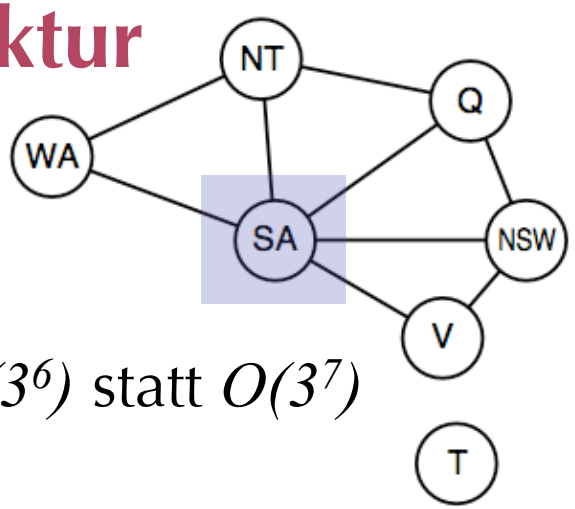
Ausnutzen der Netzstruktur



Im Australien-Färbeproblem Tasmanien unabhängig vom Rest färbbar

⇒ Lösungskomplexität eigentlich $O(3^6+3^1)=O(3^6)$ statt $O(3^7)$

Zerlegbarkeit von Problemen als allgemeine Struktur-Heuristik mit exponenziellem Spareffekt!

(Aus $O(d^n)$ mach $O(z\times d^{n/z})$ für z „gleich große“ Zerlegungen!)

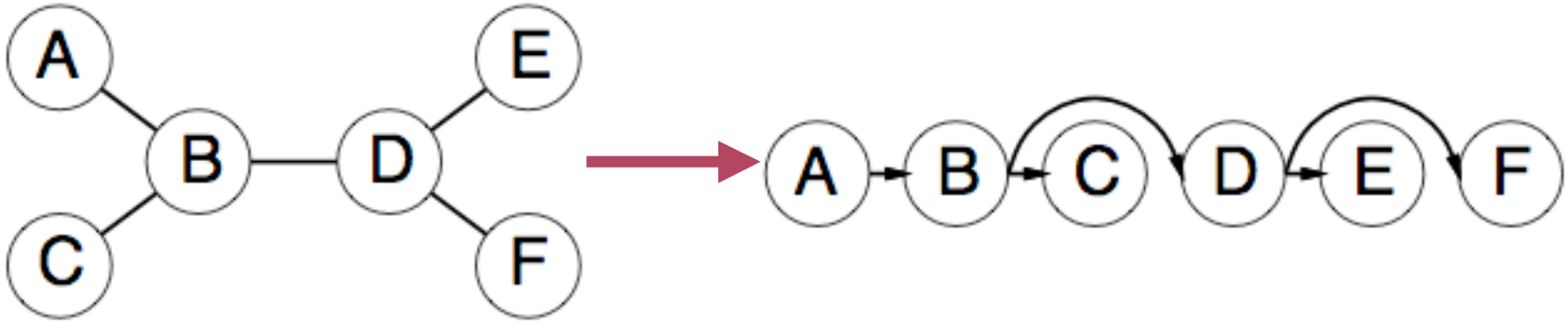
decomposability, near decomposability

Schwächere Form der Strukturvereinfachung: **Constraint-Bäume**

- Lösungsalgorithmus der Komplexität $O(nd^2)$ (nächste Folie)
- Überführe Constraint-Graph in Constraint-Baum (*cycle cutset*)
- Verschneide Baum-Lösung mit Lösung der entfernten Knoten

Lösungsalgorithmus für zyklenfreie Binär-CSPs

1. Wähle eine Variable als Wurzelknoten X_1;
   ordne alle anderen Variablen linear als $\langle X_1, \ldots, X_n \rangle$, sodass jeder Elternknoten allen seinen Nachfolgern vorangeht



2. **for** j **from** n **down to** 2 **do**
   REMOVE-INCONSISTENT(Parent(X_j),X_j);
   falls Wertebereich Parent(X_j) leer, **return** failure
3. **for** j **from** 1 **to** n weise X_j konsistent mit Parent(X_j) zu

