

Kidney Exchange Algorithmus

Sebastian Krinninger

i-Day 2018

AG Effiziente Algorithmen

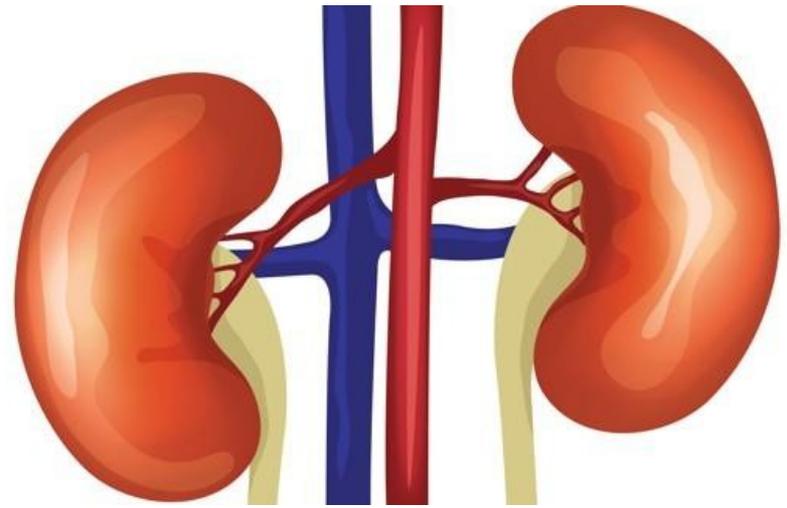


- Verteilte und parallele Algorithmen
- Algorithmen für dynamische Umgebungen
- Theoretische Analyse von Algorithmen

Theorie?



Wofür brauch i des?



Disclaimer

Sichtweise der Informatik

- ... keine medizinischen Details
- ... keine juristischen Details
- ... keine ethischen Details

Situation in USA: Nierenaustauschprogramm

Hintergrund

- Viele Menschen auf nach terminalem Nierenversagen auf Ersatz angewiesen
- Fehlende Niere erfordert ständige Dialyse
- Lebendspende prinzipiell möglich: SpenderIn kann mit einer Niere leben

Hürden

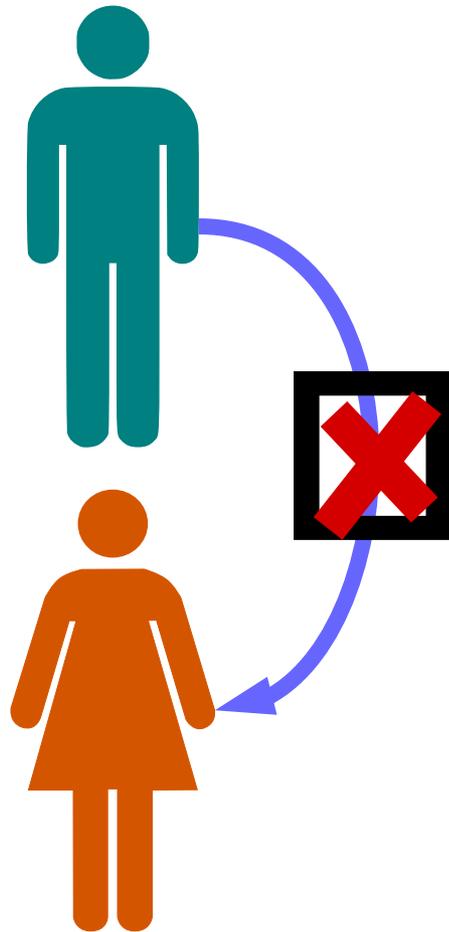
Medizinisch:

- Nicht alle Menschen sind „kompatibel“:
z.B. Einschränkungen durch Blutgruppe

Juristisch:

- Lebendspende nur bei persönlicher
Verbundenheit (z.B. Verwandtschaft)

