Anwendungen der Künstlichen Intelligenz

Sebastian Iwanowski
FH Wedel

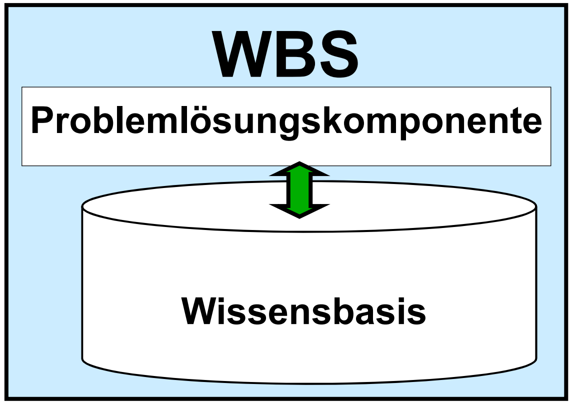
Kap. 3:
KI-Algorithmik

Suchstrategien

Bedeutung von Suchstrategien für logisch formulierte Probleme:

Suche nach Lösung fürs Erfüllbarkeitsproblem

Bedeutung von Suchstrategien für Wissensbasierte Systeme:



Die Problemlösungskomponente muss fast immer ein Belegungsproblem für Constraints aus der Wissensbasis lösen !

➔ All problem solvers search

Bsp. für wissensbasierte Suchmaschine: PROLOG

PROLOG ist wissensbasiert:

- **Wissensbasis**

  Fakten und Regeln, dynamisch erweiterbar

- **Inferenzmaschine**

  Automatische Herleitung neuer Fakten und Regeln mit
  Resolution und Unifikation

- **Dialogkomponente**

  Eingabe: Fragen
  Ausgabe: yes / no, Angabe der Unifikation im Erfolgsfall, Write als „Seiteneffekt“

  Yes: Das Prädikat der Frage folgt aus der Wissensbasis.
  No: Das Prädikat der Frage folgt nicht aus der Wissensbasis.
  No impliziert nicht, dass das Prädikat als falsch abgeleitet werden kann.

Anwendung: Das Stundenplanproblem (Scheduling)

Gegeben endliche Mengen Fächer**, R**äume**, T**(Zeiten)

Aufgabe: Generierung einer injektiven Funktion F → R x T

Nebenbedingungen:

- **Bestimmte Fächer dürfen nicht zur selben Zeit stattfinden**
- **Nicht jedes Fach darf zu jeder Zeit stattfinden**
- **Nicht jedes Fach darf in jedem Raum stattfinden**

Weiche Kriterien (dürfen verletzt werden):

- **Bestimmte Fächer sollen zu bestimmten Zeiten möglichst nicht stattfinden**
- **Bestimmte Fächer sollten möglichst hintereinander stattfinden**
- **Bestimmte Fächer sollten möglichst nicht am selben Tag stattfinden**

Optimierungsfunktion:

- **Möglichst wenige Verletzungen von weichen Kriterien**
- **Möglichst wenige Freistunden für Studiengänge**
- **Möglichst gleichmäßige Verteilung auf verschiedene Tage für ...**

Anwendung: Das Traveling Salesman Problem (TSP)

Gegeben: Graph mit Knotenmenge V und bewerteten Kanten zwischen Knoten

Aufgabe: Finde Rundreise durch den Graphen,
die alle Knoten mindestens einmal erreicht.

Nebenbedingungen:

- **Es dürfen nur Kanten des Graphen benutzt werden**

Optimierungsfunktion:

- **Möglichst geringe Gesamtbewertung**

Verallgemeinerung in Anwendungen der Logistik:

Nebenbedingungen:

- **Aufnahme und Auslieferung von Gütern mit Beachtung der Ladekapazitäten**
- **Zeitfenster, wann welche Knoten erreicht werden dürfen**

Weiche Kriterien (dürfen verletzt werden):

- **Bestimmte Kanten sind zu vermeiden**
- **Bestimmte Zeitfenster sind ungünstig**

Anwendung: Das Problem des kürzesten Weges

Gegeben: Graph mit Knotenmenge V und bewerteten Kanten zwischen Knoten

Aufgabe: Zu zwei ausgewählten Knoten S und T, finde einen Weg durch den Graphen.

Nebenbedingungen:

- **Es dürfen nur Kanten des Graphen benutzt werden**

Optimierungsfunktion:

- **Möglichst geringe Gesamtbewertung**

Verallgemeinerung in Verkehrsanwendungen (ÖPNV oder Individualverkehr):

Nebenbedingungen:

- **Kantenbewertungen sind zeitabhängig**
- **Reisender unterliegt Beschränkungen, die bestimmte Kanten individuell anders bewerten bzw. unbenutzbar machen.**

Weiche Kriterien (dürfen verletzt werden):

- **Bestimmte Kanten sind zu vermeiden**
- **Bestimmte Zeitfenster sind ungünstig**

Constraint Satisfaction Problem (CSP)

Spezifikation eines CSP:

- **Variablenmenge**
- **Definitionsbereiche (Domains)**
- **Constraints: Beziehungen zwischen den Variablen (hart oder weich)**
  (in der Regel Gleichungen oder Ungleichungen)
- **Optimierungskriterium**
  (in der Regel reellwertige Funktion in den Variablen, die minimiert oder maximiert werden soll)

gültige Lösung:

Belegung aller Variablen mit Werten, sodass alle harten Constraints erfüllt sind

optimale Lösung:

gültige Lösung, die das Optimierungskriterium optimiert

Constraint Solver sind Programme, die zu einem spezifizierten CSP eine gültige oder sogar optimale Lösung finden.

Suchen in Suchgraphen

1. Suchmethode: Vervollständigung von Teillösungen

(Am Ende dieses Kapitels wird noch eine andere Suchmethode vorgestellt))

- **Knoten: beschreibt Zustand in der Suchdomäne**
  - **Zustand: Belegung von Variablen mit Werten**

    Jeder Zustand hat eine Bewertung.
- **Kante: Übergang von einem Zustand in einen Folgezustand**

  (in der Regel mit Richtung)
  - **Folgezustand: Belegung einer weiteren Variable mit einem Wert unter Beibehaltung der Werte für die bisher belegten Variablen**
- **Startknoten: Anfangszustand**

  (ist immer eindeutig)
  - **Startknoten: keine Variable hat einen Wert.**
- **Zielknoten: gewünschter Endzustand (Lösung des Problems)**

  (es darf mehrere geben)
  - **Zielknoten: Alle gewünschten Variablen haben zulässige Werte**

Suchen in Suchgraphen

Verschiedene Suchziele:

1) **Irgendeine Lösung eines Problems finden bzw. herausfinden, dass es keine gibt.**
2) **Weitere Lösungen finden bzw. herausfinden, dass es keine weiteren mehr gibt.**
3) **Alle Lösungen finden**
4) **Optimale Lösung finden bzw. möglichst gute Lösung finden.**

- **Expansion eines Knotens: Berechnung aller Folge- bzw. Nachbarknoten**

  Verschiedene Suchstrategien unterscheiden sich in:

  Welcher Knoten wird als nächstes expandiert ?

