

1.2 Grundlagen: Anwendungsgebiete und Anforderungen

Version: Jan. 2003

Inhalt:

- Übersicht über die Anwendungen
- Dienste und deren Anforderungen
- Interaktive Datenkommunikation, Datei-Transfer
- Echtzeit-Kommunikation
- Client-Server Modell

Kommunikationsnetze erlauben einen zeitweisen oder dauernden Datentransport zwischen (räumlich) entfernten Benutzern (Teilnehmern). Teilnehmer können sowohl Menschen als auch Maschinen sein, welche über Teilnehmerendeinrichtungen (Terminal Equipment, TE) an das Kommunikationsnetz angeschlossen sind.

Die Kommunikation besteht aus drei Phasen:

- Aufbau eines Übermittlungspfades (Verbindung) zwischen zwei oder mehreren miteinander Daten austauschenden TEs. Dazu werden dem Netz steuerungstechnische Informationen (Rufnummer, Adresse) übergeben.
- Nachrichtenaustausch.
- Abbau der Verbindung.

Unter einem Kommunikationsdienst werden alle funktionellen Eigenschaften eines Kommunikationsnetzes verstanden, welche eine bestimmte Kommunikationsform zwischen TEs (Terminal Equipment) unterstützen, einschließlich aller funktionellen, qualitativen und rechtlichen Aspekte.

Funktionelle Aspekte beziehen sich auf standardisierte Netzschnittstellen und Prozeduren.

Qualitative Aspekte enthalten Aussagen über die Dienstgüte oder Dienstqualität (Blockierverhalten, Übertragungsfehler).

Rechtliche Aspekte betreffen den Versorgungsanspruch, Einhaltung des Fernmeldegeheimnisses oder die Gebührenerhebung, welche in einer Telekommunikationsordnung niedergelegt sind.

Kommunikationsdienste werden weiter unterteilt hinsichtlich des Funktionsumfanges und der Abwicklungsform und sind durch zusätzliche Dienstmerkmale näher festgelegt.

Moderne Netze erlauben die Integration mehrerer oder sogar aller verschiedener Kommunikationsdienste. Diese Entwicklungen führten zur Einführung des **Diensteintegrierenden Digitalnetzes** (Integrated Services Digital Network, **ISDN**), zur Entwicklung der Zellenvermittlungstechnologie ATM (Asynchronous Transfer Mode) und heute zur Weiterentwicklung der Paketvermittlungstechnologie IP (Internet Protocol) zu einem diensteintegrierenden Paketvermittlungsnetz.

Diensteintegrierende Netze

ISDN: Leitungsvermittlung

ATM: Zellenvermittlung

IP: Paketvermittlung

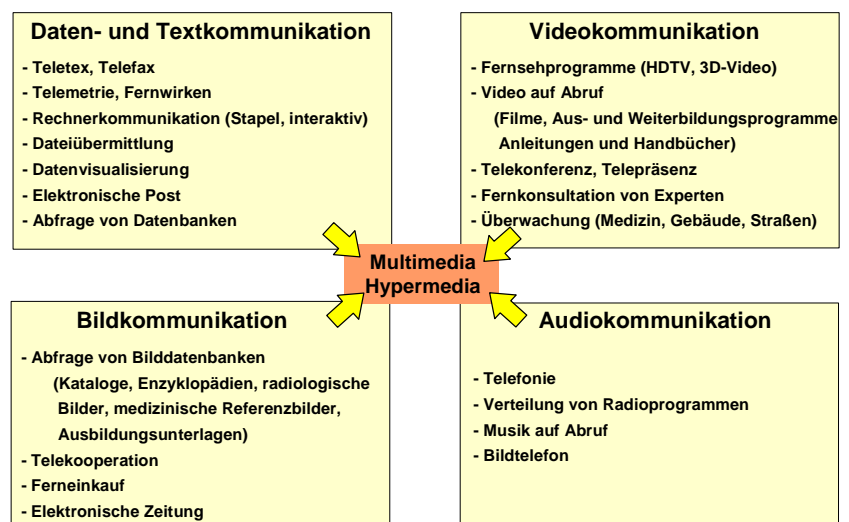


Bild: Dienstintegration

Multimedia-Kommunikation

Die Grundkommunikationsformen (Daten, Text, Bild, Video und Audio) können in einer Anwendung entweder einzeln auftreten oder in Kombination (Multimedia-Kommunikation). Man spricht von Hypermedia, wenn die auf dem Bildschirm erscheinende Information nicht nur von einer Quelle kommt, sondern durch Pointer-Anbindungen über das Internet aus Daten aus verschiedenen globalverteilten Quellen stammt. Einige Anwendungen sind im Bild aufgelistet.

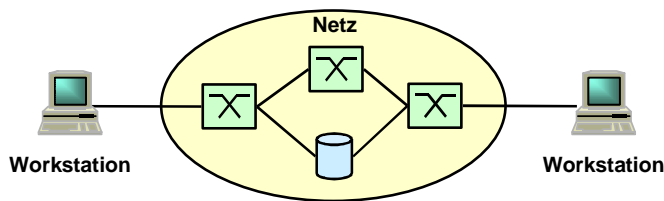


Bild: Multimedia-Kommunikation

Merkmale der Multimedia-Kommunikation:

- Daten-, Text-, Bild-, Video- und Audiokommunikation.
- Dynamische Aktivierung während einer Sitzung.
- Datenströme mit stark variierender Intensität.
- Unterschiedliche Dienstgüte-Anforderungen.
- Erzeugung, Manipulation, Speicherung und Zugriff.
- Echtzeitbedingungen (Information auf Anfrage).

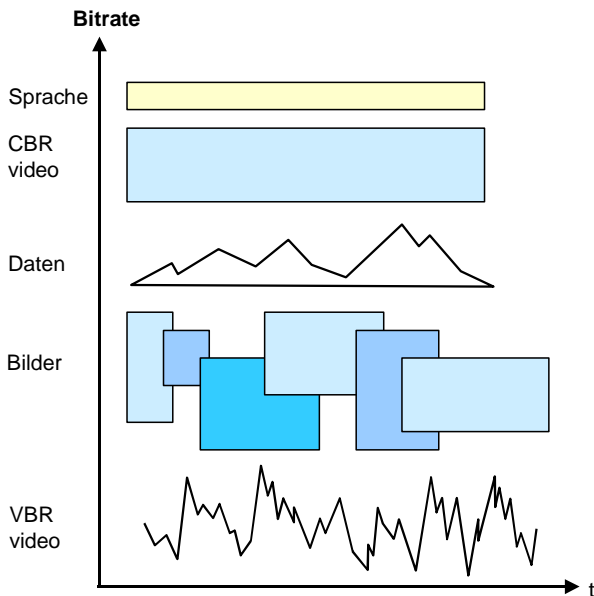


Bild: Eigenschaften von Verkehrsquellen

Die Anwendungen der Kommunikation lassen sich unterscheiden hinsichtlich der **Form der Kommunikation**:

- Datenkommunikation,
- Textkommunikation,
- Festbildkommunikation (Graphik)
- Bewegtbildkommunikation (Video),
- Sprach- und Audiokommunikation.

Jeder dieser Kommunikationsformen stellen eigene Ansprüche an das Netz. Hier spielen u.a. die folgenden **fünf Qualitätsanforderungen** eine große Rolle:

- Durchsatz (Bitrate),
- Ende-zu-Ende Verzögerung,
- Verzögerungsschwankungen (Jitter),
- Fehlerrate (Bit-, Zellen- oder Paketfehlerrate),
- Verfügbarkeit (Netz- oder Dienstverfügbarkeit).

Das Bild illustriert den Verlauf der Bitrate verschiedener Verkehrsquellen: Sprache, Video mit konstanter Bitrate (CBR, Constant Bit Rate), Datentransfer und Transfer von Bildern und Video mit variabler Bitrate (VBR, Variable Bit Rate).

