Seminar:
Intelligente Algorithmen
(WS03/04)

Veranstalter: Dr. S. Kopp, N. Leßmann, A. Kranstedt

Heuristische Suche
Tabu Suche

6.11.2003

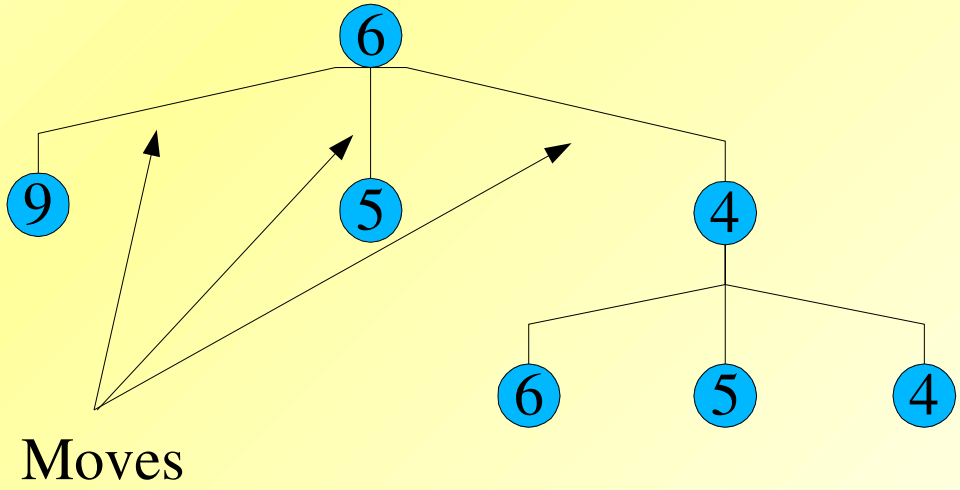
Von
Olaf Graeser

Einleitung

- Tabu
  - Verbot
  - Meidungsgebot
- Suche einer guten Lösung
- Nicht optimale Lösung
- Wiederholungsvermeidung durch Verbote (Tabus)
- Nachbarschaftssuche

Nachbarschaftssuche

- Jede Lösung hat Nachbarlösungen
- Nachbarlösung durch „move“ erreichbar
- Abbruch, wenn keine bessere Nachbarlösung
- Lokales Optimum



Änderungen zur Nachbarschaftssuche

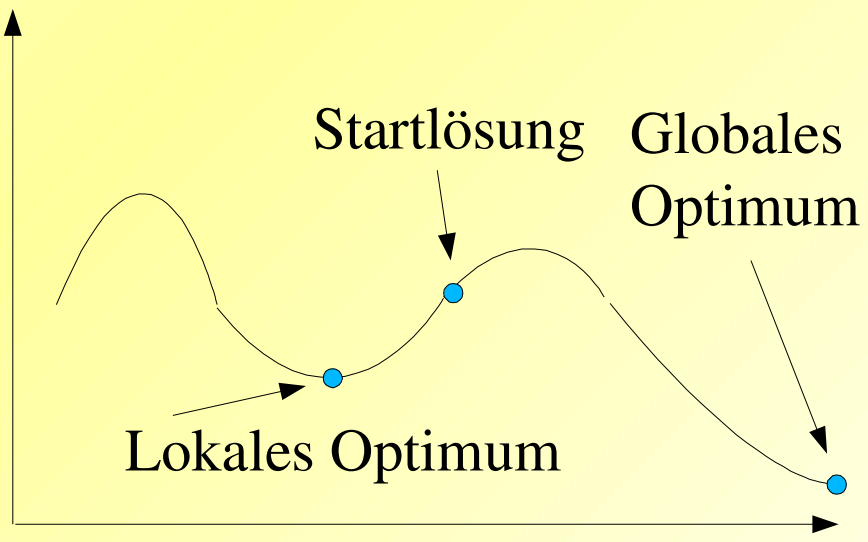
- Beste Nachbarlösung **wird** gewählt
  - auch wenn sie schlechter ist
- Kein Abbruch
- Ausbruchsmöglichkeiten aus lokalem Optimum
- Lang- und Kurzzeitgedächtnis

