

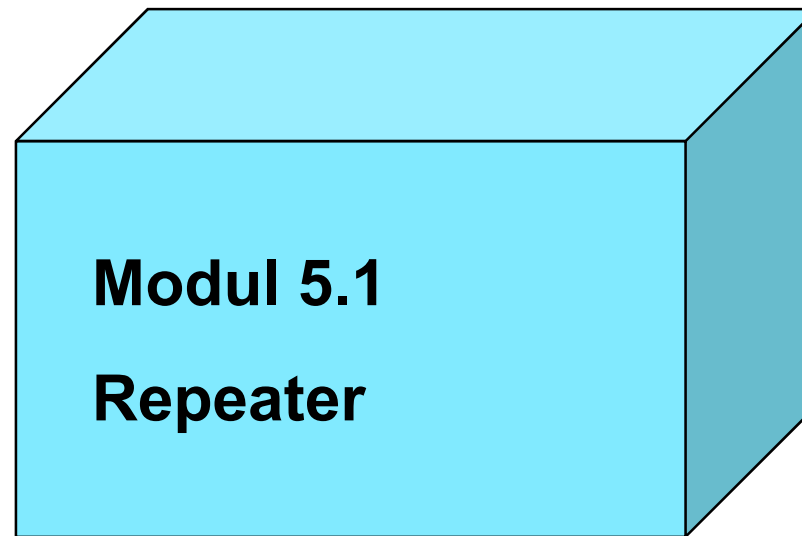
Lernziele:

Nach der Lehrveranstaltung zu Modul 5 sollen Sie in der Lage sein,

(a) die Grundfunktion eines **Repeaters** darzustellen,

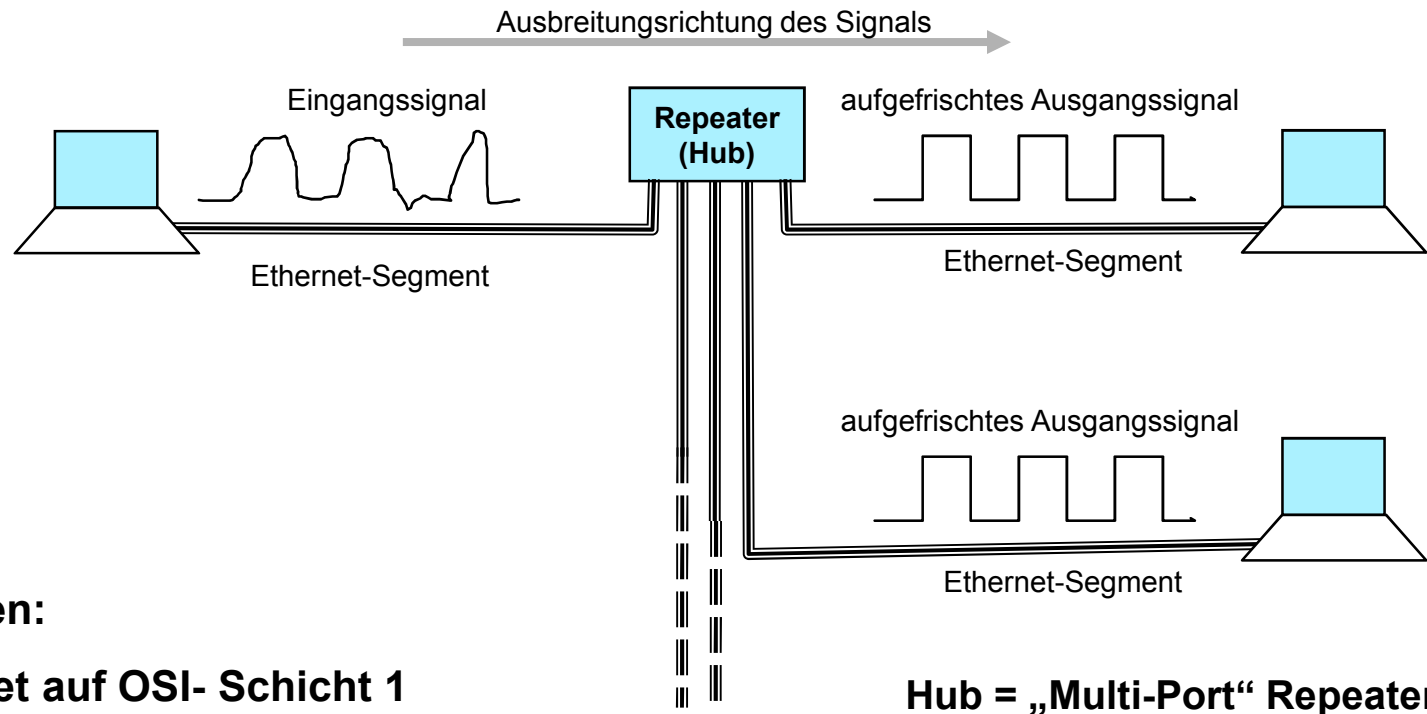
(b) die Anforderung, Notwendigkeit, Vorteile und Grenzen für den Einsatz von **Switchen** zu erläutern,

(c) die Arbeitsweise eines Switches sowie den **Spanning-Tree-Algorithmus** im Detail darzustellen





## Repeater (Regenerator, Hub ...)

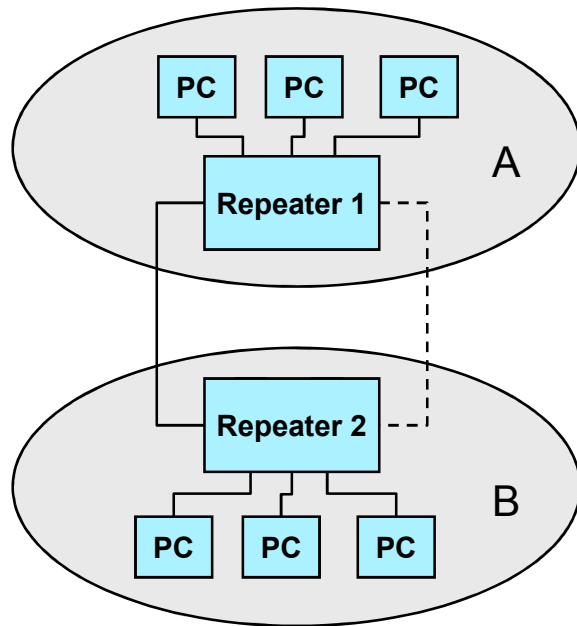


### Funktionen:

- arbeitet auf OSI- Schicht 1
  - taktgerechte **Signalregenerierung**
  - „Abtrennung“ fehlerhafter Kabelsegmente (= bei Ausfall eines Netzteils fällt nur dieser Teil des Netzes aus)
- **Aber: Kollisionen werden nicht begrenzt !!**



## Problemstellung: redundante Kabelverbindungen

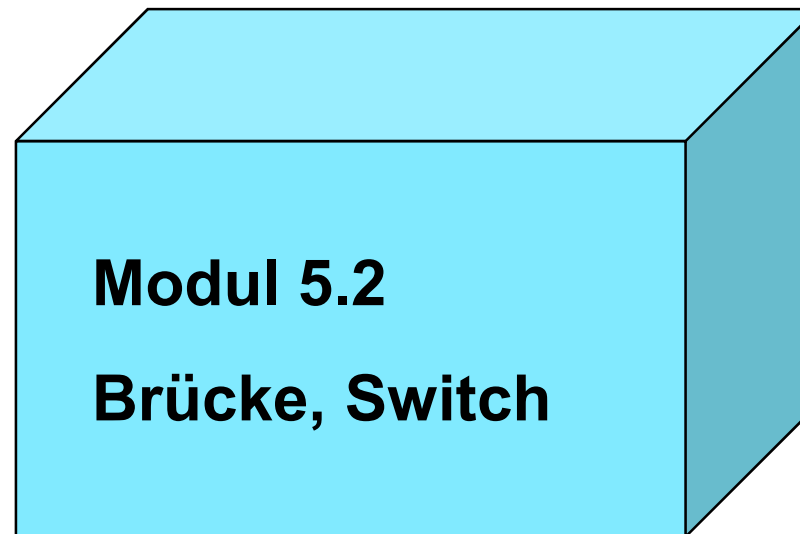


Zusätzliche redundante Kabelverbindung  
der Netze A und B durch ein weiteres  
Kabel zwischen den Repeater 1 und 2  
sinnvoll?