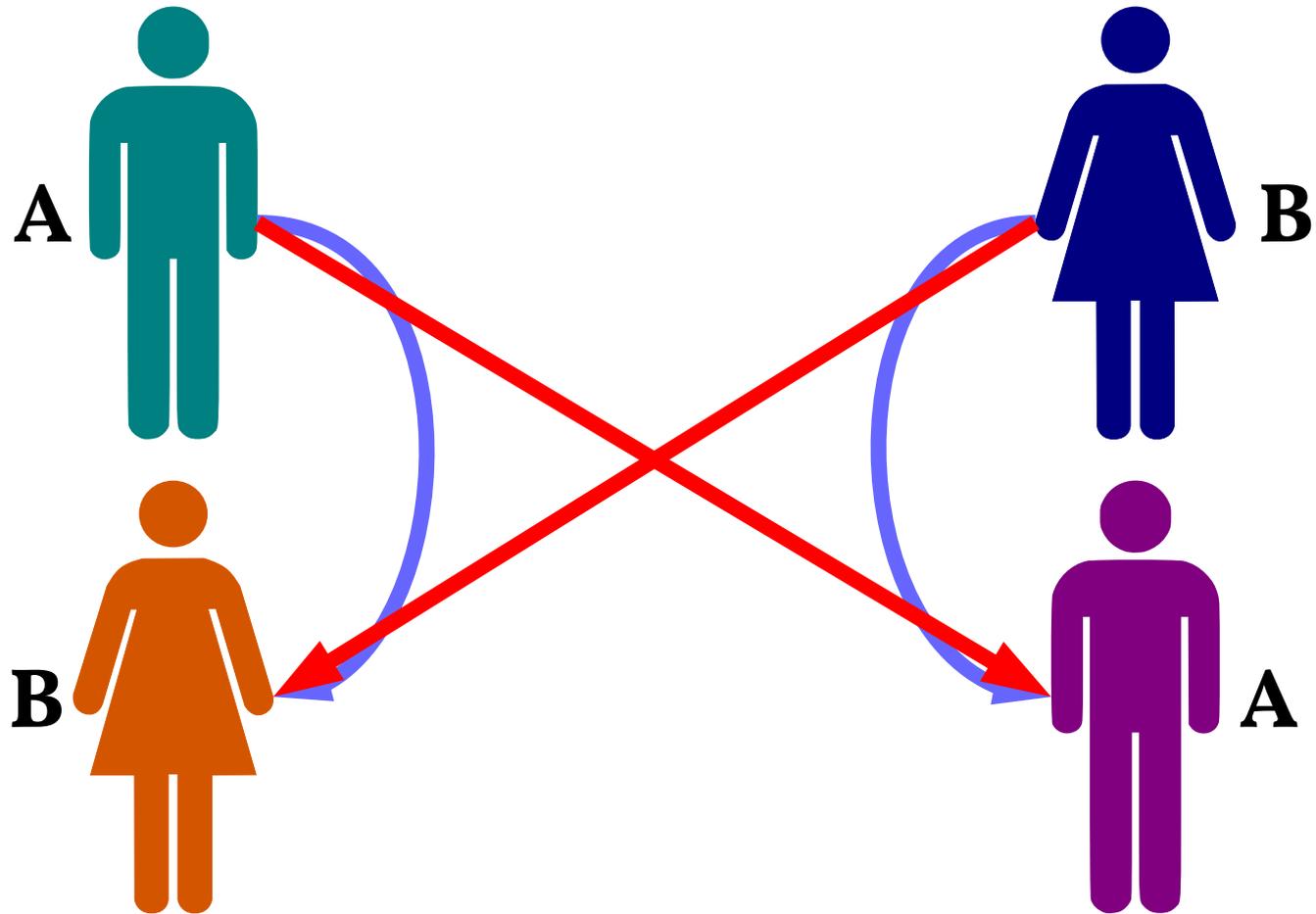
Fallbeispiel



Blutgruppe A

Blutgruppe B

Fallbeispiel



Crossover Kidney Exchange

- Medizinisch möglich: 4 simultane OPs
- Legal in: USA, Österreich, Spanien, ...
- Nicht legal in: Deutschland, ...

Fragestellung: Wie findet man möglichst viele Crossover-Paare?