Abbruch der Suche

- Anzahl der Iterationsschritte
- Anzahl der Iterationsschritte seit Finden der aktuellen besten Lösung

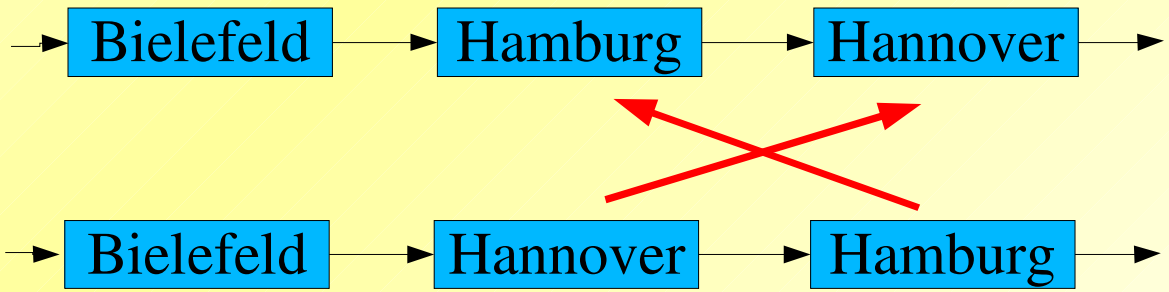
Ausbruchsmöglichkeit

- Lokale Suche: Optimum wird schnell erreicht und nicht wieder verlassen
- Tabu-Suche: Verschlechterungen werden in Kauf genommen, um lokale Optima zu verlassen



Tabu-Suche am Beispiel des TSP

- „Swap“ als „move“
- Attribute eines moves: (Hanover, Hamburg)
  - Sind die vertauschten Elemente
- Tabuisierung von Attributen
  - Tabu gilt primär für die Umkehrung
  - Gilt für eine Anzahl von Iterationsschritten



Tabu-Suche am Beispiel des TSP

- „Swap“ als „move“
- Attribute eines moves: (Hanover, Hamburg)
- Tabuisierung von Attributen
- Die beste Lösung bleibt separat gespeichert
- Tabus können aufgehoben werden
  - z.B. wenn ein Tabu-Swap eine bessere Lösung ergibt, als alle bisher dagewesenen.

Die Kandidatenliste

- Zeigt eine Auswahl von möglichen nächsten moves auf
- Erstellung der Kandidatenliste erfolgt durch einen separaten Algorithmus (verschiedene Ansätze)
- Die Gesamtkosten des Algorithmus können hier stark beeinflußt werden

Die Tabuliste als Kurzzeitgedächtnis

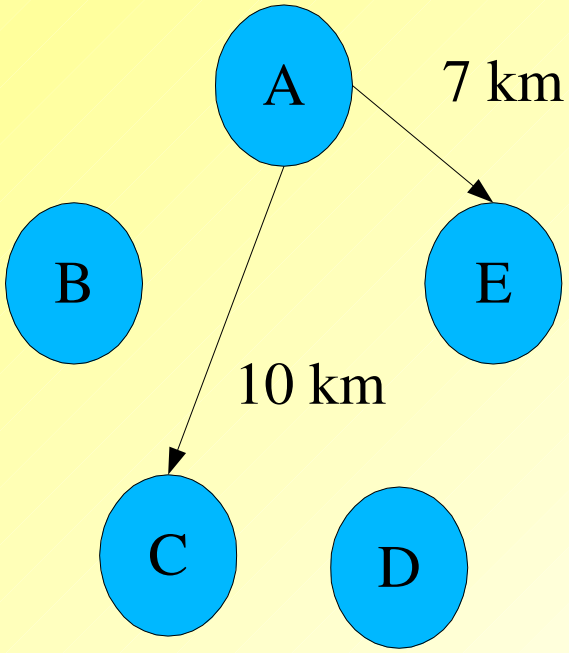
- A bis E ⊂ Städte
- Jeder Swap bewirkt eine Tabusetzung
- Tabudauer, z.B. 3 Iterationsschritte

	B	C	D	E
A		3		1
B				
C			2	
D				

A und C wurden z.B. als letztes Vertauscht und sind daher noch für 3 Schritte tabu. C und D nur noch für 2, A und E nur noch für einen Schritt.