### Aufgabe

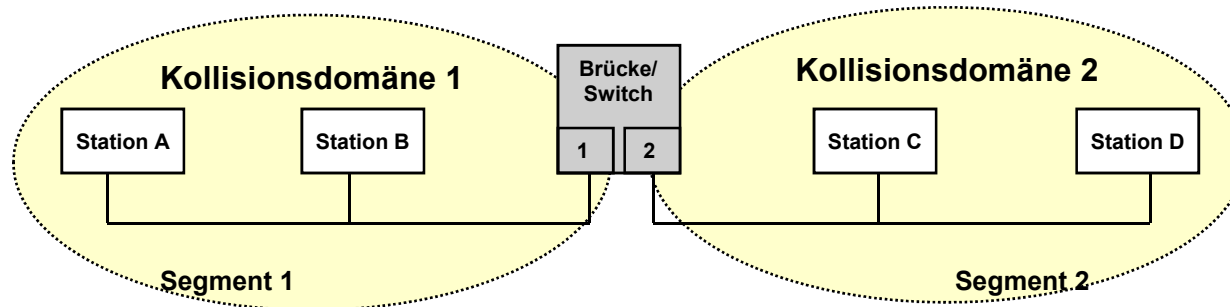
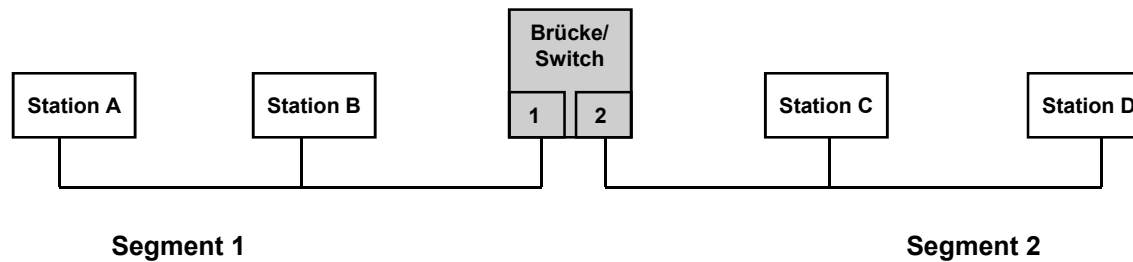
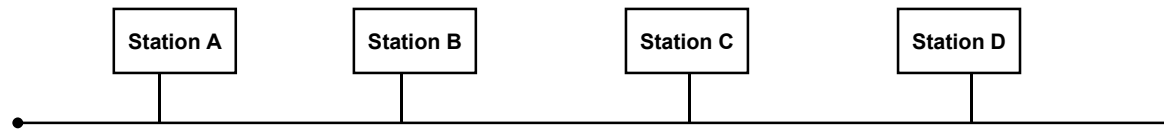
Zwei Repeater netze A und B sind über eine  
Kabelsegment miteinander verbunden. Um  
diese Verbindung zwischen den beiden  
Repeater netzen ausfallsicherer zu machen,  
kommt ein Netzadministrator auf die Idee, beide  
Repeater mit einem weiteren Kabel zu  
verbinden (siehe Abbildung).

Führt diese Maßnahme zum gewünschten Ziel?





## Grundfunktion einer Brücke/ eines Switches



LAN ohne Switch:

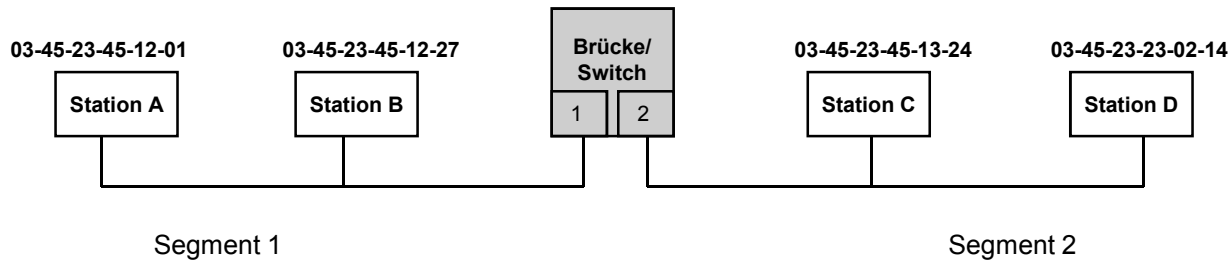
- Last im LAN?

LAN mit Switch:

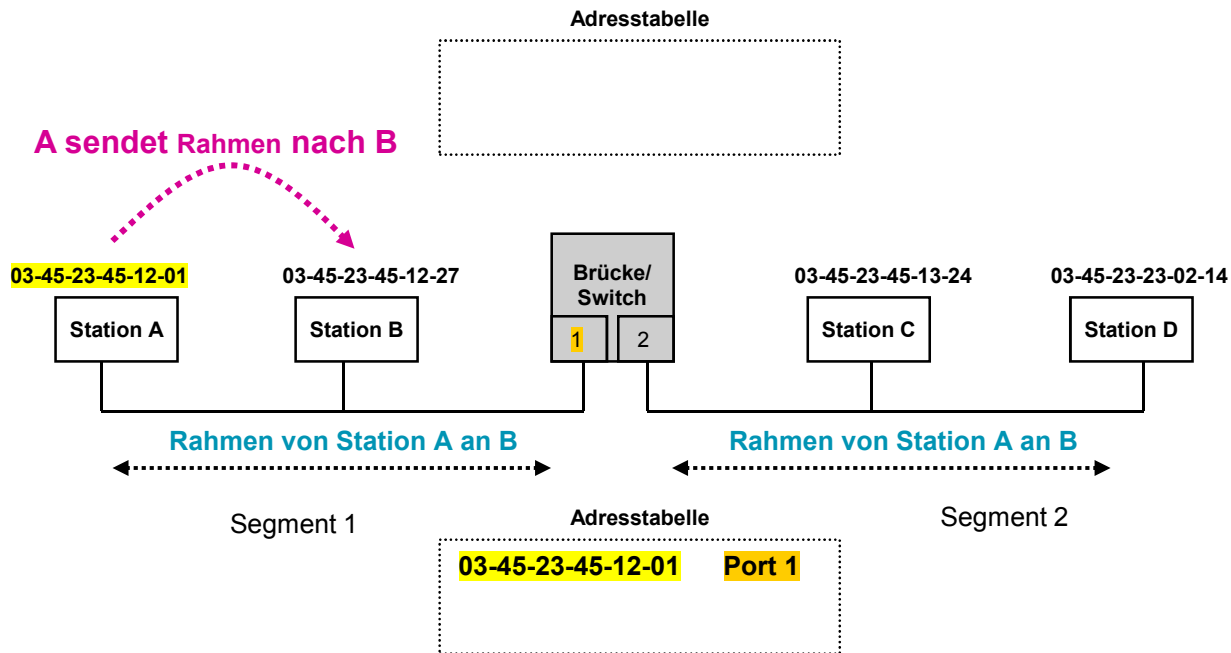
- Auftrennung von Kollisionsdomänen
- Filterfunktion anhand der MAC Adresse
- zusätzlich: Filterung fehlerhafter Rahmen (durch CRC Prüfung)
- Last im LAN?



