

# Netze und Protokolle für das Internet



## 1. Switching

### Inhalt

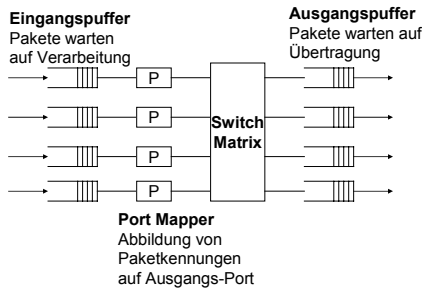
- Generische Switch-Architektur
- ATM-Switch-Architektur
- Space and Time Division Switching
- Architekturen von Koppellementen
  - Crossbar
  - Knockout-Switch
  - Bus
  - Ring
  - Gemeinsamer Speicher
  - Omega-Netz
  - Banyan-Netz
- Interne und externe Kollisionen
  - Batch-Banyan-Switch
- Speichermöglichkeiten
  - Eingangsspeicher
  - Ausgangsspeicher
  - Verteilter interner Speicher
  - Gemeinsamer interner Speicher

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

2

### Generische Switch-Architektur



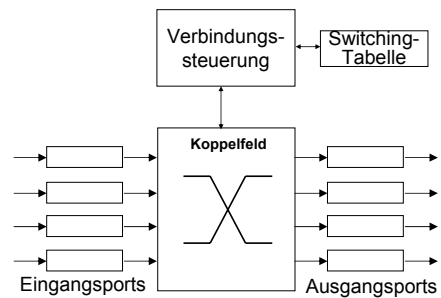
Optionen: Port-Prozessor/Controller mit Scheduling

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

3

### Beispiel: ATM-Switch-Architektur

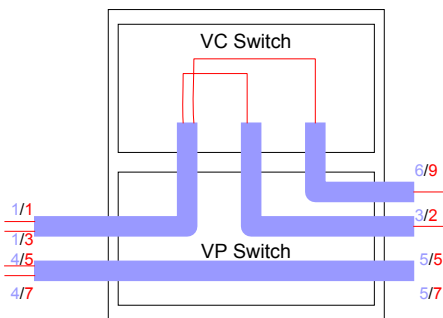


SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

4

### ATM VP/VC-Switching

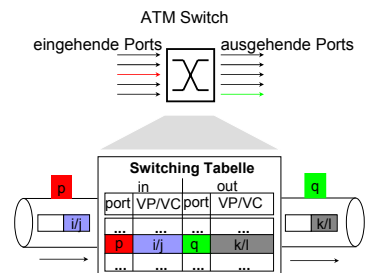


SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

5

### ATM-Vermittlung: VC-Switching

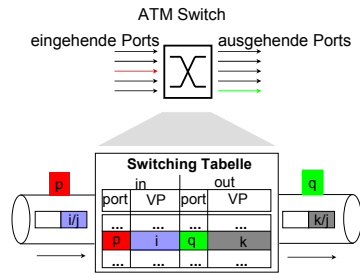


SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

6

## ATM-Vermittlung: VP-Switching



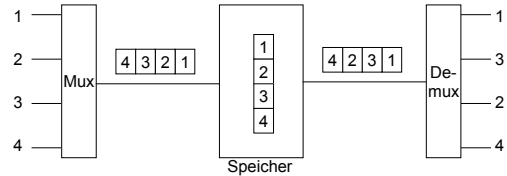
SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

7

## Space und Time Division Switching

- Space Division Switching
  - Pakete werden über verschiedene Wege an den Ausgang geleitet.
- Time Division Switching
  - Schreiben der Daten in einen Puffer
  - Auslesen der Daten, ggf. in anderer Reihenfolge



SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

8

## Architekturen von Koppelelementen

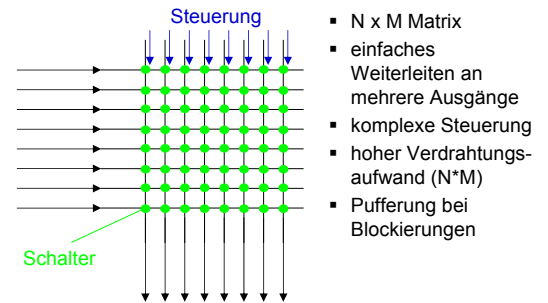
- Crossbar
- Knockout Switch
- Bus
- Ring
- Gemeinsamer Speicher
- Omega Netz
- Banyan Netz

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

9

## Crossbar



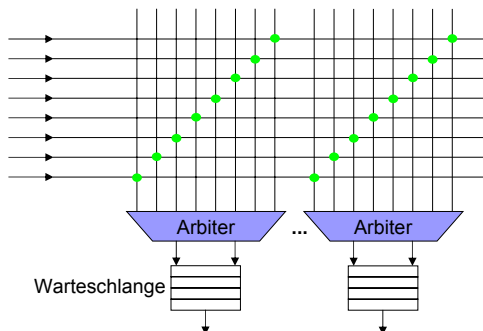
- $N \times M$  Matrix
- einfaches Weiterleiten an mehrere Ausgänge
- komplexe Steuerung
- hoher Verdrahtungsaufwand ( $N \cdot M$ )
- Pufferung bei Blockierungen

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

10

## Knockout-Switch



SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

11

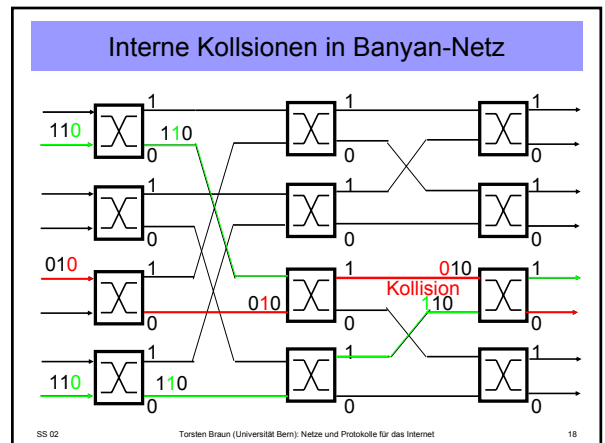
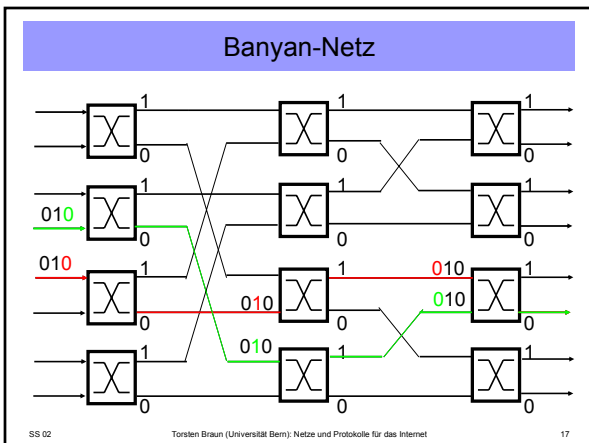
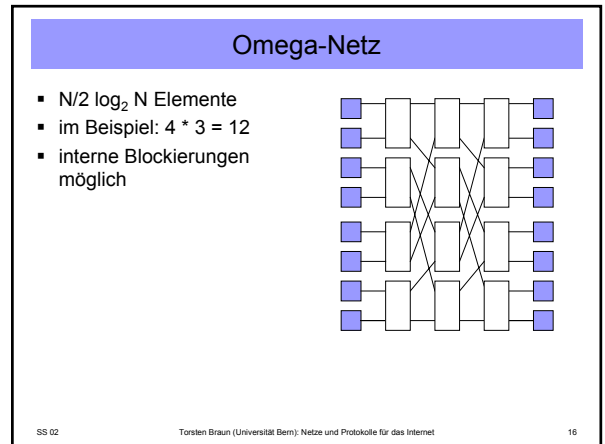
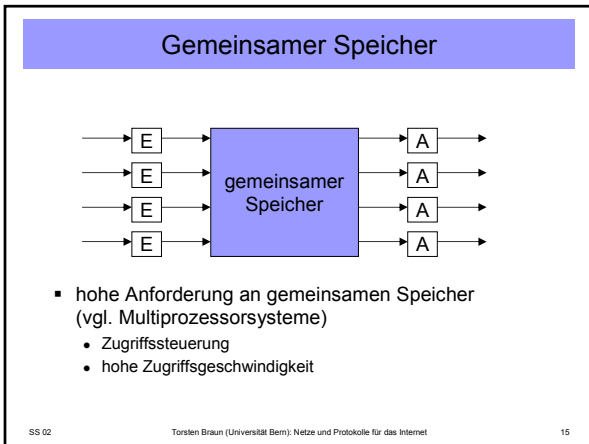
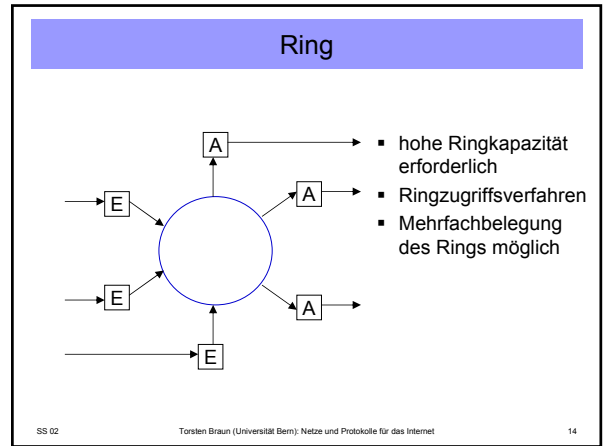
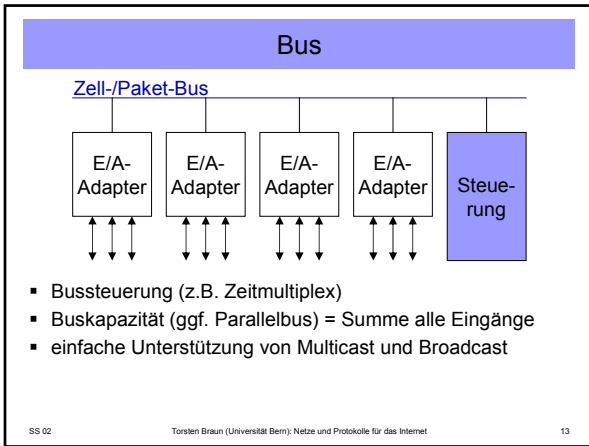
## Knockout-Konzentrator