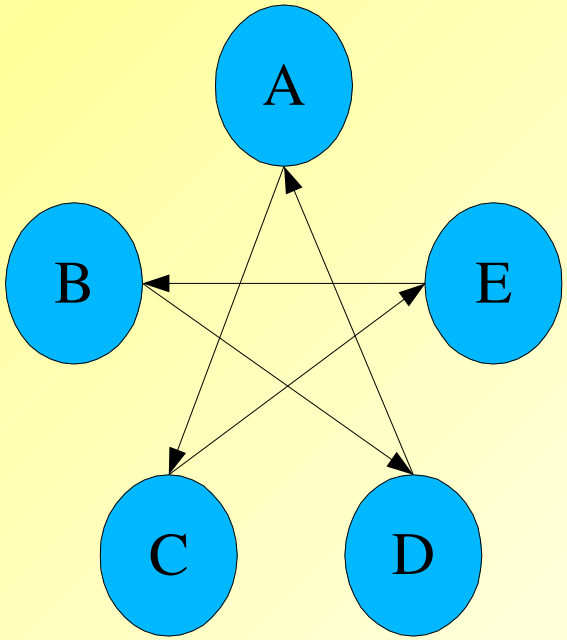
Ein konkretes Beispiel

- 5 Städte
- Abstand benachbarter Städte 7 km
- Sonstiger Abstand 10 km
- Erste (zufällige) Route: A->C->E->B->D



Ein konkretes Beispiel

- 5 Städte
- Abstand benachbarter Städte 7 km
- Sonstiger Abstand 10 km
- Erste (zufällige) Route: A->C->E->B->D
- 5 * 10 km = 50 km



1. Iterationsschritt

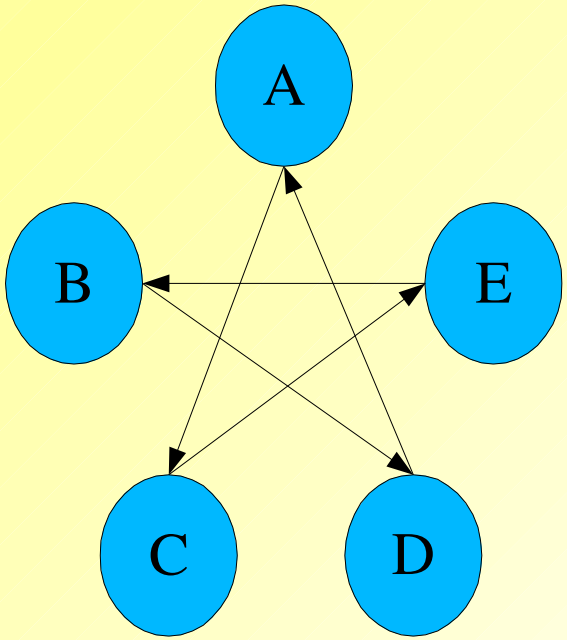
Aktuelle Lösung:
A -> C -> E -> B -> D = 50 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung
E,D	-6
C,E	-6
E,B	-6

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B				
C				
D				



1. Iterationsschritt

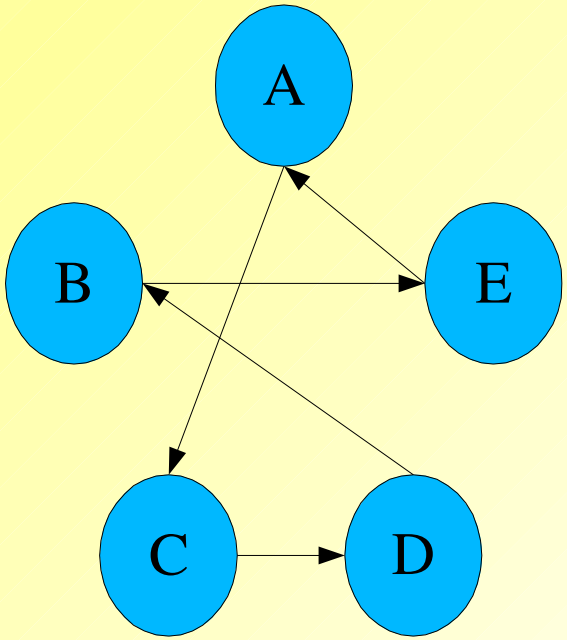
Aktuelle Lösung:
A -> C -> D -> B -> E = 44 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
E,D	-6	*
C,E	-6	
E,B	-6	

