

Block 2/18

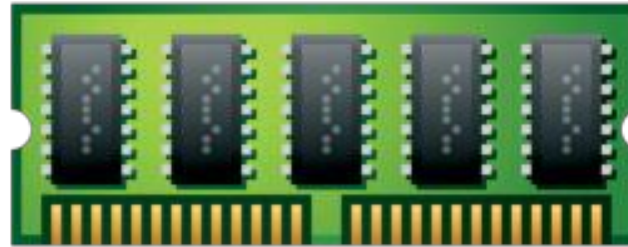
Verbünde und Topologien

Motivation für Rechnerverbünde

Betriebsmittel / Systemressourcen von Hosts, beispielsweise:



Prozessor



Arbeitsspeicher



Massenspeicher



Peripherie, z.B.
Drucker

Motivation für Rechnerverbünde

Rechner in einem Netzwerk zu verbinden, kostet Zeit, Personal und Geld.

Was ist also die Motivation dafür?

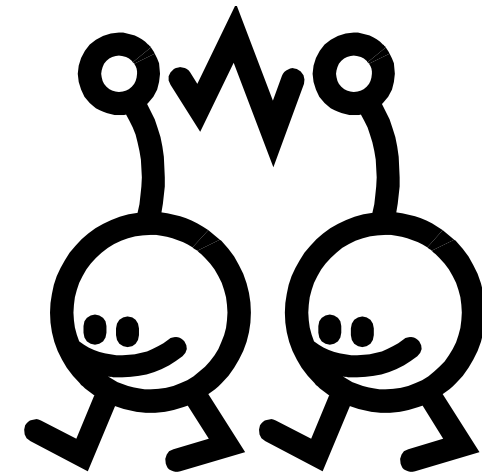
- Lastverbund
- Leistungsverbund
- Verfügbarkeitsverbund
- Datenverbund
- Funktionsverbund





Ziel: **Gleichmäßige Auslastung** verschiedener Ressourcen durch Aufteilung stoßweise anfallender Lasten auf verschiedene Rechner

- Betriebsmittelpool
- Jeder Rechner kann die Aufgabe ausführen
- Rechnerwahl durch **Lastmanager** (oder Benutzer)
- Abfangen von Leistungsanforderungsspitzen
- Vermeidung von Leerlaufzeiten

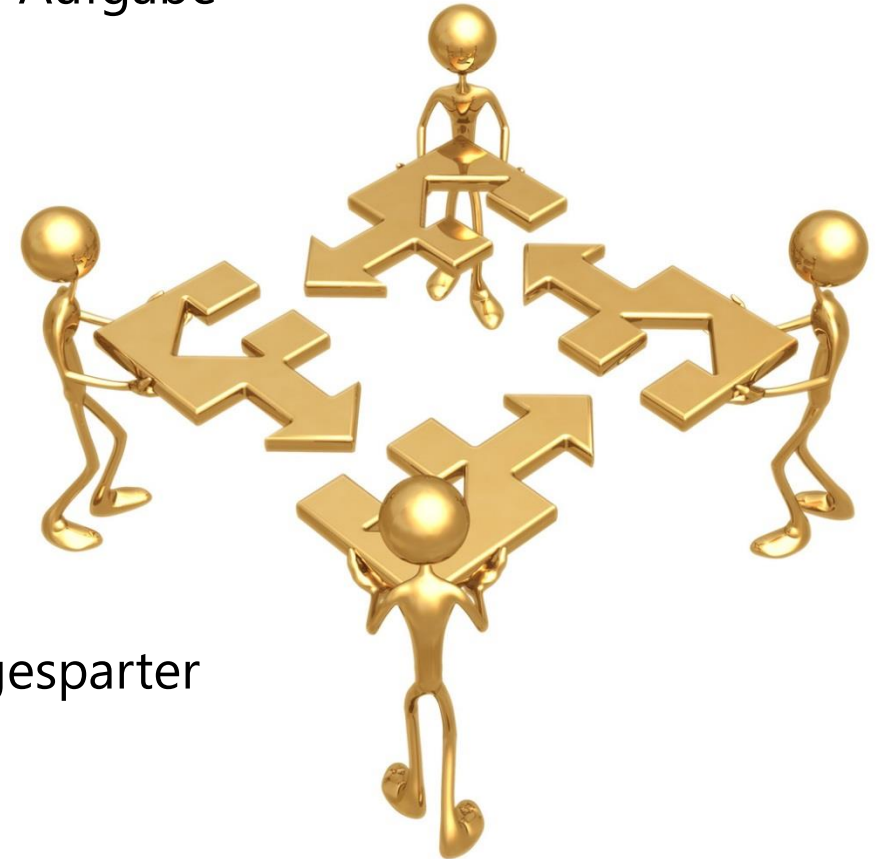


Leistungsverbund



Ziel: **Verringerte Antwortzeiten** durch Aufteilung einer Aufgabe in Teilaufgaben

- Aufgabe muss zerlegbar sein
- Prozesssteuerung
- Rechnerverbund/verteiltes System
- Verwaltungsoverhead muss in gesundem Verhältnis zu gesparter Antwortzeit stehen



Verfügbarkeitsverbund



Ziel: **Weiterbetrieb** bei Ausfall einzelner Rechner des Verbunds

- Übernahme der Aufgaben durch andere Rechner
- Redundante Systeme

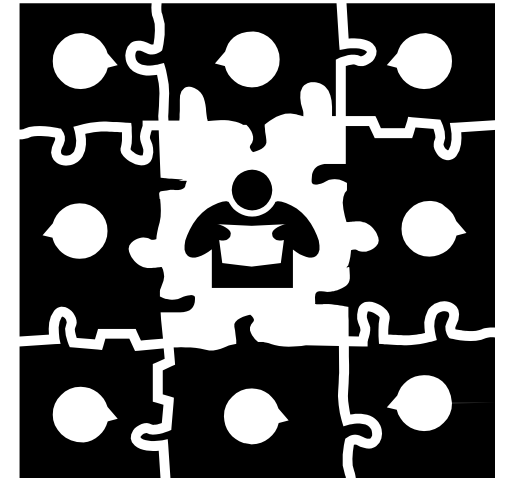


Datenverbund

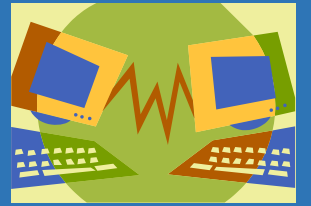


Ziel: **Bessere Auslastung von Ressourcen, erhöhte Verfügbarkeit** benötigter Daten.

