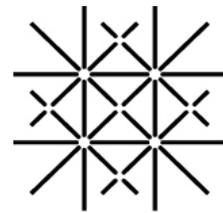


13. September 2016

Bachelorarbeit

# Symbolische Zustandsraumsuche mit Sentential Decision Diagrams

Simon Wallny



**University  
of Basel**

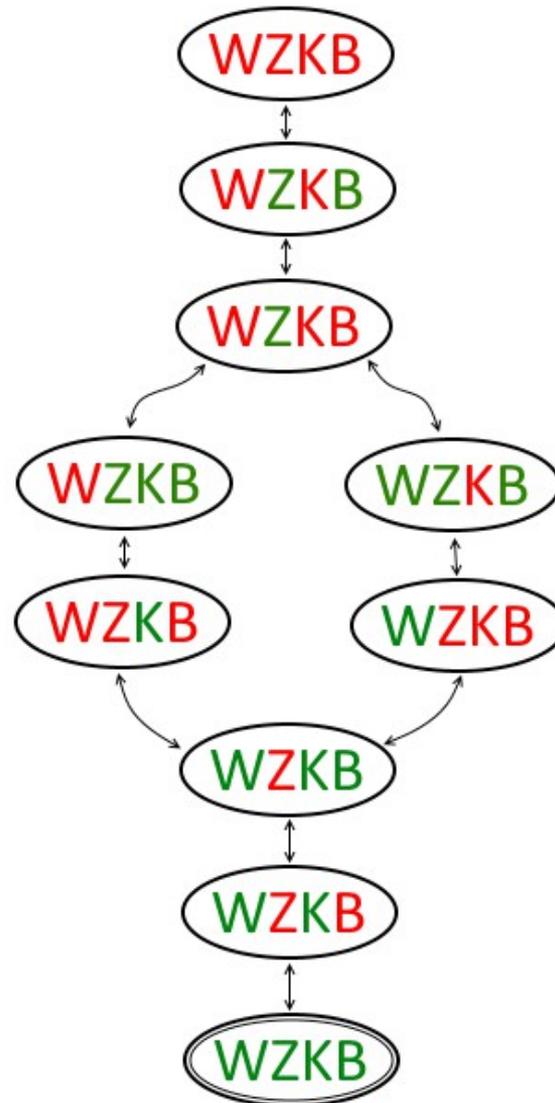
# Gliederung

- Einführung: Zustandsraumsuche
- Symbolische Suche
  - Idee
  - Vorgehen
  - Transitionen
  - Planrekonstruktion
- SDDs
- Tests & Ergebnisse
- Fazit & Ausblick