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B				
C				
D				3



2. Iterationsschritt

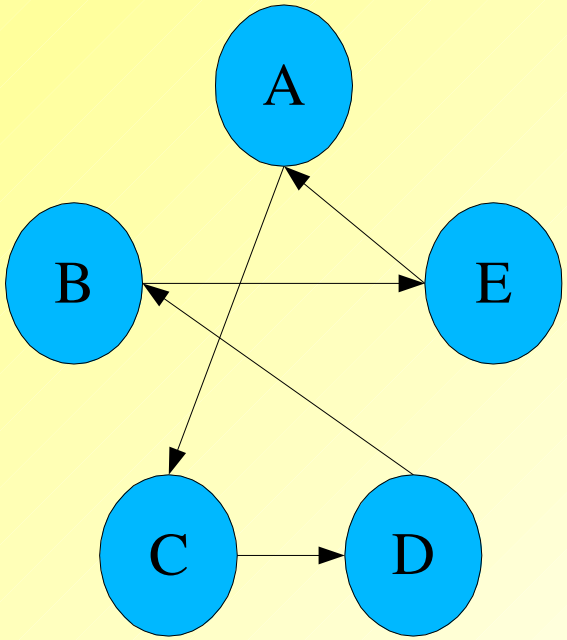
Aktuelle Lösung:
A -> C -> D -> B -> E = 44 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung
C,B	-3
D,B	-3
C,D	-3

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B				
C				
D				3



2. Iterationsschritt

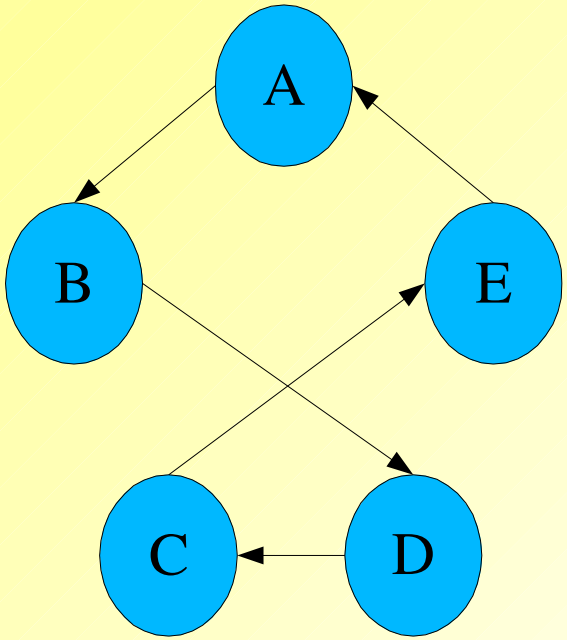
Aktuelle Lösung:
A -> B -> D -> C -> E = 41 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
C,B	-3	*
D,B	-3	
C,D	-3	