- Geografisch verteilter Datenablageverbund
- Gibt Zugang zu Daten
- Ermöglicht Austausch von Daten
- Herausforderung: Konsistenz

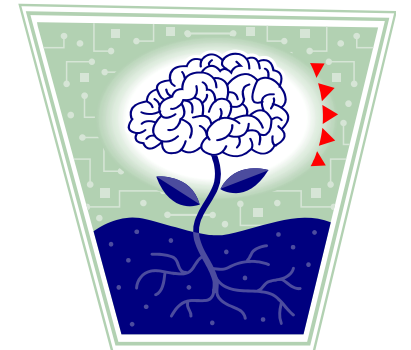


Funktionsverbund



Ziel: **Bereitstellung spezieller Funktionen** an verschiedenen Stellen

- Teilung von Aufgaben
- Einbindung von Spezialrechnern, die Aufgaben für andere übernehmen, z.B. Druckserver
- Bau von „Superrechnern“





Netzwerke sind komplex! Sie bestehen aus vielen Elementen:

- Hosts
- Router
- Leitungen auf Basis verschiedener Medien
- Anwendungen
- Protokolle
- Hardware, Software

Fragen:

- Kann die Funktionalität von Netzwerken vernünftig strukturiert werden?
- Können wir unsere Betrachtung von Netzwerken strukturieren?



- Strukturierung ermöglicht die Identifikation und das Verständnis des Zusammenspiels einzelner Bestandteile des Systems
- Referenzmodell für die Diskussion des Systems
- Modularisierung vereinfacht die Wartung und das Arbeiten mit dem System
- Die ISO (International Standards Organization) schlägt als Referenzmodell das OSI vor:
 - OSI = Open System Interconnection
 - Aufteilung von Diensten in aufeinander aufbauende Schichten (Layer)
- Änderungen an der Implementierung einer Schicht sind transparent für den Rest des Systems



- **Anwendungsschicht:** Unterstützung von Netzerkanwendungen wie FTP, SMTP, HTTP
- **Darstellungsschicht:** Ermöglicht es Anwendungen, die Bedeutung von Daten zu interpretieren, z.B. Verschlüsselung, Kompression, Vermeidung systemspezifischer Datendarstellung
- **Kommunikationssteuerungsschicht:** Synchronisation, Setzen von Wiederherstellungspunkten
- **Transportschicht:** Datentransfer zwischen Prozessen (TCP, UDP)
- **Netzwerkschicht** (auch Vermittlungsschicht): Weiterleiten der Daten von einem Sender zu einem Empfänger (IP, Routing-Protokolle)
- **Sicherungsschicht:** Datentransfer zwischen benachbarten Netzwerksystemen (Ethernet)
- **Bitübertragungsschicht:** Bits auf der Leitung

Protokollstapel des Internets



- **Der Protokollstapel des Internets bietet die Funktionalitäten von Layer 5 und 6 nicht!** Wenn benötigt, müssen sie von der Anwendung implementiert werden
- Orientierung für Sie:
 - Dieses Semester: Schicht 4-7 (Der Randbereich des Netzwerks)
 - Nächstes Semester: Schicht 1-3 (Das Innere des Netzwerks)

Begriffe - Router



- Netzwerkgeräte, die Netzwerkpakete zwischen mehreren Rechnernetzen weiterleiten können. Sie werden am häufigsten zur Internetanbindung, zur sicheren Kopplung mehrerer Standorte (Virtual Private Network) oder zur direkten Kopplung mehrerer lokaler Netzwerksegmente eingesetzt.
- Anpassung an unterschiedliche Netzwerkprotokolle möglich (Ethernet, DSL, PPPoE, ISDN, ATM usw.).
- Router treffen ihre Weiterleitungsentscheidung anhand von Informationen aus der **Netzwerkschicht (Layer 3)** (in der Regel ist das die IP-Adresse) oder höher.
- Viele Router übersetzen dabei auch zwischen privaten und öffentlichen IP-Adressen (Network Address Translation, Port Address Translation) oder bilden Firewall-Funktionen durch ein Regelwerk ab.



Begriffe -Switch



In Computer-Netzwerken wird als Switch (vom Englischen für „Schalter“, „Umschalter“ oder „Weiche“) ein Kopplungselement bezeichnet, das Netzwerksegmente miteinander verbindet.

Es sorgt innerhalb eines Segments dafür, dass Datenframes an ihr Ziel gelangen. Ein Switch trifft eine Weiterleitungsentscheidung anhand der selbsttätig gelernten Hardware-Adressen der angeschlossenen Geräte.

Der Begriff Switch bezieht sich allgemein auf eine Multiport-Bridge – ein aktives Netzwerkgerät, das Frames anhand von Informationen aus der **Sicherungsschicht (Layer 2)** des OSI-Modells weiterleitet.



Begriffe - Repeater



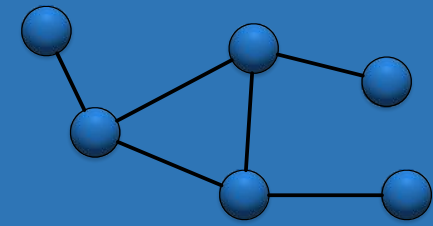
Repeater/Hubs werden verwendet, um Geräte in einem Rechnernetz miteinander zu verbinden.