Typische Multimedia-Anwendungen sind:

Zugriff auf MM-Dokumente (MM-Retrieval),
Verteilte MM-Konferenz,
Rechnerunterstütztes, kooperatives Arbeiten (Computer Supported Cooperative Work, CSCW),
Rechner- und netzunterstütztes Unterweisen (Distance Learning).

Einteilung der Kommunikationsdienste

Kommunikationsdienste lassen sich nach unterschiedlichen Merkmalen unterteilen:

Funktionsumfang,
Abwicklungsform.

a) Funktionsumfang

Der Funktionsumfang erstreckt sich auf die Punkte, zwischen denen die Kommunikation angewandt wird, und die funktionellen Eigenschaften des Dienstes. Es werden grundsätzlich zwei Dienstkategorien unterschieden:

Übermittlungsdienste (Bearer Services),
Teledienste (Tele Services).

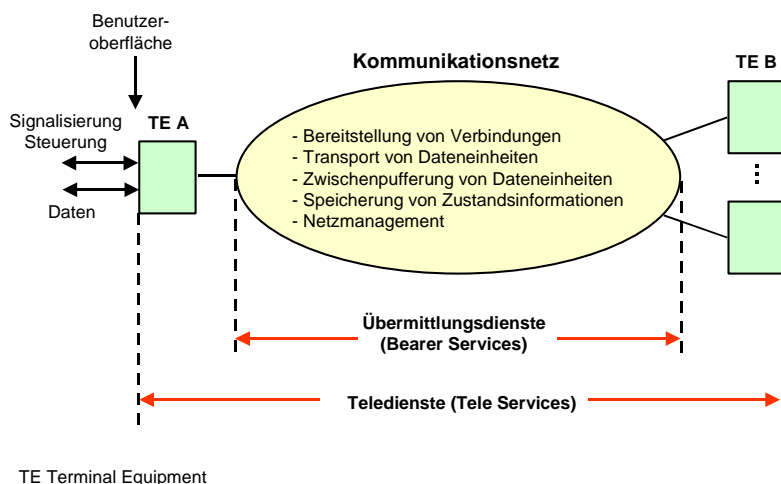


Bild: Wirkungsbereich von Diensten

b) Abwicklungsform

Die Zahl der Anwendungen ist nicht überschaubar und nimmt weiter zu. Deshalb die ITU-T eine Klassifikation in Anwendungstypen vorgenommen. Interaktive Dienste benötigen eine bidirektionale Kommunikation.

- **Dialogdienste** (conversation) beinhalten einen fortlaufenden, bidirektionalen Nachrichtenaustausch. Dazu gehören sinn gemäß auch Konferenz, entfernte Verarbeitungsausführung und Transaktionsausführung. Eine kurze Antwortzeit (Echtzeit) ist wesentlich.
- **Nachrichtenübermittlung** (messaging) impliziert im Gegensatz zu den Dialogdiensten eine Zwischenspeicherung der Nachrichten und entsprechend längere Laufzeiten. Sender und Empfänger können asynchron (zu verschiedenen Zeiten) senden bzw. empfangen.
- **Informationsabfrage** (retrieval) bezweckt den Zugriff auf zentral gespeicherte Daten. Neben leistungsfähigen Abfragemechanismen sind vor allem Server mit hoher Verarbeitungs- und Ein-Ausgabe-Leistung wichtig.
- **Verteildienste** sind unidirektional, soweit kein Rückkanal zur Verfügung steht. Ein Verteildienst mit Rückkanal bietet zusätzlichen Nutzen, beispielsweise für den Abruf bestimmter Beiträge (Inhalte, Programme) oder für Rückmeldungen (Beispiel televoting). Dabei beträgt die Übertragungskapazität des Rückkanals nur einen kleinen Bruchteil der Kapazität des Verteilkanals.

Anwendungen und Dienste

Aus der Sicht des Netzes stellen Anwendungen bestimmte Anforderungen, die zu erfüllen sind, damit der Anwender den erwarteten Nutzen erhält. Anwendungen im Zusammenhang mit Netzen sind Anwendungsprogramme, die (jedoch nicht notwendigerweise) von Personen genutzt werden. Die Anwendungsprogramme rufen die im Netz verfügbaren Dienste über ihr API (Application Programming Interface, Anwendungsprogrammierschnittstelle) auf. Der Dienst wird durch Kommunikationssoftware (Protokollstapel) realisiert, die (zumindest in den unteren Schichten) ein fester Bestandteil des Betriebssystems der zugrunde liegenden Plattform (Rechner) ist.

Individualkommunikation

- Videotelefonie
- Videokonferenz
- Informationsabfrage

Verkehrsleitsysteme

- Straßenverkehr
- Eisenbahn
- Flugverkehr



Kommunikative Tätigkeiten

- Telearbeit
- Telekooperation
- Telebanking
- Telemedizin
- Telediagnose
- Ferneinkauf
- Fernbuchung
- Fernberatung
- Fernunterricht

Logistiksysteme

- Fabrikation
- Lagerhaltung
- Transport

Steuerungssysteme

- Fabrikation
- Industrie
- Versorgung
- Verkehr

Neben der Individualkommunikation und alle kommunikative Tätigkeiten mit der Präfix "Tele" oder "Fern" erstreckt sich der Bereich Telekommunikationsdienste auch hin zu vielen anderen Bereichen wie Verkehrsleitsysteme sowie Logistik- und Steuerungssysteme.

Bild: Kommunikationsanwendungen

Anforderungen an die Geschäftskommunikation

An die Geschäftskommunikation werden diverse Anforderungen gestellt:

- **Erreichbarkeit** (connectivity): Alle Mitarbeiter und Geschäftspartner (Kunden, Lieferanten) sollen erreicht werden können.
- **Verfügbarkeit/Zuverlässigkeit** (availability / reliability): Die Kommunikation soll jederzeit ohne Einschränkungen möglich sein.
- **Sicherheit** (security): Die Kommunikation soll vertraulich und fehlerfrei sein, die Echtheit der Kommunikationspartner und der Nachrichten soll gewährleistet sein.
- **Kosten**: Die Gesamtkosten sollen möglichst niedrig sein.

Diese Anforderungen sind teilweise widersprüchlich. Demzufolge muss eine gute Lösung einen vernünftigen Kompromiss ergeben. Dabei sind verschiedenartige technische und organisatorische Lösungen zu berücksichtigen.

Alternative Netzlösungen für die Geschäftskommunikation

Öffentliche und private Teilnetze sind zu einem Kommunikationssystem verbunden. Man unterscheidet die folgenden Netze:

- **Private Netze**: Sie sind im Besitz einer Firma/Institution und werden ausschließlich von dieser genutzt. Die Investitionskosten sind vom Besitzer voll zu tragen, dafür fallen keine nutzungsabhängigen Kosten an. Vorschriften zur Technik (Protokolle) müssen nicht streng beachtet werden. Sicherheitsprobleme spielen in der Regel keine wesentliche Rolle.
- **Öffentliche Netze**: Ein Netzbetreiber finanziert und betreibt ein Netz (oder mehrere Netze), über das seine Kunden kommunizieren können und dafür feste und (oder) nutzungsabhängige Gebühren bezahlen. Standards stehen bei Netzbetreiber im Vordergrund und die Sicherheit ist von größerer Bedeutung.
- **VPN (Virtual Private Network)**: Ein Netz, das sich wie ein privates Netz verhält, jedoch auf der Infrastruktur eines öffentlichen Netzes aufsetzt. Damit ist die Sicherheit ein zentrales Anliegen. Ein VPN beinhaltet jedoch auch einen eigenen Adressierungsplan sowie eigenes Management und Verrechnung (Accounting).