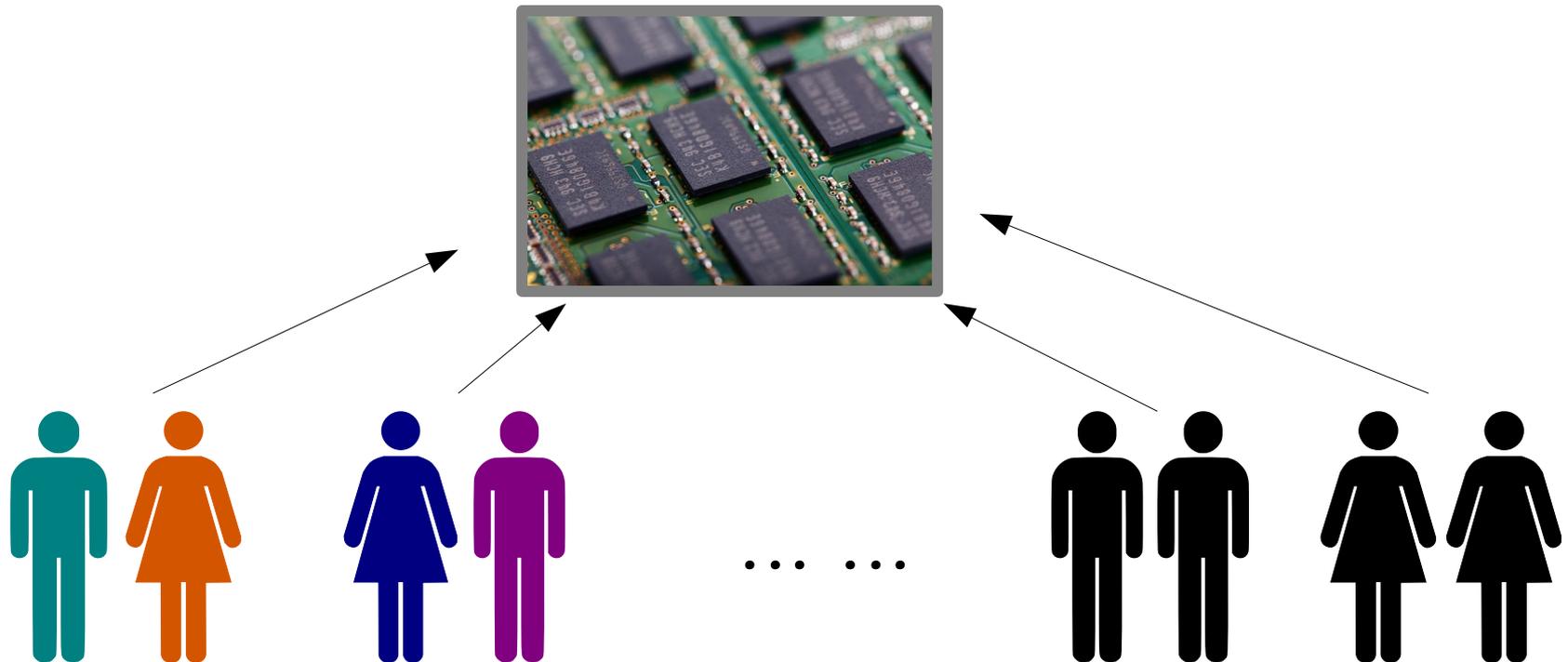
Erste Idee

- Freier Markt für Organe
- Preis regelt sich durch Angebot und Nachfrage
- „Problem“: Organhandel illegal (zum Glück...)