- Auswahl von  $L$  Paketen aus  $k$  Eingängen
- $2 \times 2$  Switch ermittelt aus 2 Eingängen zufällig einen Sieger und einen Verlierer.
- In jeder Runde treten Pakete mit gleicher Anzahl von Niederlagen gegeneinander an.
- Paket mit  $m$  Niederlagen wird an  $m+1$ . Ausgang weitergeleitet ( $m < L$ )
- Pakete mit  $m \geq L$  Niederlagen werden gelöscht.

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

12



## Interne Kollisionen

- Pakete sollen an unterschiedliche Ausgänge weitergeleitet werden, aber es gibt Kollisionen auf dem Weg vom Eingang zum Ausgang
- Vermeiden interner Kollisionen durch
  - Sortieren am Eingang
  - interne Puffer
  - höhere Geschwindigkeit der internen Elemente, d.h. interne Links und Koppellemente (Overprovisioning)
  - Parallele Koppellemente
  - Backpressure
    - Senden von Signalen an Vorgängerelemente (→ Puffern)

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

19

## Externe Kollisionen

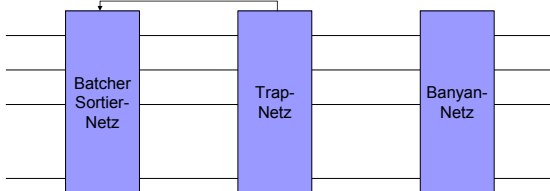
- Zwei Pakete sollen gleichzeitig an denselben Ausgang weitergeleitet werden
- Kollision am Ausgang
- Vermeiden externer Kollisionen durch Puffern/Verzögern

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

20

## Batcher-Banyan-Switch



- Bitonisches Sortieren (Hardware-Implementierung von Merge Sort)
- Trap-Netz erkennt Duplikate und leitet sie an Sortiernetz zurück.