Spezialfall:

- **Suchgraph ist Suchbaum**

  (Pfad vom Startknoten zu jedem Zielknoten ist eindeutig)

Bsp. für Suchbäume in CSP

Constraint-System:

1) $(2 < x < 4)$
2) $(0 < y < 6)$
3) $(x + y > 7)$
4) $(x \cdot y < 10{,}5)$

Definitionsbereich für zulässige Lösungen:

$x,y \in \mathbf{Q}$,
maximal k Stellen nach dem Komma

Optimierungs-kriterium:

Minimiere $|y - x|$

Suchbaum:

- Jeder Knoten hat festen x- und y-Wert, Knoten können zulässig oder unzulässig sein, für jeden Knoten gibt es eindeutigen Wert für Optimierungsfunktion
- In Ebene i hat jeder x-Wert nur i Stellen nach dem Komma, der y-Wert ist nach Constraint 3) minimal dazu.

Expansionsstrategien:

- Nur zulässige Knoten werden expandiert
- Es wird immer der rechteste zulässige Knoten expandiert
- ...

Bsp. für Suchbäume in CSP

Constraint-System:

```
1) (2 < x < 4)
2) (0 < y < 6)
3) (x + y > 7)
4) (x · y < 10,5)
```

Definitionsbereich für zulässige Lösungen:

$x,y \in \mathbf{Q}$,
maximal k Stellen nach dem Komma

Optimierungs-kriterium:

Minimiere $|y – x|$

Für festes k:

- Suchraum endlich
- Mehrere zulässige Lösungen
- Immer genau 1 optimale Lösung

Für k unbeschränkt:

- Suchraum unendlich
- Unendlich viele zulässige Lösungen
- keine optimale Lösung

Uninformierte Suchstrategien

Im allgemeinen ist nur *blinde (uninformierte) Suche* möglich:

Es gibt keine Information über günstige Suchrichtungen (das Ziel wird erst bei Erreichen erkannt)

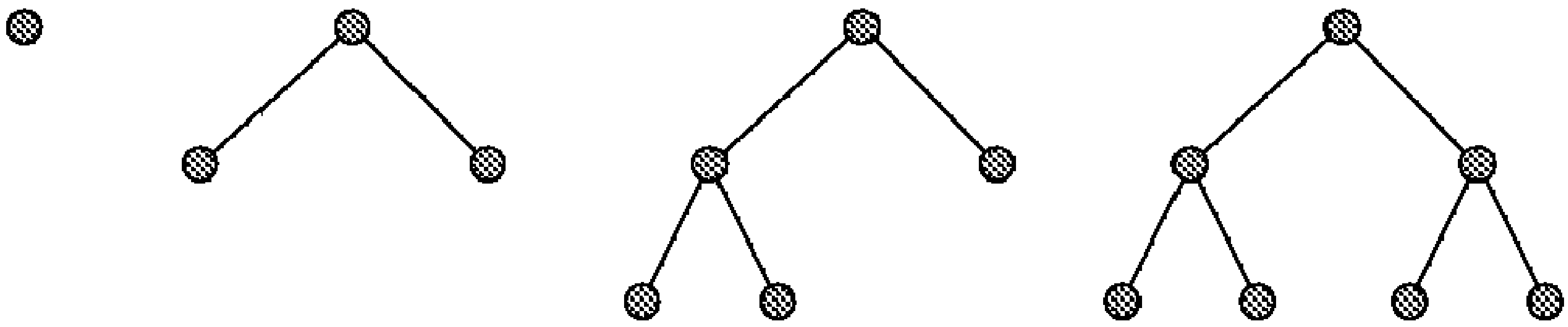
Die wichtigsten Suchstrategien:

1. Breitensuche (breadth-first-search)
2. Tiefensuche (depth-first-search)
3. Bestensuche (best-first-search)

Weitere Infos zum Thema Suchen: Seminarvortrag und Ausarbeitung von Sven Schmidt, SS 2005, Nr. 4
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

Uninformierte Suchstrategien

Breitensuche (breadth-first-search):



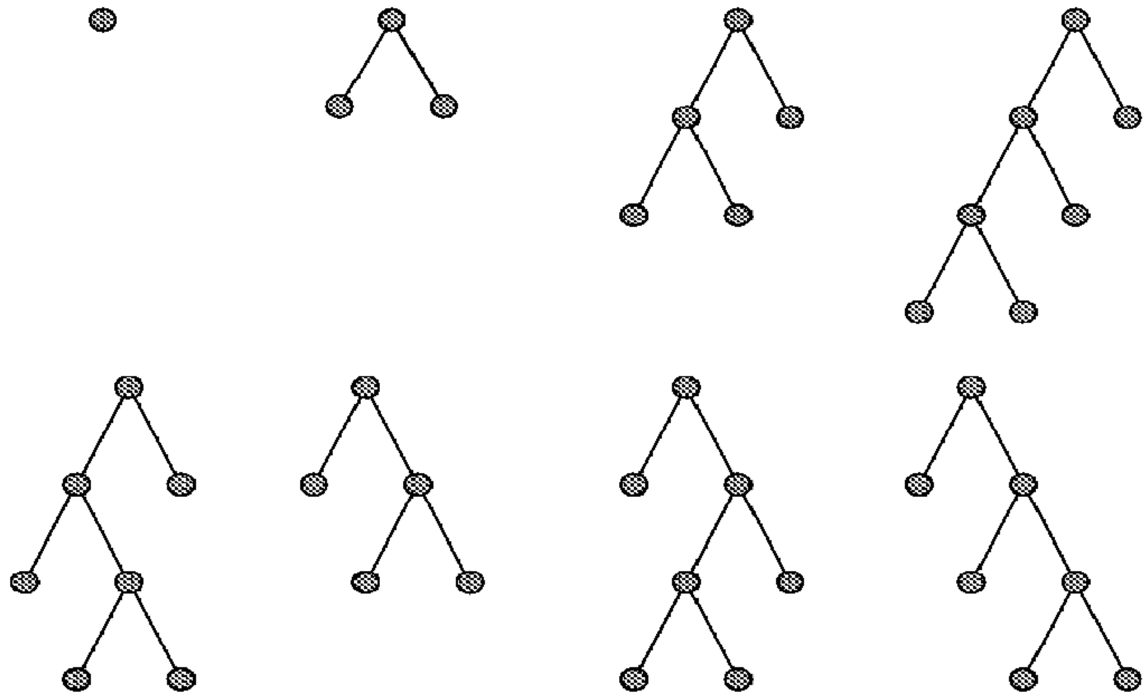
Problemgröße: Tiefe des Suchbaums

Exponentieller Aufwand für Zeit und Platz

Für Suchprobleme in den meisten Fällen nicht relevant

Uninformierte Suchstrategien

Tiefensuche (depth-first-search)