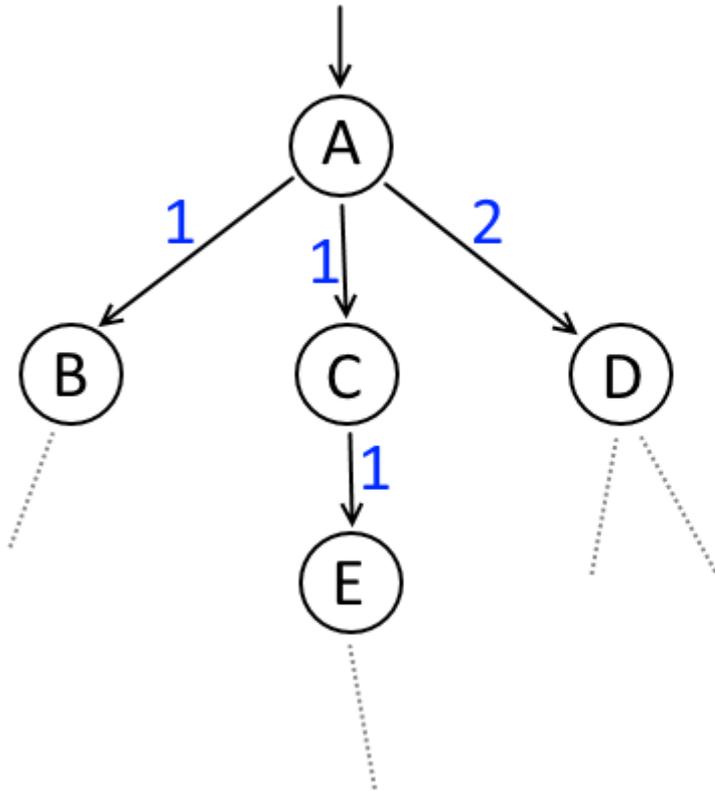
# Zustandsraumsuche



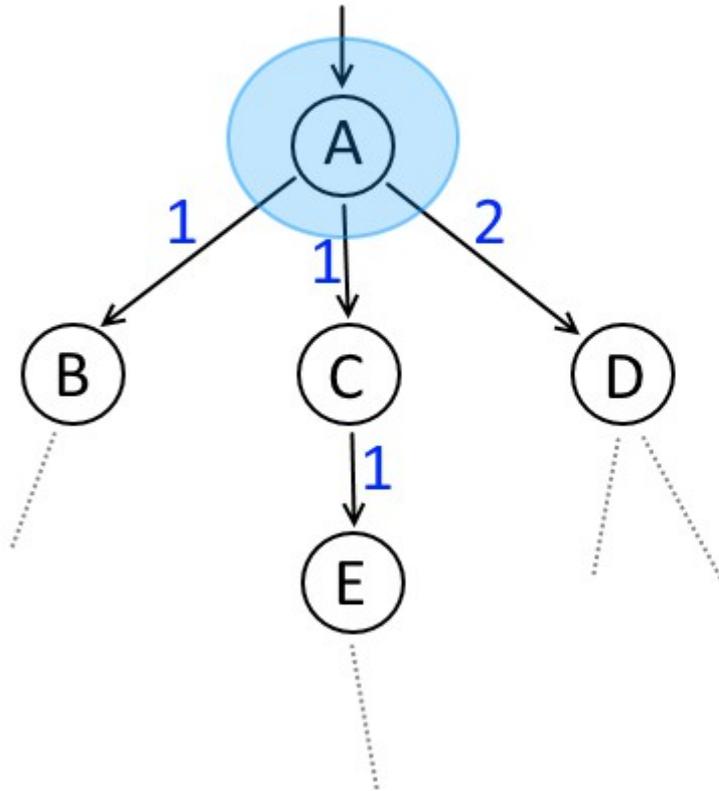
# Zustandsraumsuche



# Symbolische Suche



# Symbolische Suche

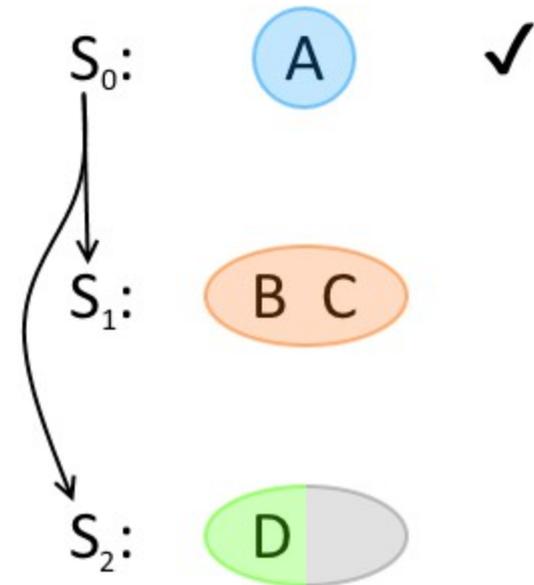
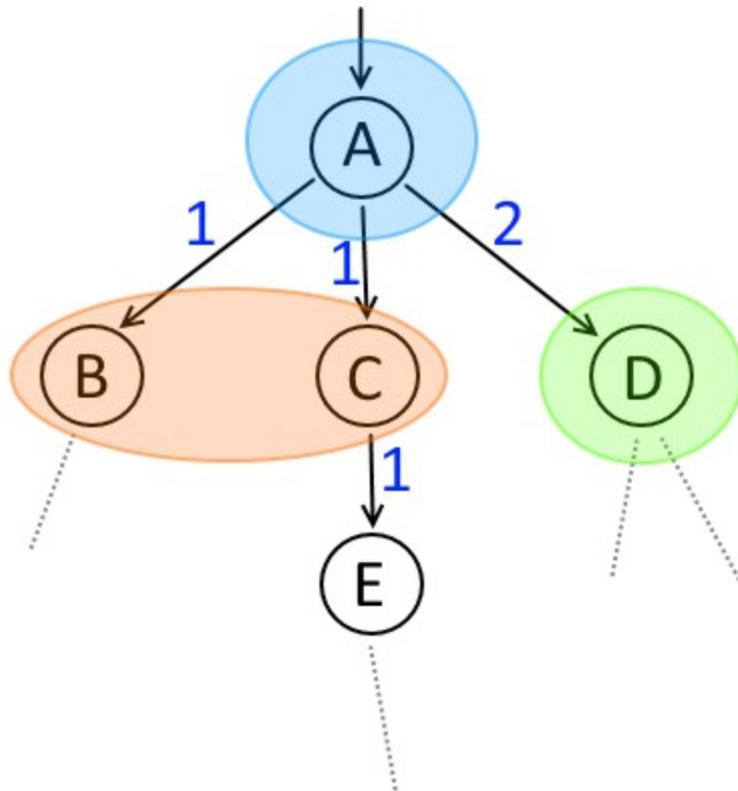


$S_0$ : 