## Aufbau der Adresstabelle eines Switches



Ausgangssituation

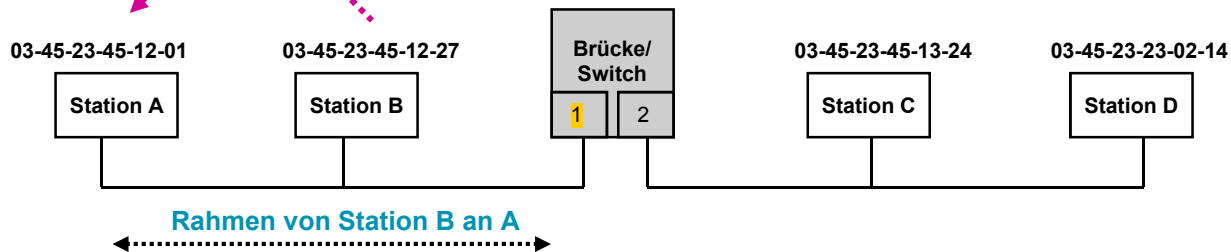


erster Eintrag in  
die Adresstabelle



## Adresstabelle des Switches

B sendet Rahmen nach A



- Aufbau der Adresstabelle anhand der Absender MAC Adresse
- Filtern der Rahmen anhand der Empfänger MAC Adresse **und** der Adresstabelle

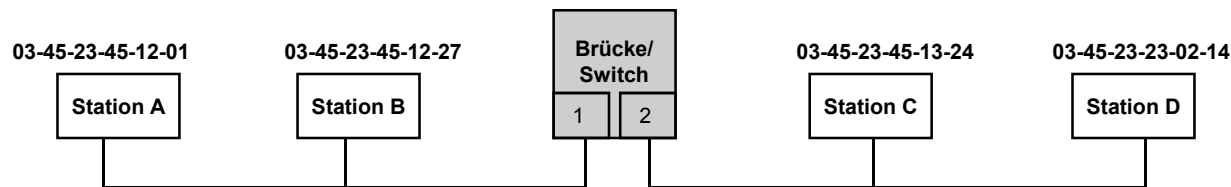
erste Filterung  
eines Rahmens

Segment 1

Adresstabelle

Segment 2

03-45-23-45-12-01	Port 1
03-45-23-45-12-27	Port 1



Adresstabelle nach  
vollständigem  
Lernprozess

Segment 1

Adresstabelle

Segment 2

03-45-23-45-12-01	Port 1
03-45-23-45-12-27	Port 1
03-45-23-45-13-24	Port 2
03-45-23-23-02-14	Port 2





## Grundfunktionen und -merkmale einer Bridge/ eines Switches

Ein Switch ist eine Netzkomponente, die auf Schicht 2 arbeitet.

Grundfunktionen und -merkmale eines Switches:

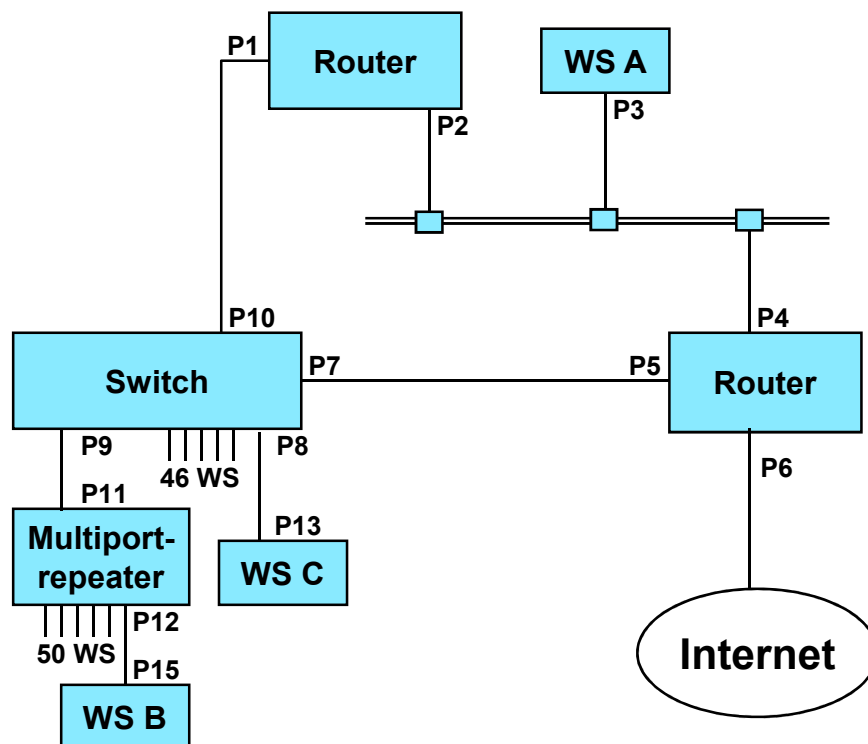
- **Lasttrennung** durch Frame-Filterung
- **Auftrennung von Kollisionsdomänen**
- **Transparenz** des Switch für die angeschlossenen Stationen,
- Weiterleitung von Broadcast- und Multicast-Nachrichten (führt zum Begriff der **Broadcast-Domäne**)  
=> Eine Broadcastdomäne wird typischerweise durch einen Router begrenzt, da Router keine (Layer2)-Broadcast-Nachrichten weiterleiten
- **Selbstlernend, selbstkonfigurierend** und **Agingmechanismus**

sowie:

- **„Brücke“ bzw. „Bridge“**: eher Begriff aus der Historie zum Verbinden verschiedener Technologien (z.B. Ethernet mit Token-Ring, dann meist 2-Ports)
- Unterstützung redundanter Netzwerkpfade (→ **Spanning Tree Protokoll**)



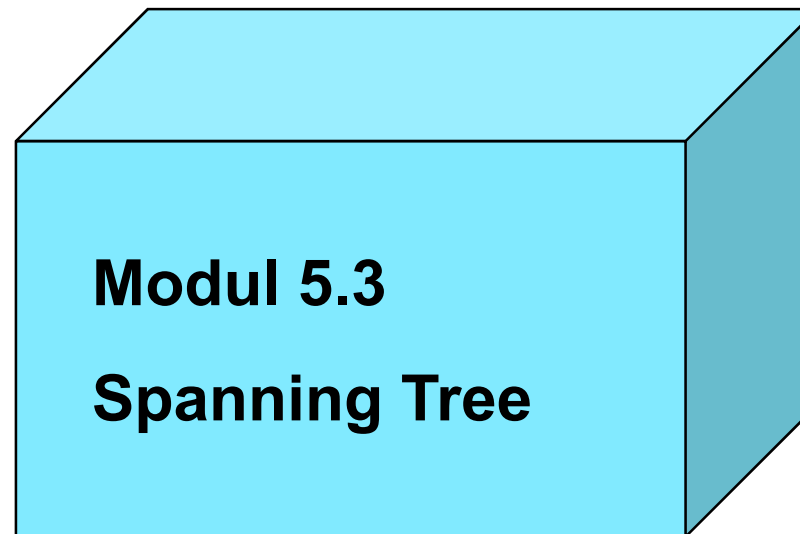
## Übungsaufgabe



### Aufgabe

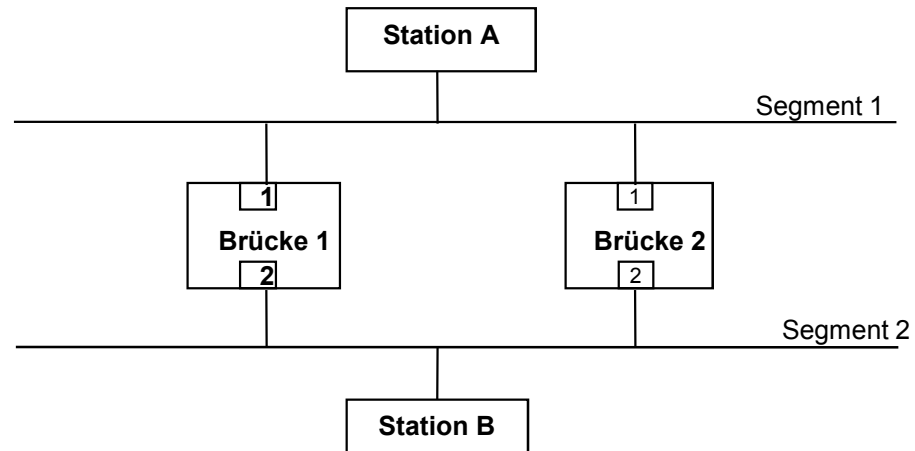
Gegeben sei das links beschriebene Netz:

- Welche Ports gehören zur selben Kollisionsdomäne?
- Welche Ports gehören zur selben Broadcastdomäne?