Exponentieller Aufwand für Zeit

Problemgröße: Tiefe des Suchbaums

Linearer Aufwand für Platz

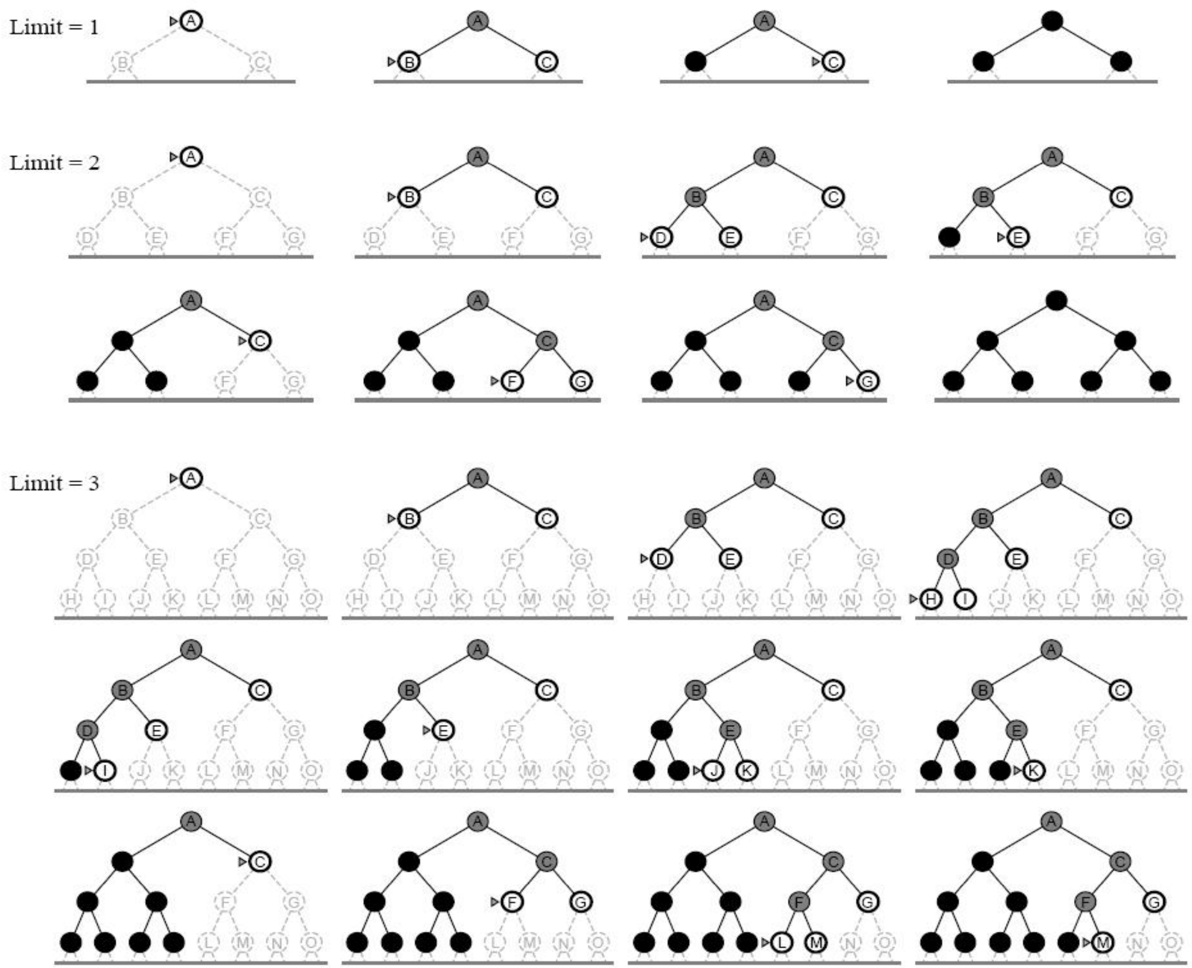
Der „Normalfall“ für allgemeine Suchprobleme

Uninformierte Suchstrategien

Beschränkte Tiefensuche

- Tiefensuche wird nur bis zu vorgegebener Suchtiefe durchgeführt.

- Bei Misserfolg kann die Suchtiefe nachträglich erhöht werden und die Tiefensuche neu starten.



Uninformierte Suchstrategien

Bestensuche (best-first-search)

- **zusätzlich sei gegeben: Bewertungsfunktion für die Zustände**
- **Suchziel: Finde die beste Lösung (und dann erst andere).**
- **Expandiere jeweils den Zustand mit bester Kostenbewertung**

→ *Mischung zwischen Tiefen- und Breitensuche*

Im *schlechtesten Fall* ist das nicht besser als Breitensuche:

Exponentieller Aufwand für Zeit und Platz

Problemgröße: Tiefe des Suchbaums

Bei guten Bewertungsfunktionen ist das *Durchschnittsverhalten* viel besser!

Bei speziellen Problemen ist sogar der schlechteste Fall viel besser:

Bsp.: Spezialfall „Kürzeste-Wege-Problem":

Algorithmus von Dijkstra (quadratischer Aufwand für Zeit, linearer für Platz)

Problemgröße: Anzahl der Knoten

Uninformierte Suchstrategien

Der Algorithmus von Dijkstra auf kantenbewerteten Graphen

(Spezialfall von Best-First-Search)

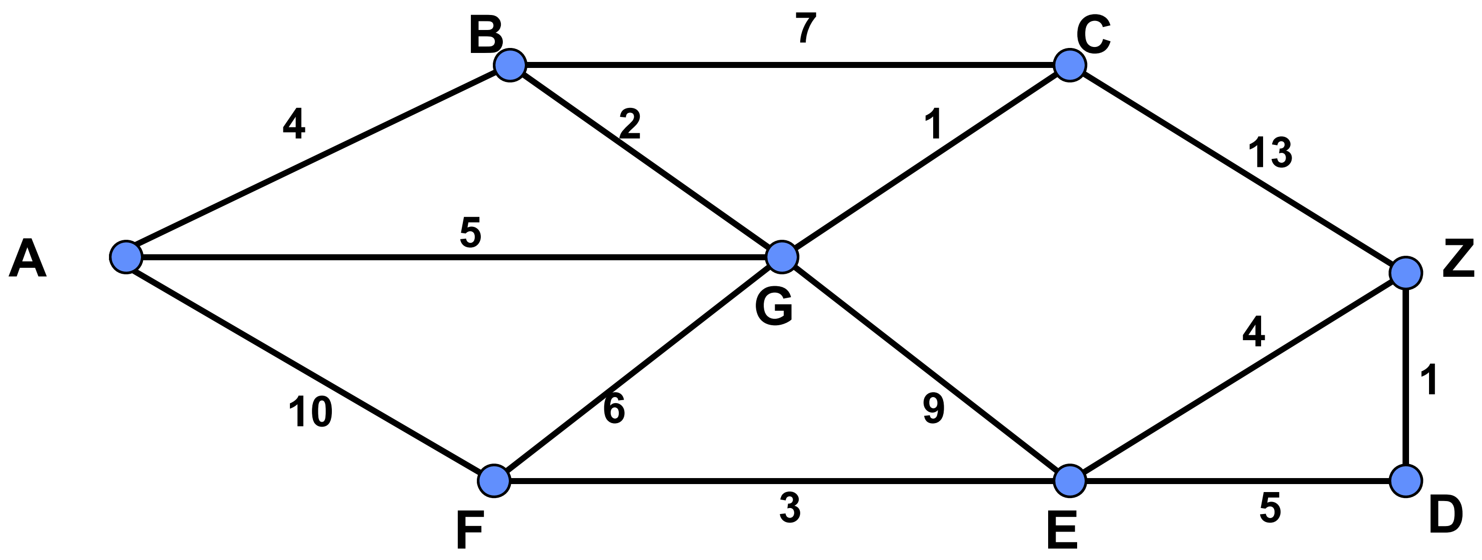
Für alle Kanten (u,v) gibt es Bewertungsfunktion:
Länge (u,v) := Länge der Kante von Ecke u nach Ecke v

Voraussetzung an Kantenbewertung: Alle Kantenlängen müssen nichtnegativ sein.