Ein Repeating-Hub arbeitet ausschließlich auf Ebene der **Bitübertragungsschicht (Layer 1)** des ISO/OSI-Referenzmodells (Bitübertragungsschicht) und wird deswegen auch Multiport-Repeater genannt. Das Signal eines Netzteilnehmers wird nicht analysiert, sondern nur auf Bit- bzw. Symbolebene verstärkt. Zur Kollisionserkennung trägt ein Hub allerdings meistens bei.

Im Gegensatz zum Switch – der sich zielgerichtet Ports des Empfängers sucht – werden Bits/Symbole an alle anderen Netzteilnehmer weitergeleitet (vergleiche Broadcast). Aus diesem Grund kann man an jedem Anschluss eines Hubs (im Gegensatz zu denen eines Switches) auch den Datenverkehr zwischen Netzwerkteilnehmern mit Netzwerksniffern analysieren oder mitschneiden.

Repeater halbieren die zur Verfügung stehende Übertragungsrate.

Topologie

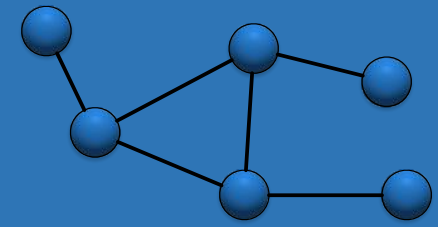


Die Topologie bezeichnet bei einem Computernetz die Struktur der Verbindungen mehrerer Geräte untereinander, um einen gemeinsamen Datenaustausch zu gewährleisten.

Die Topologie eines Netzes ist entscheidend für seine Ausfallsicherheit: Nur wenn alternative Wege zwischen den Knoten existieren, bleibt bei Ausfällen einzelner Verbindungen die Funktionsfähigkeit erhalten. Es gibt neben dem Arbeitsweg einen oder mehrere Ersatzwege (oder auch Umleitungen).

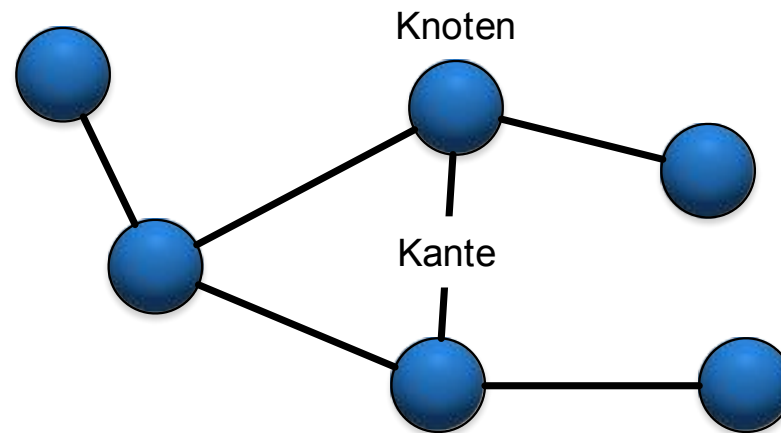
Die Kenntnis der Topologie eines Netzes ist außerdem nützlich zur Bewertung seiner Performance sowie der Investitionen und für die Auswahl geeigneter Hardware.

Topologie

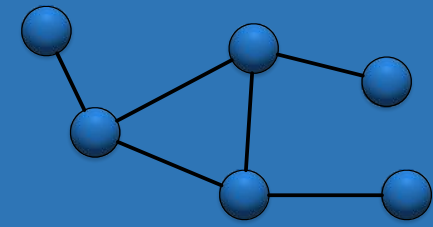


Es wird zwischen physischer (Kabel) und logischer (Protokoll) Topologie unterschieden. Die physikalische Topologie beschreibt den Aufbau der Netzverkabelung; die logische Topologie den Datenfluss zwischen den Endgeräten.

Topologien werden grafisch (nach der Graphentheorie) mit Knoten und Kanten dargestellt.



Bewertung von Topologien



Durchmesser

Beschreibt die maximale direkte Entfernung zwischen zwei Knoten. Je größer der Durchmesser, desto größer die Transferzeit im ungünstigsten Fall.

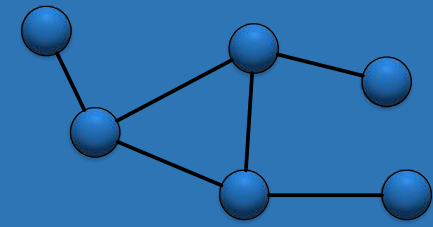
Grad

Gibt die mittlere Anzahl der Links pro Knoten an. Haben alle Knoten einer Topologie den gleichen Grad, so ist die Topologie **regulär**, was sich vorteilhaft auf das Netzwerk auswirkt. Je höher der Grad, je höher die Kosten.

Bisektionsweite

Gibt die minimale Anzahl von Links an, die durchschnitten werden müssen, um ein Netz mit N Knoten in zwei Netze mit jeweils $N/2$ Knoten zu teilen. Damit ist sie ein Maß für die Leistungsfähigkeit eines Netzes, da in vielen Algorithmen die Knoten der einen Netzhälfte mit den Knoten der anderen Hälfte kommunizieren. Je niedriger also die Bisektionsweite, desto ungünstiger wirkt sich dies auf den Zeitbedarf für den Datenaustausch zwischen beiden Netzhälften aus (Flaschenhals).

