

# Algorithmisches Beweisen LAB

Clause Learning

Kaspar Kasche

FSU Jena

23.05.2024

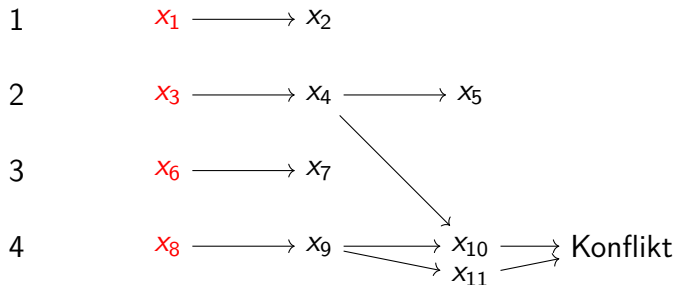
- Implementierung von SAT-Lösern
  - DPLL
  - CDCL
    - watched literals
    - **clause learning**
    - decision heuristics
    - restart strategy

# CDCL Pseudocode

**Eingabe:** KNF  $\varphi$

```
1: decision-level  $\leftarrow 0$ 
2: while Es existieren nicht belegte Variablen do
3:   decision-level++
4:   decide()
5:    $C_{\text{conflict}} \leftarrow \text{propagate}()$ 
6:   while  $C_{\text{conflict}}$  is not null do
7:     if decision-level = 0 then return UNSAT
8:      $C_{\text{learned}} \leftarrow \text{analyze-conflict}(C_{\text{conflict}})$ 
9:      $\varphi \leftarrow \varphi \wedge C_{\text{learned}}$ 
10:     $\text{backtrack}(C_{\text{learned}})$ 
11:     $C_{\text{conflict}} \leftarrow \text{propagate}()$ 
12:   apply-restart-policy()
13: return SAT
```

# Implikationsgraph



- sei  $(U, V)$  ein Schnitt
- gelernte Klausel:  
 $C = \{\bar{u} \mid (u, v) \text{ ist Kante mit } u \in U \text{ und } v \in V\}$
- resultierende Klauseln können mit Resolution hergeleitet werden
- **Ziel:** Klauseln lernen, die sinnvoll wieder verwendet werden können

## **UIP** (Unique Implication Point):

- Knoten mit höchstem Decision Level
- Jeder Pfad von der Entscheidungsvariable mit höchstem Level zu Konflikt geht durch den Knoten

### **1-UIP:**

- der UIP, der am dichtesten am Konfliktknoten liegt
- hat sich in der Praxis durchgesetzt

- von UIPs gelernte Klauseln sind *assertorisch*, d.h. sie enthalten genau ein Literal auf der Konfliktstufe
- Klausel wird unit auf vorherigem Decision Level
- Backtracking auf das zweithöchste Decision Level der gelernten Klausel ('Backjumping')

- geeignete Datenstruktur für den Implikationsgraph
- Konfliktanalyse:
  - Beginn beim Konfliktknoten
  - Rekursiv alle Vorgänger auf Konfliktstufe durchgehen bis es nur einen gibt (1-UIP)
  - der UIP und alle Vorgängerknoten mit niedrigerem Decision Level aus vorherigem Schritt negiert ergibt die gelernte Klausel



# Aufgabe: 1-UIP Clause Learning

- Implementierung des 1-UIP Lernschemas
- Vergleich der Performance mit DPLL
- Ausgabe einiger Statistiken:
  - Zeit
  - Speicherbedarf
  - Anzahl gelernter Klauseln
  - Länge gelernter Klauseln
  - Anzahl Unit Propagations
  - Anzahl Entscheidungen
  - Anzahl Konflikte
  - etc.