Algorithmus für Suche des Weges von A nach B mit minimaler Kantenlänge:

- In der Menge **`Berechnet`** sei nur die Ecke A. Markiere A mit *Weglänge* (A) := 0.
  In der Menge **`Vorläufig`** sind alle anderen Ecken des Graphen.
  Markiere die Nachbarn N von A mit *Weglänge* (N) := *Länge* (A,N)
  und alle anderen Ecken V mit *Weglänge* (V) := ∞.
- Wiederhole:
  Wähle die Ecke V aus **`Vorläufig`** mit der kleinsten *Weglänge* (V)
  und verschiebe sie in die Menge **`Berechnet`**.
  Betrachte alle Nachbarn N von V aus **`Vorläufig`**:
  Weglänge (N) := min {*Weglänge* (N), *Weglänge* (V) + *Länge* (V,N)}.
  bis V = B

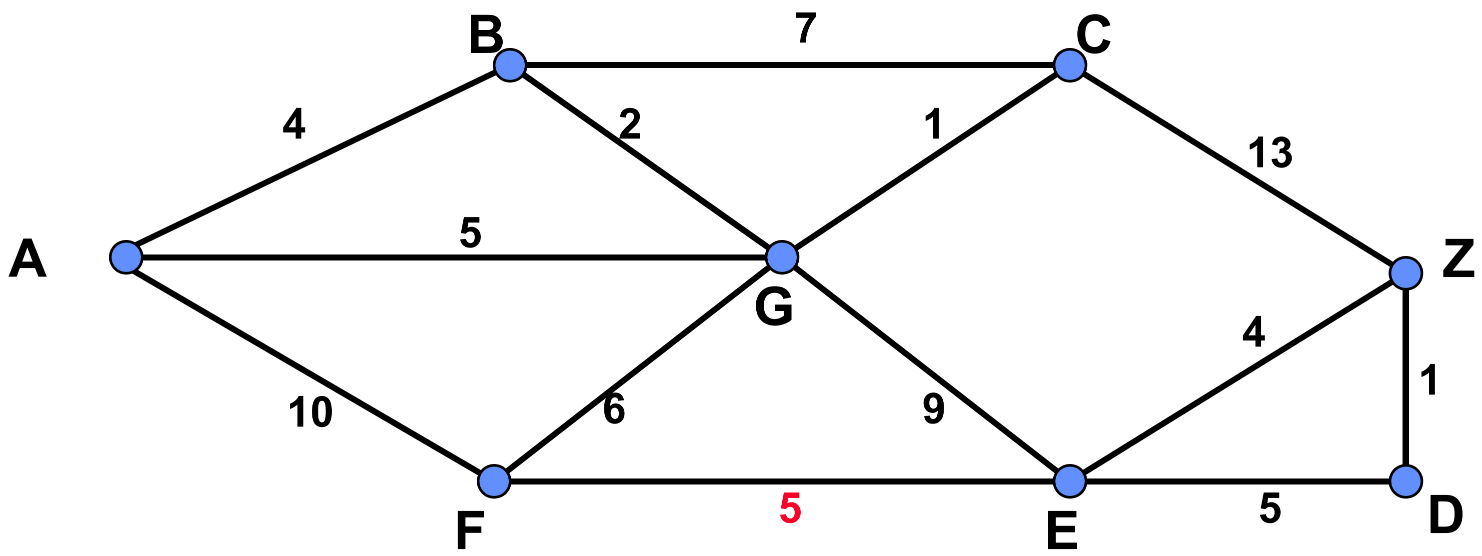
Beispiel für Algorithmus von Dijkstra



Kürzester Weg von A nach Z: A → F → E → Z (17 Einheiten)

Animation dieser Aufgabe und weitere Infos zum Algorithmus von Dijkstra:
Seminarvortrag und Ausarbeitung von Alex Prentki, WS 2004, Nr. 14
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/WS2004/SeminarMC.html

Beispiel für Algorithmus von Dijkstra



Kürzester Weg von G nach Z: G → E → Z (13 Einheiten)

Knoten (Wegstrecke von G, direkter Vorgänger):

A(5,G)		A(5,G)		$\boxed{\text{A(5,G)}}$						
B(2,G)		$\boxed{\text{B(2,G)}}$								
$\boxed{\text{C(1,G)}}$										
D(∞)	→	D(∞)	→	D(∞)	→	D(∞)	→	D(∞)	→	D(14,E)
E(9,G)		E(9,G)		E(9,G)		E(9,G)		$\boxed{\text{E(9,G)}}$		
F(6,G)		F(6,G)		F(6,G)		$\boxed{\text{F(6,G)}}$				
Z(∞)		Z(14,C)		Z(14,C)		Z(14,C)		Z(14,C)		$\boxed{\text{Z(13,E)}}$

Informierte (Heuristische) Suchstrategien

Gegebene Zusatzinformation:

Schätzfunktion h(Zustand) als Maß für die Entfernung zu einem Zielknoten

- nicht zu aufwändig
- aber genau genug, um Suchfunktion nicht in die Irre zu führen

h() liefert einen positiven Wert: Je kleiner der Wert, desto näher der Zielknoten

Anwendung: „Bergsteigen“

- Spezialform der Tiefensuche
- Es wird genau der Knoten expandiert, der den besten Schätzfunktionswert aufweist
- Beim Aufsteigen im Suchbaum wird der jeweils nächstbeste Knoten expandiert.

Hauptproblem: Warteschleifen in lokalen Maxima

Informierte (Heuristische) Suchstrategien

Gegebene Zusatzinformation:

Schätzfunktion h(Zustand) als Maß für die Entfernung zu einem Zielknoten

- nicht zu aufwändig
- aber genau genug, um Suchfunktion nicht in die Irre zu führen

h() liefert einen positiven Wert: Je kleiner der Wert, desto näher der Zielknoten

Anwendung: Optimistisches Bergsteigen

- Spezialform der Tiefensuche
- Es wird nur der Knoten berechnet, der den besten Schätzfunktionswert aufweist
- Zurücksetzen ist nicht möglich: Wenn Schätzfunktion Fehler macht, wird kein Ergebnis gefunden.

