  - Ausgleich (örtlich, zeitlich) von Spitzenanforderungen
  - Strategien: benutzer-/operateurgesteuert, automatisch
- Verfügbarkeitsverbund
  - host standby, backup
  - Kriterium: Daten-/Rechenzeitverlust, Wiederanlaufzeit
- Datenverbund
  - Replicated, partitioned data base



# 1.3 Klassifikation von Rechnernetzen

nach **Transparenz der Dienstleistung**

**Transparenz** ist die Fähigkeit eines Systems, bestimmte Systemcharakteristika vor einem Benutzer zu verbergen.

- Beispiele für Transparenz: Ortstransparenz, Replikationstransparenz, Transparenz der Ausführung, Zugriffstransparenz, Leistungstransparenz, Fehlertransparenz
- Beispiele für Systeme/Netze/Technologien:
  - CORBA-basierte Systeme: Orts- und Zugriffstransparenz
  - Shared File System: Ortstransparenz für Dateien
  - Unified Adresses: Ortstransparenz für mobile Benutzer
  - Dienste-Brokerage
- Transparenz oft Kriterium für Unterscheidung „Rechnernetz“ und „verteiltes System“

# Rechnernetze und verteilte Systeme

## Einführung

### Nicht-Transport-Dienste

#### Kapitel 1.4

# 1.4 Nicht-Transport-Dienste

## Informationsdienste

- für Netznutzer über das Netz
  - angebotene Dienste mit QoS
  - technische u. organisatorische Zugangskonventionen
  - Betriebszustände
  - Aktuelles
  - Verzeichnisdienste, Directories
  - Helpdesk, Ansprechpartner
  - Dokumentation, Schulung
- für Netznutzer über ihre Dienstnutzung
  - Zustand eigener Aufträge
  - Kontenzustand
  - Dienstgüte-Reporting
  - benutzerspezifische Nachrichten

# 1.4 Nicht-Transport-Dienste

## Netzmanagementdienste

- Benutzerverwaltung, Abrechnungsmanagement
- Sicherheitsmanagement (Bedrohungsanalyse, Sicherheitsmechanismen, Verschlüsselung, Authentifizierung, Zertifizierung)
- Fehlermanagement (Symptomerfassung, Eventkorrelation, Fehlerdiagnose, Fehlerbehebung, TT-Systeme)
- Konfigurationsmanagement (Generieren und Installieren von Systemen, Parameterfestlegung, Statusüberwachung, Versionsverwaltung, SW-Verteilung, Topologieplanung)
- Leistungsmanagement (Leistungsmessung, QoS-Parameter, Engpassanalysen, Auslastung, Kapazitätsplanung)
- Ressourcenmanagement (z.B. Bandbreiten, Wege)

# 1.4 Nicht-Transport-Dienste

## Entwurf von Rechnernetzen

- Anforderungen
  - Anwendungen, Netzdienste
  - Kommunikationsbeziehungen, Verkehrscharakteristik
  - Netzverzögerungen, Durchsatz
  - Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit
  - Kompatibilität
  - Kosten
- Entwurfsvariable
  - Netztopologie
  - Leitungen (Bandbreiten)
  - Vermittlungs- und Übertragungstechnik
  - Protokolle
  - Funktionsverteilung
  - Betriebskonzepte

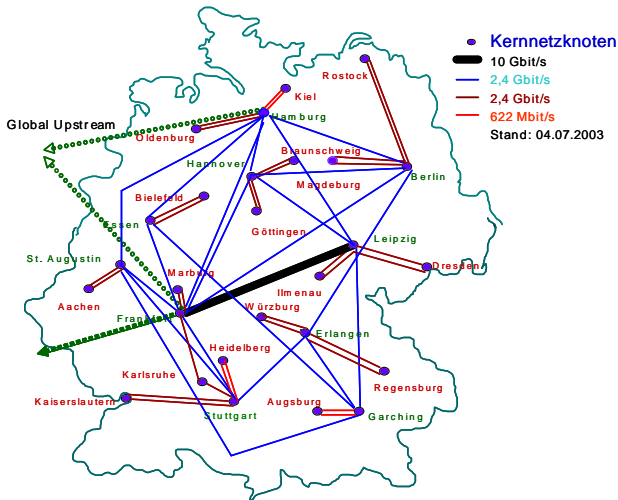
# 1.4 Nicht-Transport-Dienste

Entwurf von Rechnernetzen Beispiel: Wissenschaftsnetz G-WiN

- Durchsatz: (2000) mittl. Hauptverkehrsstunde 4,6 Gbps
  - Hauptstunde Faktor 1,8 höher als Mittel
  - kurze Lastspitzen Faktor 4
  - jährliche Steigerung Faktor 2,2
- Protokolle: IP über SDH
- Struktur: Kernnetz und Zuleitungen
- Verfügbarkeit: 99% und max. Einzelausfall
- Entgelt: Flächentarif einheitlich abhängig von Anschluss- und Volumenklasse
- 2003: ca. 1,2 Pbyte/Monat transportiertes Volumen

# 1.4 Nicht-Transport-Dienste

## G-WiN-Kernnetz-Topologie



# 1.4 Nicht-Transport-Dienste

## X-WiN-Topologie



- Nachfolger des G-Win
- Start 2005
- Bild:
  - Stand Nov. 2005
  - Breite Linien: Glasfaser
  - Schmale Linien: gemietete Wellenlängen
  - (Quelle: DFN)



# 1.4 Nicht-Transport-Dienste

Datenvolumina am Übergang zum WiN

**WiN-Anschluss Münchner Wissenschaftsnetz  
monatlich übertragene Datenmengen**