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B		3		
C				
D				2



3. Iterationsschritt

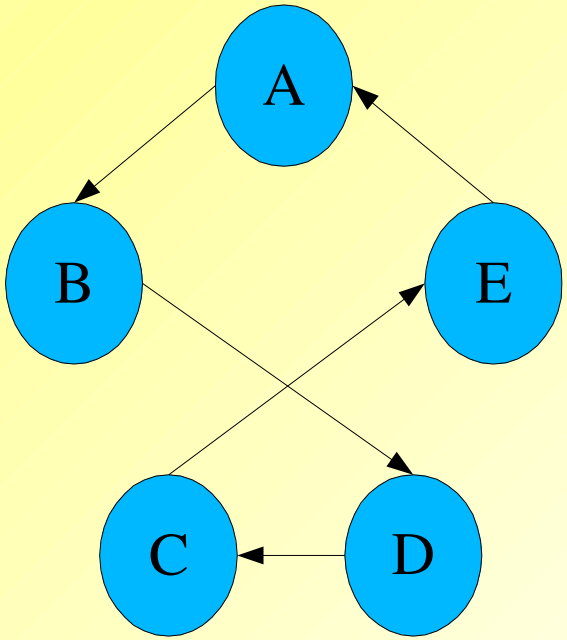
Aktuelle Lösung:
A -> B -> D -> C -> E = 41 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung
D,C	-6
B,E	-6
D,E	+3

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B		3		
C				
D				2



3. Iterationsschritt

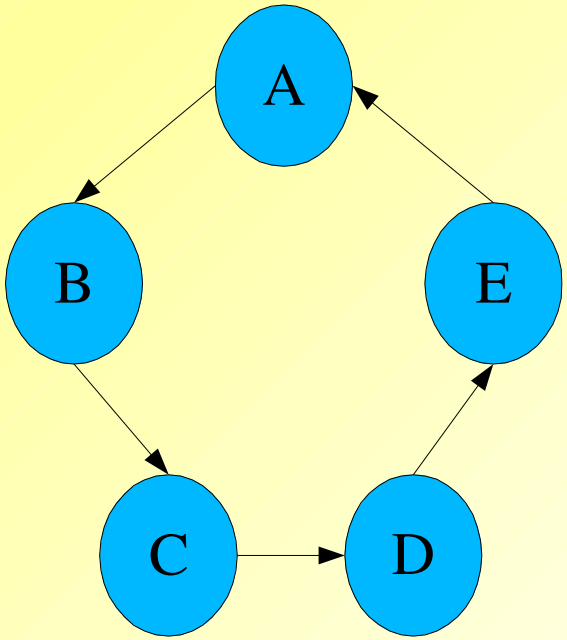
Aktuelle Lösung:
A -> B -> C -> D -> E = 35 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
D,C	-6	*
B,E	-6	
D,E	+3	Tabu

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B		2		
C			3	
D				1



4. Iterationsschritt

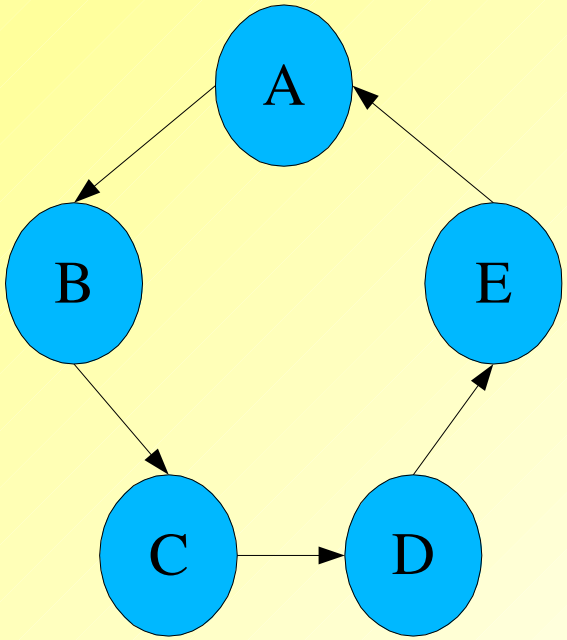
Aktuelle Lösung:
A -> B -> C -> D -> E = 35 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung
B,C	+6
D,E	+6
C,D	+6

