

#### OSI Modell (Fortsetzung):

- Vergleich mit „Philosophenmodell“ → 2 Philosophen möchten mit einander kommunizieren  
→ Afrika – Indien → Übersetzung, Funker nötig
- Der Übersetzer muss der Sprachen mächtig sein, welche er übersetzt, nicht dem philosophischen Inhalt des Textes
- Der Funker braucht nur Buchstaben in Morsecode umzusetzen, muss allerdings nicht die Sprache beherrschen  
→ Inhaltliche müssen die Schichten auf beiden Seiten auf einander abgestimmt sein (hier z.B. Einigung auf lateinische Buchstaben), die technische Umsetzung spielt keine Rolle

#### Trennzeichen:

- Wie trennt man die Pakete so von einander, dass man später eine Rekonstruktion erfolgreich durchführen kann?
- Bsp. Zeitlücke: möglich, aber nicht günstig, weil sehr fehleranfällig
- Man muss sicherstellen, dass das Trennzeichen nicht im Datenstrom auftauchen kann und so Fehler passieren  
→ Einheitliches Zeichen und eindeutige Zuordnung müssen gegeben sein

#### Netzwerkskizze und Überblick:

- Verschiedene Techniken zwischen den Routern (z.T. nicht kompatibel)
- Sicherungsschicht korrigiert eventuelle Fehler und die Flusssteuerung
- Vermittlungsschicht verknüpft verschiedene Netzwerktechniken:
  - o Router kann am Eingang nur eine Technik empfangen und am Ausgang die Andere senden
  - o Es muss einheitliche Adressen geben, sodass die Rechner einheitlich zu adressieren sind
  - o IP Adressen → wird vom Rechner empfangen und umgesetzt
- Router hat z.T. mehrere Möglichkeiten, die Pakete zu schicken → Aufgabe der Vermittlungsschicht, den besten/schnellsten Weg zu ermitteln
- Bsp. Leitung bricht, Verbindung ist über eine andere Strecke möglich → Router muss alternativen Weg finden

#### Transportschicht:

- Nicht unbedingt nötig, weil sie Aufgaben der Vermittlungsschicht übernimmt
- Vermittlungsschicht hat allerdings sehr umfangreiche Aufgaben (Bsp. Lange Mail, weiter Weg → pro Paket eine Wegberechnung)
- Im Internet werden die Daten nicht geprüft → es können Datenpakete z.B. durch Stau verloren gehen (Bsp. Router mit 2 IN, 1 OUT → Flusssteuerung nötig, Puffer reicht nur für bestimmte Datenmenge → Pakete gehen verloren)
- Bsp. Leitung wird repariert → Pakete kommen in veränderter Reihenfolge beim Empfänger an → Transportschicht repariert die Reihenfolge  
→ Wenn die Vermittlungsschicht zuverlässig arbeiten würde, bräuchte man keine Transportschicht

### Vermittlungsschicht:

- Transport der Datenpakete von der Quelle zum Ziel + Fehlerkontrolle
- Weitere Aufgaben:
  - o Kenntnisse über das Kommunikationsnetz
  - o Wegfindung (Routing)
  - o Ausgleich bei Überlastungssituation
  - o Vermittlung von Paketen zwischen unterschiedlichen Netztopologien
  - o Bereitstellung von Diensten für die Transportschicht
- Bei Überlast auf der Vermittlungsschicht wird im Internet die Transportschicht zum Ausgleich genutzt
- Mit der Vermittlungsschicht können Subnetze (technisch verschieden) zu einem logischen Gesamtnetz gekoppelt werden
- Verbreitetestes Protokoll: Internet Protocol (IP)
- Die Rahmen der Sicherungsschicht werden zu Paketen (→ in der Literatur zu finden)
- Pakete enthalten die tatsächliche Zieladresse (einheitlich und eindeutig zuzuordnen)
- Auf Schicht 3 arbeitende Vermittler heißen Router
- Ein Router packt ein Paket bis zur Schicht 3 aus (→ Zieladresse)
  - ➔ Nur ein Router ist daher in der Lage, unterschiedliche Netztopologien zu verbinden
  - ➔ DHCP sorgt für automatisch vergebene einheitliche IP Adressen

### Wegewahl/Routing:

- Höheren Schichten wird eine transparente Verbindung zur Verfügung gestellt (das WIE? Ist den anderen Schichten egal)
- Stehen Alternativstrecken zur Wahl wird eine Wegentscheidung getroffen (Wie schnell? Ist dort Stau?)
- Methoden:
  - o Statisches Routing
  - o Dynamisches Routing
- Statisch: Wege werden zuerst berechnet und dann statisch im Router eingetragen (→ Routing Tabelle)
- Ein Paket kommt an → Router schaut nach der Zieladresse → Passende Leitung wird ermittelt → Verschicken auf der entsprechenden Leitung
- Eine Routing Tabelle muss nicht in jedem Router vorhanden sein (→ Internet)
- Weitere Aufgaben:
  - o Unterscheidung von Adressformaten
  - o Anpassung an physikalische Bedingungen
  - o Unterstützung der Protokolle der darunter liegenden Schichten
  - o Erkennung von Fehlern und Engpässen in Netzen (→ früher, heute Transportschicht)
  - o Statusinformationen verwalten, z.B. Verweildauer eines Pakets, Vermeidung von Duplikaten (→ früher, heute Transportschicht)
  - o Bereitstellung verbindungsloser und verbindungsorientierter Dienste (im Internet keine verbindungsorientierten Dienste)

### Routing-Algorithmen:

- Entscheidung des Routers: Auf welche Art und über welche physikalische Verbindung Pakete weiterzuleiten sind
- Routing-Algorithmen sind ein Teil der Software der Vermittlungsschicht
- Bei Datagrammdiensten wird für jedes Paket neu entschieden