Bewertung von Topologien



Symmetrie

Das Netz sieht von jedem Betrachtungspunkt (Knoten/Links) gleich aus. Einfach gesprochen heißt dies, dass sich Knoten und/oder Links in einem symmetrischen Netz gleich verhalten, egal welchen Knoten oder welchen Link man betrachtet. Dies hat äußerst positive Auswirkungen (Vereinfachung) auf die Programmierung, die Lastverteilung und das Routing, da es keine Spezialfälle zu betrachten gibt.

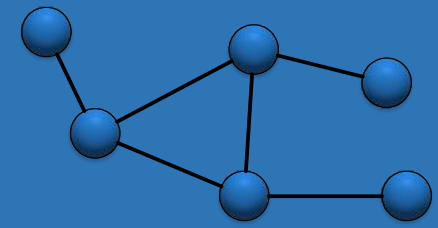
Skalierbarkeit

Gibt das kleinste Netzkrement (Anzahl von Knoten und Links) an, um das man eine Topologie erweitern kann, um vertretbaren Aufwand, keine Leistungseinbußen und die Beibehaltung topologietypischer Eigenschaften nach der Erweiterung zu garantieren.

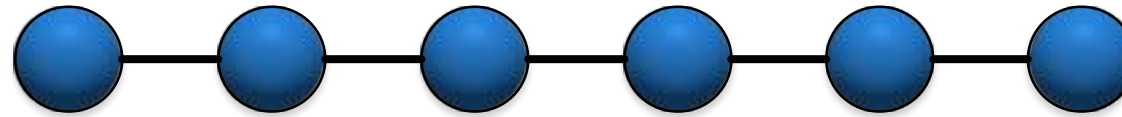
Konnektivität

Gibt die minimale Anzahl von Knoten oder Links an, die durchtrennt werden müssen, damit das Netz als solches nicht mehr funktionstüchtig ist. Maß für die Anzahl der unabhängigen Wege, die es zwischen zwei verschiedenen Knoten geben kann (Ausfallsicherheit!).

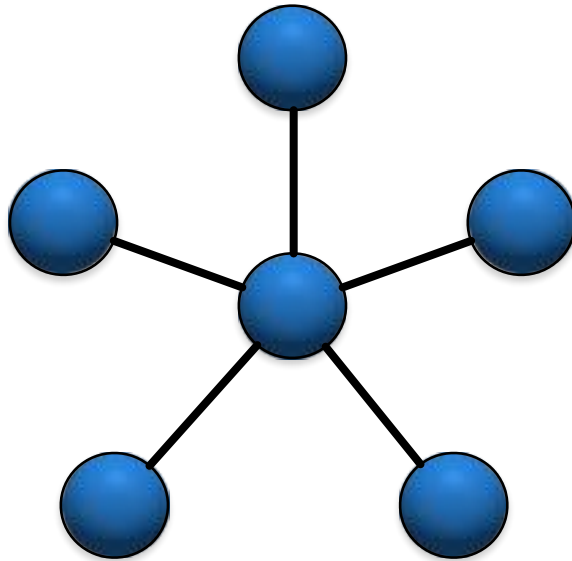
Topologien



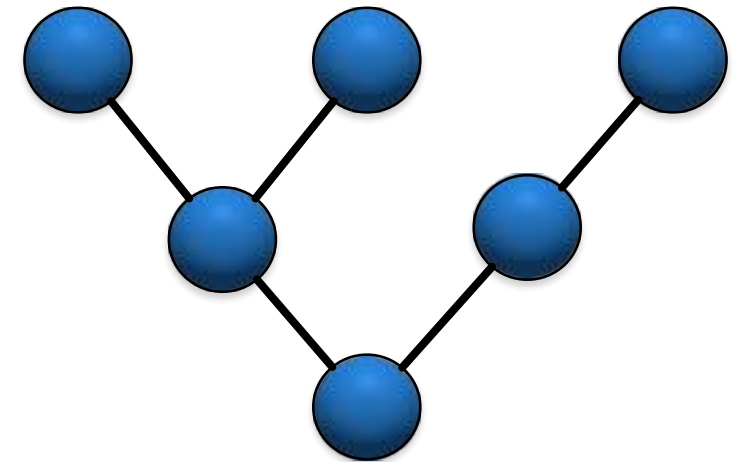
6 Knoten, 5 Kanten:



Linie

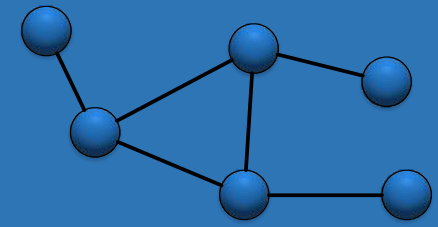


Stern

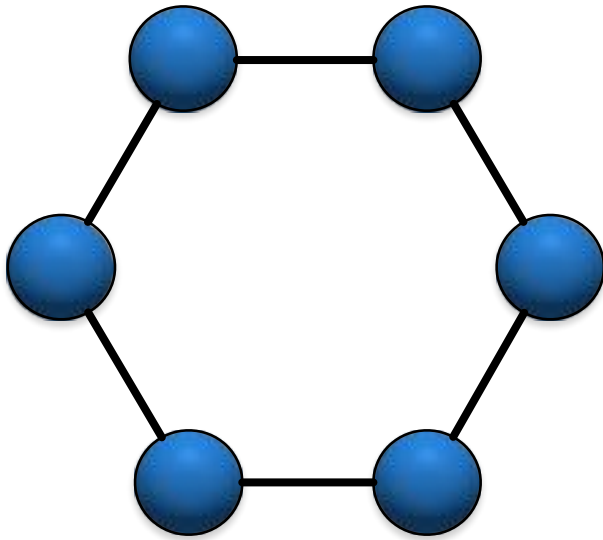


Baum

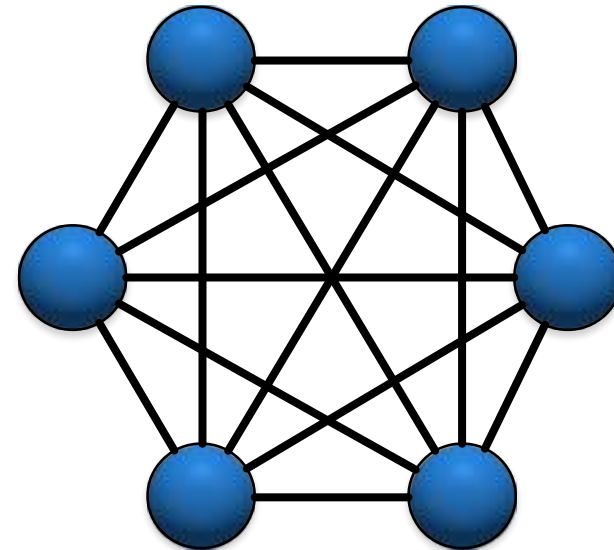
Topologien



6 Knoten, mehr als 5 Kanten:

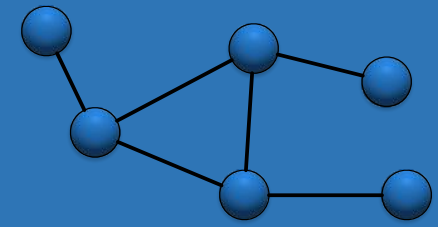


Ring

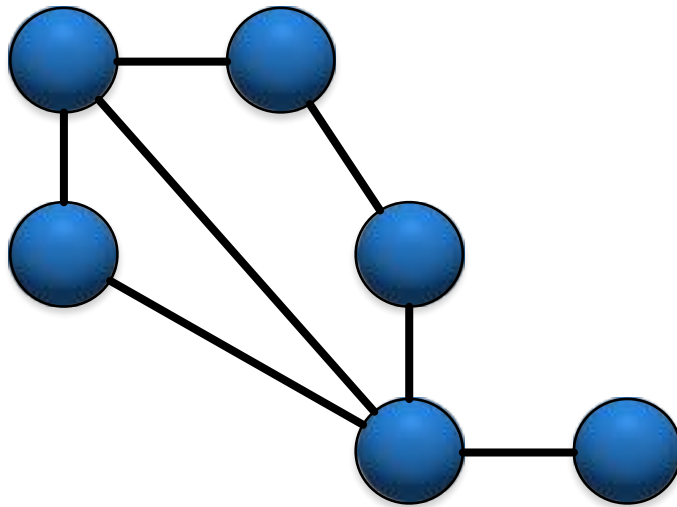


Vollvermascht

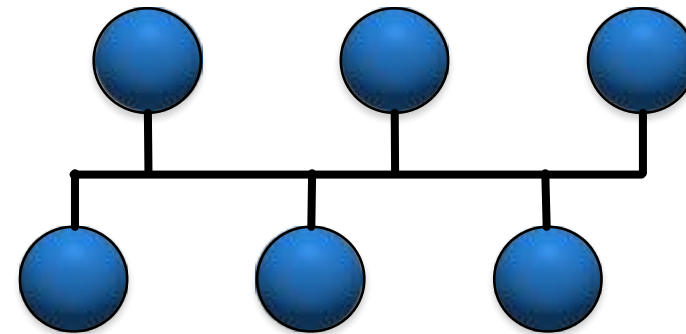
Topologien



6 Knoten, mehr als 5 Kanten:

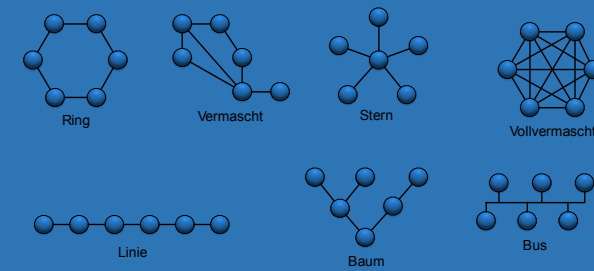


Vermascht



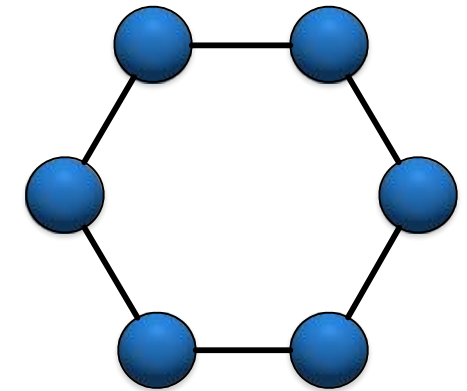
Bus

Topologie - Ring

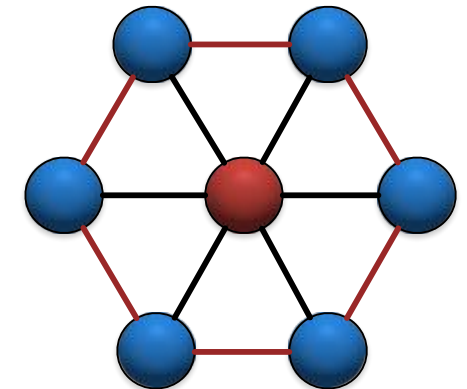


- Jeweils zwei Teilnehmer über Zweipunktverbindungen miteinander verbunden
- Weiterleitung der zu übertragenden Information von Teilnehmer zu Teilnehmer, bis sie ihren Bestimmungsort erreicht.
- Da jeder Teilnehmer gleichzeitig als Repeater wirken kann, können auf diese Art große Entfernungen überbrückt werden
- Ausfallsicherheit durch Richtungsumkehr erhöhbar.