Die Netzverbindungen können nach verschiedenen Kriterien eingeordnet werden:

- **Übertragungsmedium**: leitungsgebundene Übertragung (Kupfer oder Faserkabel) oder Funkübertragung (Funk oder optisch).
- **Zeitliche Verfügbarkeit**: zeitbegrenzt (Wählverbindung) oder permanent (Festverbindung).
- **Art der Nutzung**: exklusiv oder nichtexklusiv (gemeinsames Medium, shared Medium).

Anhand der Merkmale der Verbindungen lassen sich die folgenden Fälle der Geschäftskommunikation unterscheiden:

- **Großflächige Netze (WAN, MAN)**: Netze, die von Netzbetreibern (carrier) oder Netzanbietern betrieben werden.
- **Firmennetze (corporate networks)**: Ein Unternehmen kann für sich selber ein WAN betreiben ohne darauf Dienste für andere zu erbringen. Dazu werden Leitungen von Netzbetreibern gemietet und zu einem scheinbar firmeneigenen Netz verbunden. Das Unternehmen ist selbst für den Betrieb und das Management dieses Netzes verantwortlich.
- **RAS (Remote Access Service)**: ein Netz, das hauptsächlich auf Wählleitungen öffentlicher Netze aufsetzt. Die Funktion von RAS ist die eines Zugangsnetzes.
- **VPN (Virtual Private Network)**: Ziel eines VPN ist der Ersatz teurer, exklusiver Übertragungswege durch gemeinsam genutzte Leitungen. Die Unterscheidung in Kern und Zugangsnetz ist hier weniger bedeutsam. Das Internet bietet eine attraktive Basis für die Realisierung von VPN.
- **LAN (Local Area Network)**: Sie sind private Netze, die im wesentlichen ohne Vorschriften und Nutzungsgebühren von jedermann installiert und betrieben werden können. Trotzdem sind LAN weitgehend standardisiert, da nur so hinreichend große Märkte mit funktionierendem Wettbewerb und zueinander kompatiblen Produkten entstehen können. LANs sind geografisch auf das Grundstück eines Eigentümers beschränkt. (Ausnahme: drahtlose Verbindungen zwischen LAN-Inseln auf verschiedenen Grundstücken.)
- **Internet, Intranet, Extranet**: Das Internet ist ein öffentliches und offenes Netz. Ein Intranet ist ein Netz, das die gleiche Technik (Protokolle) benutzt wie das Internet, aber nur für eine geschlossene Benutzergruppe (z. B. die Mitarbeiter einer Firma) zur Verfügung steht. Ein Extranet ist ein Intranet, das zusätzlich ausgewählten Partnern (Kunden, Lieferanten) den Zugang ermöglicht. Ein Intranet kann grundsätzlich ohne Zugang zum Internet existieren. In der Regel wird jedoch ein - unidirektionaler oder selektiver - Internetzugang gewünscht sein). Dadurch wird aber das Problem der Sicherheit des Intranet gegenüber dem Internet aufgeworfen. Die Realisierung eines Intranet auf der Struktur des Internet ist aus wirtschaftlichen Gründen vorteilhaft. Allerdings stellen sich bei dieser Variante schwerwiegende Sicherheitsprobleme. Ein Intranet kann auch dadurch abgegrenzt werden, dass es private IP-Adressen nutzt.

b) Abwicklungsform

Die Abwicklungsform bestimmt, welche Eigenschaften der Kommunikationsdienst im Hinblick auf seine Nutzung aufweist. Die folgende Einteilung folgt der Definition der ITU-Standardisierung:

1) Interaktive Dienste (Interactive Services)

- **Dialogdienste (Conversational Services):** Bidirektionale (Dialog-)Kommunikation zwischen zwei TE ohne wesentliche Zwischenpufferung der Benutzerinformationen. Beispiele: Telefon, Videotelefon, Datendialogkommunikation, und Filetransfer.
- **Speicherdienste (Messaging Services):** Benutzer-zu-Benutzer-Kommunikation mit Zwischenspeicherung von Benutzerinformation. Beispiele: Elektronische Post, E-mail, Message Handling, Voice-mail und Video-mail.
- **Abrufdienste (Retrieval Services):** Abruf gespeicherter Informationen aus (öffentlichen) Datenbanken auf Anforderung durch individuelle Benutzer. Beispiele: Abruf von HiFi-Audioprogrammen (audio retrieval), Abruf von Videoprogrammen (video retrieval), Abruf von gespeicherten Daten (data retrieval).

2) Verteildienste (Distributive Services)

- **Verteildienste ohne benutzerindividuelle Steuerung der Informationsdarstellung**
Informationen werden von einer zentralen Stelle aus in kontinuierlich ablaufender Form angeboten und können von einer unbegrenzten Anzahl von Benutzern empfangen werden ohne Einflussnahme auf Beginn, Ende oder die Reihenfolge des Informationsangebotes. Beispiele: Rundfunk und Fernsehen.
- **Verteildienste mit benutzerindividueller Steuerung der Informationsdarstellung**
Individueller Zugang zu zentral angebotenen Informationen mit der Möglichkeit, die Darstellung individuell zu gestalten, z. B. hinsichtlich Beginn, Unterbrechung, Wiederholung, Zeitlupe etc. Beispiele sind interaktives Fernsehen (Video-on-Demand) und interaktiver Rundfunk.

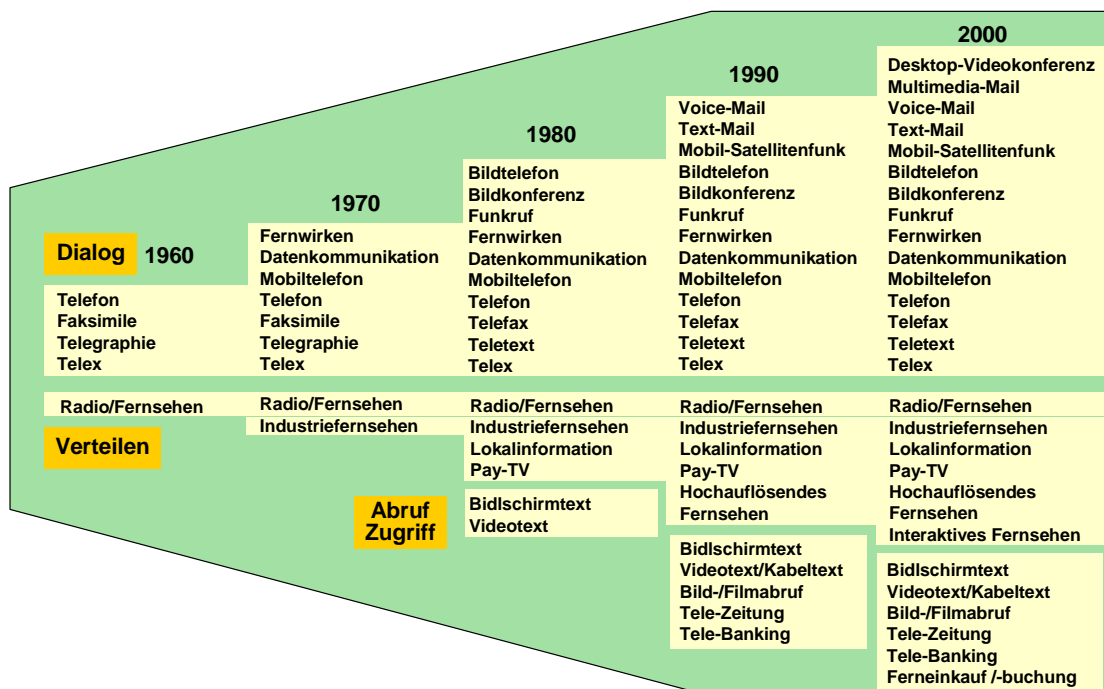


Bild: Entwicklung der Kommunikationsdienste

Dienstmerkmale

Moderne Kommunikationsdienste weisen sehr unterschiedliche Merkmale auf, welche aus der Informationsdarstellung, der Codierung, der Nutzung oder dem Benutzerverhalten resultieren:

- Bitrate (Bandbreite): konstant oder variabel,
- Betriebsverhalten: kontinuierlicher oder büschelartiger Betrieb,
- Konfiguration: Punkt-zu-Punkt, Punkt-zu-Mehrpunkt und Mehrpunkt (Konferenz),
- Verbindungshäufigkeit und Verbindungsdauer.

