

## Wahlalgorithmen

- Motivation
- Grundlagen
- Wellenverfahren
- Adoptionsverfahren



## Motivation

- Systemmodell
  - Verteiltes System mit potenziell sehr vielen Knoten
  - Knoten
    - Gesamtzahl aller Knoten ist unbekannt
    - Jeder Knoten hat eindeutige ID
    - Nicht alle Knoten sind kontinuierlich Teil des Systems
  - Unterschiedliche Netztopologien
    - Ring
    - Baum
    - Beliebige Strukturierung
  - Nicht jeder Knoten ist notwendigerweise mit jedem anderen verbunden
- Herausforderungen
  - Wie kann eine Wahl in nicht vollvermaschten Systemen realisiert werden?
  - Wie lässt sich die Effizienz durch Wissen über die Netztopologie steigern?
  - Wie wählt man einen Anführer in Systemen mit komplexer Netztopologie?



## Motivation

- Problem: Wahl eines Anführerknotens
  - Beispielszenarien
    - Koordinierung verteilter Aktionen
    - Erzeugung systemweit eindeutiger Token
  - Anlässe
    - Initialisierung im Rahmen des Systemstarts
    - Neukonfigurierung als Reaktion auf Fehler
  - Verwandtes Problem: Bestimmung einer maximalen Knoten-ID
- Anforderungen
  - Eindeutigkeit*: Zu jedem Zeitpunkt ist maximal ein Knoten der Anführer
  - Terminierung*: Bestimmung des Anführers erfolgt in endlicher Zeit
- Zusätzliche Kriterien (Beispiele)
  - Deterministischer Wahlalgorithmus
  - Benachrichtigung aller Knoten über das Ende bzw. Ergebnis der Wahl



## Erzeugung eines virtuellen Baums beim Systemstart

- Vorbereitung
  - Ermittlung einiger Adressen anderer Knoten für Verbindungsaufbau
  - Beispiel: Nutzung einer Registry
- Verbindungsaufbau
  - Verwaltung eines lokalen Levels
  - Wurzelknoten des Baums hat Level 0
  - Elternknoten: Nachbar mit kürzester Distanz zum Wurzelknoten
- Wiederholung der Auswahl bei Abbruch der Elternverbindung

```
private int level = -1;
private VSNode parent = null;

public void connect(List<VSNode> nodes) {
    for(VSNode node: nodes) {
        // Verbindungsauflauf
        boolean connected = [Aufbau der Verbindung];
        if(!connected) continue;

        // Bestimmung des Elternknotens
        if((level < 0) || (level > node.level)) {
            level = node.level + 1;
            parent = node;
        }
    }
}
```



# Wellenverfahren

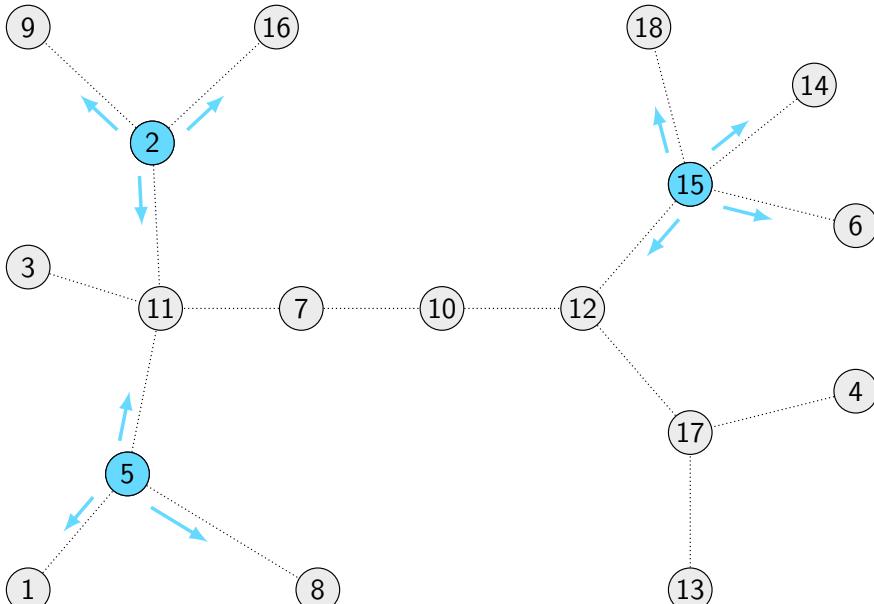
- Baumstruktur
  - Ungerichtete Kanten
  - Keine Zyklen
- Eigenschaften
  - Kommunikation mit unterschiedlich vielen Nachbarknoten
  - Potenzial für *Divide-and-Conquer*-Ansätze
- Wellenverfahren
  - *Explorationswelle* durchläuft den Baum bis zu den Blättern
  - *Echowelle* kommt zurück und bestimmt die höchste ID
  - *Informationswelle* teilt allen Knoten das Ergebnis mit

## Literatur

 Friedemann Mattern  
**Verteilte Basisalgorithmen**  
 Springer-Verlag, 1989.