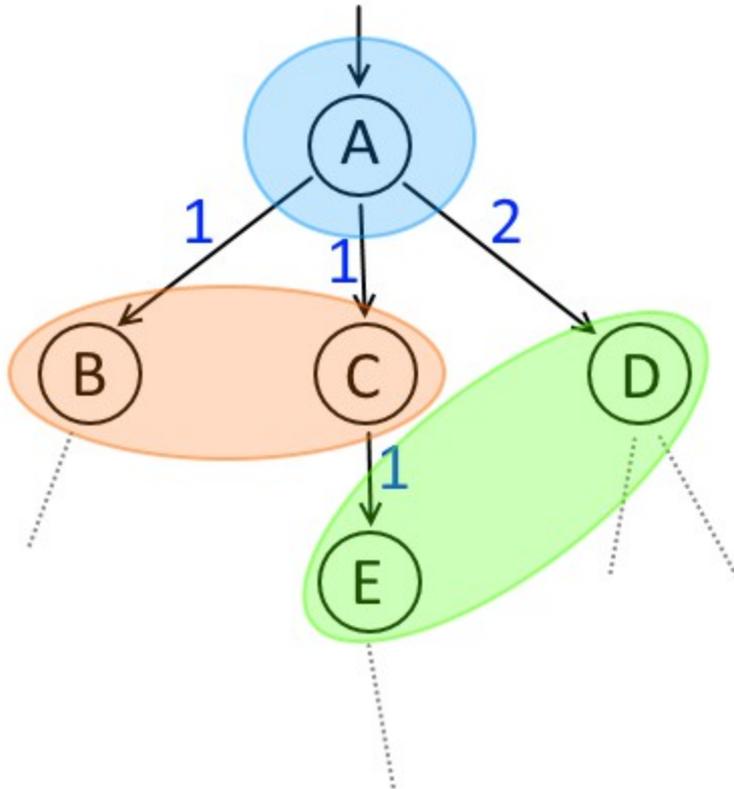
$S_1$ : 

$S_2$ : 

# Symbolische Suche



# Symbolische Suche

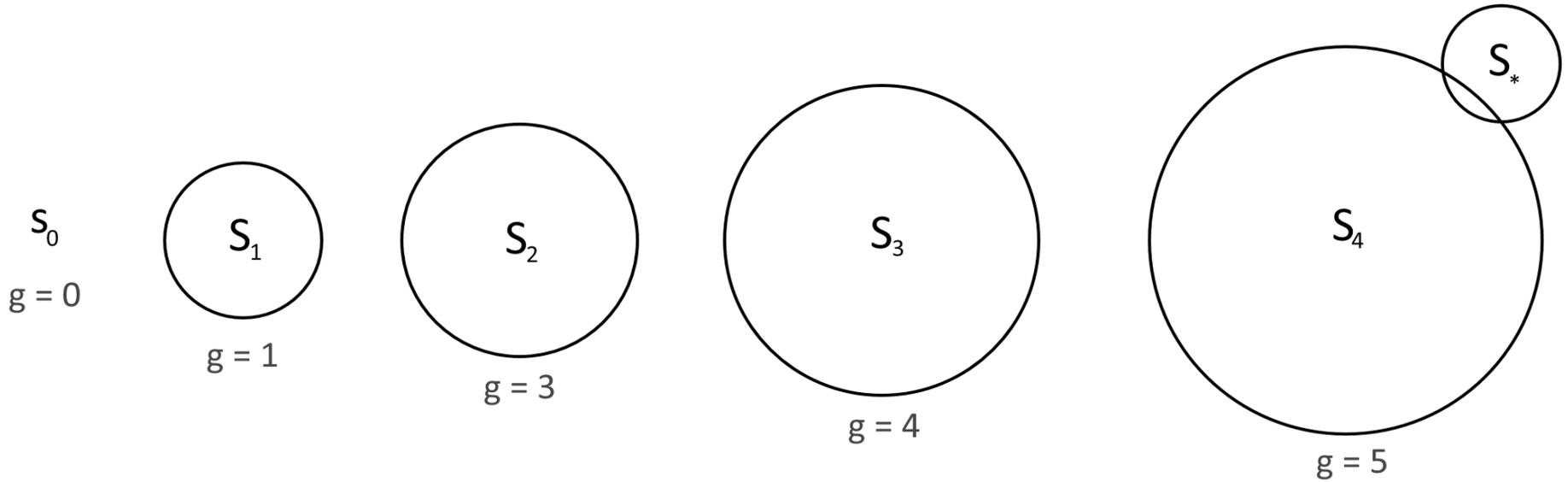


$S_0$ :  ✓

$S_1$ :  ✓

$S_2$ : 

# Symbolische Suche



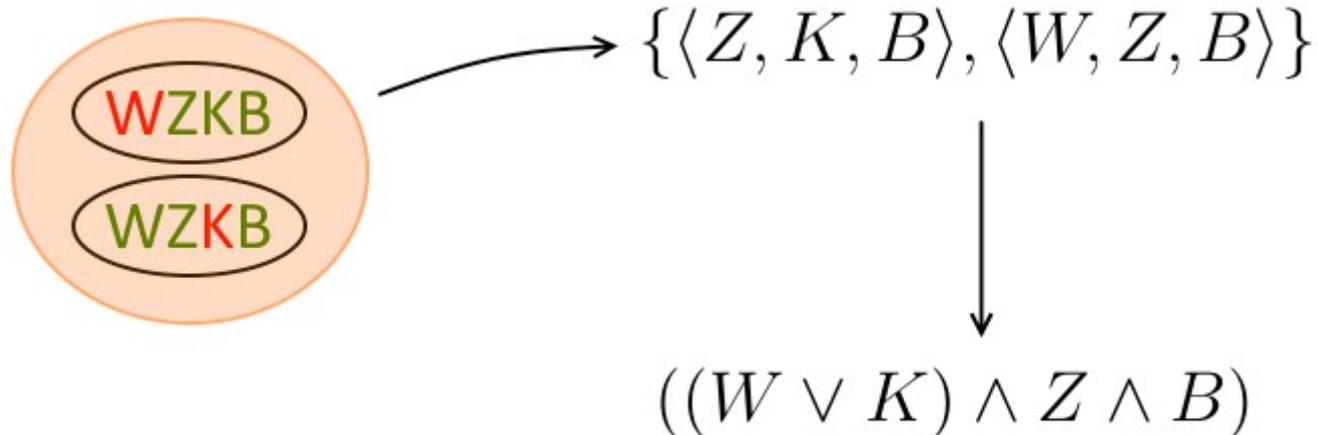
Symbolische Suche benötigt:

- Repräsentation für Zustandsmengen
- Transitionen für Zustandsmengen
- Planrekonstruktion

# Symbolische Suche

Repräsentation für Zustandsmengen:

→ Aussagenlogische Formeln

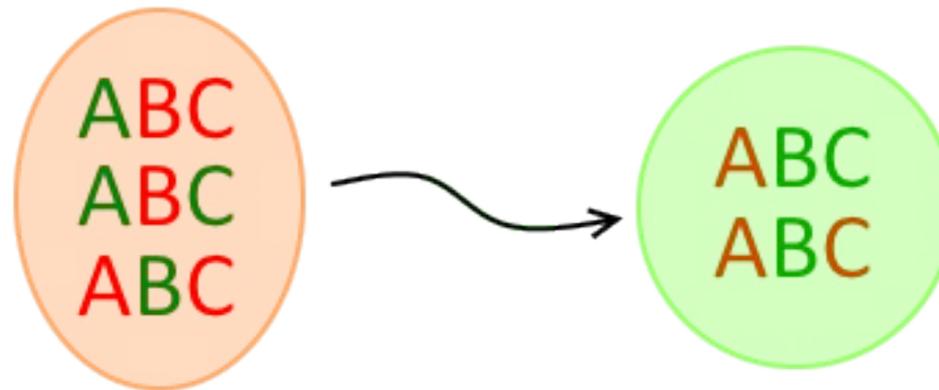


# Transitionen

Transitionen für Zustandsmengen:

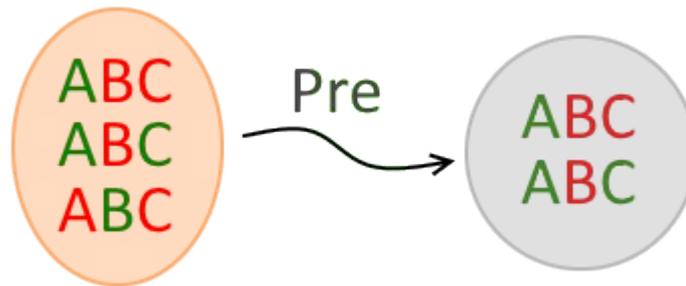
Folgende Aktion:

- Benötigt A
- Ersetzt A durch B
- Lässt C unberührt



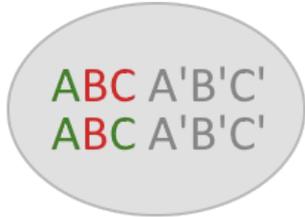
# Transitionen

$$T_a = \bigwedge_{p \in \text{pre}(a)} (p)$$



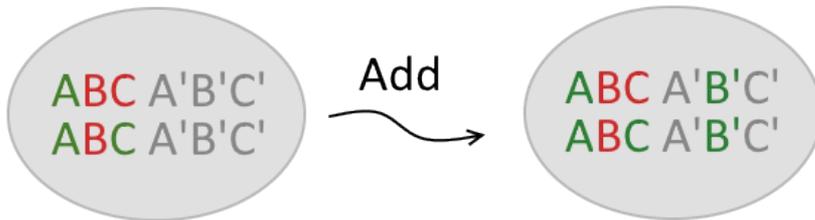
# Transitionen

$$T_a = \bigwedge_{p \in \text{pre}(a)} (p)$$



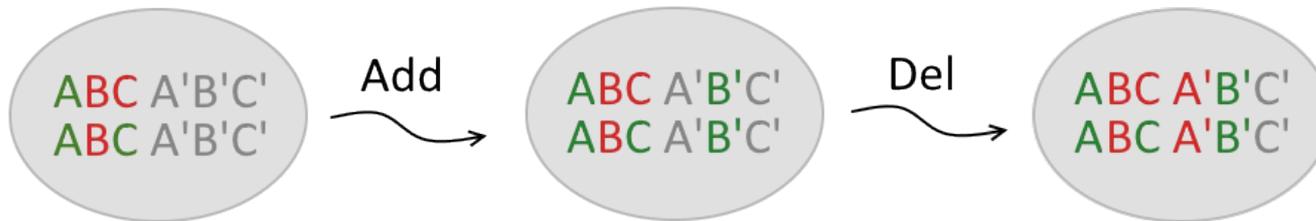
# Transitionen

$$T_a = \bigwedge_{p \in \text{pre}(a)} (p) \wedge \bigwedge_{b \in \text{add}(a)} (b')$$