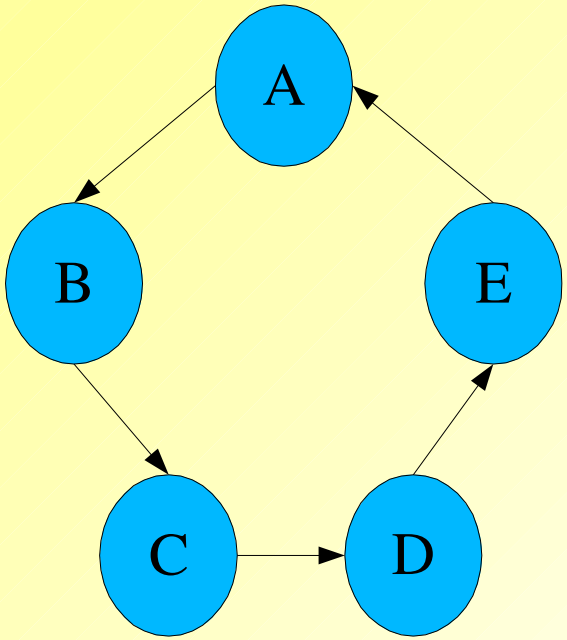
Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B		2		
C			3	
D				1



4. Iterationsschritt

Aktuelle Lösung:
A -> B -> C -> D -> E = 35 km



Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
B,C	+6	Tabu
D,E	+6	Tabu
C,D	+6	Tabu
B,E	+6	???

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B		2		
C			3	
D				1

4. Iterationsschritt

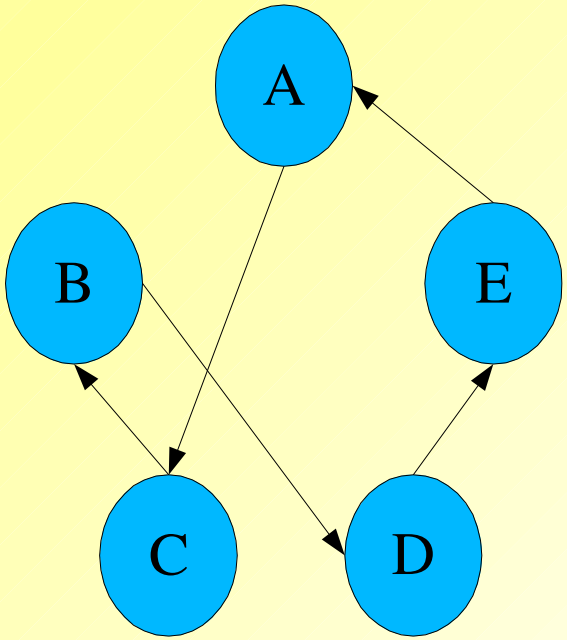
Aktuelle Lösung:
A -> C -> B -> D -> E = 41 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
B,C	+6	Tabu *
D,E	+6	Tabu
C,D	+6	Tabu

Tabu-Struktur

	B	C	D	E
A				
B		3		
C			2	
D				0



Tabu-Ausnahmen

- Tabus dürfen gebrochen werden
  - wenn dadurch eine neue beste Lösung gefunden wird
  - wenn der Algorithmus sonst nicht weiterlaufen kann

Frequency, das Langzeitgedächtnis

- Speicher die Anzahl der „Swaps“ eines Tupels
  - z.B. B&C wurden 2 mal vertauscht
- Diversification
  - Suche in neue Regionen führen
- Strafterme für häufig auftretende „Swaps“

Tabu-Struktur

	A	B	C	D	E
A					
B			3		
C		2		2	
D			1		0
E				1	

Frequency

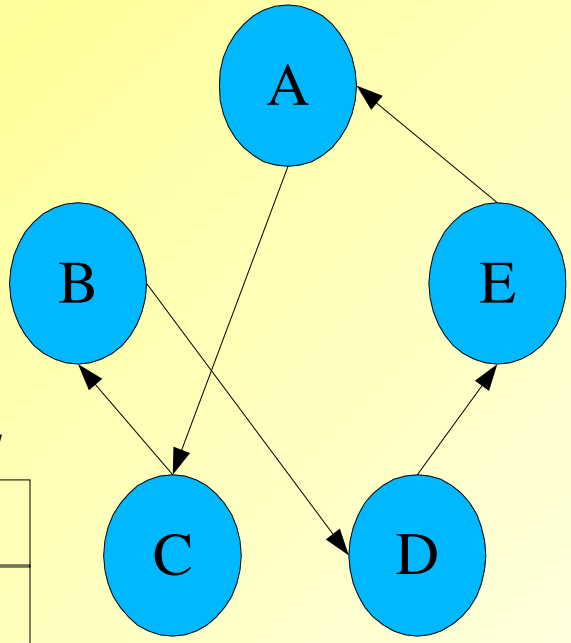
4. Iterationsschritt

Aktuelle Lösung:
A -> C -> B -> D -> E = 41 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
C,B	-6+2	Tabu
B,E	+3	*
B,D	+3	