### Statische Routing-Algorithmen

#### 1. Shortest path routing:

- Bestimmung der „kürzesten Verbindung“ zwischen zwei Kommunikationspartnern
- Der kürzeste Pfad wird anhand von bestimmten Messgrößen, den Metriken ermittelt
- Metriken:
  - o Bandbreite der Leitung
  - o Warteschlangenlänge in den Routern
  - o Leitungskosten
  - o Durchschnittsverkehr
  - o Verzögerung für ein Paket
- Lassen sich flexibel auslegen, z.B. Warteschlangenlänge (groß → positiv wegen großem Speicher, aber negativ bei der Sendezeit, klein → höhere Fehleranfälligkeit, aber auch schnelle Erkennung von Fehlern)
- Testbeispiel:
  - o 8 Rechner, alle Leitungen sind mit Metriken (Zahlenwerten) versehen
  - o Suche des kürzesten Weges vom Start zu einem Nachbarn
  - o Kürzester Weg wird markiert
  - o Neuer Startpunkt ist der nächstgelegene Router (Addition der Metriken)
  - o Alle Ergebnisse werden betrachtet, kürzester wird weitergenutzt
  - o Sollte es zwei Wege zu gleiche Router geben, wird der längere gestrichen
  - o Am Ende hat man für jeden Router die optimale Verbindung

### Dynamisches Routing:

- Es können sich die Metriken verändern (durch z.B. Belastung, Störquellen)  
→ Neue Berechnung für die Wege nötig
- Router müssen mit einander kommunizieren können → erzeugen des Netzplans mit Metriken  
→ Berechnungen nur für die Nachbarn

### Flooding:

- Jedes eingehende Paket wird über sämtliche Ausgangsleitungen gesendet → Folge: Duplikate aller Pakete
- Eindämmung der Flut (Streckenähler), Einschränkung der Duplikate („selective flooding“) →  
Nachteil: extremer Overhead
- Anwendung nur in wenigen Bereichen:
  - o Militärische Anwendungen
  - o Vergleich mit anderen Algorithmen
- Vorteil: jedes Paket kommt auf jede Leitung, es ist sichergestellt, dass alle verfügbaren Leitungen genutzt werden → kürzester weg wird genutzt

### Adaptive Routing-Algorithmen:

#### 1. Distance-Vector-Routing

- Jeder Router hält Tabellen mit den günstigsten Verbindungen (Weg-Informationen)
- Aktualisierung dieser Tabellen durch Austausch mit anderen Routern
- Routing Internet Protocol (RIP)
- Metriken:
  - o „Entfernung“
  - o Zahl der Teilstrecken
  - o Länge der Warteschlange als Verzögerung
- Problem: „gute“ Nachrichten (z.B. Leitung/Router kommt hinzu) breiten sich schnell aus, „schlechte“ (z.B. Leitung/Router fällt weg) langsamer
- Ablauf:
  - o Router messen die Laufzeiten zwischen ihnen und ihren Nachbarn
  - o Erstellung von Ur-Routingtabellen (nur die gemessenen Infos)
  - o Austausch mit den Nachbarn → Erhalt von weiteren Infos
  - o Weitergabe in Stufen, bis alle Router alle Informationen vorliegen haben

### Count-to-infinity-Problem:

- Ein Router A wird eingeschaltet → B erhält die Info und gibt diese an C und D weiter
- Wird A ausgeschaltet, erhält B von C eine Info über A → hochlaufende Zahlenwerte
- Stopp bei 16 → wird wieder zu Null gesetzt
- ➔ Problem: Nur Weglänge wird gesendet → es fehlen die Weginfos

### Link-State-Routing:

- Distance-Vector-Protokolle berücksichtigen die Bandbreite nicht und reagieren langsam
- ➔ Andere Entwicklung: Link-State-Routing
- Aufgaben:
  - o Seine Nachbarn erkennen
  - o Verzögerung der Nachbarn messen
  - o Ein spezielles Paket mit allen Infos generieren und an alle anderen Router senden
  - o Kürzesten Pfad zu allen anderen Rechnern berechnen
- ➔ Alle Router wissen, welche Verbindungen es gibt, welche Router daran hängen und die Metriken
- Ablauf:
  - o Router misst die Verzögerung, erkennt die Nachbarn und ermittelt die Metriken
  - o Weitergabe an alle Router → Netzwerkstruktur wird ermittelt
  - o Router errechnet mit Shortest-Path-Algorithmus die Routing Tabelle
- Aktive Erkennung der Nachbarn mittels sog. HELLO Paket
- Messung der Verzögerung mittels sog. ECHO Paket
- Generierung des Link-State-Pakets mit:
  - o Identität des Absenders
  - o Folgenummern
  - o Alter
  - o Adressen der Nachbarn
  - o Verzögerung
- Verteilung der Datenpakete mittels eines Flooding-Verfahrens

- Berechnung neuer Routen und erzeugen der aktuellen Routingtabelle
- Vorteile: schneller Abgleich von Infos auch in großen Netzen
- Nachteil: Hohe Rechenzeit und Speicherbedarf, anfällig für Störungen
- Anwendungen in der Praxis: Open Shortest Path First (OSPF)

#### Vermittlungsschicht in Internet:

- Internet ist eine Sammlung von vermaschten Teilnetzen
- LAN von Unis, Unternehmen, Providern sind an regionale Netze angeschlossen → diese wiederum an sog. Backbones
- Erst das Internet Protocol der Vermittlungsschicht ermöglicht eine netzübergreifende Datenübertragung