Hauptproblem: Feststecken in lokalen Maxima

Informierte (Heuristische) Suchstrategien

Gegebene Zusatzinformation:

Schätzfunktion h(Zustand) als Maß für die Entfernung zu einem Zielknoten

- nicht zu aufwändig
- aber genau genug, um Suchfunktion nicht in die Irre zu führen

h() liefert einen positiven Wert: Je kleiner der Wert, desto näher der Zielknoten

Anwendung: A*-Verfahren

- Spezialform der Bestensuche
- Es wird genau der Knoten expandiert, bei dem die Summe von Kostenbewertung und Schätzfunktionswert optimal ist.

Weitere Infos für die Anwendung von A* in öffentlichen Verkehrsnetzen:
Seminarvortrag und Ausarbeitung von Stefan Görlich, SS 2005, Nr. 5
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

Informierte (Heuristische) Suchstrategien

Der A*-Algorithmus auf kantenbewerteten Graphen

(Verallgemeinerung des Algorithmus von Dijkstra) ***(Zustandsbewertung = Knotenbewertung)***

Voraussetzung an Kantenbewertung: Alle Kantenlängen müssen nichtnegativ sein

Voraussetzung an Heuristik $h_B(u)$ für die Abschätzung bzgl. Weglänge $w_B(u)$ zum Zielknoten B**:**

Zulässigkeitsbedingung: $h_B(u) \leq w_B(u)$

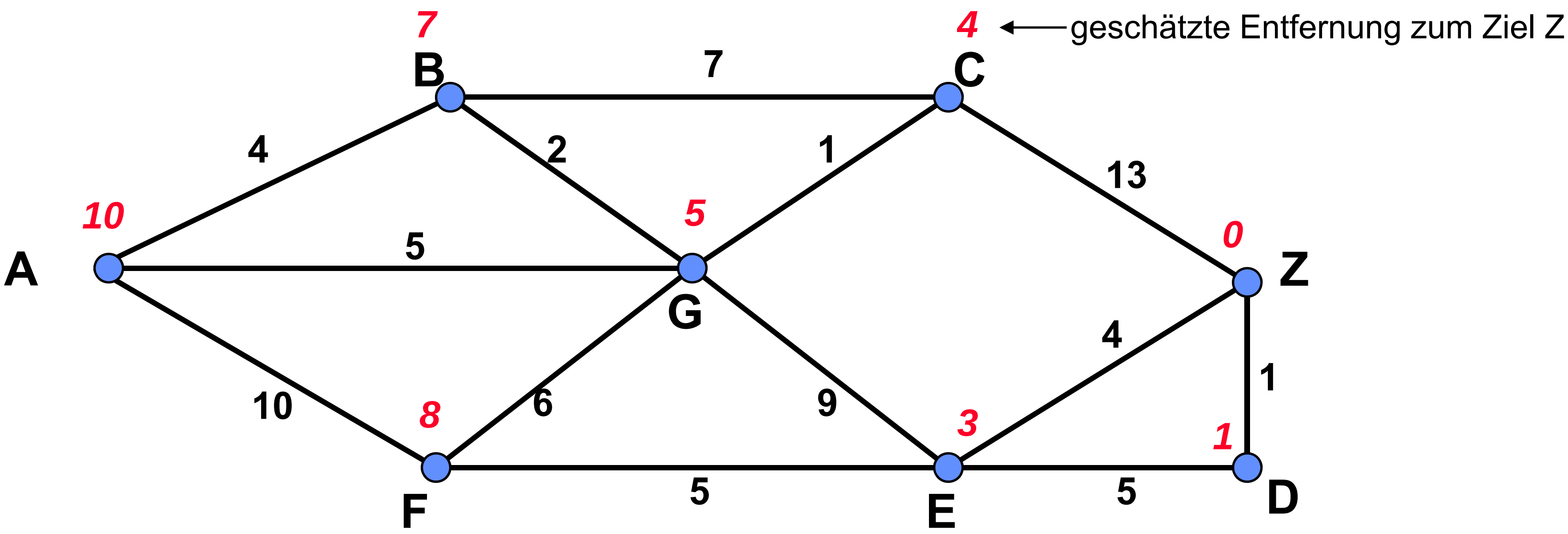
Monotoniebedingung: $h_B(u) \leq h_B(v) +$ *Länge*(u,v)

Algorithmus für Suche des Weges von A nach B mit minimaler Kantenlänge:

- In der Menge **`Berechnet`** sei nur die Ecke A. Markiere A mit *Weglänge* (A) := 0.
  In der Menge **`Vorläufig`** sind alle anderen Ecken des Graphen.
  Markiere die Nachbarn N von A mit *Weglänge* (N) := *Länge* (A,N)
  Schätzung (N) := *Weglänge* (N) + h_B(N)
  und alle anderen Ecken V mit *Weglänge* (V) := ∞ und *Schätzung* (V) := ∞.
- Wiederhole:
  Wähle die Ecke V aus **`Vorläufig`** mit der kleinsten *Schätzung* (V)
  und verschiebe sie in die Menge **`Berechnet`**.
  Betrachte alle Nachbarn N von V aus **`Vorläufig`**:
  Weglänge (N) := min {*Weglänge* (N), *Weglänge* (V) + *Länge* (V,N)}.
  Schätzung (N) := *Weglänge* (N) + h_B(N) (falls Aktualisierung notwendig).

  bis V = B

Beispiel für A*-Algorithmus



Kürzester Weg von G nach Z: G → E → Z (13 Einheiten)

Knoten (Wegstrecke von G, direkter Vorgänger, Schätzung zum Ziel):

A(5,G,15)		A(5,G,15)		A(5,G,15)		A(5,G,15)
B(2,G,9)		$\boxed{\text{B(2,G,9)}}$				
$\boxed{\text{C(1,G,5)}}$						
D(∞)	→	D(∞)	→	D(∞)	→	D(14,E,15)
E(9,G,12)		E(9,G,12)		$\boxed{\text{E(9,G,12)}}$		
F(6,G,13)		F(6,G,14)		F(6,G,14)		F(6,G,14)
Z(∞)		Z(14,C,14)		Z(14,C,14)		$\boxed{\text{Z(13,E,13)}}$

Informierte (Heuristische) Suchstrategien

Der A*-Algorithmus auf kantenbewerteten Graphen

(Verallgemeinerung des Algorithmus von Dijkstra) (Zustandsbewertung = Knotenbewertung)