	A	B	C	D	E
A					
B			3		
C		2		2	
D			1		0
E				1	



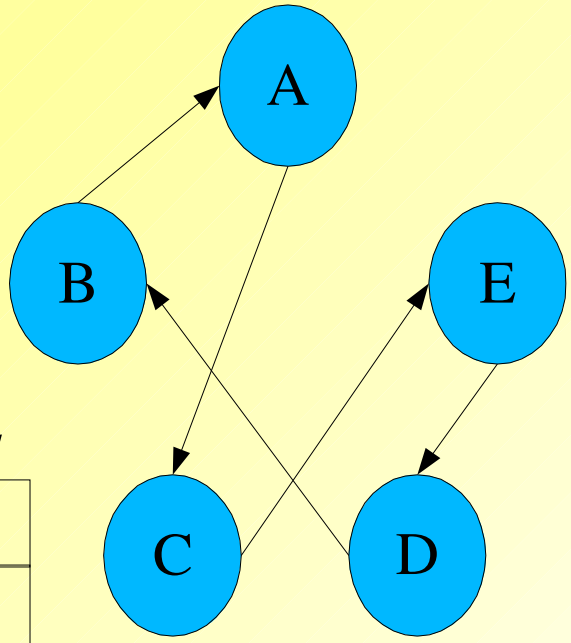
5. Iterationsschritt

Aktuelle Lösung:
A -> C -> E -> D -> B = 44 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
C,E	-3	*
C,D	-3+1	Tabu
E,D	-3+1	

	A	B	C	D	E
A					
B			2		3
C		2		1	
D			1		0
E		1		1	



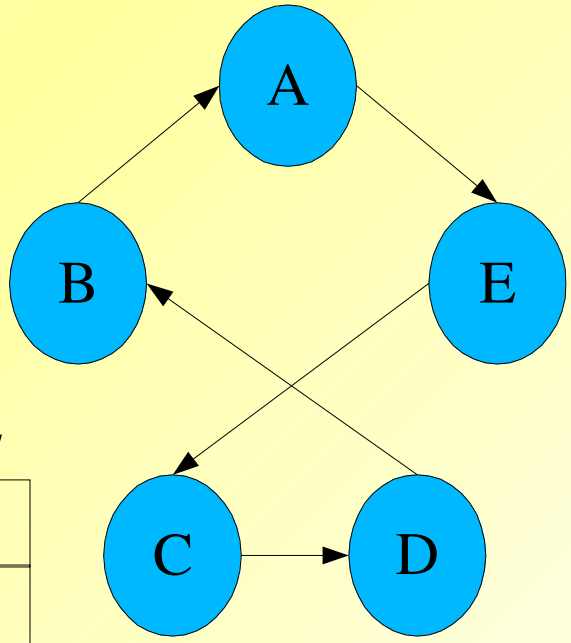
5. Iterationsschritt

Aktuelle Lösung:
A -> E -> C -> D -> B = 41 km

Top 3 Kandidaten

Swap	Wertänderung	
C,D	-6+1	*
E,B	-6+1	Tabu
...	...	