Diensteintegration

- Mehrere Dienste pro Netz
- Video-, Sprach- und Datenübertragung

Leistungsfähigkeit

- Hohe Bitrate

Übermittlungsgüte

- Geringe Verzögerungen
- Geringe Verzögerungsschwankungen (Jitter)
- Geringe Fehlerraten

Vermittlungsgüte

- Verbindungsaufbaudauer
- Blockierwahrscheinlichkeit

Erreichbarkeit

- Vernetzung
- Verbindung von Teilnetzen

Verfügbarkeit**Wirtschaftlichkeit****Sicherheit und Privatsphäre****Netzanforderungen**

Zur Unterstützung der Kommunikation stellen Kommunikationsdienste unterschiedliche Anforderungen an das Kommunikationsnetz hinsichtlich

- Diensteintegration,
- Leistungsfähigkeit (Durchsatz, bzw. Bitrate),
- Übertragungsgüte (Bitfehlerrate, Informationsverzögerung),
- Vermittlungsgüte (Verbindungsaufbaudauer, Blockierwahrscheinlichkeit),
- Erreichbarkeit (Grad der Vernetzung),
- Verfügbarkeit (Ausfallsicherheit, Selbstheilbarkeit, automatische Rekonfigurierbarkeit),
- Wirtschaftlichkeit (Gebührenstruktur),
- Sicherheit und Privatsphäre.

Bild: Anwendungsanforderungen

- Reihenfolgegetreue:

Definiert die Akzeptanz von möglichen Reihenfolge-Vertauschungen

- Segmentierte Datenzustellung:

Spezifiziert, ob der Empfang von segmentierten Dateneinheiten zulässig ist

- Maximale Dateneinheitengröße:

Wird für die Anwendungsschnittstelle definiert

- Gruppenzustellung:

Spezifiziert den Anwendungswunsch nach Gruppenkommunikation und deren Semantik

- Fehlertoleranz:

Erlaubt die Angabe von tolerierbarem Datenverlust, akzeptabler Datenreplikation und Datenverfälschung

- Sicherheitsanforderungen:

Angaben über die Daten- und Zugriffs-Sicherheit sind möglich

Für jeden Dienst sind dienstspezifische Vereinbarungen zu treffen.

Beispiele für qualitative Dienstparameter sind:

Reihenfolgegetreue,
Segmentierungserlaubnis,
Maximale Größe der Dateneinheiten,
Individual- oder Gruppenkommunikation,
Fehlertoleranz,
Sicherheitsanforderungen.

Bild: Qualitative Dienstparameter

- Durchsatz:

Menge der zwischen Dienstbenutzern ausgetauschten Daten je Zeiteinheit

- Burstiness:

Maximale zu mittlerer Bitrate innerhalb eines Bursts oder mittlere Burstlänge

- Verzögerung:

Zeitspanne zwischen der Übernahme einer Dateneinheit und Auslieferung

- Verzögerungsschwankung (Jitter):

Schwankung in der Verzögerung von Dateneinheiten

- Antwortzeit:

Zeit, die zusätzlich zur zweifachen Verzögerung die Verarbeitungszeit des Empfängers einschließt

- Datenverfälschung:

Anzahl der verfälschten Dateneinheiten

- Datenverlust

Anzahl der verlorengegangenen Dateneinheiten

- Netz- oder Dienstverfügbarkeit

Spezifiziert die maximale Zeit eines Unterbruches

Für jeden Dienst sind auch quantitative Vereinbarungen über Kommunikationseigenschaften zu treffen.

Dabei gibt es fünf Basisanforderungen:

- Durchsatz (Bitrate),
- Ende-zu-Ende Verzögerung,
- Verzögerungsschwankungen (Jitter),
- Fehlerrate (Bit-, Zellen- oder Paketfehlerrate),
- Verfügbarkeit (Netz- oder Dienstverfügbarkeit).

Bei der Burstiness handelt es sich um den zeitlichen Verlauf der Bitrate. Die Antwortzeit (Roundtrip delay) bestimmt die Wartezeit eines Benutzers auf die Rückantwort. Und Datenverfälschung ist einer der verschiedenen Gründe für Datenfehler.

Bild: Quantitative Dienstparameter

Sprache Audio Disk Audio MP3	2,4 – 64 kbit/s 1,5 – 6 Mbit/s 128 kbit/s
Video unkomprimiert unkomprimiert hochauflösend komprimiert DVD komprimiert komprimiert hochauflösend	100 Mbit/s 1 – 2 Gbit/s 1,5 Mbit/s 5 Mbit/s 20 – 100 Mbit/s
Video 1000 × 1000 Pixel à 24 Bits Röntgentomographie	24 Mbit/s 5 Mbit/s

Bild: Durchsatzanforderungen

Abhängig von der Quelle werden unterschiedliche Durchsatzanforderungen an das Netz gestellt. Bei den aufgeführten Audio- und Videoquellen handelt es sich um konstante Bitraten. Die Verkehrsart wird als Streaming bezeichnet.

Die Basisrate für Sprache ist 64 kbit/s. Mit verschiedenen Kompressionsverfahren, die alle standardisiert sind, entstehen die konstante Raten 32 kbit/s, 16 kbit/s, ..., bis zu 2.4 kbit/s. Ab 16 kbit/s nimmt die Qualität stark ab. Jede Kompression verursacht eine Verzögerung.

Musik von einer CD erfordert mindestens eine Bitrate von 1,5 Mbit/s, bei MP3 reduziert sich die Rate auf 128 kbit/s.

Die Video-Raten sind 100 Mbit/s und 1 Gbit/s (hochauflösend). Bei Off-line-Kompression auf einer DVD reduziert sich die Bitrate auf 1,5 Mbit/s. Für Echtzeit-Kompression sind die Werte von 5 Mbit/s und 20 Mbit/s (hochauflösend) erzielbar.

Sprache	analog digital	3 kHz	GSM 13 kbit/s Telefonie 64 kbit/s, 32 kbit/s, ..., 2,4 kbit/s
Audio	analog digital	20 kHz	CD-Qualität 1,5 bis 6 Mbit/s MP3-komprimiert 128 kbit/s
Video	analog digital	5-6 MHz	Fernsehen in Studioqualität 50 -100 Mbit/s Digitalvideo (unkomprimiert) 100 - 500 Mbit/s Digitalvideo (komprimiert) 20 - 100 Mbit/s HDTV (unkomprimiert) 2 Gbit/s HDTV (komprimiert) 100 Mbit/s
Text	digital		50 kbit/s -10 Mbit/s
Daten	digital		Datentransfer 1 - 150 Mbit/s Telekonferenzen < 150 Mbit/s
Bilder	digital		Graphiken einige 100 kbit/s Fotos einige Mbit/s Hochauflösende Bilder < 150 Mbit/s

Bild: Signal- und Datenquellen

Neben Signal- und Datenquellen mit einer konstanten Bitraten (Sprache, Audio, Video) sind auch Quellen mit Datenbursts (Text, Daten, Bilder) zu betrachten. Sie beanspruchen das Netz kurz, aber maximal bis zur vollen Anschlussrate. Bei Ethernet bis zu 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s. Im allgemeinen wird die momentane Rate von den Protokollen abhängig sein.

Sprach-, Audio und Videoquellen können auch eine variable Bitrate produzieren:

Sprache: Pausenunterdrückung,

Audio: hohe Bitrate bei schnell wechselnden Klängen.

Video: hohe Bitrate bei schnell wechselnden Szenen.