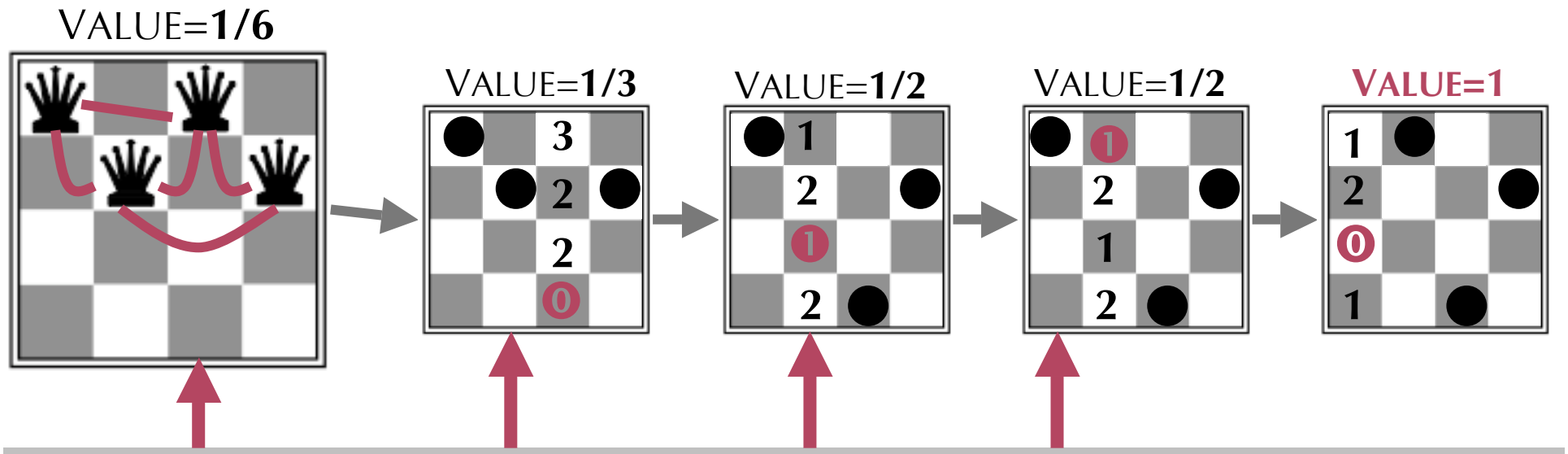
Komplexität $O(nd^2)$ (2 Läufe durch n Variable, max. d^2 Wertepaare)

Lokale Suche für CSPs: Min-Conflicts

Verwende Constraintnetz als Zustandsbewertungsfunktion bei lokaler Suche: VALUE(n) = 1/(1+ #Constraintverletzungen)

Vergleiche n-Damen-Beispiel für Bergsteige-Suche

Verändere aktuellen Knoten so, dass für zufällig gewählte Variable die Anzahl der Constraintverletzungen minimiert wird.



Min-Conflicts

function MIN-CONFLICTS(*csp,max_steps*) **returns** a solution or failure

inputs: *csp*, a constraint satisfaction problem
max_steps, the number of steps allowed before giving up

current ← an initial complete assignment for *csp*
for *i*=1 **to** *max_steps* **do**
  if *current* is a solution for *csp* **then return** *current*
  var ← a randomly chosen, conflicted variable from VARIABLES[*csp*]
  value ← a value *v* for *var* that minimizes CONFLICTS(*var, v, current, csp*)
  set *var*=*value* in *current*
return failure

Vergleiche Algorithmus Bergsteigen,
möglicherweise mit gleich bewertetem Nachfolger

Zusammenfassung Constraints

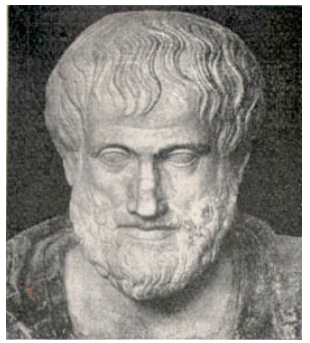
- Constraintnetze repräsentieren Variablen, zwischen denen Relationen gelten
- Eine Lösung besteht in einer gültigen Belegung aller Variablen
- Constraint-Algorithmen sollen eine effiziente Suche nach einer solchen Belegung realisieren
- Varianten lokaler Konsistenz stellen Zwischenschritte zu einer Lösung dar, die auch anderen Suchverfahren dienen können
- Wie bei der allgemeinen Suche gibt es systematische und lokale Verfahren, eine Lösung zu suchen
- Praktisch werden Constraint-Verfahren oft auf Zuordnungs-, Konfigurations- und Scheduling-Probleme angewendet
  → *Constraint Logic Programming*, CLP