	A	B	C	D	E
A					
B			1		2
C		2		0	3
D			1		0
E		1	1	1	



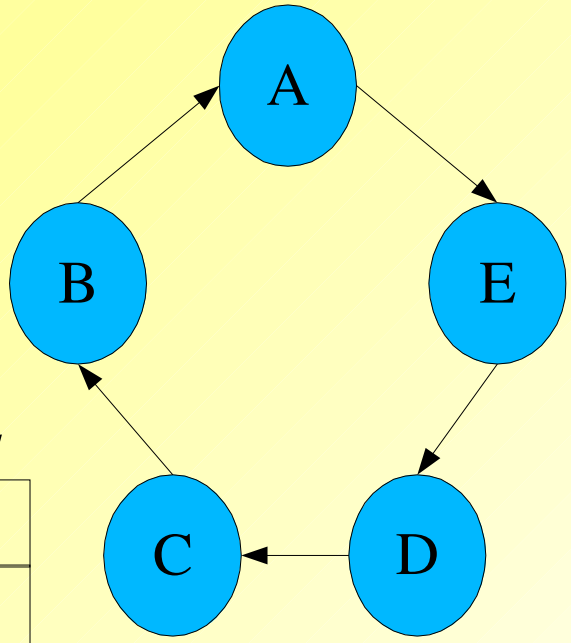
6. Iterationsschritt

Aktuelle Lösung:
A -> E -> D -> C -> B = 35 km

Top 3 Kandidaten
Swap Wertänderung

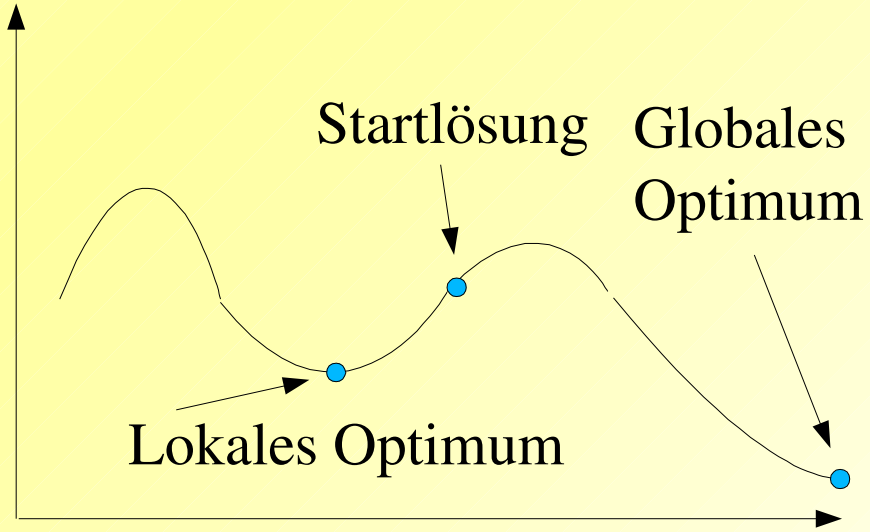
...	...
...	...
...	...

	A	B	C	D	E
A					
B			0		1
C		2		3	2
D			2		0
E		1	1	1	



Tabuzeitbestimmung

- Zu kurze Tabuzeiten können das Verlassen lokaler Optima verhindern
- Zu lange Tabuzeiten können das Ansteuern besserer Lösungen behindern



Möglichkeiten der Tabuzeitbestimmung

- Feste Tabuzeit
  - Abhängig von der Anzahl der Städte
  - z.B. sqrt(n)
- Listenstrategie
  - Folge von Tabuzeiten
  - Zyklisch wiederholt
  - Evtl. mit Veränderung der Folge
- Zufallswert aus Intervall
  - Intervall $I = [t_{min}, t_{max}]$
  - Attribut erhält zufälligen Wert aus I

Aspirationskriterien
Brechen von Tabus

- Aspiration by default
  - Wenn sonst kein Schritt mehr ausgeführt werden kann
- Aspiration by improved best
  - Wenn dadurch eine neue beste Lösung erreicht wird
- Aspiration by influence
  - Um Schritte von geringem Einfluß zu ermöglichen

Intensification

- Elitelösungen werden in einer Liste gespeichert
- Elitelösungen können anhand weniger „moves“ ineinander überführt werden
- Beste Elitelösung wird als Startlösung gewählt
- Nach Löschen der Tabuliste wird die Suche neu gestartet

Zusammenfassung

- Ergebnis ist (meist) nicht optimal
- Kann lokales Optimum verlassen
- Der Algorithmus läuft für eine vorher angegebene Zahl von Iterationsschritten
- Güte der Lösung ist abhängig von den Algorithmenparametern (z.B. Tabudauer)