Wird ein Ringleitungsverteiler (deutsch: RLV, engl: MAU=Media Access Unit) eingesetzt, wird damit der Ausfall des gesamten Netzes bei Ausfall eines Endgerätes verhindert. Jedes Gerät ist dabei nur mit einem Kabel mit dem RLV verbunden. Der RLV reicht die Daten dabei von einem Port zum nächsten weiter. Damit hat man **technisch eine Sterntopologie (schwarz)**, aber **logisch eine Ring-Topologie (rot)**.

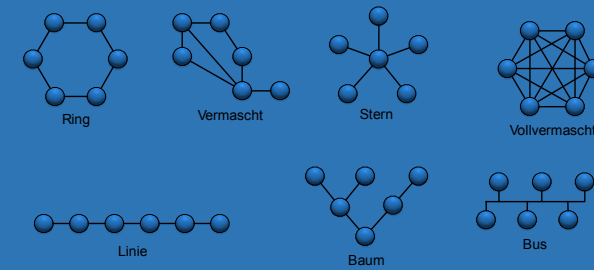


Ring

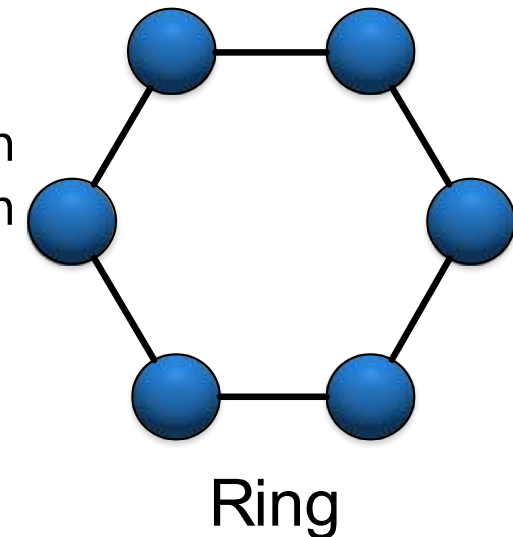


Ring mit RLV

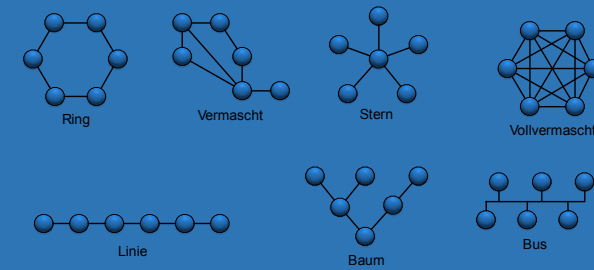
Topologie - Ring



- Vorteile
 - Deterministische Rechnernetzkommunikation ohne Paketkollisionen – Vorgänger und Nachfolger sind definiert
 - Alle Stationen arbeiten als Repeater und haben gleiche Zugriffsmöglichkeiten
 - Garantierte Übertragungsbandbreite
 - Skaliert sehr gut, Grad bleibt bei Erweiterung konstant, reguläre Topologie
- Nachteile
 - Niedrige Bisektionsweite und Konnektivität, d. h. ohne RLV führt der Ausfall eines Endgerätes zum Ausfall der gesamten Netzkommunikation
 - Wenig Alternativwege, was im Falle von hohen Lastzuständen auf einem Ringabschnitt zu Engpässen führen kann
 - Teure Komponenten
 - Relativ hoher Durchmesser, d. h. hohe Latenzen zu entfernten Knoten
 - Hoher Verkabelungsaufwand
 - Langsamere Datenübertragung bei vielen angeschlossenen Endgeräten



Topologie - Linie

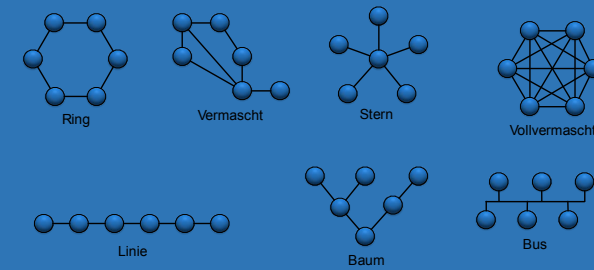


- Daten des (veralteten) IBM-Token-Ring:
 - Maximale Ringlänge 800 m
 - Computer dürfen maximal 100 m von der MAU entfernt sein
 - Übertragungsrate 4, 16 oder 100 MBit/s
 - Transportprotokoll ist Token passing
 - Zugriff ist deterministisch (bestimmter Zugriff)
 - Wird nur über MAC-Adressen angesprochen
- Eine Sonderform der Ringtopologie ist die Linientopologie, bei der es sich um einen „offenen Ring“ handelt, d. h. der erste und der letzte Rechner sind nicht miteinander verbunden. Dieses System ist sehr einfach aufzubauen, aber auch sehr anfällig, da der Ausfall eines Rechners die gesamte weitere Datenübertragung unmöglich macht.