Bessere Idee

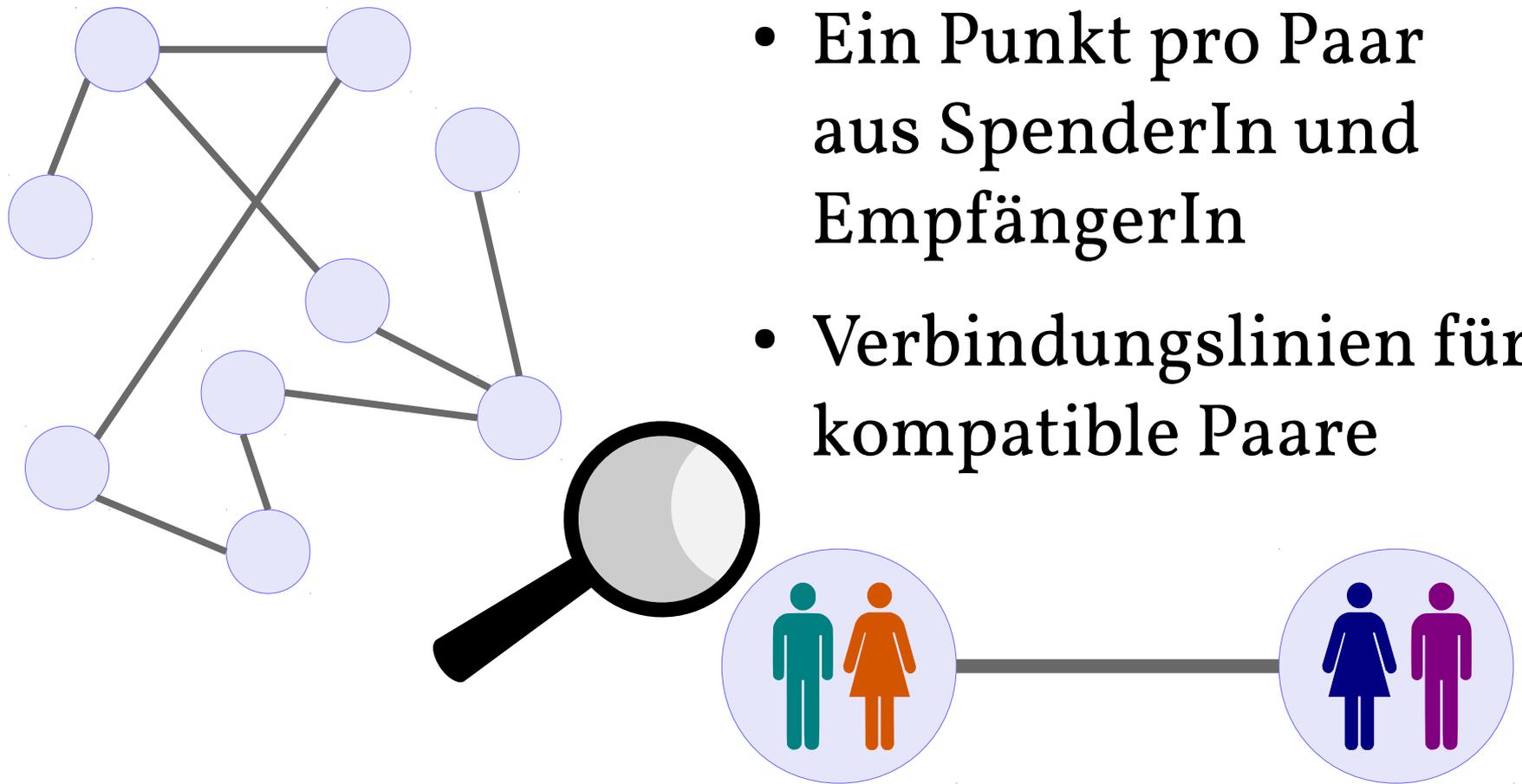
- Organisation durch zentrale, nationale Instanz
- Ziel: Zuordnung von Crossover-Paaren
- Herausforderung: Optimales Ergebnis!



Mathematische Modellierung

Graph:

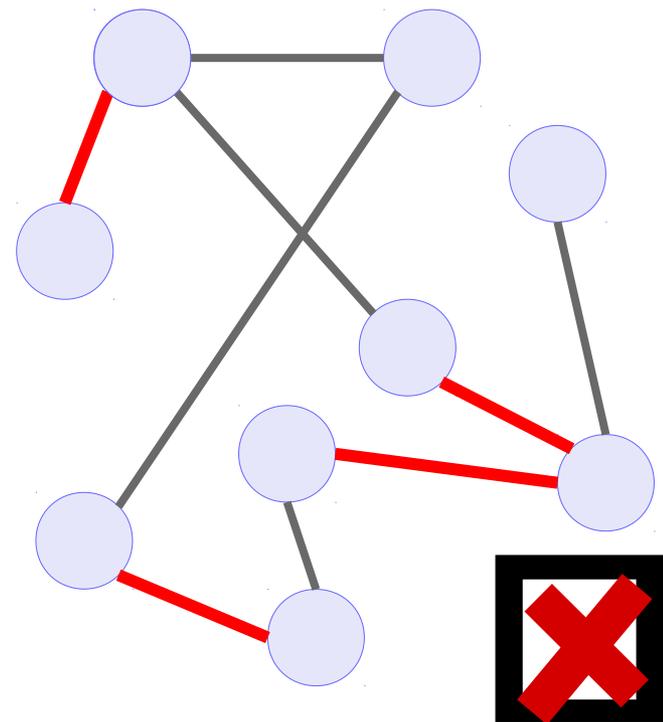
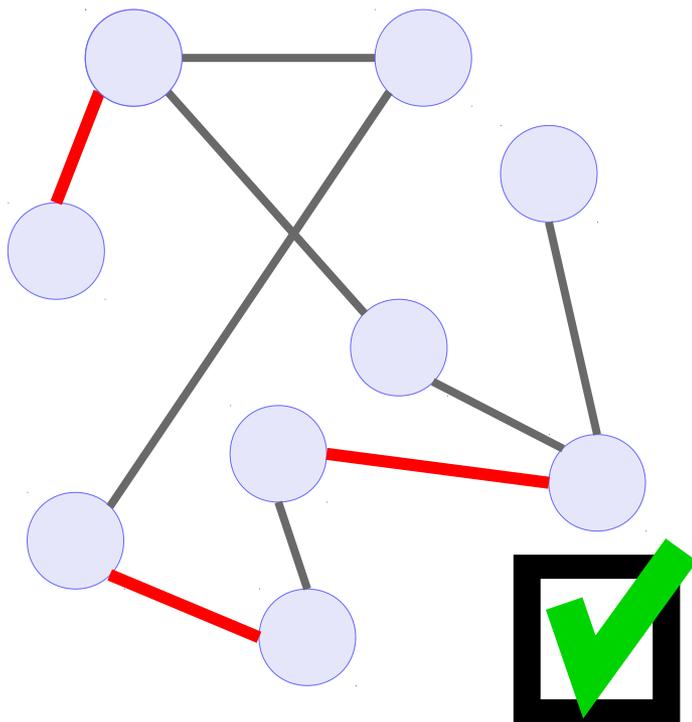
- Ein Punkt pro Paar aus SpenderIn und EmpfängerIn
- Verbindungslinien für kompatible Paare



Definition: Matching

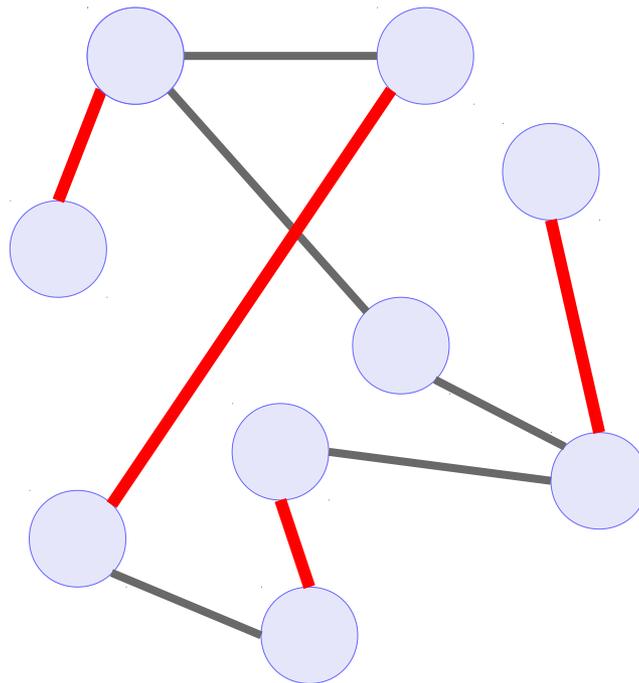
Auswahl von Verbindungenlinien, so dass jeder Punkt höchstens einmal berührt wird

= durchführbare Crossover-Transplantationen



Größtmögliches Matching

Ziel: Finde Matching mit größtmöglicher Anzahl
ausgewählter Verbindungslinien
= Maximiere die Anzahl an Transplantationen



Berechnung optimaler Matchings

- Zentrale Instanz berechnet bestes Matching
- Ethische Verantwortung: Lösung sollte optimal sein, um menschliches Leid zu minimieren
- Berechnung durch Menschen: nicht durchführbar
- **Frage:** Kann man sicherstellen, dass ein Computer die optimale Lösung findet?
- Algorithmus = Berechnungsverfahren

Naiver Algorithmus

- Alle Möglichkeiten für Auswahl von Verbindungen durchprobieren
- Bestes Matching wird genommen