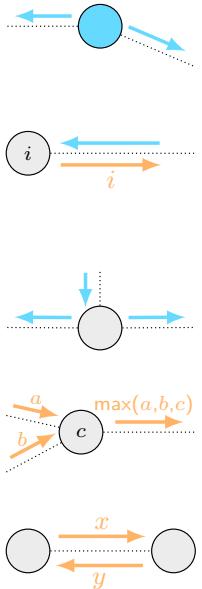


## Beispiel

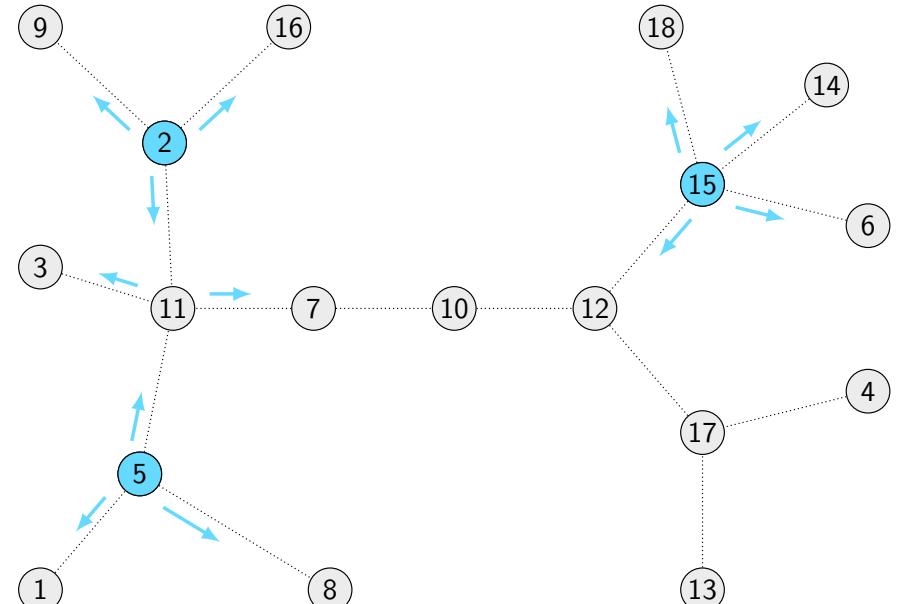


# Algorithmus

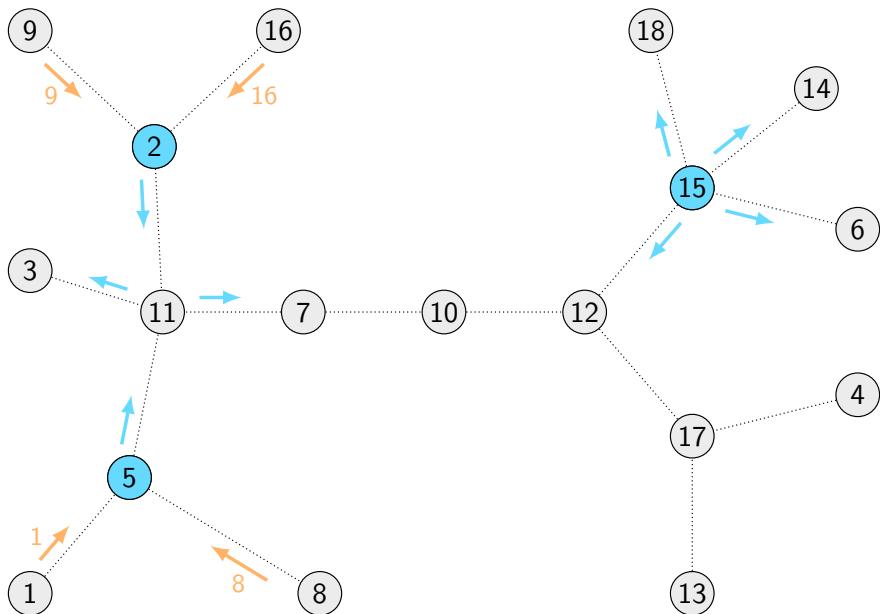
- Dedizierte Initiatorknoten senden *Explorernachrichten* an alle ihre Nachbarknoten
- Blattknoten senden bei Empfang einer Explorernachricht die eigene ID als Echonachricht zurück
- Innere Knoten mit  $k$  Kanten
  - Weiterleitung der ersten Explorernachricht in alle übrigen Richtungen
  - Nach Erhalt von Echonachrichten auf  $k - 1$  Kanten: Senden einer Echonachricht  $e$  mit dem Maximum aller bisher bekannten IDs über die verbleibende Kante
  - Falls Empfang einer weiteren Echonachricht  $e'$ : Höchste ID im Netz ist Maximum der IDs von  $e$  und  $e'$



## Beispiel



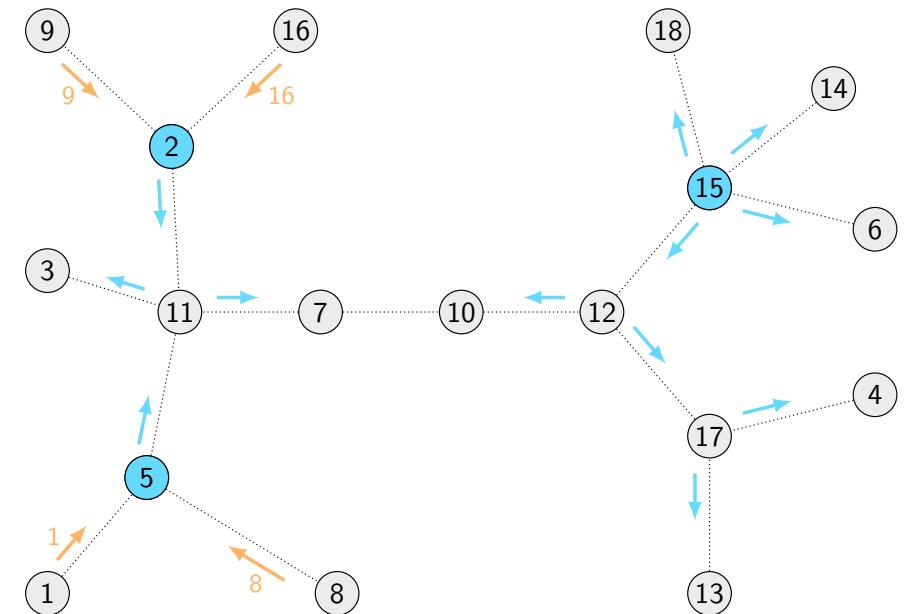
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12–7

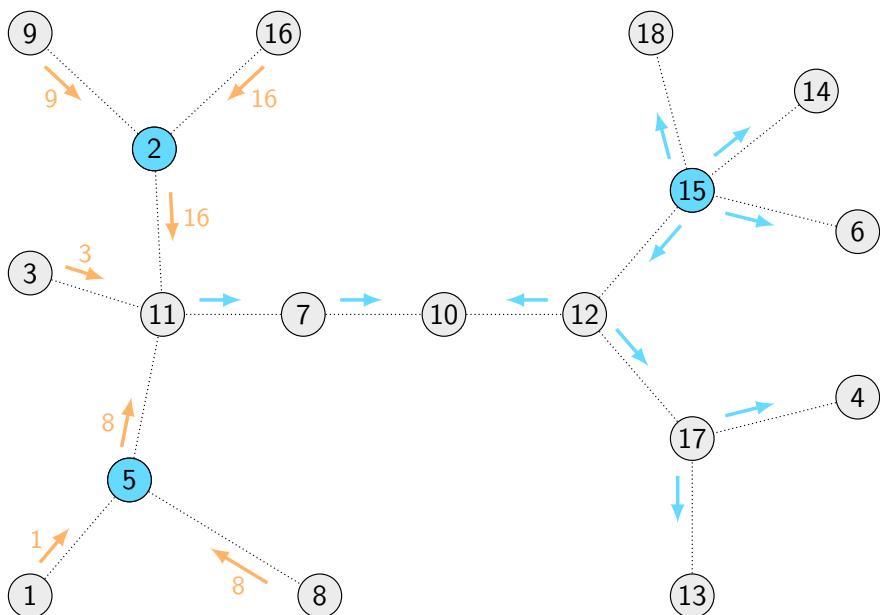
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12–7