Gliederung

1. KI im Allgemeinen und in dieser Vorlesung
2. Heuristische Suche
3. **Logik und Inferenz**
4. Wissensrepräsentation
5. Handlungsplanung
6. Lernen
7. Sprachverarbeitung
8. Umgebungswahrnehmung

1. **Aussagenlogik**
2. **Resolution in der Aussagenlogik**
3. **Prädikatenlogik 1.Stufe**
4. **Resolution in der Prädikatenlogik**

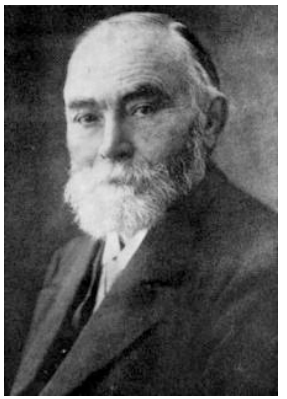
Logik – Was soll das?



Aristoteles
-384 – -322

Literatur: U. Schöning: Logik für Informatiker. Spektrum, ^{5}2000

- Logik in der Antike (Philosophie, Rhetorik):
  Analyse der Korrektheit sprachlicher Schlüsse
- Mathematische (theoretische, symbolische) Logik:
  Nutze Formalisierung für diese Analyse



Gottlob Frege
1848–1925

Ein Ziel

Finde Menge von Regeln („**Kalkül**“) zur syntaktischen (inhaltsunabhängigen) Manipulation von Sätzen, sodass:

Ein Satz ist genau dann inhaltlich (allgemein-)gültig, wenn er im Kalkül ableitbar ist.

Richtung „wenn gültig, dann ableitbar“: **Vollständigkeit**
Richtung „wenn ableitbar, dann gültig“: **Korrektheit**

Aussagen und Wahrheit

Atomare Sprachgebilde, denen man Wahrheitswerte „wahr“ oder „falsch“ zuordnen kann: **Aussagen**

+ Schnee ist weiß
+ Fritz hat einen Onkel, der Lehrer ist und in Kiel wohnt, und zwar am Blücherplatz neben der Kneipe im dritten Stock
+ Gerhard Schröder ist der Papst
– Bringen Sie mir mal ein Bier!

Zweiwertigkeit

- Eine Aussage ist entweder wahr oder falsch (ausgeschlossenes Drittes)
- Eine Aussage ist nie gleichzeitig wahr und falsch (ausgeschlossener Widerspruch)

Ableitungsregeln

… erzeugen aus einer Menge zusammengesetzter Aussagen neue (atomare oder zusammengesetzte) Aussagen

$$\frac{\textbf{wenn } P \textbf{ dann } Q \quad | \quad P}{Q} \qquad \frac{\textbf{wenn } \text{es regnet, } \textbf{dann } \text{ist die Straße nass} \quad | \quad \text{es regnet}}{\text{die Straße ist nass}}$$

Modus ponens (seit Aristoteles): **korrekt**

$$\frac{\textbf{wenn } P \textbf{ dann nicht } Q}{\textbf{wenn } Q \textbf{ dann nicht } P} \qquad \frac{\textbf{wenn } \text{es warm ist } \textbf{dann } \text{ist es } \textbf{nicht } \text{kalt}}{\textbf{wenn } \text{es kalt ist } \textbf{dann } \text{ist es } \textbf{nicht } \text{warm}}$$

Kontraposition: **korrekt**

$$\frac{P \textbf{ oder } Q \quad | \quad P}{\textbf{nicht } Q} \qquad \frac{\text{es regnet } \textbf{oder } \text{die Schranke ist zu} \quad | \quad \text{es regnet}}{\text{die Schranke ist } \textbf{nicht } \text{zu}}$$

nicht korrekt!! (je nach Interpretation des „oder“)

Syntax (BNF) der Aussagenlogik

Sentence	→	*AtomicSentence* | *ComplexSentence*
AtomicSentence	→	**True** | **False** | *Symbol*
Symbol	→	**P** | **Q** | **R** | …
Complex Sentence	→	¬ (*Sentence*)
	|	(*Sentence* ∧ *Sentence*)
	|	(*Sentence* ∨ *Sentence*)
Abk. für (¬(P) ∨ Q)	|	(*Sentence* ⇒ *Sentence*)
Abk. für ((P⇒Q)∧(Q⇒P))	|	(*Sentence* ⇔ *Sentence*)

Junktoren:
Negation, Konjunktion, Disjunktion, Implikation, Ko-Implikation