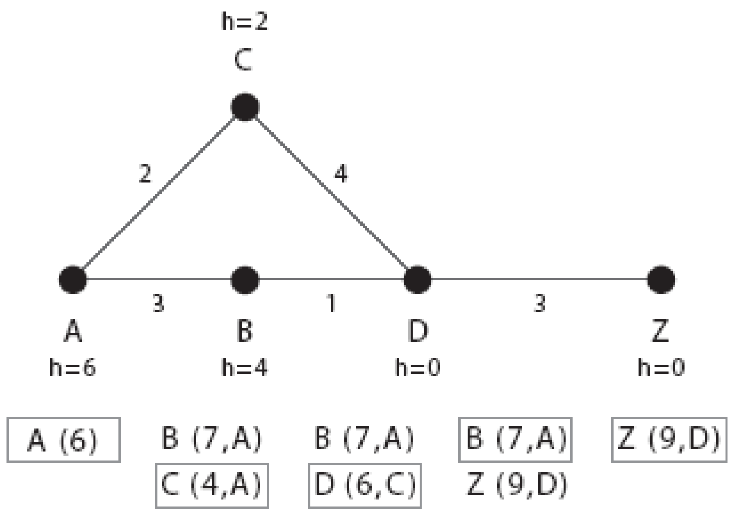
Voraussetzung an Kantenbewertung: Alle Kantenlängen müssen nichtnegativ sein

Voraussetzung an Heuristik $h_B(u)$ für die Abschätzung bzgl. Weglänge $w_B(u)$ zum Zielknoten B**:**

Zulässigkeitsbedingung: $h_B(u) \leq w_B(u)$

Was passiert bei Wegfall der Monotoniebedingung: $h_B(u) \leq h_B(v) + \textit{Länge}(u,v)$

Beispiel:



Aus: Diplomarbeit Andre Keller (SS 2008)

Fehler: D wird nicht mehr aktualisiert, weil es schon in **`Berechnet`** ist.

Informierte (Heuristische) Suchstrategien

Der A*-Algorithmus auf kantenbewerteten Graphen

(Verallgemeinerung des Algorithmus von Dijkstra) (Zustandsbewertung = Knotenbewertung)

Voraussetzung an Kantenbewertung: Alle Kantenlängen müssen nichtnegativ sein

Voraussetzung an Heuristik $h_B(u)$ für die Abschätzung bzgl. Weglänge $w_B(u)$ zum Zielknoten B**:**

Nur Zulässigkeitsbedingung: $h_B(u) \leq w_B(u)$

Algorithmus für Suche des Weges von A nach B mit minimaler Kantenlänge:

- In der Menge **`Berechnet`** sei nur die Ecke A. Markiere A mit *Weglänge* (A) := 0.
  In der Menge **`Vorläufig`** sind alle anderen Ecken des Graphen.
  Markiere die Nachbarn N von A mit *Weglänge* (N) := *Länge* (A,N)
  Schätzung (N) := *Weglänge* (N) + h_B(N)
  und alle anderen Ecken V mit *Weglänge* (V) := ∞ und *Schätzung* (V) := ∞.
- Wiederhole:
  Wähle die Ecke V aus **`Vorläufig`** mit der kleinsten *Schätzung* (V)
  und verschiebe sie in die Menge **`Berechnet`**.
  Betrachte alle Nachbarn N von V aus **`Berechnet`** und **`Vorläufig`**:
  Weglänge (N) := min {*Weglänge* (N), *Weglänge* (V) + *Länge* (V,N)}.
  Schätzung (N) := *Weglänge* (N) + h_B(N) (falls Aktualisierung notwendig).
  Falls Aktualisierung bei Nachbarn N* aus **`Berechnet`** erfolgte:
  Verschiebe N* wieder nach **`Vorläufig`**.

  bis V = B

Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

für 1. Suchmethode (Vervollständigung von Teillösungen):

Zurücksetzen (Backtracking)

- Teste alle Constraints auch bei unvollständigen Variablenbelegungen
- Zustände, die irgendwelche Constraints bereits verletzen, werden nicht weiter expandiert

Vorwärtstest (Forward Checking)

- Reduziere alle Domains für alle noch nicht belegten Variablen, sodass keine Konflikte zwischen Constraints mehr entstehen.
- Setze zurück, wenn die Domains dadurch leer werden.

General Optimisation Methods for CSP

Example for forward checking:

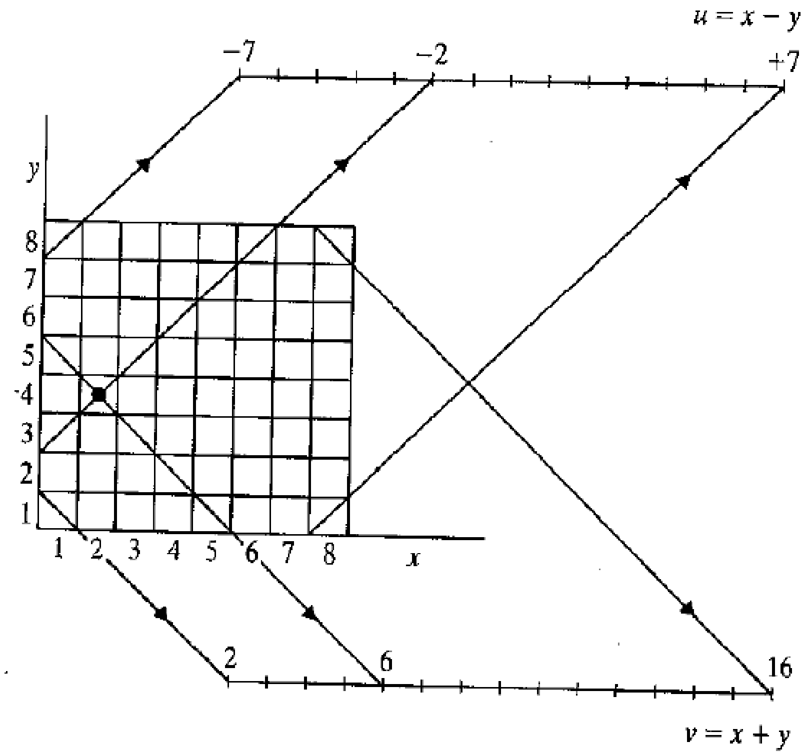
8-queens-problem (solution by Bratko, 3rd method)

Knowledge base:

```
queens3(YList) :-
   sol(YList, [1,2,3,4,5,6,7,8],
              [1,2,3,4,5,6,7,8],
              [-7,-6,-5,-4,-3,-2,-1,0,1,2,3,4,5,6,7],
              [2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16]).

sol([],[], DomainY, DomainU, DomainV).

sol([Y |YTail], [X | XTail], DomainY, DomainU, DomainV) :-
   del(Y,DomainY,ReducedDomainY),
   U is X - Y,
   del(U,DomainU,ReducedDomainU),
   V is X + Y,
   del(V,DomainV,ReducedDomainV),
   sol(YTail, XTail, ReducedDomainY, ReducedDomainU,
ReducedDomainV).

del(Item, [Item|List], List).
del(Item, [First|Tail],[First|ResultTail]) :-
   del(Item,Tail,ResultTail).
```

Query:

```
?-queens3(YLIst).
```



Suchen in Suchgraphen

<u>2. Suchmethode:</u> Systematisches Verbessern v. Gesamtlösungen

(Alternative zur Vervollständigung von Teillösungen)

- **Knoten: beschreibt Zustand in der Suchdomäne**
  - **<u>Zustand:</u> Belegung von allen Variablen mit Werten**
    (nicht notwendigerweise alle zulässig)