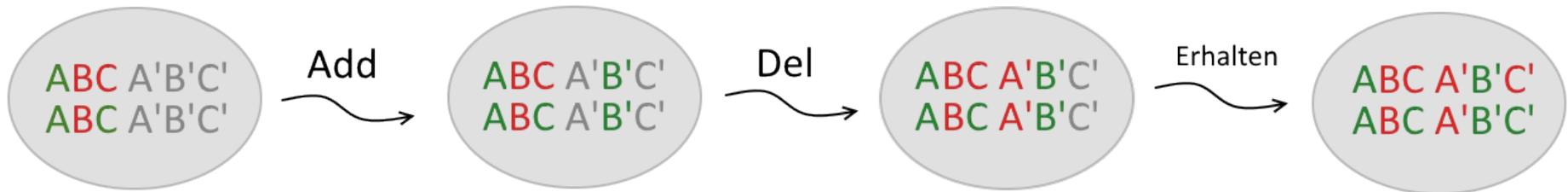
# Transitionen

$$T_a = \bigwedge_{p \in \text{pre}(a)} (p) \wedge \bigwedge_{b \in \text{add}(a)} (b') \wedge \bigwedge_{d \in \text{del}(a)} (\neg d')$$



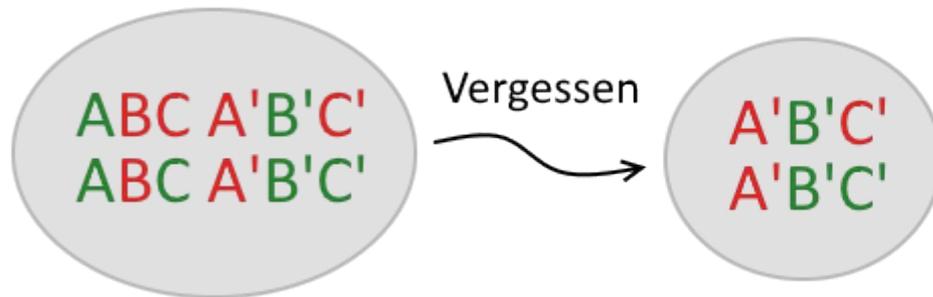
# Transitionen

$$T_a = \bigwedge_{p \in \text{pre}(a)} (p) \wedge \bigwedge_{b \in \text{add}(a)} (b') \wedge \bigwedge_{d \in \text{del}(a)} (\neg d') \wedge \bigwedge_{x \notin (\text{add}(a) \cup \text{del}(a))} (x' \leftrightarrow x)$$



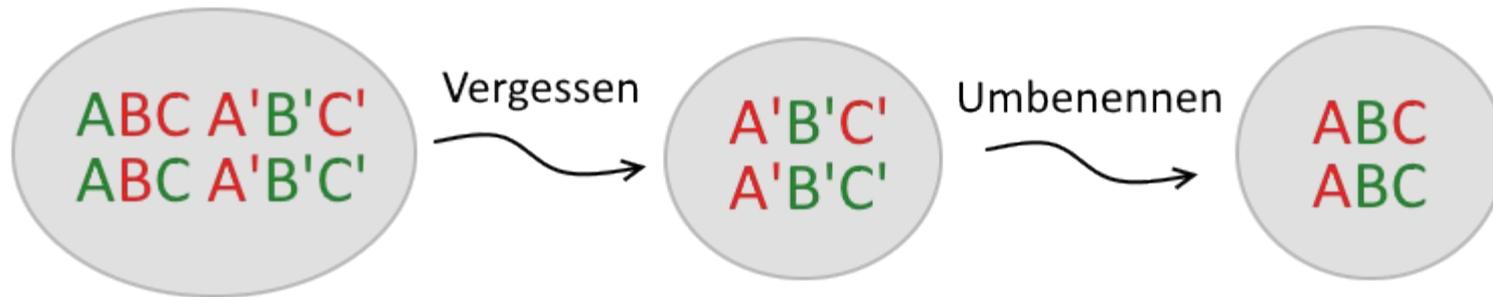
# Transitionen

$$T_a = \bigwedge_{p \in \text{pre}(a)} (p) \wedge \bigwedge_{b \in \text{add}(a)} (b') \wedge \bigwedge_{d \in \text{del}(a)} (\neg d') \wedge \bigwedge_{x \notin (\text{add}(a) \cup \text{del}(a))} (x' \leftrightarrow x)$$