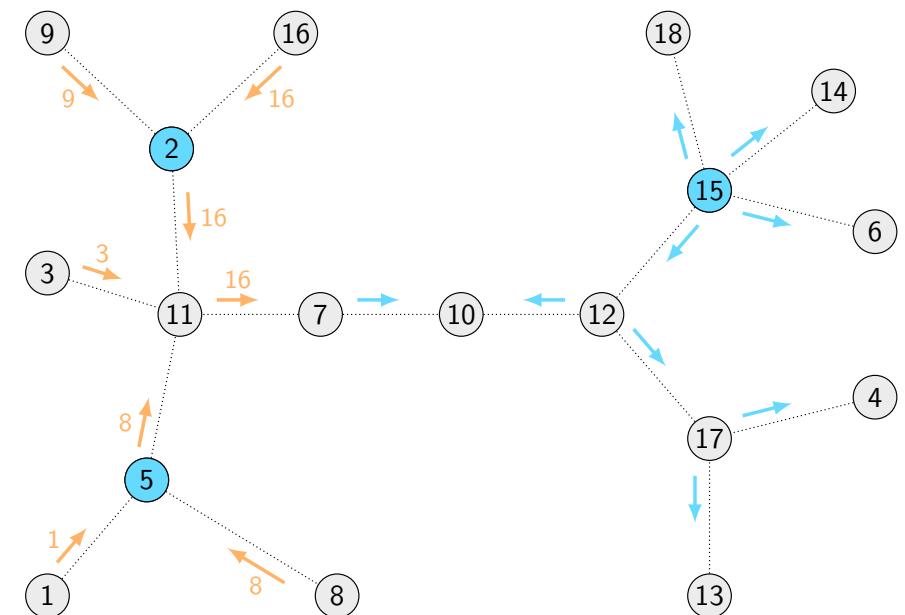
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12–7

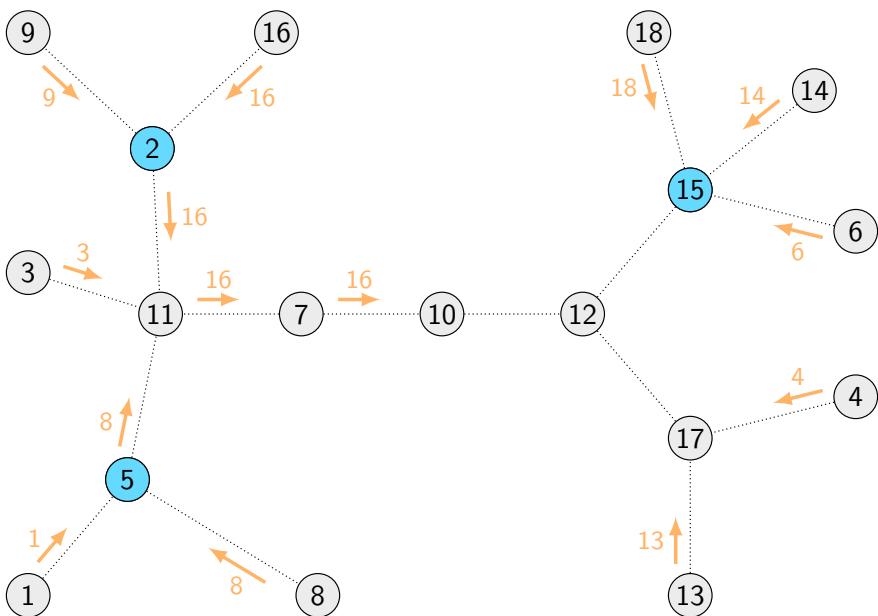
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12–7

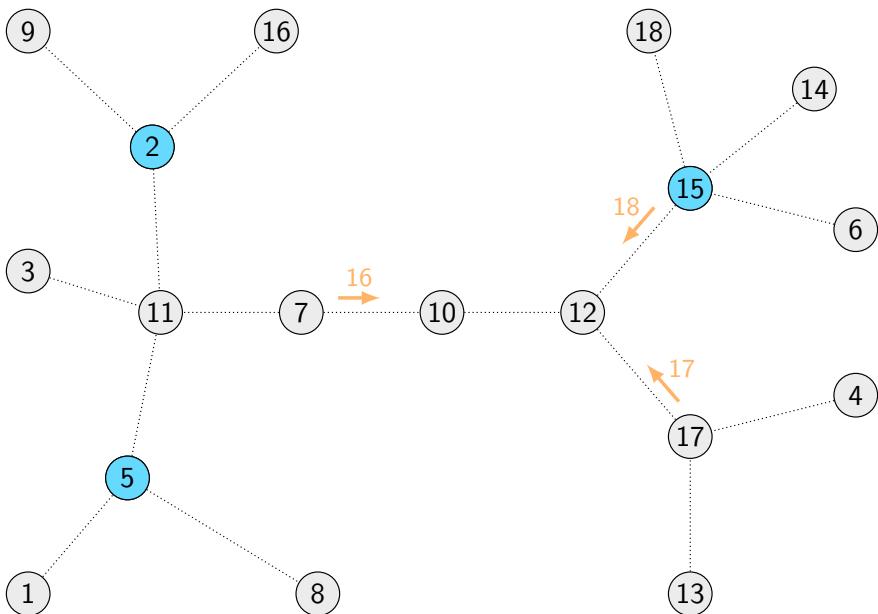
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12-7

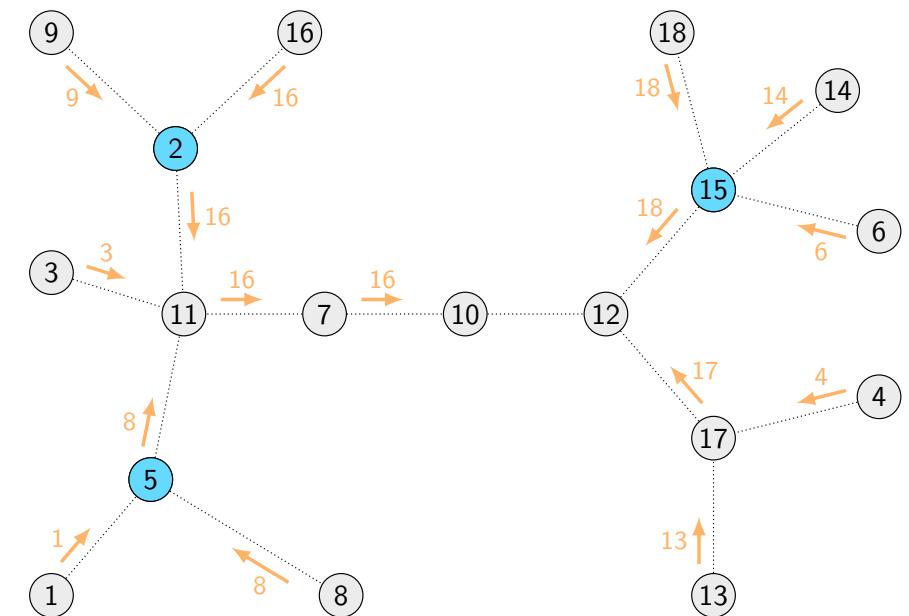
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12-8