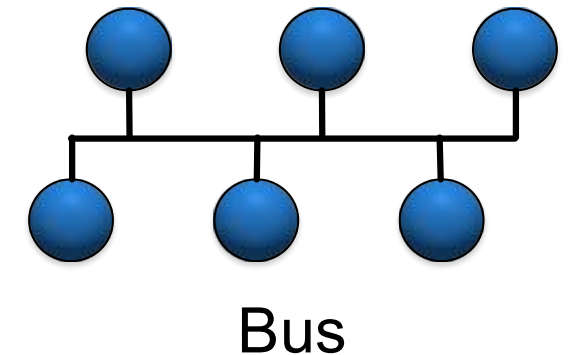


Linie

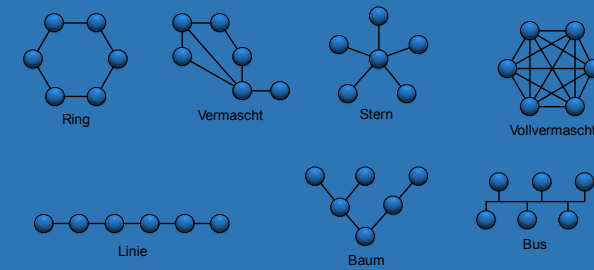
Topologie - Bus



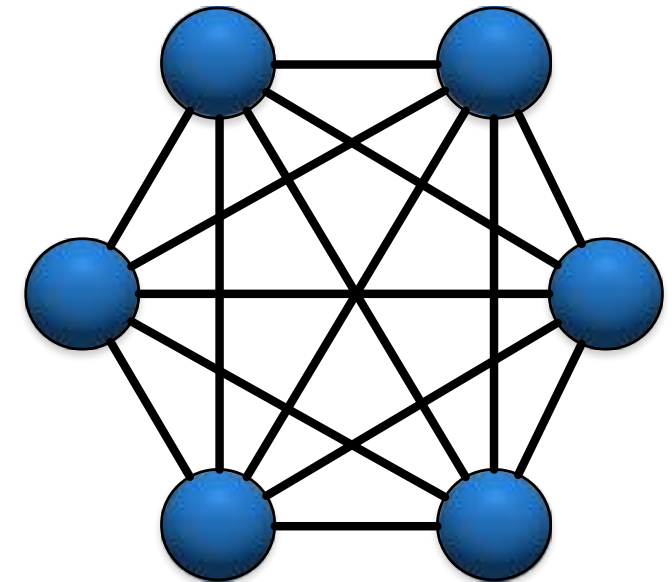
- Verbindung aller Geräte mit einem Bus
- Keine aktiven Komponenten zwischen den Geräten und dem Medium.
- Nur ein Sender pro Zeit. Konfliktlösungsoptionen:
 - Separate Leitung zu Bus-Arbiter
 - Zeitscheibenverfahren
 - Erkennung gleichzeitiger Zugriffe und Behebung
- Vorteile
 - Der Ausfall eines Gerätes hat für die Funktionalität des Netzwerkes keine Konsequenzen
 - Einfache Verkabelung und Netzerweiterung, Nur geringe Kabelmengen erforderlich
 - Keine aktiven Netzwerkkomponenten
- Nachteile
 - Leicht abhörbar (Stichwort: Sniffer).
 - Störung an einer Stelle im Bus (defektes Kabel) blockiert den gesamten Netzstrang.
 - Nur ein Sender zur Zeit
 - Nur geringe Auslastung möglich (sonst viele Kollisionen)
- Beispiel: 10 Mbit/s Ethernet, Fahrzeuge, Motherboard



Topologie - Vollvermascht

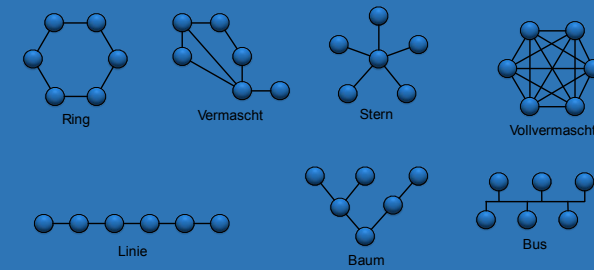


- Wenn jeder Teilnehmer mit jedem anderen Teilnehmer verbunden ist, spricht man von einem vollständig vermaschten Netz.
- Durchmesser bei vollvermaschten Netzen konstant bei 1.
- Vollvermaschte Netze benötigen kein Routing, da es nur Direktverbindungen gibt