Daten und Bilder

A4 Textseite	3 KByte
A4 gescannte Seite (niedrige Auflösung)	4 MByte
A4 gescannte Seite (hohe Auflösung)	8 MByte
Bild 1280 x 1024 x 16	2,5 MByte
Bild 1280 x 1024 x 24	4 MByte
Bild 4096 x 4096 x 16	34 MByte
Bild 4096 x 4096 x 24	50 MByte

↑ Anzahl Bits für Farben oder Graustufen
↑ Bildgröße in Pixels (Bildpunkten)

E-Mail

Text	1.5 KByte
HiFi-Audio	10 Mbyte / min
Kleinbildvideo	50 Mbyte / min
Graphik	1 Mbyte / Graphik
Foto	4 Mbyte / Foto

Bild: Datenmenge

Anwendung	Erforderliche Datenrate
Persönliche Kommunikation	0,3 - 9,6 kbit/s
E-Mail-Übertragung	2,4 - 9,6 kbit/s
Fernsteuerung	9,6 - 56 kbit/s
Digitale Sprachübertragung (Telefonqualität)	64 kbit/s
Datenbankabfrage	bis 1 Mbit/s
Audiosignale (hohe Qualität)	1 - 2 Mbit/s
Videosignale (komprimiert)	2-10 Mbit/s
Videosignale (z. B. für Telemedizin)	bis 50 Mbit/s
Dokumentverwaltung (Document Imaging)	10 - 100 Mbit/s
Bildkommunikation (Scientific Imaging)	bis 1 Gbit/s
Video (Bewegtbild)	1 - 2 Gbit/s

Bild: Erforderliche Datenraten

Übertragungssystem	Datenrate
Modem an Wählleitung	1,2 - 56 kbit/s
Dateiübertragung über serielle Schnittstelle	bis 115 kbit/s
Parallele Schnittstelle	300 kbit/s
WAN-Verbindung, ISDN, Fractional T1	64 kbit/s
WAN-Verbindung, T1, T3	1,5 Mbit/s, 45 Mbit/s
WAN-Verbindung, E1, E3	2 Mbit/s, 34 Mbit/s
Token Ring LAN	4, 16, 100 Mbit/s
Ethernet LAN	10, 100 Mbit/s, 1, 10 Gbit/s
HSSI (High-Speed Serial Interface)	52 Mbit/s
FDDI (Fiber Distributed Data Interface)	100 Mbit/s
FCS (Fibre Channel System)	1 Gbit/s
SDH (verfügbar)	155 Mbit/s -10 Gbit/s
SDH, SONET (verfügbar)	50 Mbit/s -10 Gbit/s
SDH, SONET (zukünftig)	40 Gbit/s

Bild: Datenraten von Übertragungssystemen

Übertragungsmedium	Bitfehlerwahrscheinlichkeit
Funkkanal	$10^{-1} - 10^{-3}$
Telefonleitung	10^{-5}
Digitales Datennetz	$10^{-6} - 10^{-7}$
Koaxialkabel im LAN	10^{-9}
Glasfaser (Lichtwellenleiter)	10^{-12}

Bild: Bitfehlerwahrscheinlichkeiten ohne Fehlerkorrektur

Datenraten

Je nach Anwendung sind Datenraten von weniger als 1 kbit/s bis zu über 1 Gbit/s erforderlich.

Durch Wahl eines geeigneten Übertragungssystems können diese Datenraten verfügbar gemacht werden. Die Schnittstelle zwischen Endgerät und Netz muss ebenfalls die geforderte Datenrate zulassen.

Fehlerraten

Die Bitfehlerwahrscheinlichkeit auf einem Übertragungsmedium ist von großer Bedeutung für die Dienstgüte. Wenn die Bitfehlerrate eines Mediums zu hoch ist, muss eine Fehlerkorrektur eingesetzt werden. Die von der Anwendung geforderte Restfehlerwahrscheinlichkeit bestimmt den dafür nötigen Aufwand. Beispielsweise wird für die Datenübertragung mittels GSM eine Restfehlerwahrscheinlichkeit kleiner als 10^{-7} verlangt, während die Fehlerwahrscheinlichkeit des Übertragungskanals mehrere Größenordnungen höher liegt.

Quality-of-Service (Dienstgüte, Dienstqualität)

Unter **Dienstgüte (QoS: Quality-of-Service)** versteht man das Verhalten eines Netzes, das bestimmte Arten von Verkehr bevorzugt gegenüber anderen Arten behandelt. Damit ist zunächst nichts über die verwendeten Mechanismen oder die Art und quantitative Festlegung der erreichbaren Güte gesagt.

Der Begriff COS (Class-of-Service) drückt aus, dass verschiedene Arten von Verkehr (Daten, Sprache, Video, ...) in Klassen eingeteilt werden, die vom Netz unterschiedlich behandelt werden. Die Anwendung der Begriffe QoS/COS im Zusammenhang mit Multimedia ist also naheliegend. Man unterscheidet drei Dienstgüteklassen:

- **Best-Effort-Dienste:** Dienste, die keine Garantien ermöglichen. Auf der Vermittlungsschicht des Internet erbringt IP einen Best-Effort Dienst.
- **Vorhersagbare Dienste** (auch historische Dienste): Die Grenzwerte der Dienstgüteparameter sind Schätzungen des vergangenen Verhaltens, die der Dienst auch zukünftig zu erfüllen anstrebt.
- **Garantierte Dienste:** Sie stellen QoS-Garantien zur Verfügung, die durch Dienstgüteparameter (Grenzwerte) entweder deterministisch oder im statistischen Mittel beschrieben werden. Beispiel für einen deterministischen Parameter ist die Laufzeit bzw. deren Schwankung. Ein statistischer Grenzwert könnte beispielsweise die Fehlerrate sein.

Anforderungen an die Dienstgüte:

- **Echtzeitanwendungen** (Pakete müssen innerhalb festgelegter Zeitgrenzen zugestellt werden) versus Nicht-Echtzeitanwendungen. Die Sprachübertragung im Internet stellt Echtzeitanforderungen, da bei zu großen Verzögerungen der Pakete die Sprache unverständlich wird. FTP funktioniert hingegen auch bei großen und stark schwankenden Verzögerungen.
- Echtzeitanwendungen können als **intolerant** (Verluste, also auch die verspätete Ankunft von Paketen, können nicht hingenommen werden) und **tolerant** (gelegentliche Verluste können toleriert werden) klassifiziert werden. Die Sprachübertragung ist tolerant, da einzelne fehlende Abtastwerte des Sprachsignals durch Interpolation vorhandener Werte geschätzt werden können, ohne dass die Qualität des Sprachsignals stark leidet. Steuerungsdaten, beispielsweise für Roboter, müssen jedoch absolut fehlerfrei übertragen werden, da sonst nicht einschätzbare und potenziell gefährliche Folgen eintreten können.
- Im einfachsten Fall sind Echtzeitanwendungen **nichtadaptiv**. Adaptive Anwendungen können sich an variierende Übertragungsparameter (in einem gewissen Umfang) anpassen und damit dem Anwender eine höhere subjektive Qualität bieten. Die Übertragung von Sprachsignalen kann verzögerungsadaptiv sein, wenn der Zeitpunkt des Auslesens des Empfangspuffers in Abhängigkeit der gemessenen, mittleren Verzögerung angepasst wird. Eine Bildübertragung kann ratenadaptiv sein, da Algorithmen für die Bildcodierung in der Regel einen Kompromiss zwischen Datenrate und Bildqualität zulassen.
- **Nicht-Echtzeitanwendungen** stellen keine konkreten Anforderungen an die Verzögerung und kommen mit Paketverlusten zurecht (in der Regel durch wiederholte Übertragung). Gleichwohl präferiert der Anwender kurze Verzögerung und geringe Verluste. Anwendungen in dieser Kategorie können interaktiv (WWW, FTP) oder asynchron (E-Mail) sein.