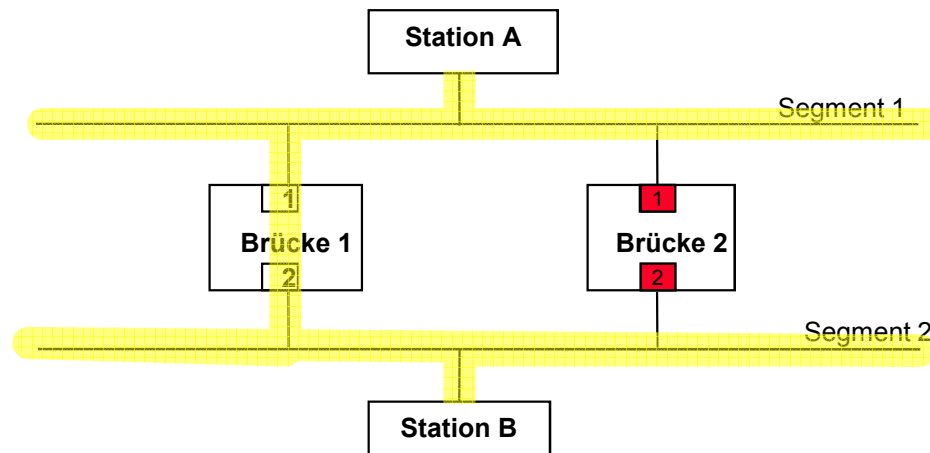


## Problemstellung redundante Netzwerkpfade (→ Spanning-Tree-Algorithmus)





## Problemstellung redundante Netzwerkpfade (→ Spanning-Tree-Algorithmus)

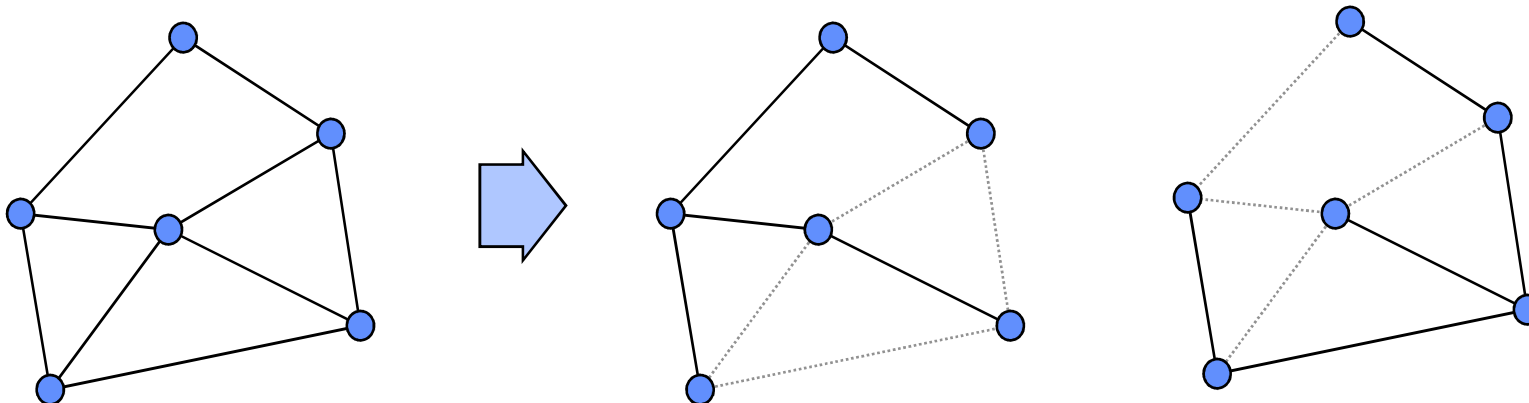




## Finde einen „spannenden“ Baum !

### Grundprinzip:

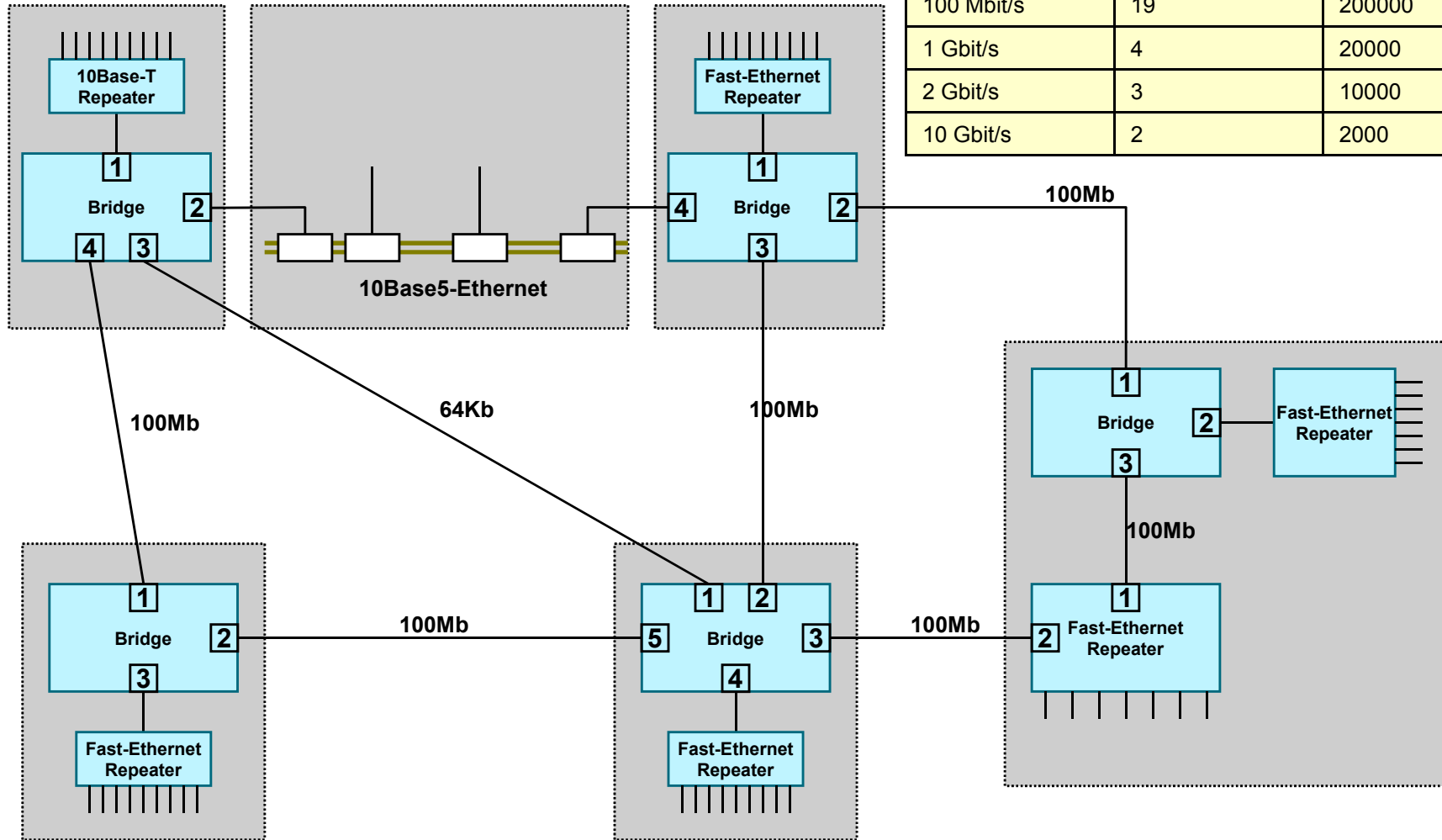
- Unterdrückung von Schleifen durch Deaktivierung von Verbindungen (Ports)
- Mathematisch formuliert:  
Transformation einer beliebig vermaschten Netzstruktur durch Streichen von Kanten in einen **spannenden Baum** (= zwischen zwei beliebigen Punkten existiert genau ein Weg)