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

21

## Bitonische Sequenz

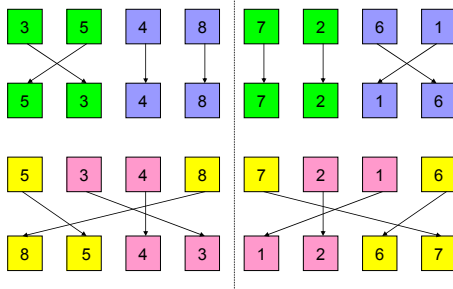
- Bitonische Sequenzen bestehen aus aufsteigender und absteigender Sequenz.
- Beispiele
  - 1,2,3,8,7,6,5,4
  - 8,7,1,2,3,4,5,6
- Schritte
  1. Erzeugen einer bitonischen Sequenz
  2. Bitonisches Sortieren

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

22

## Bilden einer bitonischen Sequenz

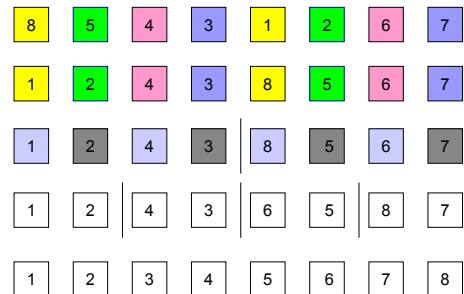


SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

23

## Bitonisches Sortieren



SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

24

## Speichermöglichkeiten

- Eingangsspeicher
- Ausgangsspeicher
- interner Speicher
  - verteilt
  - gemeinsam

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

25

## Eingangsspeicher



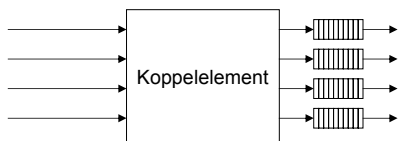
- Kollisionsauflösung am Eingang
- einfache Implementierung
- Geschwindigkeit der Verbindungen im Koppelement = Geschwindigkeit der Eingänge
- Head of Line Blocking

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

26

## Ausgangsspeicher



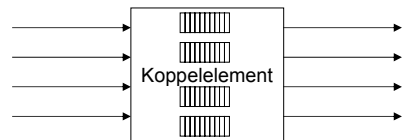
- Kollisionsauflösung am Ausgang
- Koppelement muss mit N-facher Eingangsgeschwindigkeit Pakete an Ausgang weiterleiten können (N: Anzahl der Eingänge).

SS 02

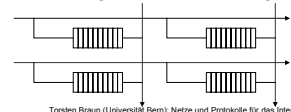
Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

27

## Verteilter interner Speicher



- interne Speicher, z.B. an den Schaltpunkten
- relativ teuer da ineffizient (mehr Speicher notwendig)
- interne Geschwindigkeit = Geschwindigkeit der Eingänge

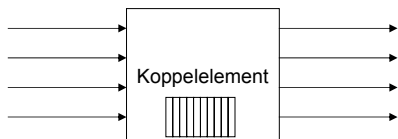


SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

28

## Gemeinsamer interner Speicher



- Eingänge und Ausgänge teilen sich gemeinsamen internen Speicher.
- Bei N Eingängen und M Ausgängen:  $N \times M$  Speicherzugriffe während des Eintreffens eines Pakets, daher Speicher mit sehr schneller Zugriffszeit notwendig

SS 02

Torsten Braun (Universität Bern): Netze und Protokolle für das Internet

29