Zur qualitativen und quantitativen Erfassung der tatsächlich erbrachten Qualität oder Güte eines Dienstes werden unterschieden:

- **Dienstgüte, Dienstqualität** (Quality-of-Service, QoS),
Gesamtheit der Qualitätsmerkmale eines Kommunikationsdienstes aus der Sicht des Benutzers dieses Dienstes
- **Netzgüte, Netzqualität** (Network Performance),
Fähigkeiten des Kommunikationsnetzes, die Kommunikationsaufgaben zu erfüllen,
- **Verkehrsgüte, Verkehrsqualität** (Grade-of-Service, GoS).

Teil der Netzgeräte, der von der Bemessung der Netzbetriebsmittel und der Netzorganisation abhängt. Hierfür werden konkrete und messtechnisch erfassbare Metriken eingeführt wie

- Paketverlust-Wahrscheinlichkeit
- Paketfehlerrate, Zellfehlerrate
- Verbindungsaufbauverzugs-Dauer
- Transferdauer
- Transferdauerschwankung

Datenart	Durchsatz	max. Bitfehlerrate	Verzögerung	Jitter
Text	50 kbit/s	$< 10^{-5}$	1 – 10 s	-
Daten	einige 10 Mbit/s	0	> 1 s	-
Echtzeitdaten	einige Mbit/s	0	1 ms – 1 s	-
Sprache	64 kbit/s	10^{-1}	$< 0,25$ s	10 ms
Musik	1.4 Mbit/s	10^{-8}	$< 0,25$ s	10 ms
Graphiken	einige 100 kbit/s	$< 10^{-4}$	< 1 s	-
Fotos	einige Mbit/s	$< 10^{-4}$	< 1 s	-
Video (original)	150 Mbit/s	10^{-2}	$< 0,25$ s	wenige ms
Video (komprimiert)	einige 10 Mbit/s	$< 10^{-8}$	$< 0,25$ s	wenige ms

Bild: Quantitative Anwendungsanforderungen

Zusätzliche Dienstmerkmale

Neben der Grundausstattung eines Dienstes wird eine Vielzahl zusätzlicher Funktionen (Supplementary Services, Service Attributes) bereitgestellt, welche entweder dem Benutzer des Dienstes oder dem Netzbetreiber dienen. Diese zusätzlichen Dienstmerkmale können auf verschiedene Art und Weise erbracht bzw. realisiert werden:

- Im Endgerät des Teilnehmers
- In den Vermittlungseinrichtungen (Netzknoten)
- In speziellen Dienstzentralen (z. B. Dienste des sogenannten Intelligenzen Netzes)

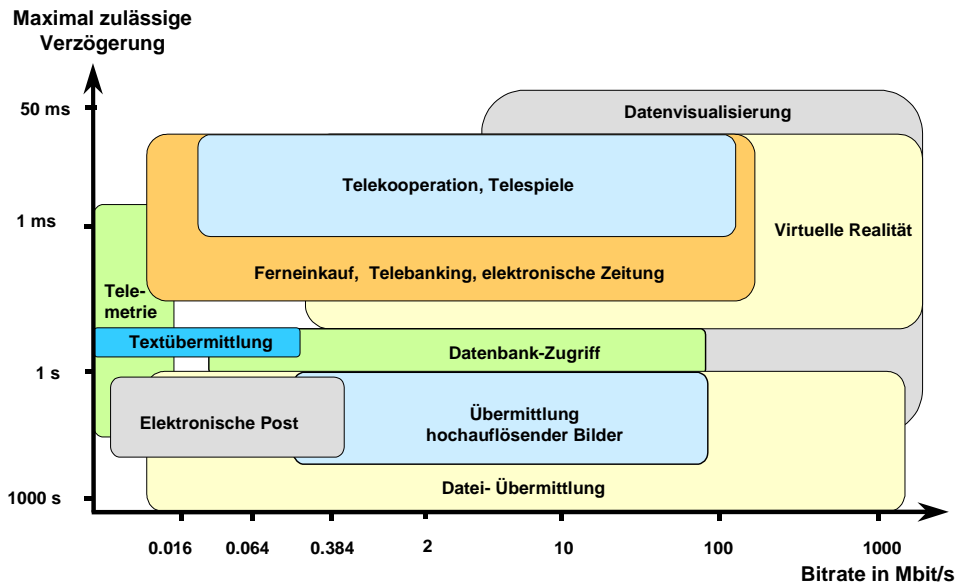


Bild: Service-Anforderungen

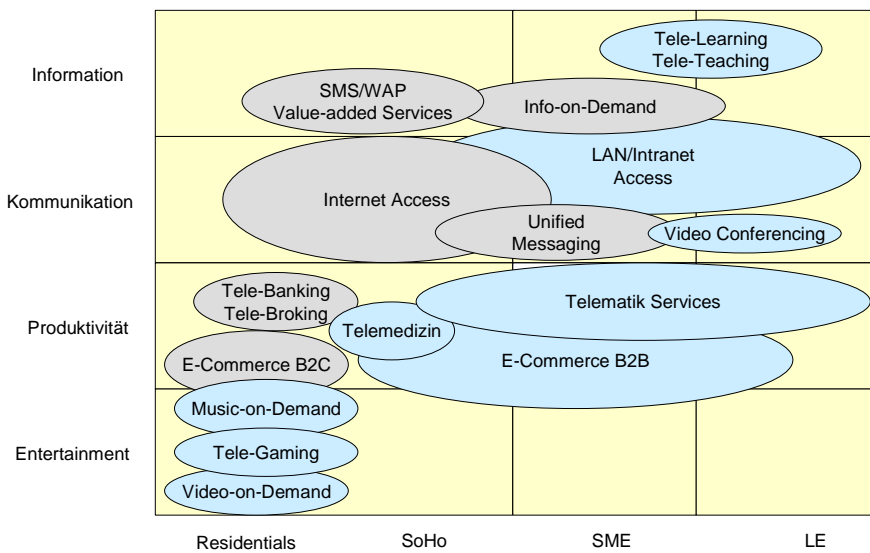


Bild: Marktklassifikation von Diensten

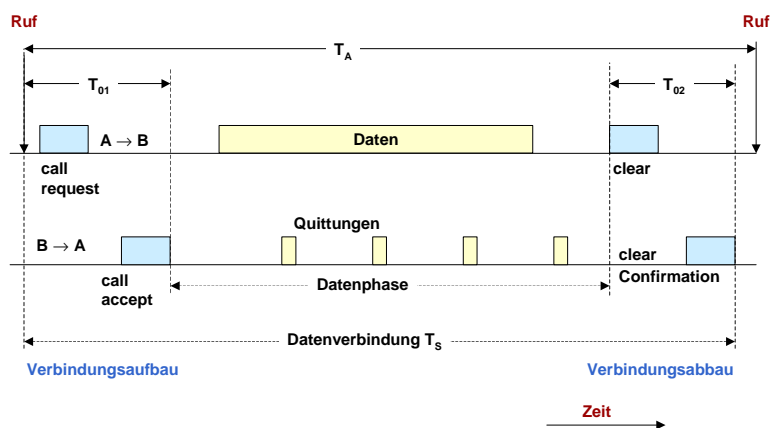
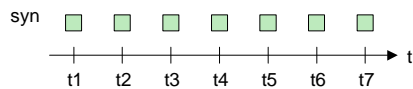
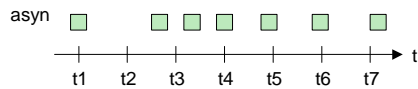


Bild: Massendatenverkehr (Stapelverkehr)



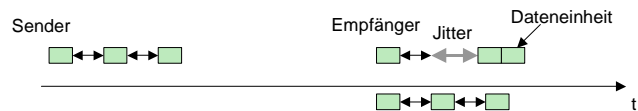
• Synchroner Dienst

Es liegt ein exakt definierter Zeitraum zwischen aufeinanderfolgenden Dateneinheiten (Schwankungen sind nicht erlaubt).