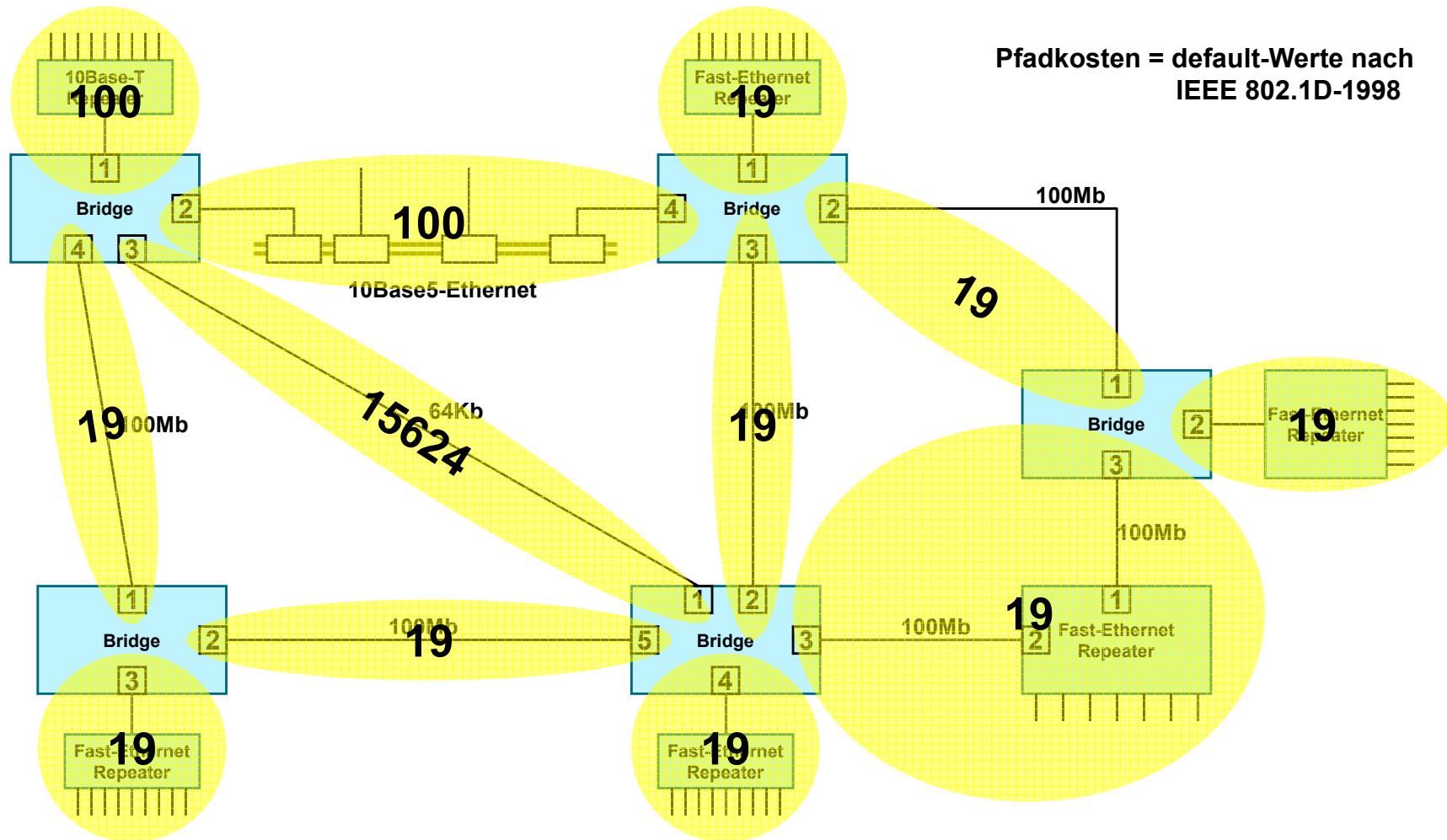
## Beispielnetz mit Brücken und Repeatern

Datenrate	Pfadkosten (IEEE 802.1D-1998)	Pfadkosten (IEEE 802.1t-2001)
4 Mbit/s	250	5000000
10 Mbit/s	100	2000000
16 Mbit/s	62	1250000
100 Mbit/s	19	200000
1 Gbit/s	4	20000
2 Gbit/s	3	10000
10 Gbit/s	2	2000





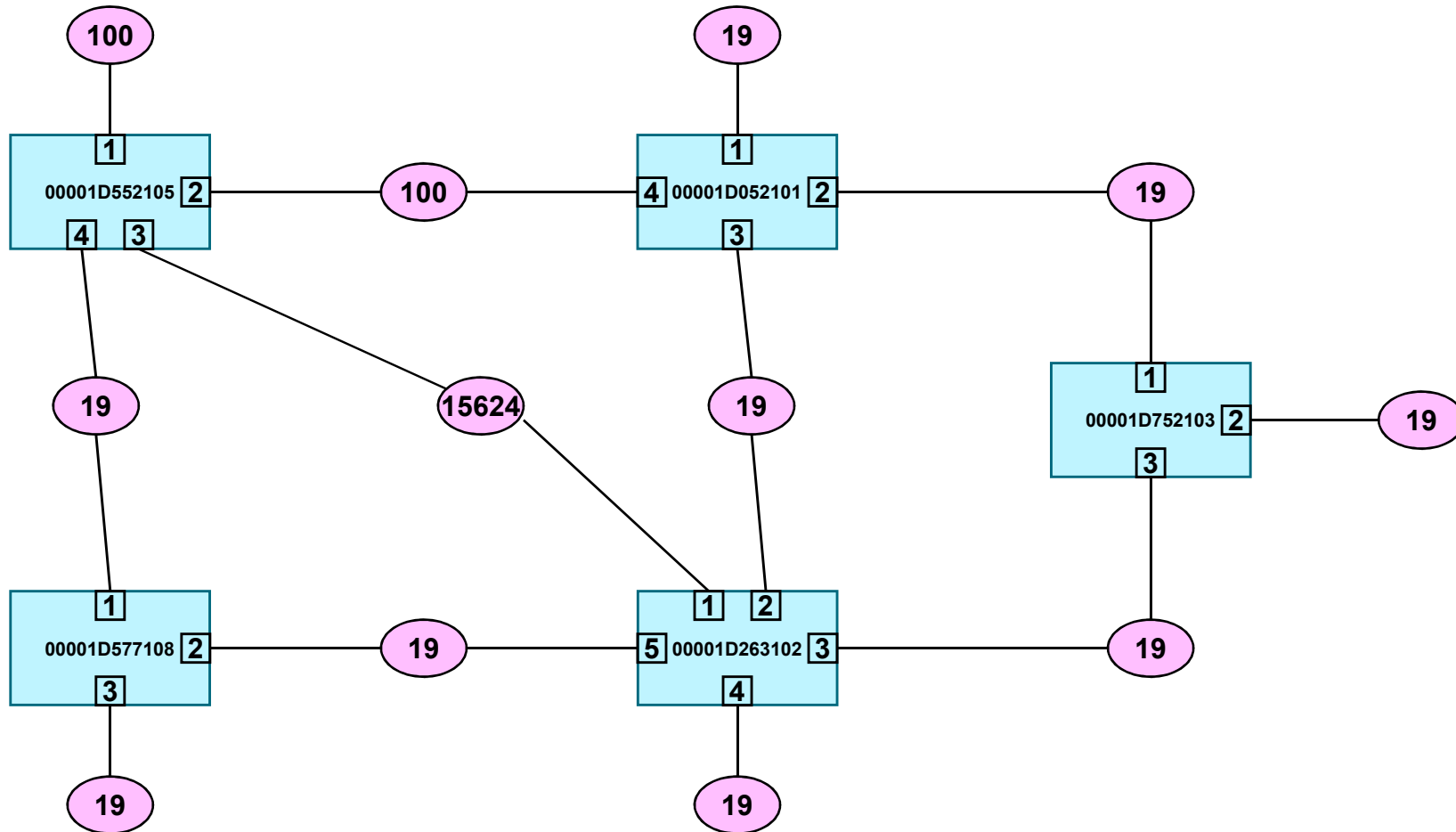
## Kollisionsdomänen und Pfadkosten im Beispielnetz