    Jeder Zustand hat eine Bewertung.
- **Kante: Übergang von einem Zustand in einen benachbarten Zustand**

  (in der Regel in zwei Richtungen möglich)
  - **<u>Nachbarzustand:</u> Neubelegung von bestimmten Variablen unter Beibehaltung der Werte für alle anderen Variablen**
- **Startknoten: Anfangszustand**

  (ist immer eindeutig)
  - **<u>Startknoten:</u> Mit irgendeiner Belegung für alle Variablen fängt man an.**
- **Zielknoten: gewünschter Endzustand (Lösung des Problems)**

  (es darf mehrere geben)
  - **<u>Zielknoten:</u> Übergang zu Nachbarzuständen**
    ergibt keine Verbesserung der bisher gefundenen optimalen Bewertung

Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

für 2. Suchmethode (Systematisches Verbessern v. Gesamtlösungen):

Verfahren der minimalen Konflikte (Min-Conflicts)

Idee:

- Start mit einer beliebigen Wertebelegung
- Auswählen von Variablen und Zuweisung neuer Werte, die weniger Konflikte verursachen solange, bis System gelöst

Vorteile:

- bei vielen Praxis-Problemen gutes Laufzeitverhalten
- „Reparieren“ bei kleinen Veränderungen des Systems

Nachteile:

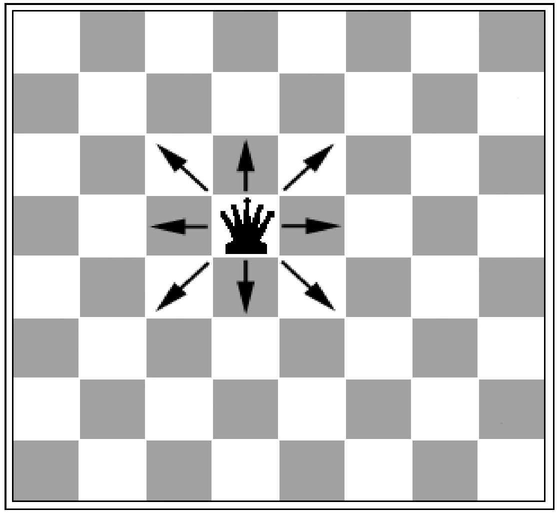
- „Hängen bleiben“ in lokalen Minima
  - Gegenmaßnahmen: Random-Walk, $\boxed{\text{Tabu-Liste,}}$ ...

Weitere Details zum Thema Constraintsysteme: Seminarvortrag/Ausarbeitung von Stefan Schmidt, SS 2005, Nr. 6,
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

Verfahren der minimalen Konflikte (Min-Conflicts)

Anwendungsbeispiel: 8-Damen-Problem

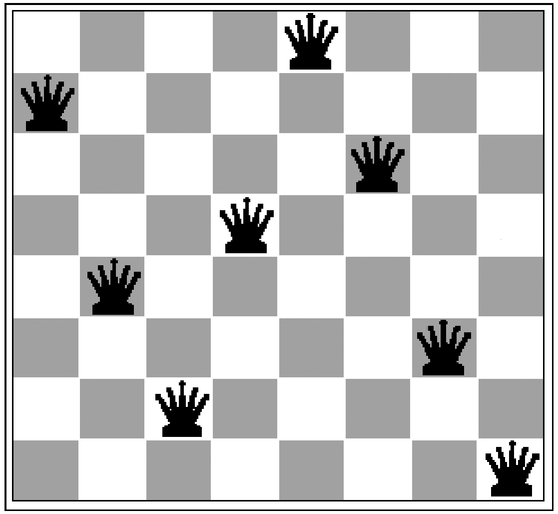


Quelle: Seminarvortrag von Stefan Schmidt, SS 2005, Nr. 6,
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

Verfahren der minimalen Konflikte (Min-Conflicts)

Anwendungsbeispiel: 8-Damen-Problem

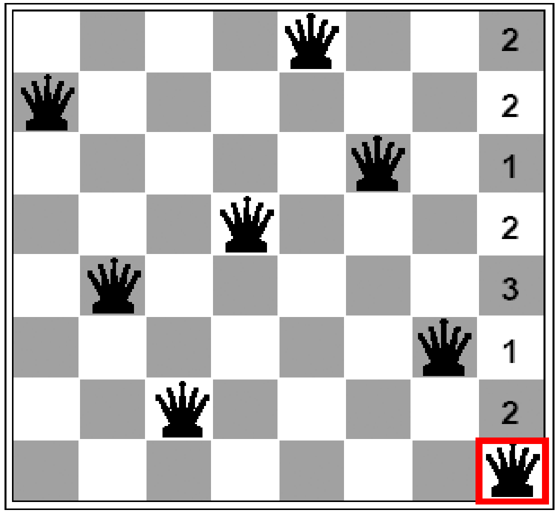


Quelle: Seminarvortrag von Stefan Schmidt, SS 2005, Nr. 6,
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

Verfahren der minimalen Konflikte (Min-Conflicts)

Anwendungsbeispiel: 8-Damen-Problem

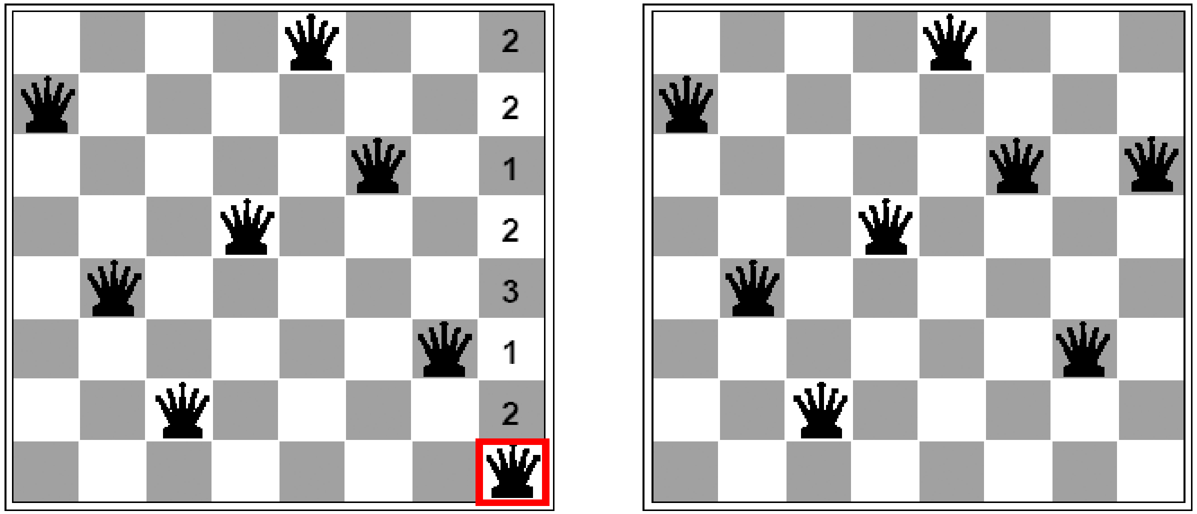


Quelle: Seminarvortrag von Stefan Schmidt, SS 2005, Nr. 6,
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