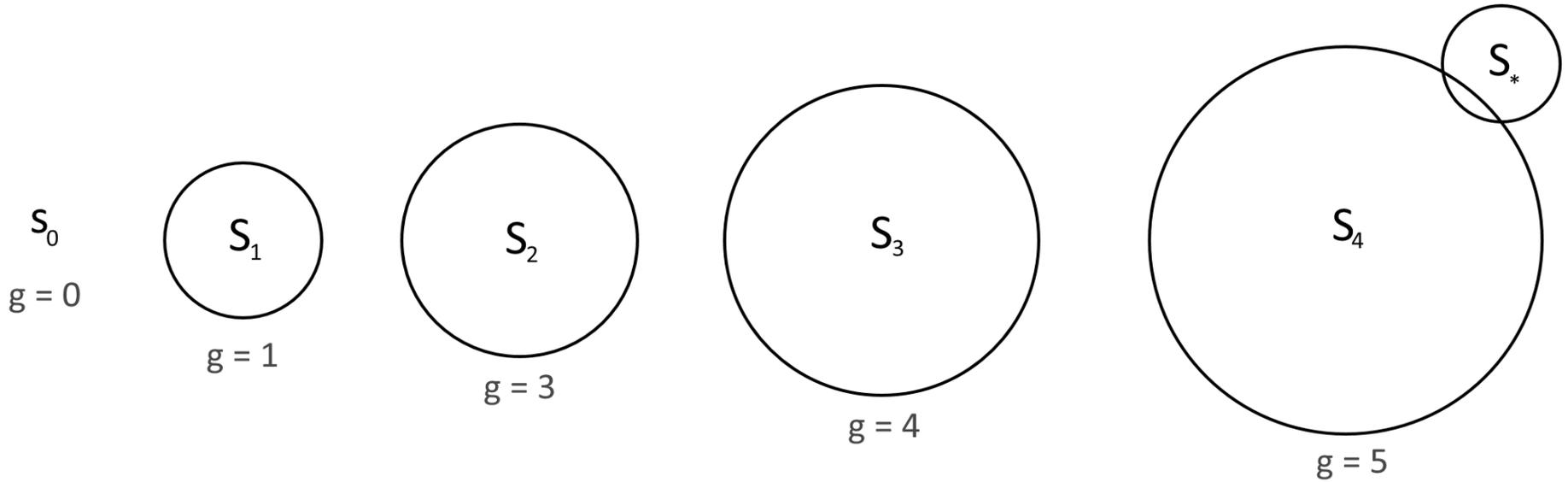


# Transitionen

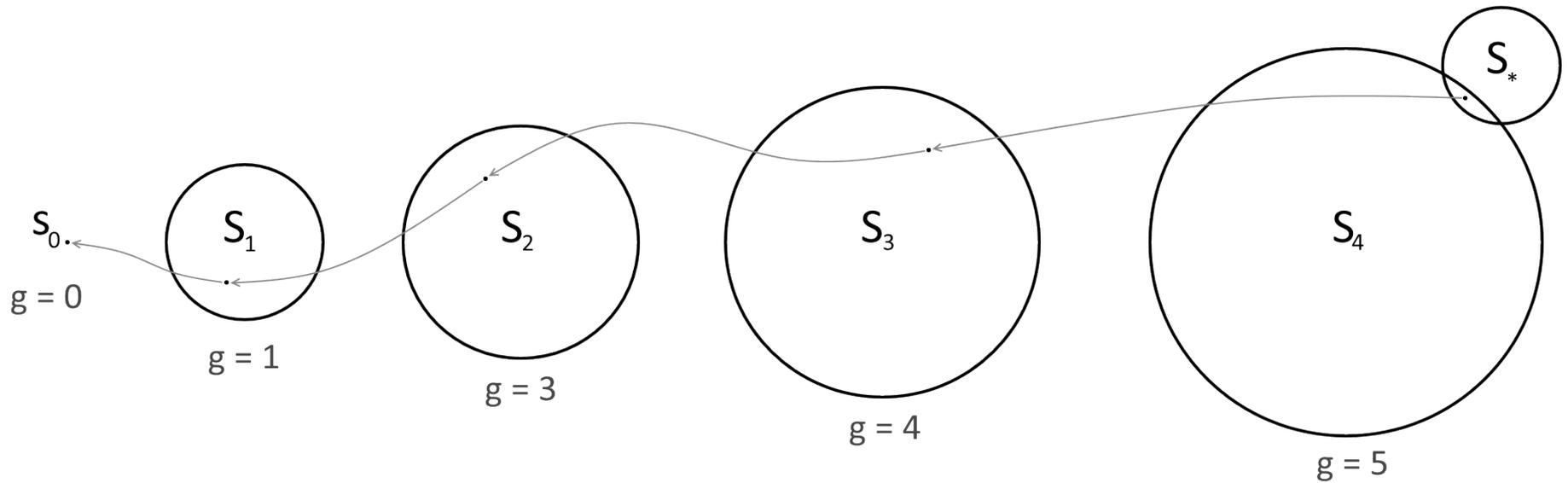
$$T_a = \bigwedge_{p \in \text{pre}(a)} (p) \wedge \bigwedge_{b \in \text{add}(a)} (b') \wedge \bigwedge_{d \in \text{del}(a)} (\neg d') \wedge \bigwedge_{x \notin (\text{add}(a) \cup \text{del}(a))} (x' \leftrightarrow x)$$