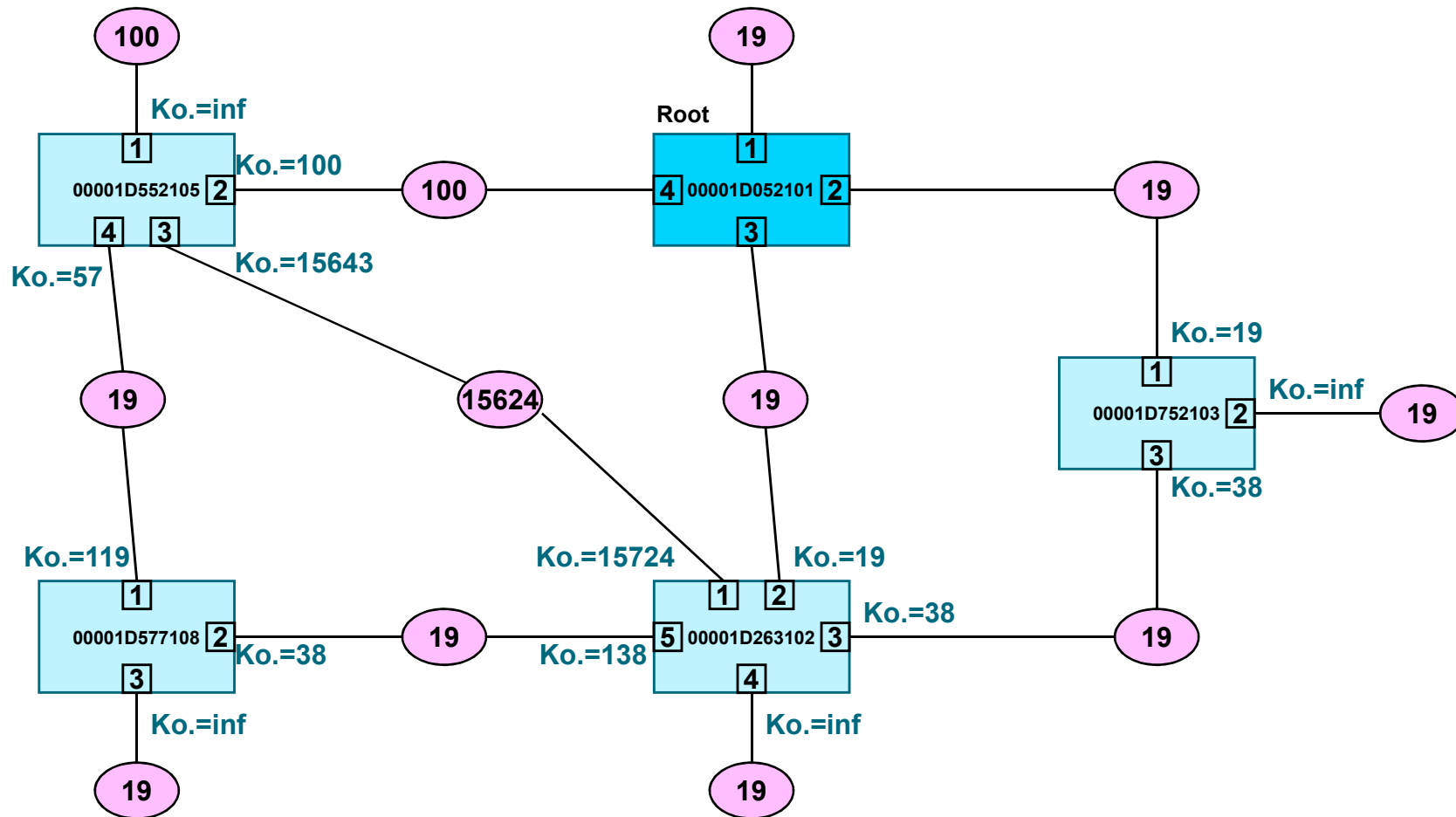


## Ausgangspunkt: Logisches Netzmodell mit Brücken, Kollisionsdomänen und Pfadkosten



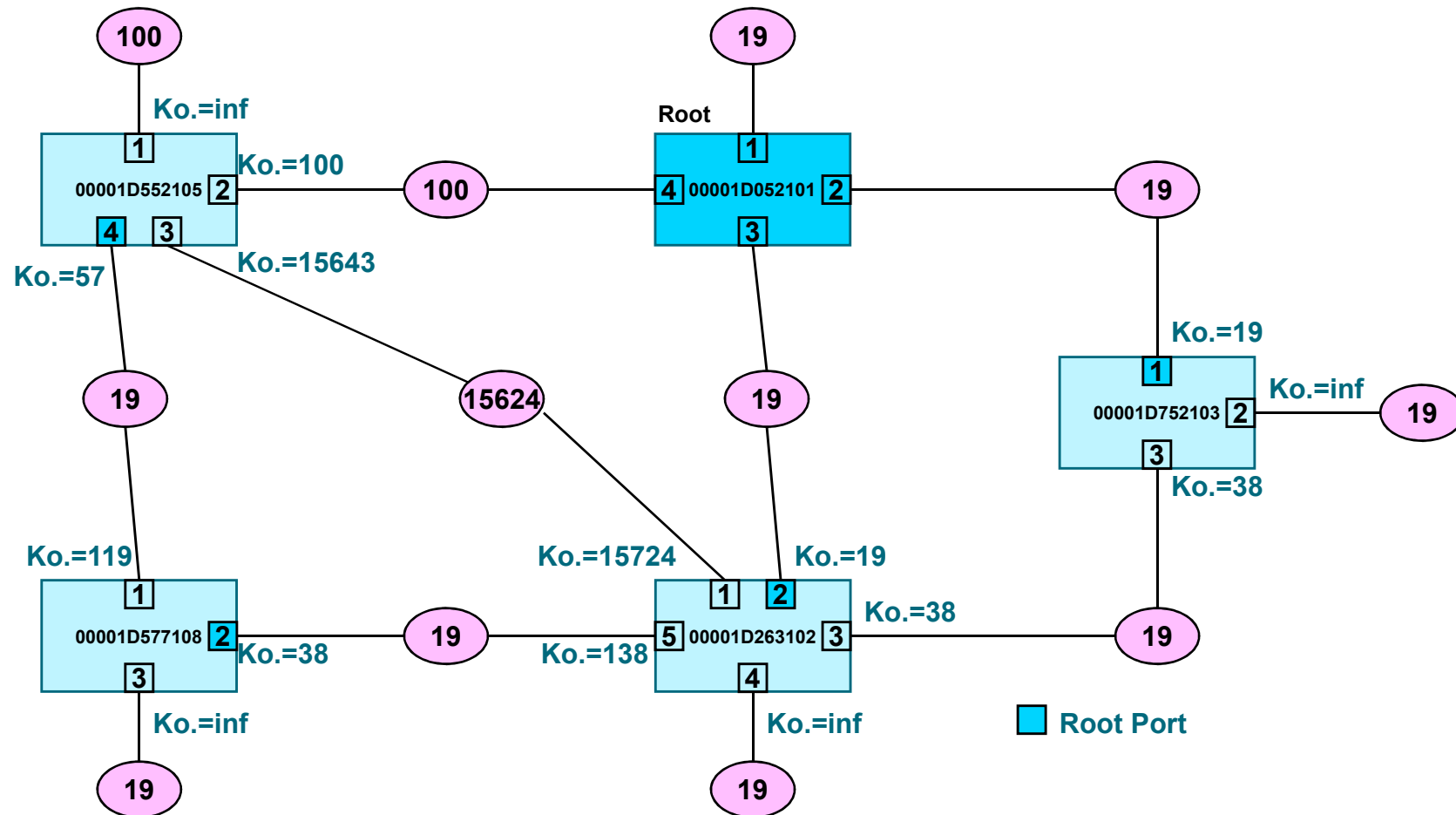


## Schritt 1: Bestimmung der Rootbridge und Berechnung der Pfadkosten zur Rootbridge



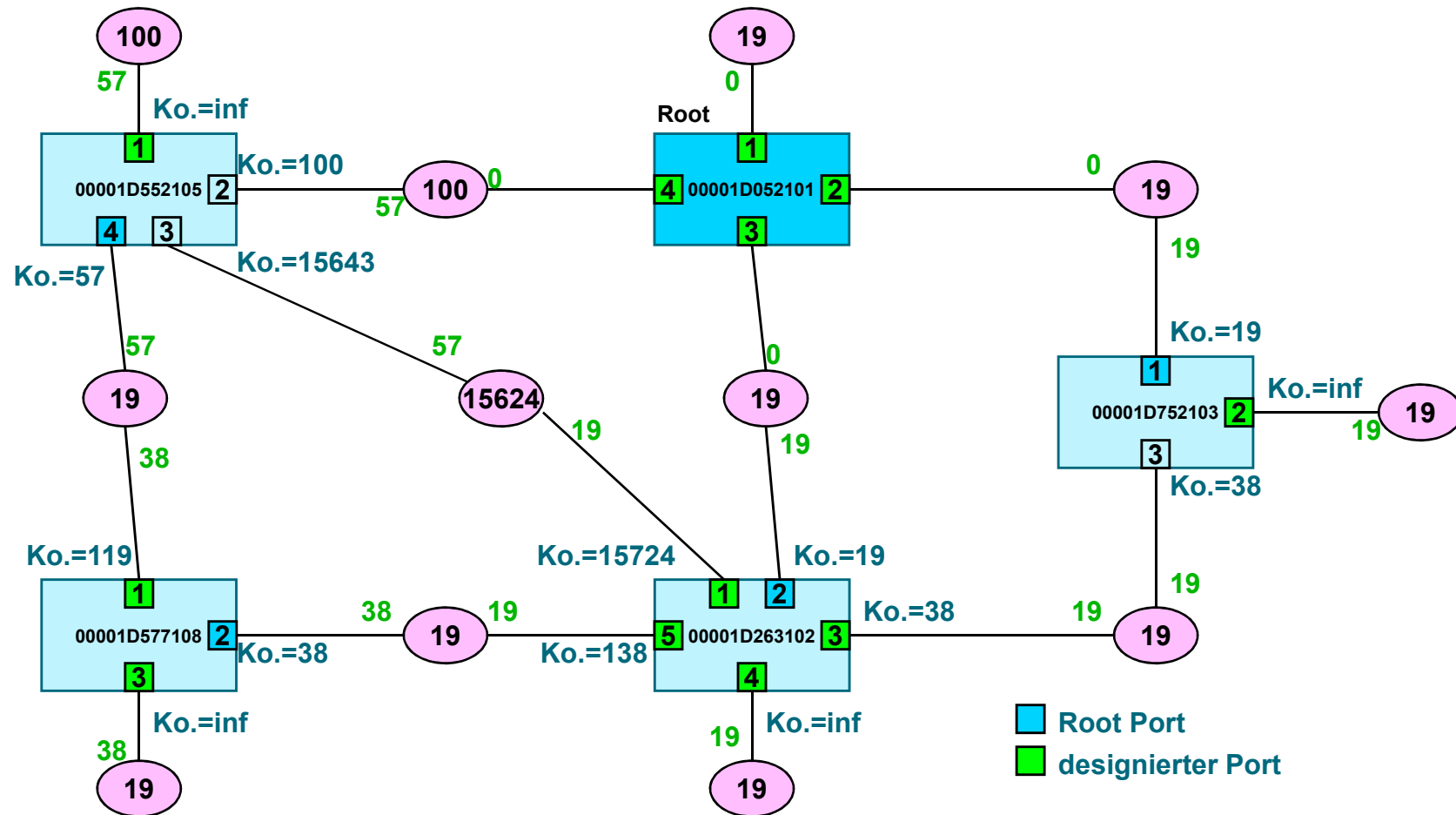


## Schritt 2: Festlegung der Root Ports



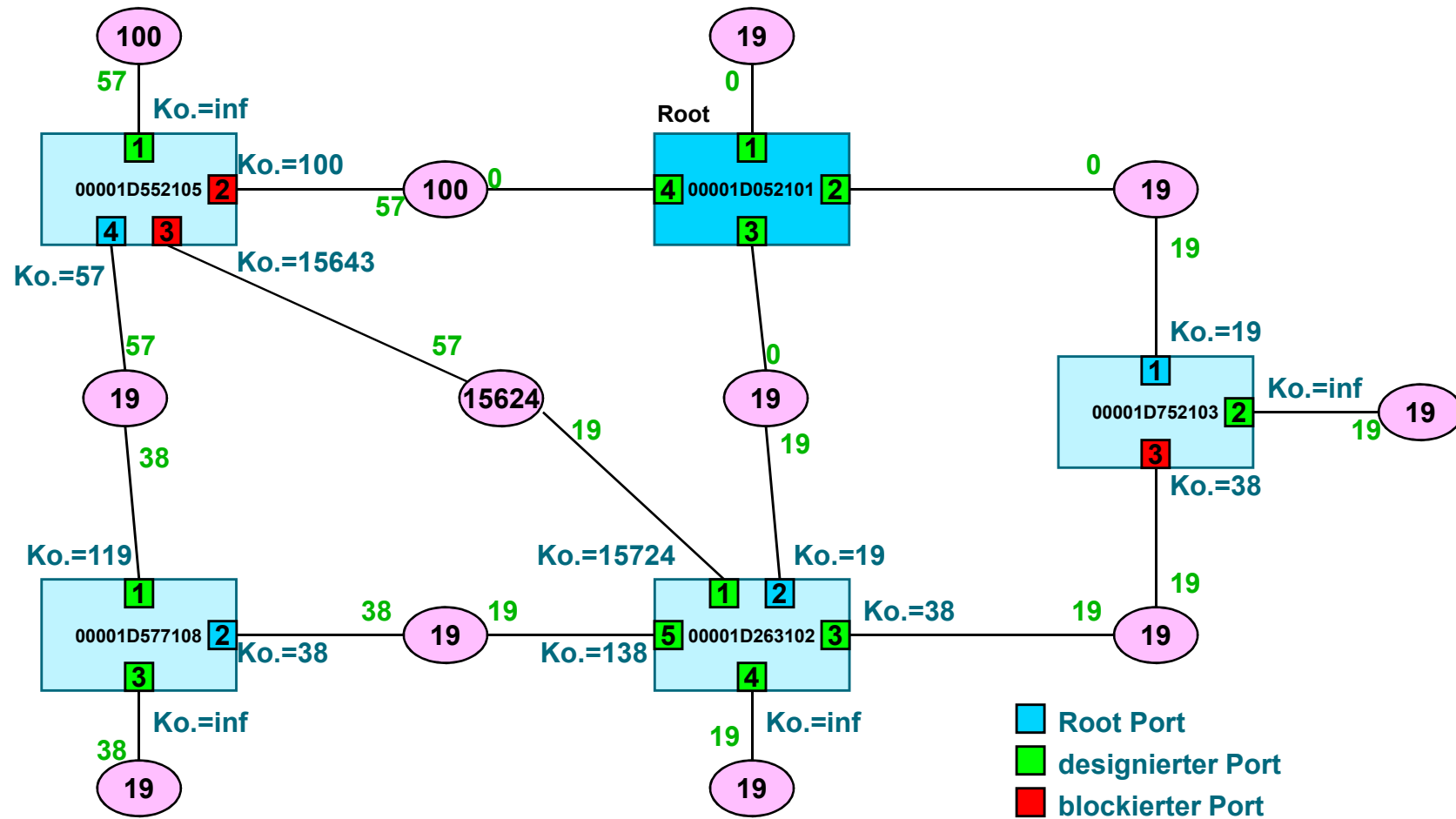


## Schritt 3: Bestimmung der designierten Ports



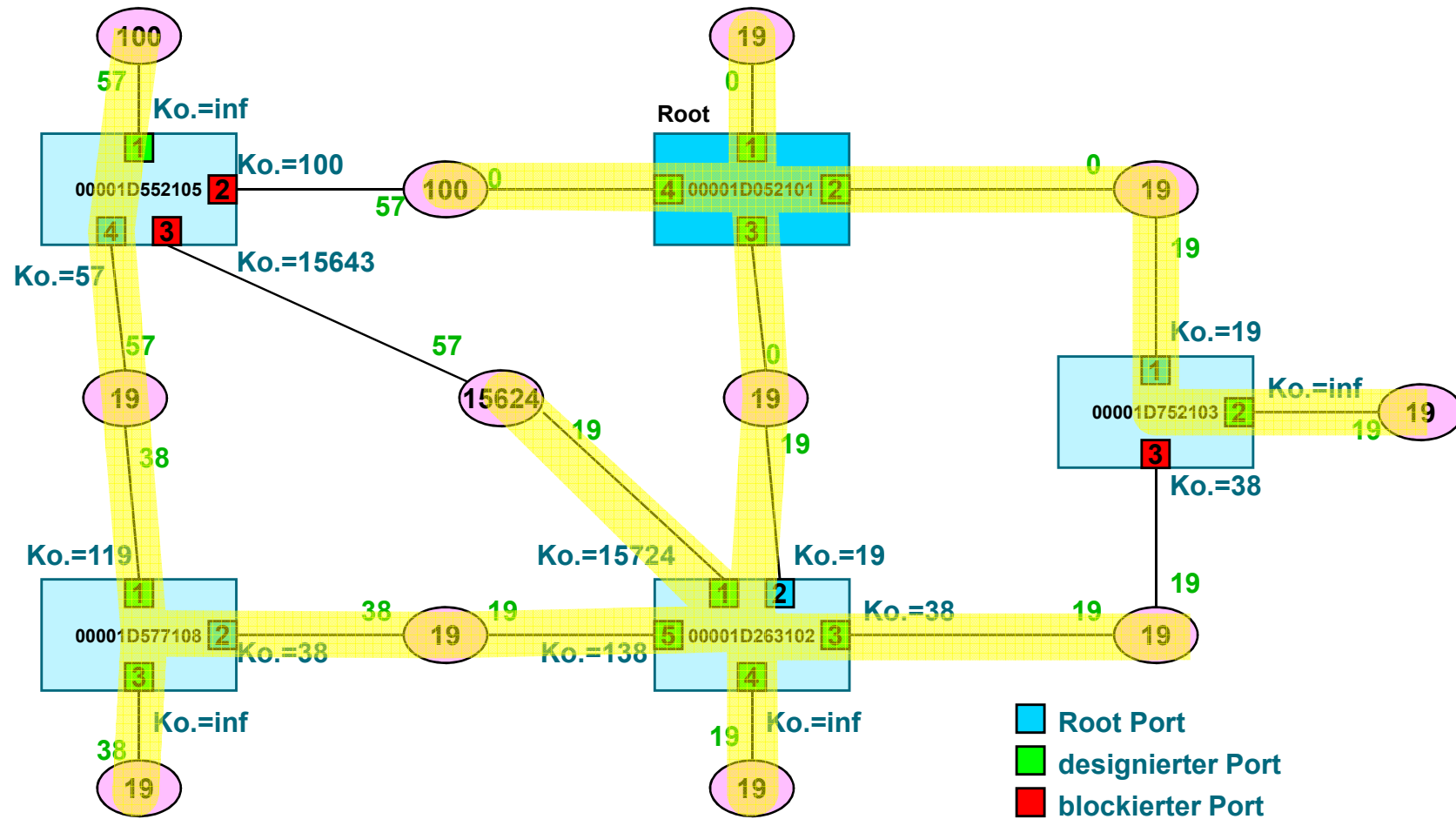


## Schritt 4: Bestimmung der blockierten Ports





## Ergebnis: der spannende Baum





## Zusammenfassung: Ablauf des Spanning Tree Algorithmus

Grundlagen: Der Spanning Tree Algorithmus arbeitet auf einem **logischen Netzmodell**, bei dem die Brücken bzw. die Kollisionsdomänen die Knoten bzw. die Kanten darstellen.

Eine **Multicast-adresse für alle Brücken** im lokalen Netz (01-80-C2-00-00-10)

- Schritt 1: Bestimmung einer **Root Bridge**. Brücke mit niedrigster **Bridge-ID** gewinnt.
- Schritt 2: Bestimmung eines **Root Ports** für jede Bridge (außer Root-Br.) (Root Port = Port mit kostengünstigster Gesamtverbindung zur Root Bridge), bei gleichen **Pfadkosten** gewinnt Port mit niedrigster **Port-ID**.