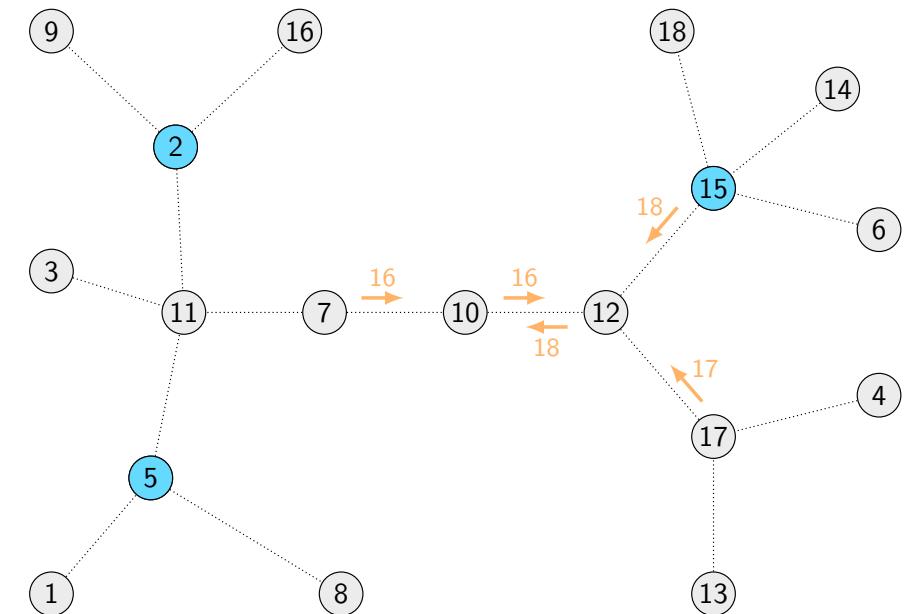
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12-8

## Beispiel



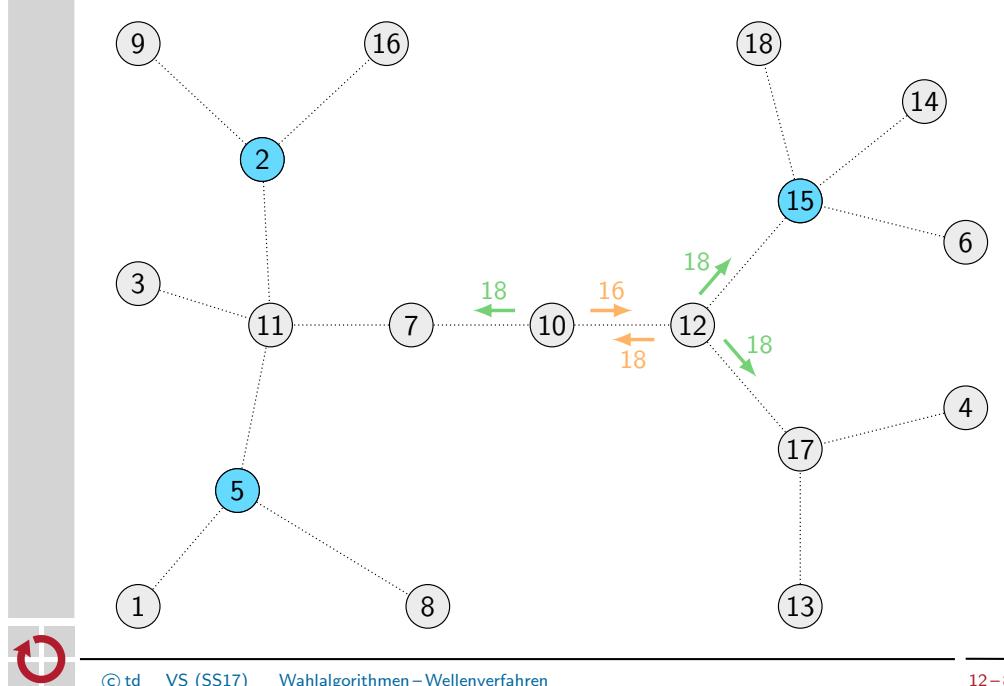
 -

---

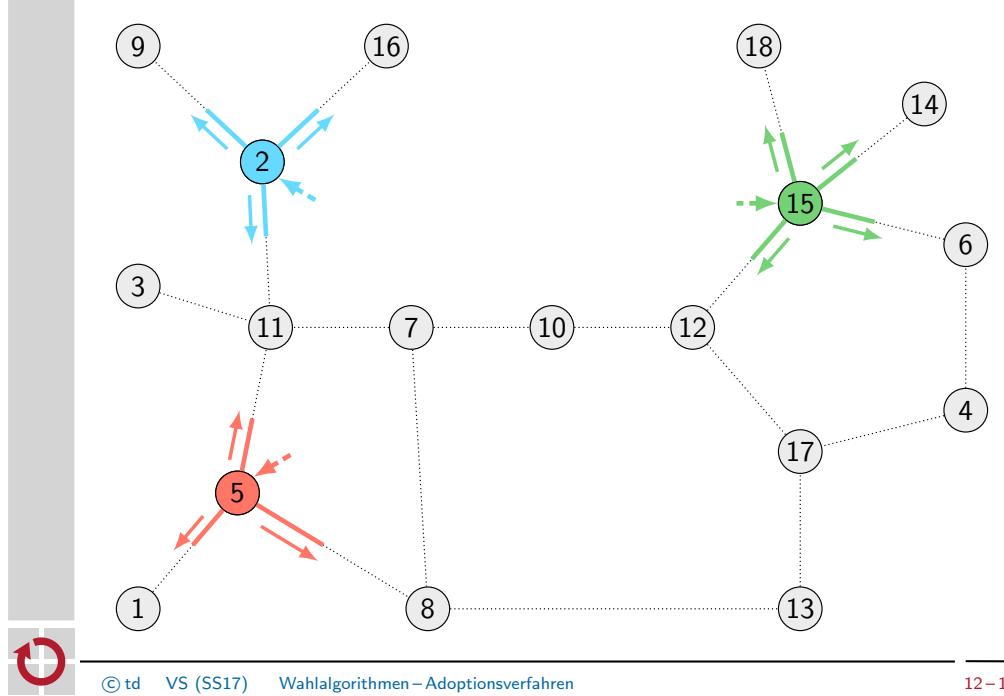
© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Wellenverfahren