Verfahren der minimalen Konflikte (Min-Conflicts)

Anwendungsbeispiel: 8-Damen-Problem

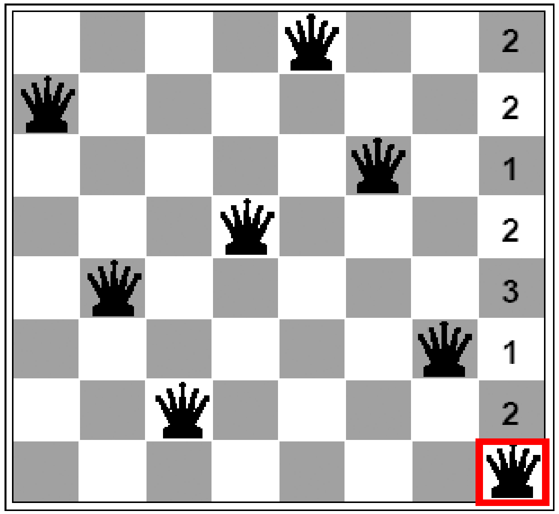


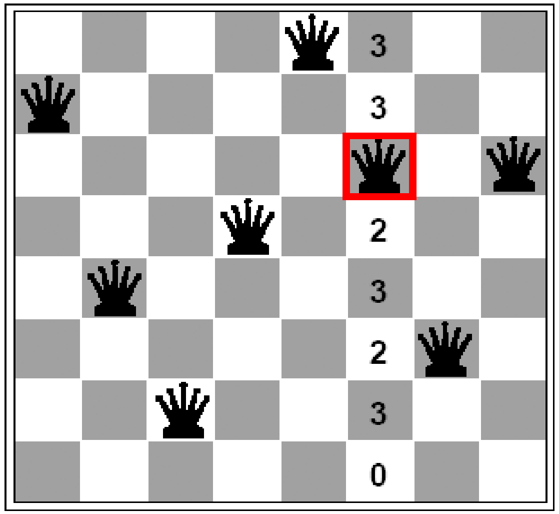
Quelle: Seminarvortrag von Stefan Schmidt, SS 2005, Nr. 6,
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

Verfahren der minimalen Konflikte (Min-Conflicts)

Anwendungsbeispiel: 8-Damen-Problem



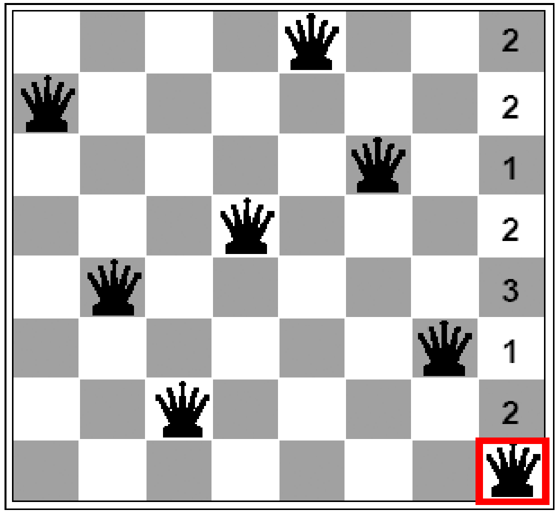


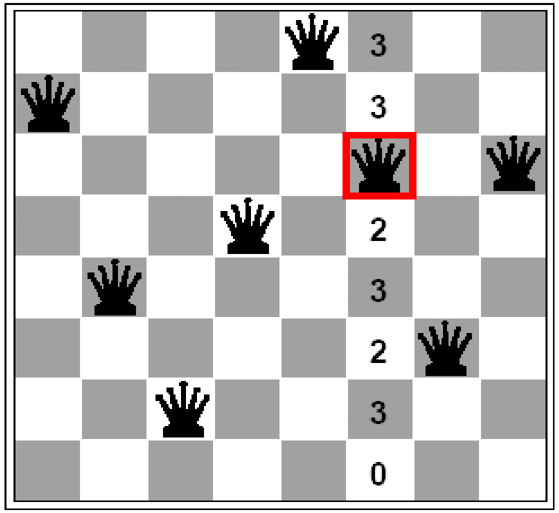
Quelle: Seminarvortrag von Stefan Schmidt, SS 2005, Nr. 6,
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

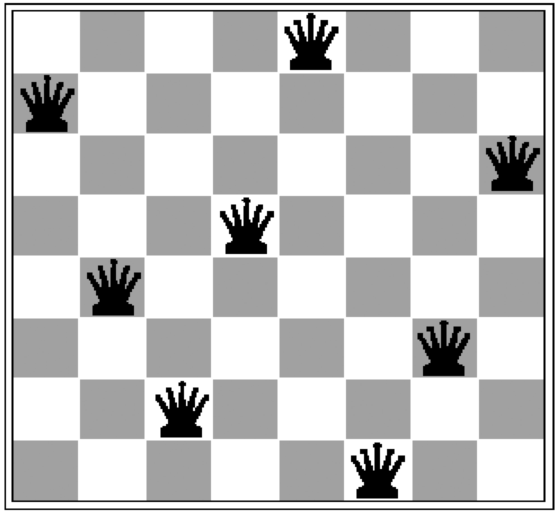
Allgemeine Optimierungsverfahren für CSP

Verfahren der minimalen Konflikte (Min-Conflicts)

Anwendungsbeispiel: 8-Damen-Problem





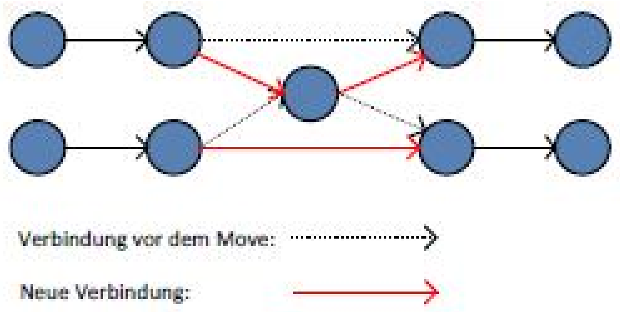


Quelle: Seminarvortrag von Stefan Schmidt, SS 2005, Nr. 6,
http://www.fh-wedel.de/archiv/iw/Lehrveranstaltungen/SS2005/SeminarKI.html

General Optimisation Methods for CSP

Working with tabu lists in search graphs:

- Determine a certain validity range for the algorithm, e.g. by a given number of operations
- Protocol all edges used in a transition from one state to another
- All edges used within the previous validity range are not to be used again, neither their counterdirection.



Further enhancement: Simulated annealing

- Admit temporary deteriorations.
- Diminish the tolerance bound for deterioration in the course of algorithmic progress gradually.

These methods will mainly be used in improvements of total solutions

- Good results in logistics (TSP generalisations)