- Schritt 3: Bestimmung der **designierten Ports**. Markieren aller Ports der Root-Bridge als „designated“. Für jede Kollisionsdomäne Wahl eines **designierten (=aktiven) Ports**, für den die Pfadkosten zur Root-Bridge minimal sind. Falls nicht eindeutig bestimmt, Wahl der Bridge mit der niedrigsten ID. Markieren des entsprechenden Ports zur Kollisionsdomäne als „designated“..
- Schritt 4: **Blockieren** aller Ports, die weder Root-Port noch designierter Port sind.



## Anmerkungen zum Spanning Tree Protokoll

- Performance-Problem beim klassischen STP: fehlende „**Echtzeitfähigkeit**“
- Sicherheitsproblem, insbesondere beim klassischen STP:
  - Neuberechnung und Reorganisation des Netzes kann durch gefälschte Spanning-Tree-Frames ausgelöst werden.
  - Hierdurch kann das Netz 30 Sekunden oder länger lahmgelegt werden
- Das „klassische“ Spanning Tree Protokoll (STP) nach IEEE 802.1D ist (seit etwa 2003) durch das **Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)** nach IEEE 802.1w abgelöst.
- Idee von RSTP:  
Arbeite in der alten Netzstruktur weiter bis die gesamte neue, alternative Netztopologie berechnet ist. Schalte dann „gemeinsam/simultan“ (innerhalb weniger als eine Sekunde) auf neue Netztopologie um.





**Modul 5.4**  
**Was ist ein**  
**Switch?**



© Von Simon A. Eugster - Eigenes Werk,  
CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23208990>

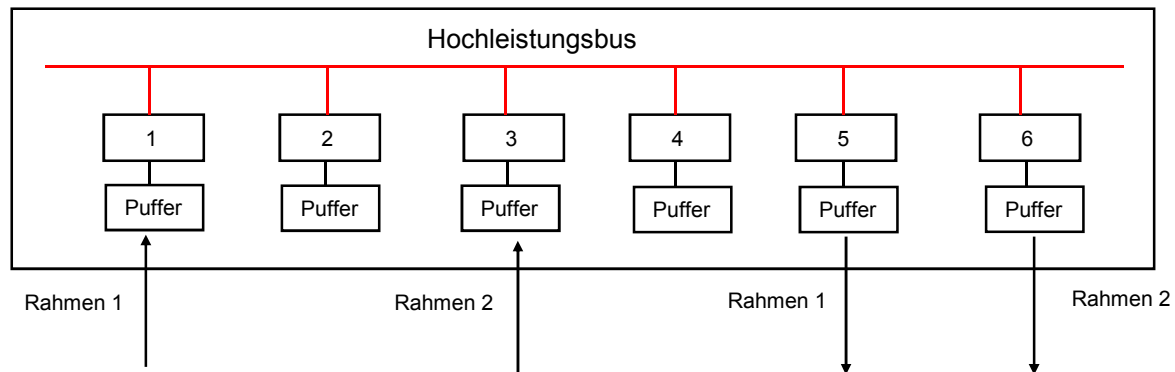