12-8

## Beispiel



## Beispiel

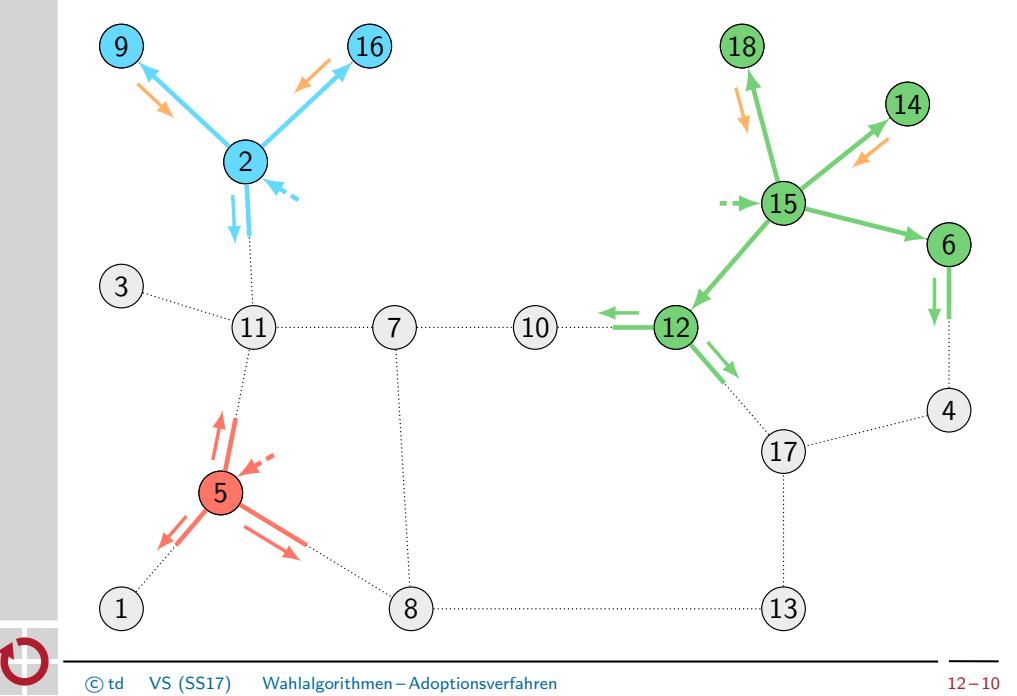


## Adoptionsverfahren für beliebige Topologien

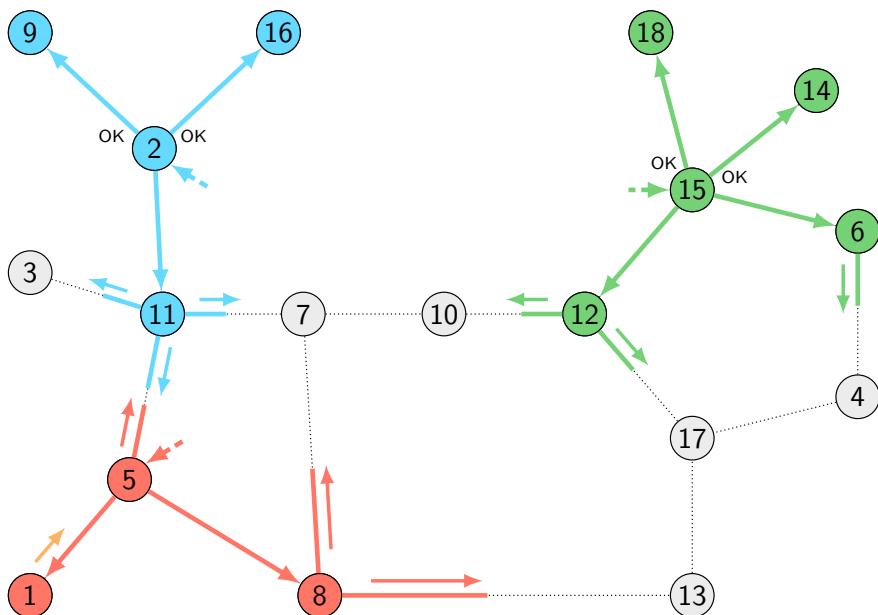
- Grundprinzip wie bei Wahl auf Bäumen: Explorations- und Echowelle
- Unterschiede
  - Explorer- und Echonachrichten tragen ID des zugehörigen Initiators
  - Nach Erhalt eines Echoes: Markieren der Kante als erledigt („OK“)
- Verwaltung von IDs an Knoten und Kanten
  - Speicherung der höchsten einem Knoten bekannten Initiator-ID ( $ID_i$ )
  - Elternkante: Kante, über die Explorernachricht mit ID<sub>i</sub> empfangen wurde
  - Markieren der Sendekante einer Explorernachricht mit Initiator-ID
- Empfang einer Explorernachricht  $x$  über Kante  $k$  mit Markierung  $m$ 
  - Falls  $ID_x = ID_m$  Kante  $k$  ist nicht Teil des virtuellen Baums
  - Falls  $ID_x < ID_m$  Ignorieren der eintreffenden Explorernachricht  $x$
  - Falls  $ID_m < ID_x \leq ID_i$  Aktualisierung von  $m$ , Senden von  $x$  über  $k$
  - Falls  $ID_x = ID_i$ :  $k$  ist nicht Teil des Baums Adoption:  $k$  wird neue Elternkante,  $ID_i := ID_x$
  - Weiterleitung von  $x$  über bisherige Elternkante

© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren 12–9

## Beispiel



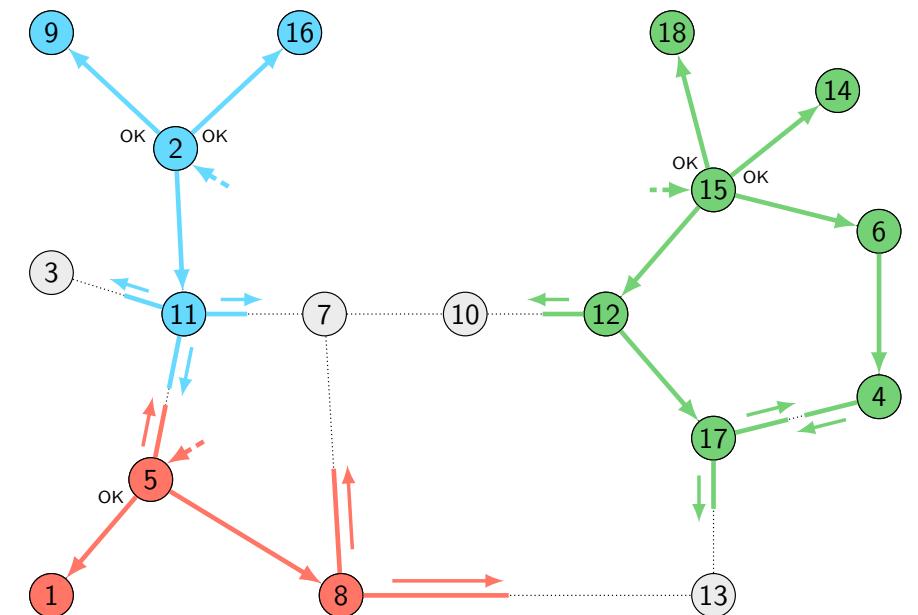
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren

12–10

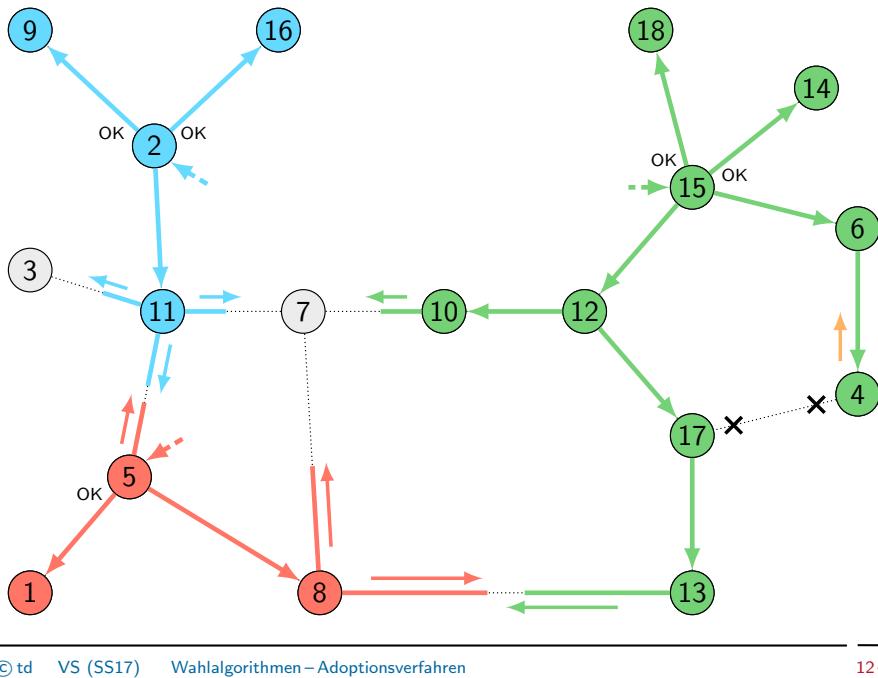
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren

12–10

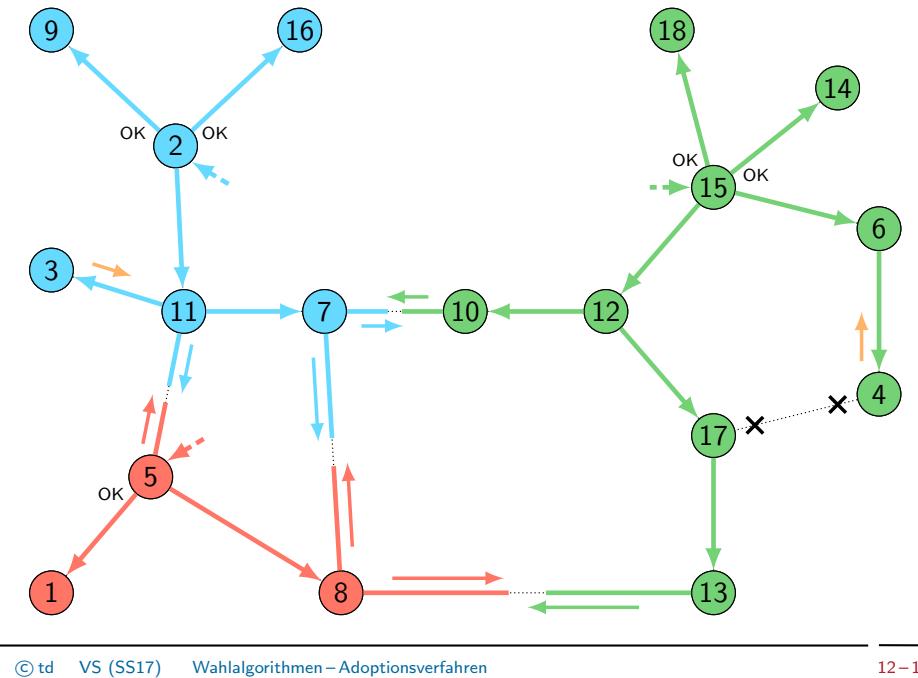
## Beispiel



© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren

12–10

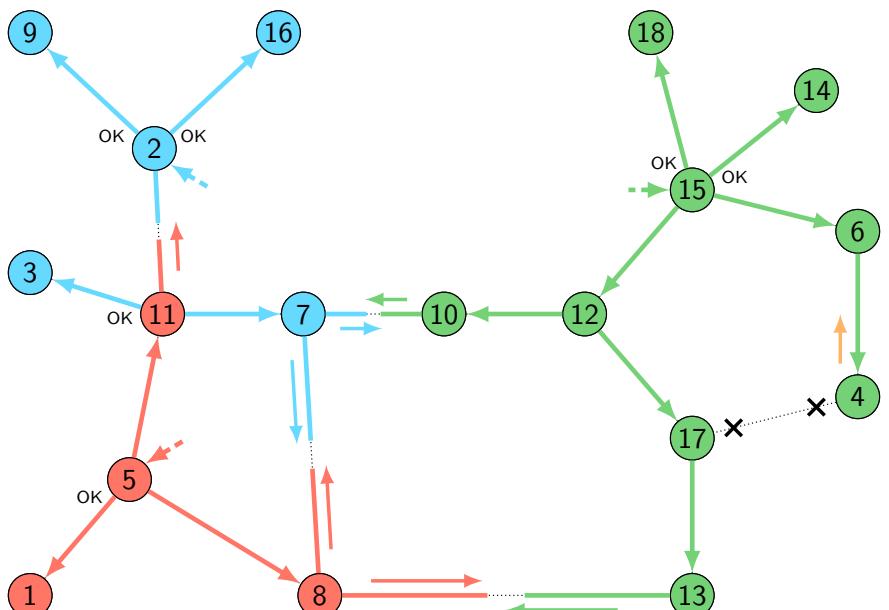
## Beispiel



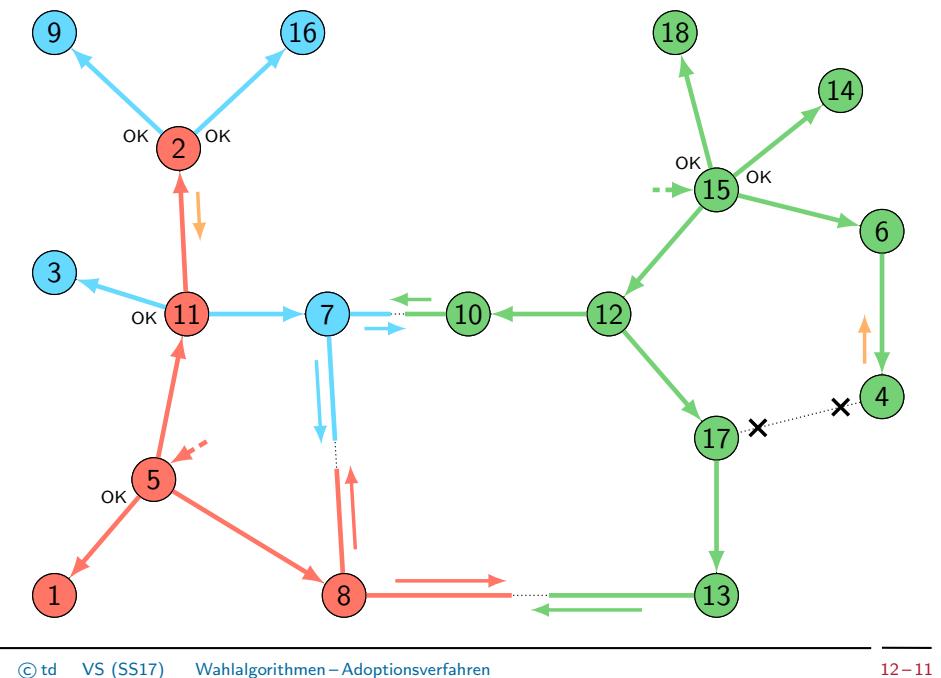
© td VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren

12–10

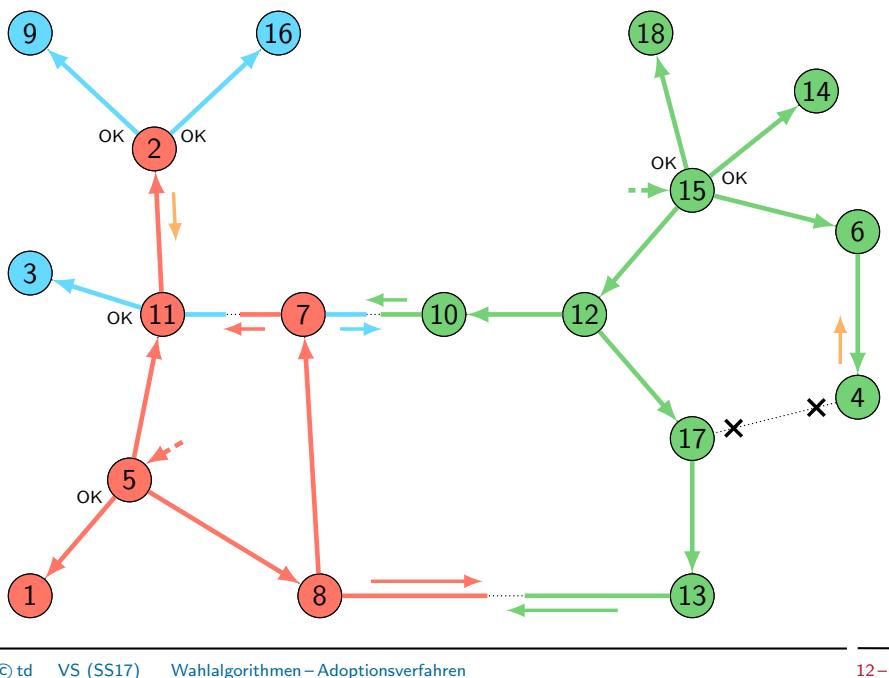
## Beispiel



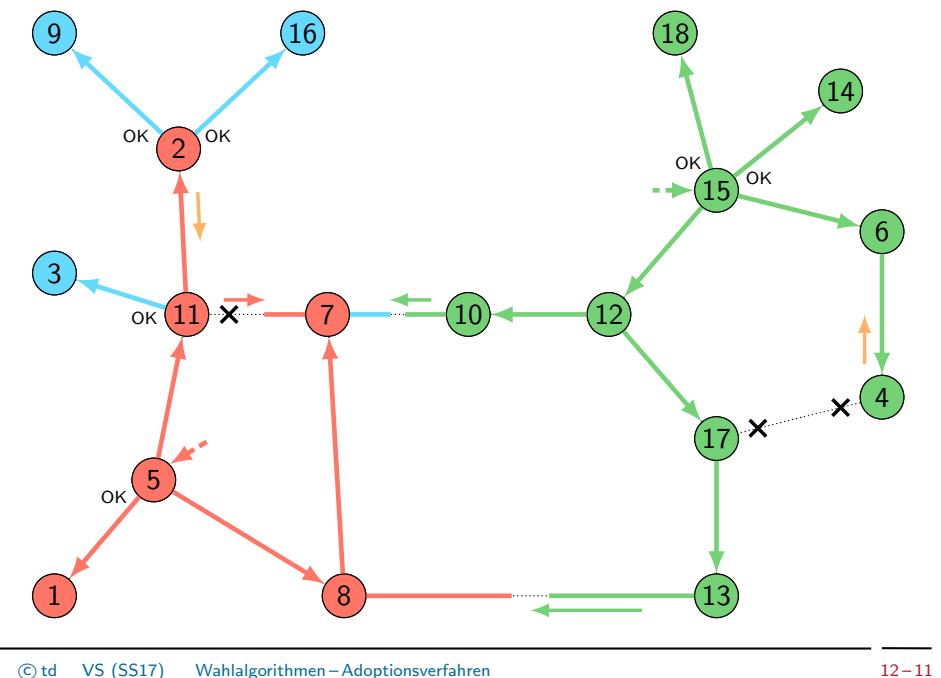
## Beispiel



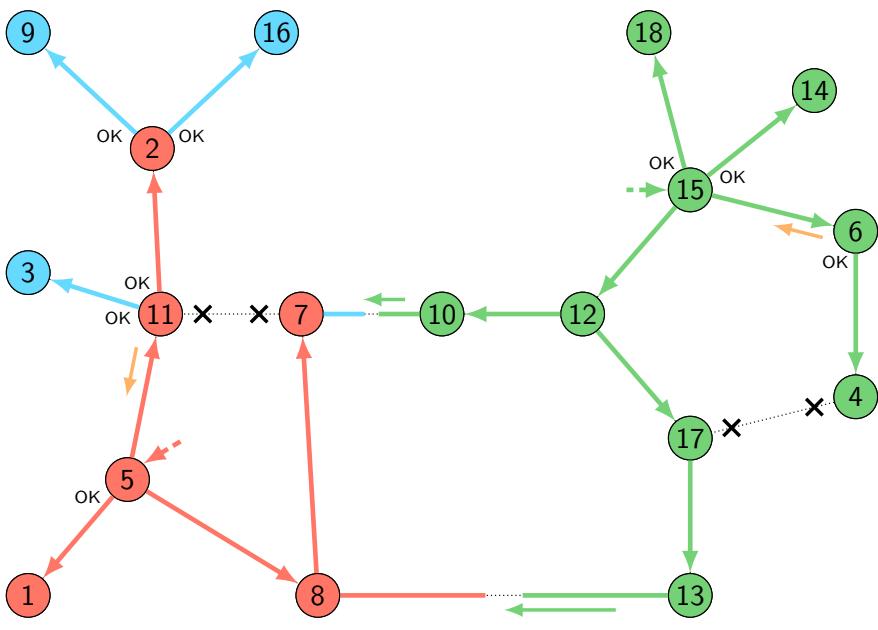
## Beispiel



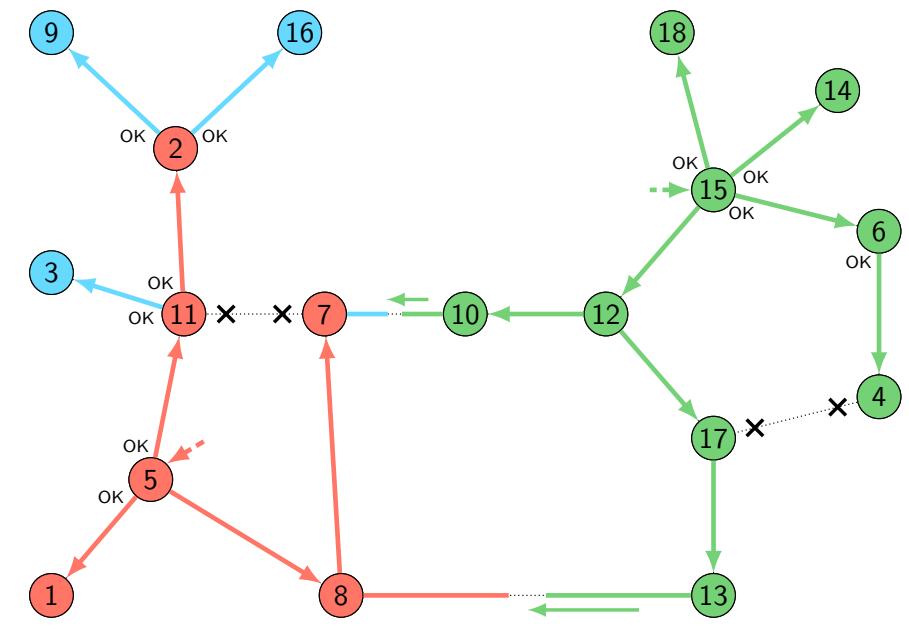
## Beispiel



## Beispiel

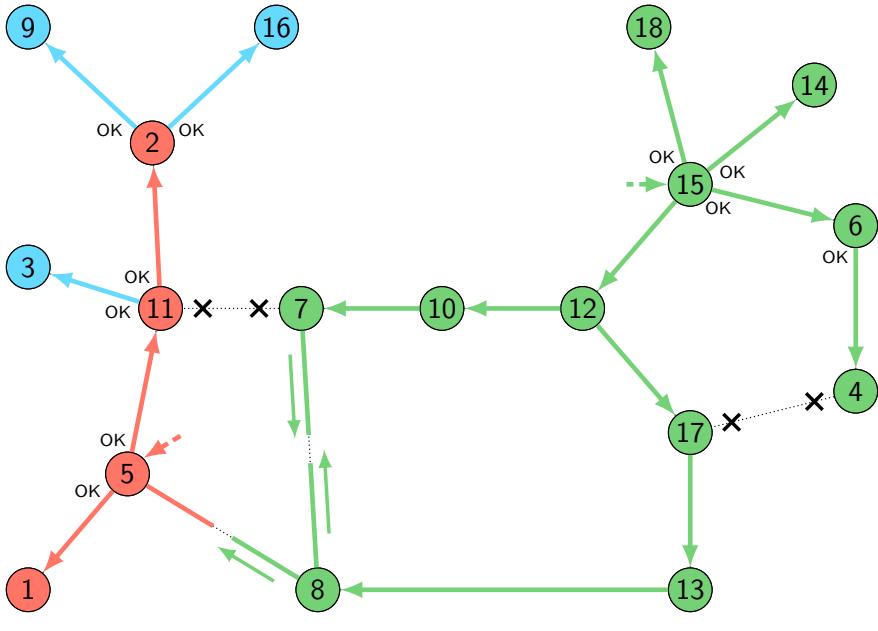


VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren



VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren

- 11



VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren

A directed graph illustrating a flow from node 1 to node 18. Nodes are colored red (1, 2, 5, 11) or green (3, 6, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18). Edges are colored blue, red, green, orange, and dashed black. Labels "OK" are placed near edges 1-2, 2-11, 11-3, 11-5, 5-1, 1-8, 8-7, 7-10, 10-12, 12-17, 17-13, 13-18, 15-18, 15-14, and 6-18.

VS (SS17) Wahlalgorithmen – Adoptionsverfahren

## Beispiel