# Planrekonstruktion

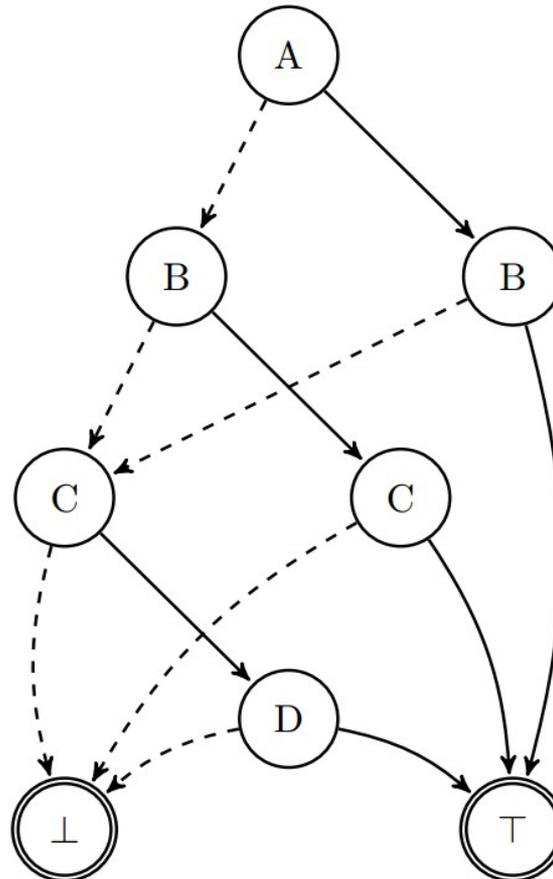


# Planrekonstruktion



# BDDs

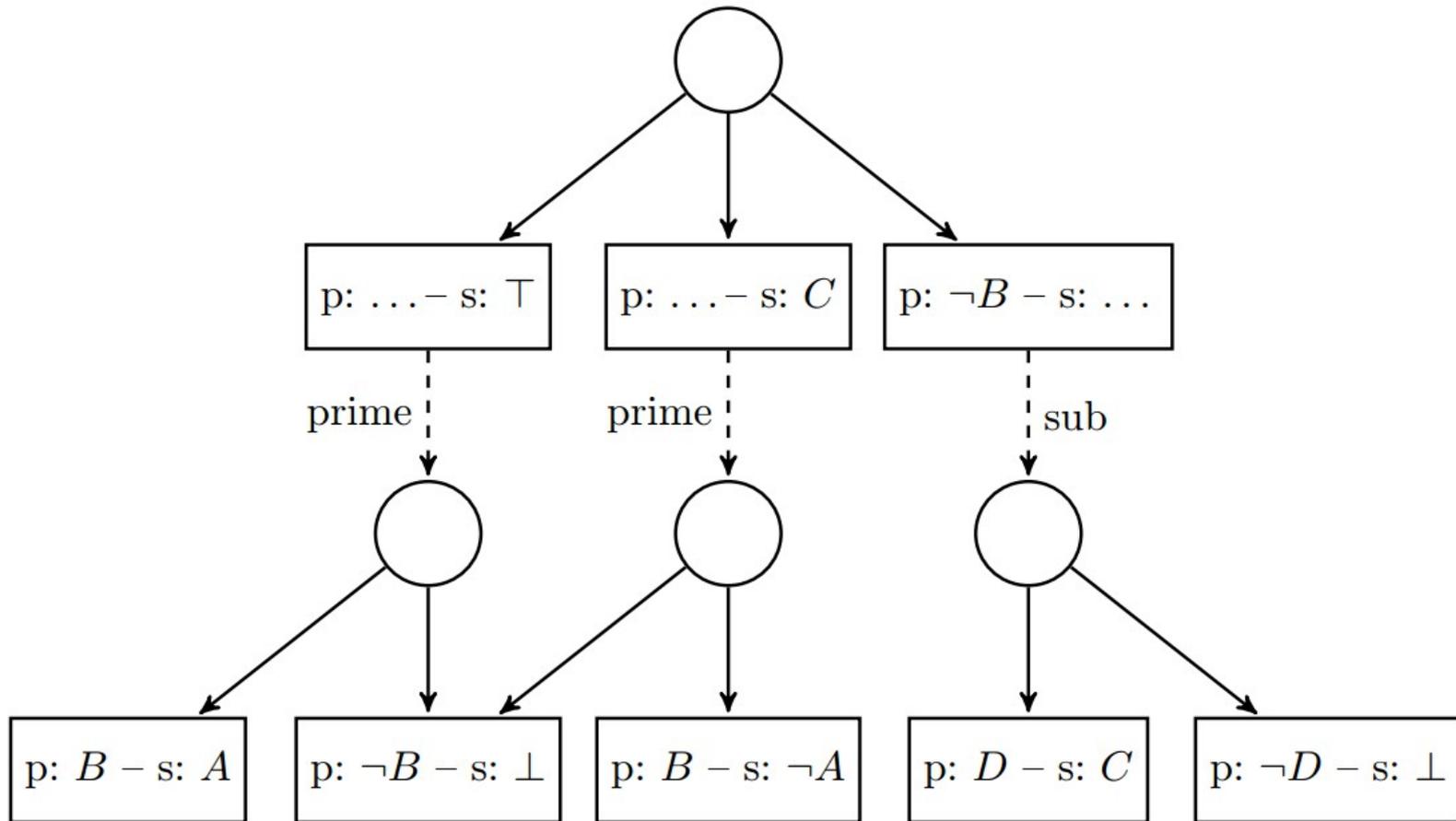
Binary Decision Diagram für  
 $(A \wedge B) \vee (B \wedge C) \vee (C \wedge D)$