## Weitere Abgrenzung Brücke/ Bridge zu Switch

- Switche **arbeiten wie Brücken** auf der Leitungsschicht (= Schicht 2) und entsprechen diesen in ihrer grundlegenden Funktionsweise.
- Switche sind auf **hohe Leistung** getrimmt.
- Große Anzahl von Ports ("**Portdichte**")
- **Mikrosegmentierung** (= Anbindung einer einzelnen Station an einen Switchport, Ein-Port-Segment)  
(→ Keine Kollisionen, optimaler Vollduplex-Betrieb)
- Store-and-Forward-Switching  
(Vorteil: Fehlererkennung, Nachteil: langsamer)
- **Cut-Through-Switching**: Direkte Weiterleitung nach Auswertung der Zieladresse
- Fragment-Free Switching  
(→ Überprüfung auf minimale Rahmenlänge von 64 Byte → Vermeidung von „Rahmen-Bruchstücken“)
- **Unterstützung von VLANs**



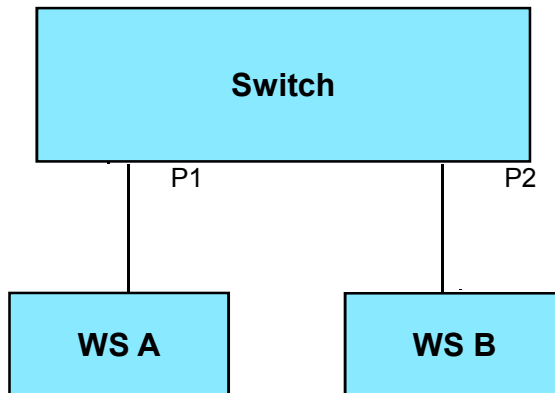
## Backplane eines Switches



- Im Puffer wird das Frame komplett gespeichert und geprüft. Falls fehlerhaft es ist, wird es verworfen.
- Entscheidend für die Leistungsfähigkeit eines Switches ist die Backplane (verschiedene Ausbildungen möglich)



## Mikrosegmentierung



- Eine Workstation oder ein PC pro Switch-Port
- Bei „Voll duplex“ (d.h. ein Leitungspaar pro Richtung) können keine Kollisionen auftreten!



## Cut-Through-Switching

- Keine Fehlerüberprüfung
- Es reicht die MAC-Zieladresse auszuwerten