• Asynchroner Dienst

Es existieren keine Anforderungen an Zeiträume zwischen aufeinanderfolgenden Dateneinheiten.



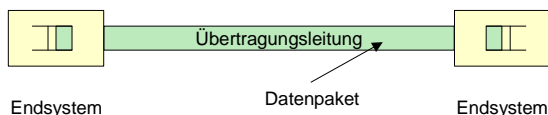
Jitter: Schwankung in der Verzögerung von Dateneinheiten

- Auch bei konstanter Senderate können die Dateneinheiten beim Empfänger mit variablen Zwischenabständen eintreffen
- Im Netz kann durch unterschiedliche Bedienung in den Zwischensystemen ein solcher Jitter verursacht werden

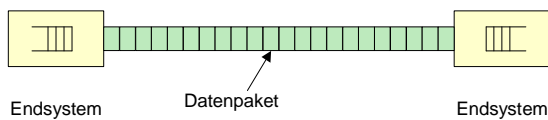
Bild: Verzögerungsschwankungen (Jitter)

Bild: Synchroner und asynchroner Dienst

Langsames Netz mit 10 kbit/s \Rightarrow Pfadkapazität = 250 bit



Schnelles Netz mit 1 Gbit/s \Rightarrow Pfadkapazität = 25 Mbit



Netzausdehnung 5.000 km

Signalausbreitungsgeschwindigkeit ca. 200.000 km/s = **5 μ s/km**

Bild: Pfadkapazität einer Übertragungsstrecke



- Übertragung einer Datei zwischen Ost- und Westküste der USA
- Dateigröße: 1 Mbyte
- Übertragungsstrecke: ca. 5.000 km
- Signallaufzeit: 25 ms

• Bitrate von 64 kbit/s

Das erste Bit erreicht den Empfänger nach Austaktung von etwa 1.600 Bits

• Bitrate von 2 Mbit/s

Das erste Bit erreicht den Empfänger nach Austaktung von 50.000 Bits

• Bitrate von 1 Gbit/s

Austaktung der 1-Mbyte Datei bereits nach 8 ms beendet (d.h. die gesamte Datei ist im Netz gepuffert).

Bild: Pfadkapazität einer Übertragungsstrecke

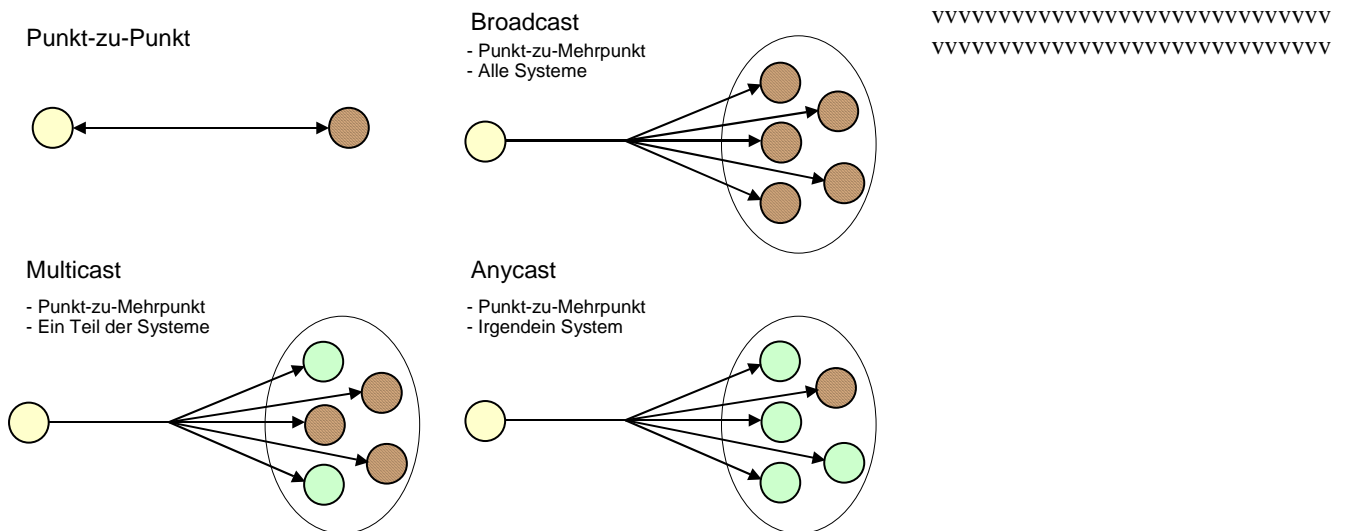


Bild: Kommunikationsformen

Kommunikationsbeziehungen

Eine Kommunikationsbeziehung (Kommunikationsstruktur, Kommunikationsmuster) gibt an, wie viele Teilnehmer in welcher Weise miteinander kommunizieren. Die einfachste Kommunikationsbeziehung besteht zwischen genau zwei Kommunikationspartnern, die bidirektional miteinander kommunizieren. Dies wird als Unicast bezeichnet und durch die Notation 1:1 gekennzeichnet. Unicast impliziert eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung. Multicast (Gruppenkommunikation) wird als 1:n und Broadcast als 1: m abgegeben. Beim Multicast sendet 1 Sender an n Empfänger (Mitglieder der Gruppe). Beim Broadcast steht m für alle Teilnehmer in einem Netz. Beide Fälle beinhalten eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Kommunikation. Multicast ist in Rechnernetzen von zunehmender Bedeutung. Erweiterte Kommunikationsbeziehungen beschreiben die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern. Kommunikationsbeziehungen dieser Art nehmen in der Praxis an Bedeutung zu.

Client-Server-Architekturen

Ein Netz kann aus Sicht der Anwendungen gleichberechtigte Teilnehmer miteinander verbinden. Solche Netze werden als **Peer-to-Peer-Netze** bezeichnet. Client-Server-Architekturen ordnen den Netzteilnehmern hingegen unterschiedliche Funktionen zu.

Ein Client ist ein Dienstanutzer, der Anfragen an einen Server (Dienstbringer) stellt. Der **Server** ermittelt und überträgt die Antwort an den Client. In der Praxis werden Server-Typen eingesetzt, die bestimmte Dienste erbringen und entsprechend benannt werden:

- **Dateiserver** (file server): speichert Dateien für eine Vielzahl von Clients und gibt diese auf Anfrage heraus.
- **Druckerserver** (print server): erledigt Druckaufträge für die im Netz existierenden Clients.
- **Datenbankserver** (database server): beinhaltet Datenbanken, die auf Anfrage von Clients abgefragt werden. Die Ergebnisse der Abfrage werden den Clients übermittelt.
- **Kommunikationsserver** (communications server): ermöglicht den Clients in einem Netz die Kommunikation in externe Netze.

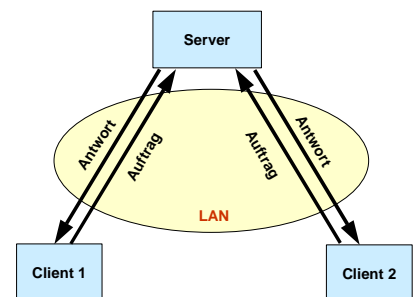


Bild: Client-Server Modell

Clients können für die Kommunikation mit einem bestimmten Servertyp ausgelegt sein. In der Regel können sie jedoch mit mehreren verschiedenartigen Servern kommunizieren.

Zur Festlegung der Aufgabenverteilung zwischen Client und Server wird ein vereinfachtes Schichtenmodell zugrunde gelegt. Die Schichten sind:

- **Darstellung** (presentation): beinhaltet die grafische Benutzeroberfläche, die die Interaktion des Anwenders mit der Anwendung ermöglicht.
- **Verarbeitung** (processing, application logic, business logic): beinhaltet die Anwendungsprogramme, die vom Anwender genutzt werden.
- **Datenhaltung** (data storage): beinhaltet Strukturen und Funktionen zur Speicherung und Manipulation der von den Anwendungsprogrammen genutzten Daten.