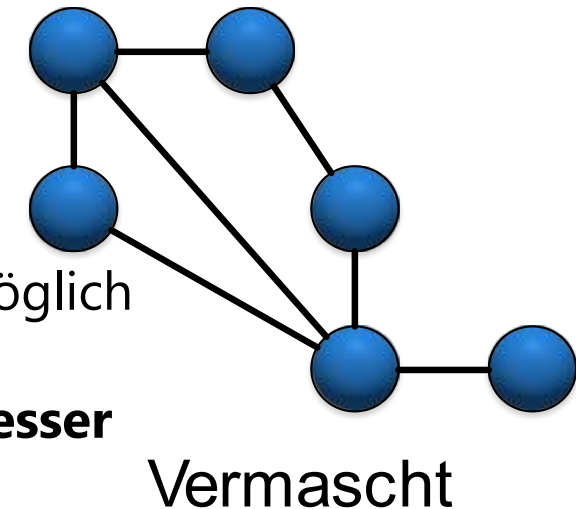


Vollvermascht

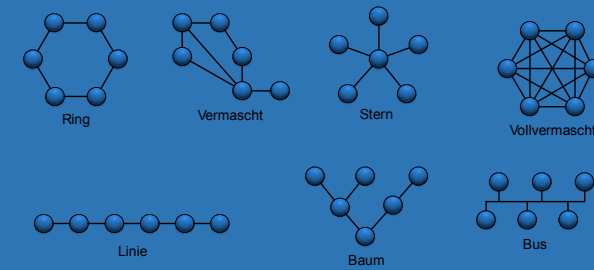
Topologie - Teilvermascht



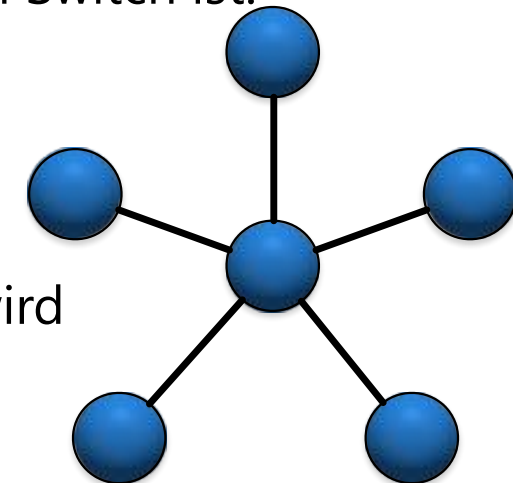
- Jedes Endgerät ist mit einem oder mehreren anderen Endgeräten verbunden.
- Bei Ausfall eines Endgerätes oder einer Leitung ist es im Regelfall möglich, durch Umleiten (Routing) der Daten weiter zu kommunizieren.
- Vorteile
 - Sicherste Variante eines Rechnernetzes
 - Bei Teilausfall durch Umleitung die Datenkommunikation weiterhin möglich (hohe **Konnektivität**)
 - Sehr leistungsfähig durch **hohe Bisektionsweite, niedrigen Durchmesser**
- Nachteile
 - Viel Kabel ist notwendig; auch bei nicht vollständig vermaschten Rechnernetzen sehr aufwändig (in der Regel hoher Grad)
 - Sehr hoher Energieverbrauch
 - Vergleichsweise komplexes Routing nötig für nicht vollvermaschte Netze, da diese dann **nicht regulär** und **nicht symmetrisch** sind, was viele Spezialfälle hervorruft



Topologie - Stern

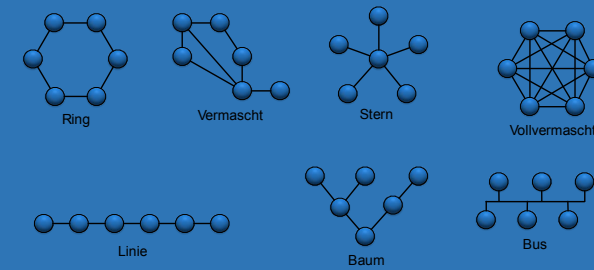


- Alle Teilnehmer sind an einen zentralen Teilnehmer mit einer Zweipunktverbindung angeschlossen.
- Ausfall des zentralen Teilnehmers bewirkt den Ausfall aller Verbindungsmöglichkeiten
 - Schutzmaßnahme: die zentrale Komponente doppeln (Redundanz).
- Vorteile
 - Der Ausfall eines Endgerätes hat keine Auswirkung auf den Rest des Netzes.
 - Dieses Netz bietet hohe Übertragungsraten, wenn der Netzknoten ein Switch ist.
 - Leichtes Handling (erweiterbar, verständlich, Fehlersuche)
 - Kombinierte Telefon- / Rechnernetzverkabelung möglich
- Nachteile
 - Durch Ausfall des Verteilers wird Netzverkehr unmöglich
 - Niedrige Übertragungsrate bei vielen Hosts wenn ein Hub benutzt wird
 - Hoher Kabelaufwand
- Beispiele
 - Telefonnetz, Fast Ethernet



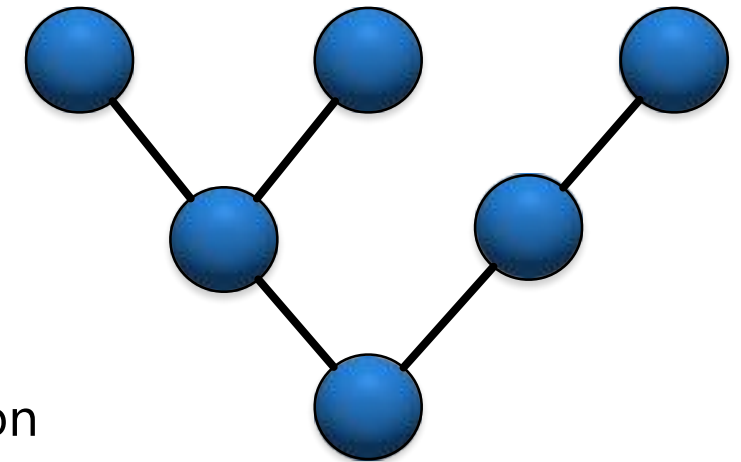
Stern

Topologie - Baum



Technisch: Hierarchische Vernetzung von mehreren Netzen der Sterntopologie
Häufig Einsatz in großen Gebäuden

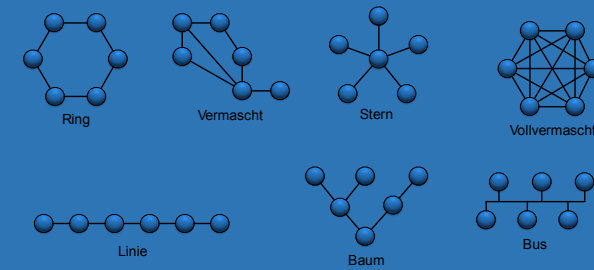
- Vorteile
 - Der Ausfall eines Endgeräts hat keine Konsequenzen
 - Strukturelle Erweiterbarkeit
 - Große Entfernungen realisierbar (Kombination)
 - Gute Eignung für Such- und Sortieralgorithmen
- Nachteile
 - Ausfall eines Verteilers (Wurzel) verursacht Ausfall des davon ausgehenden (Unter)Baums
 - Zur Wurzel hin kann es zu Engpässen kommen, da zur Kommunikation von der einen unteren Baumhälfte in die andere Hälfte immer über die Wurzel gegangen werden muss



Baum

Gruppenarbeit

3-4er-Gruppen: 30 Minuten Zeit



- Bewerten Sie 2-3 vom Dozenten vorgegebene Topologien gemäß den gegebenen Kriterien!
- Nutzen Sie dafür die nächste Folie!
- Wann erscheint Ihnen welche Topologie sinnvoll?



Rekapitulieren Sie: Bewertung physischer Netzwerktopologien

Topologie	Durchmesser	Grad	Bisektionsweite	Symmetrie	Skalierbarkeit	Konnektivität
Ring						
Linie						
Teilvermascht						
Vollvermascht						
Bus						
Stern						
Baum						