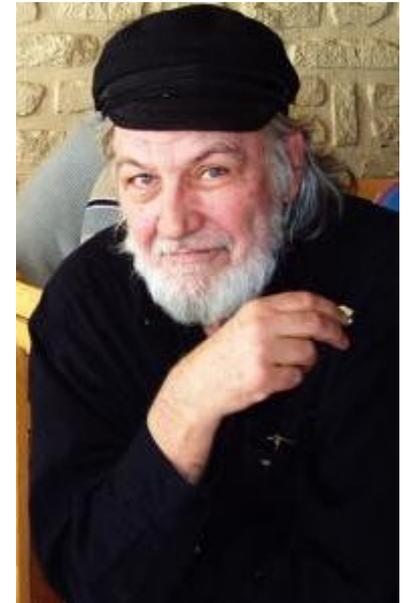
Problem: Es müssen mindestens 2^n Kombinationen durchprobiert werden

$n=100$ Verbindungen: Quintillion Möglichkeiten

Computer bräuchte mehrere Milliarden Jahre

Schnellerer Algorithmus

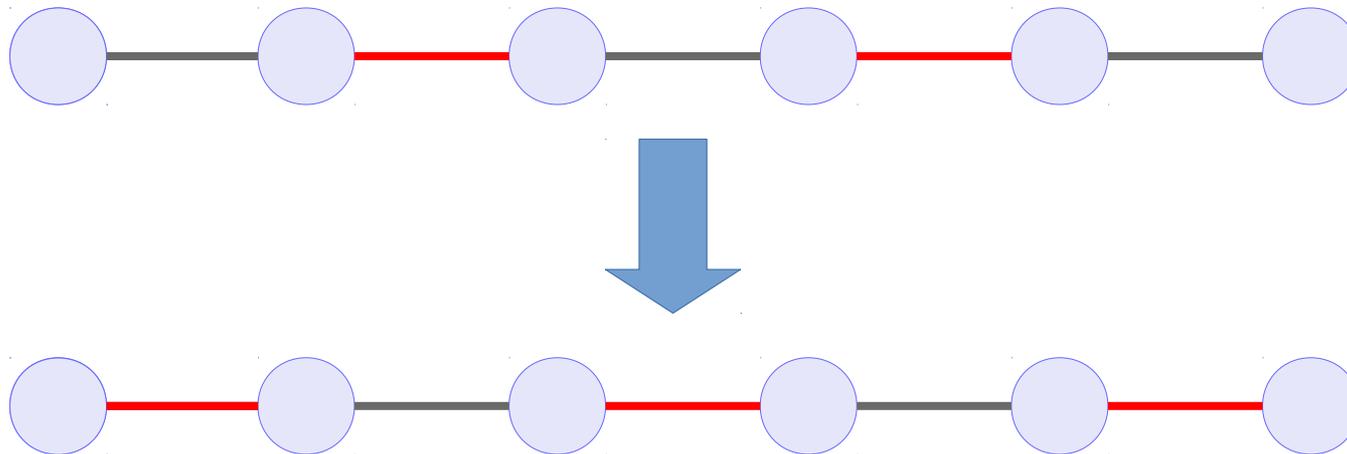
- Entdeckt von Jack Edmonds 1961
- Benötigt ca. n^4 Rechenschritte
- Theoretische Analyse liefert mathematischen Beweis für Optimalität und #Rechenschritte



Stand 2018: weitaus schnellere Algorithmen bekannt, immer noch aktives Forschungsthema

High-Level Strategie

Verbessere alternierende Pfade:



=> Matching verbessert sich um +1

Optimalität: Größtmögliches Matching erreicht, wenn keine Verbesserung mehr möglich ist.

Problem solved?

Lügen:

- Prinzipiell könnte Patient (bzw. Arzt) gewisse Inkompatibilität vortäuschen um vom Algorithmus priorisiert zu werden
- Algorithmus kann so erweitert werden, dass Lügen keinen Vorteil bringt

Komplexere Transplantationen: Crossover ist nicht die Grenze des medizinisch Möglichen

Zusammenfassung

- Programmierkenntnisse alleine reichen nicht aus, um Algorithmus zu entwerfen
(Algorithmus: Prinzip, das hinter dem Programmcode steckt)
- Optimalität ist essentielles Kriterium
- Theoretische Analyse beweist Optimalität
- Abstraktionsprinzip: Matching-Algorithmus universell einsetzbar

Theorie?



... is ned deppert!

Danke für die Aufmerksamkeit!

sk@cs.sbg.ac.at
Büro: Raum 2.2I