Die einfachste Verteilungsalternative besteht darin, Darstellung, Verarbeitung und Datenhaltung auf einem Zentralrechner auszuführen. Logisch findet also keine Verteilung statt, obwohl dezentrale Arbeitsplätze über ein Kommunikationssystem ~im einfachsten Fall eine sternförmige Punkt-zu-Punkt-Verkabelung, ein LAN kann ebenfalls verwendet werden) mit dem Zentralrechner kommunizieren.

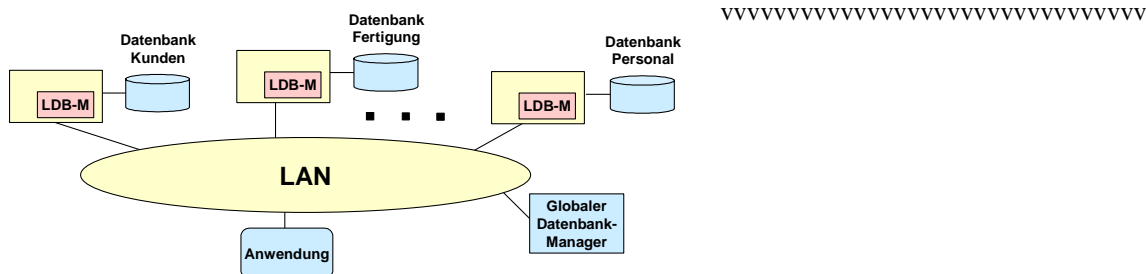


Bild: Verteilte Datenbank

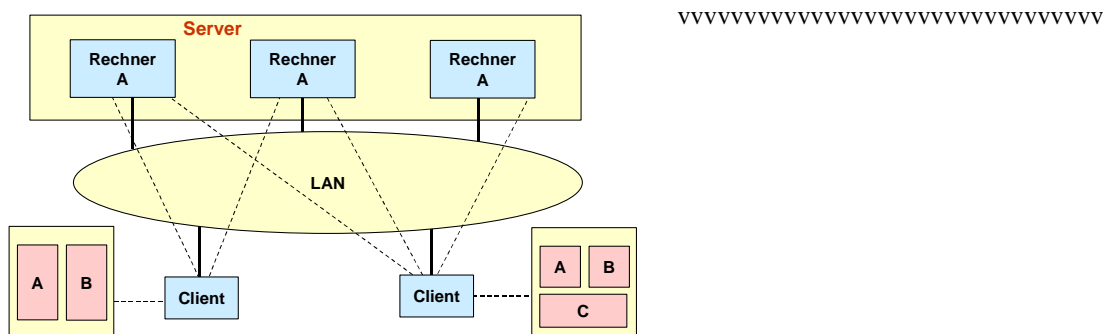


Bild: Verteilte Fenstertechnik

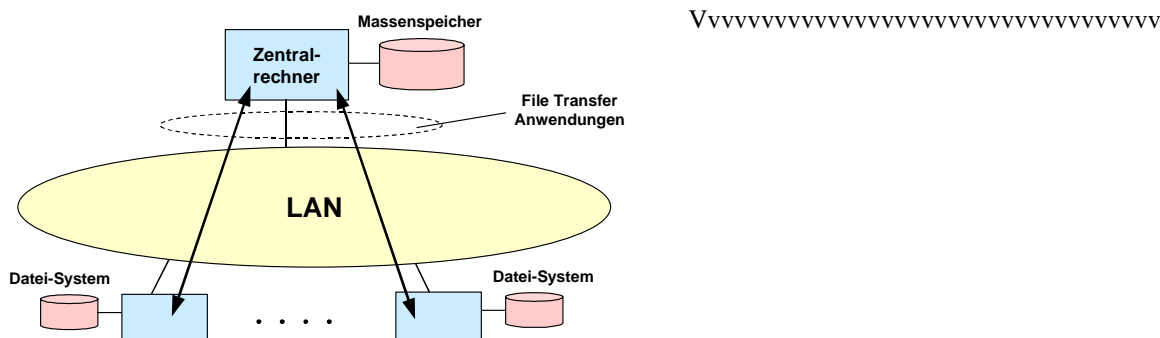


Bild: Verteilte Datenhaltung ohne Dateisystem

Zweischichtige Client-Server-Architektur

Client-Server-Architekturen (C/S-Architekturen) weisen Servern und Clients unterschiedliche Aufgaben zu. **Zweischichtige C/S-Architekturen** (two-tier) überlassen dem Server die Datenhaltung. Bei der **Variante fat client** werden Darstellung und Verarbeitung vom Client erledigt. Beim **fat server** (gleichbedeutend mit thin client) übernimmt der Server zusätzlich die Verarbeitung. Die über das Netz ausgeführten Funktionen sind für die beiden Fälle verschieden:

- RFA (Remote File Access): Zugriff auf eine entfernte Datei und deren Übertragung zum Client. Entspricht im wesentlichen dem OSI-Dienst FTAM. FTP und NFS haben ähnliche Funktionen.
- RDA (Remote Database Access): Der Anwender sendet eine Datenbankanfrage an den Server. Die übertragene Datenmenge kann wesentlich geringer sein als bei RFA.
- **Called Stored Procedures** (gespeicherte Prozeduren): Dies sind Anwendungsprogramme für die Datenbankabfrage, in die datenbankspezifische Anweisungen (z. B. SQL: Structured Query Language) eingebettet sind. Die Programme werden zusammen mit der Datenbank abgelegt. Dadurch muss der entfernte Benutzer lediglich den Aufruf der Called Stored Procedure mit zugehörigen Argumentwerten übertragen.

Dreischichtige Client-Server-Architektur

Dreischichtige C/S-Architekturen (three tier architecture) führen zwei Schichten mit Servern ein. Eine Server-Schicht ist mit **Anwendungsservern** (application server) besiedelt, die andere mit **Datenservern** (data server). Die Clients sind über ein eigenes Netz mit den Anwendungsservern verbunden. Sie senden mittels RDA (s. o.), RPC, message queueing (Nachrichten-Warteschlangen, Nachrichten werden nach dem E-Mail-Prinzip asynchron, also ohne auf Antwort zu warten, übertragen) oder Transaktionsverfahren Aufträge an die Anwendungsserver. Diese wenden sich bei Bedarf an die Datenserver. Anwendungs- und Datenserver sind untereinander durch ein eigenes Netz verbunden.

Anwendungsbereiche

Obwohl aus technischer Sicht die Kommunikation zwischen Anwendungsprozessen im Vordergrund steht, führt diese in vielen Fällen zur Kommunikation zwischen Personen. Beispiele sind Electronic Mail, Videokonferenzen oder Rundfunkübertragungen im Internet. Die Kommunikation zwischen technischen Prozessen über Rechnernetze ist ebenfalls von großer und zunehmender Bedeutung.

Multi-Service-Netze versus Single-Service-Netze

Das klassische Telefonnetz bietet im Prinzip genau einen Dienst, die Sprachkommunikation. Es ist genau auf diese Anwendung zugeschnitten und optimiert. Durch ISDN wurde das Telefonnetz zu einem Netz erweitert, das mehrere Dienste integriert. Der Begriff Multi-Service-Netz soll ausdrücken, dass ein Netz verschiedenartige Dienste (mit Daten sowie Sprach- und Bildsignalen) in einer einheitlichen Netz-Infrastruktur integriert. Dadurch ergeben sich für Betreiber wie für Anwender Vorteile. Der Aufwand für mehrere spezialisierte Netze wird vermieden und die Flexibilität der Nutzung wird erhöht. Eine aktuelle Entwicklungstendenz strebt ein Multi-Service-Netz über ein einheitliches Paket- oder Zellen-Netz an. Dies kann längerfristig zu einer Konvergenz von Rechner- und Telekommunikationsnetzen führen.