# SDDs

## Sentential Decision Diagram für

$$(A \wedge B) \vee (B \wedge C) \vee (C \wedge D)$$



# SDDs

## Für Tests verwendete Baumstrukturen:

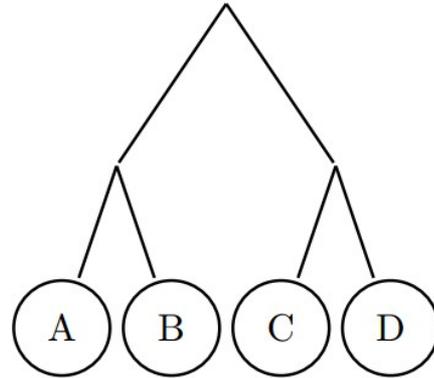


Abbildung 5.1: balanced vtree

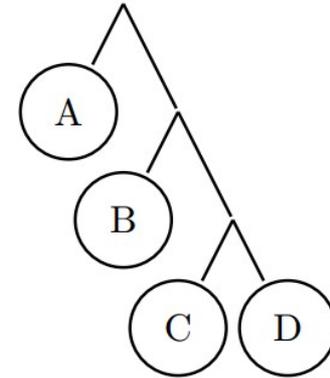


Abbildung 5.2: right linear vtree

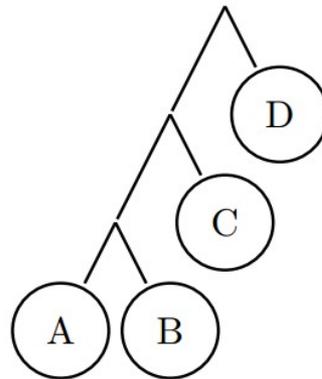


Abbildung 5.3: left linear vtree

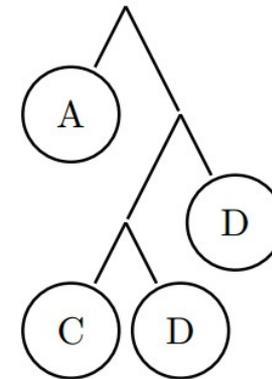
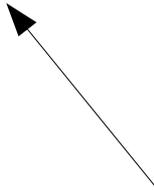


Abbildung 5.4: vertical vtree

# Tests und Ergebnisse

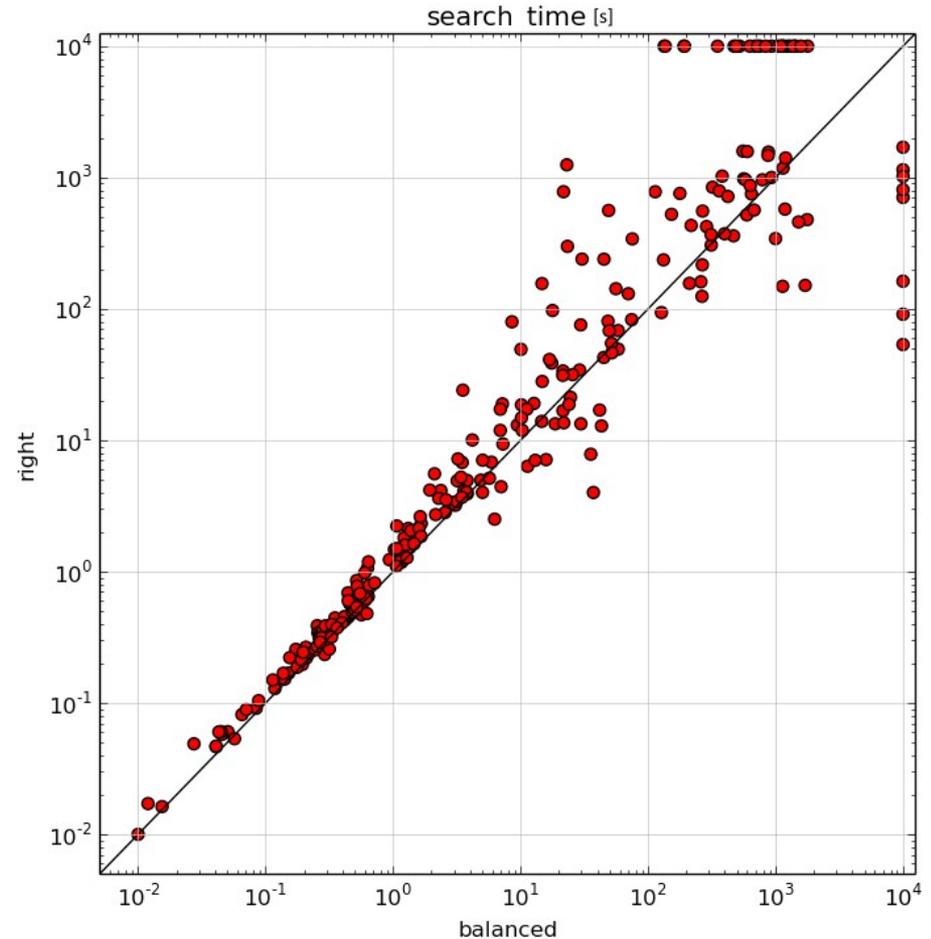
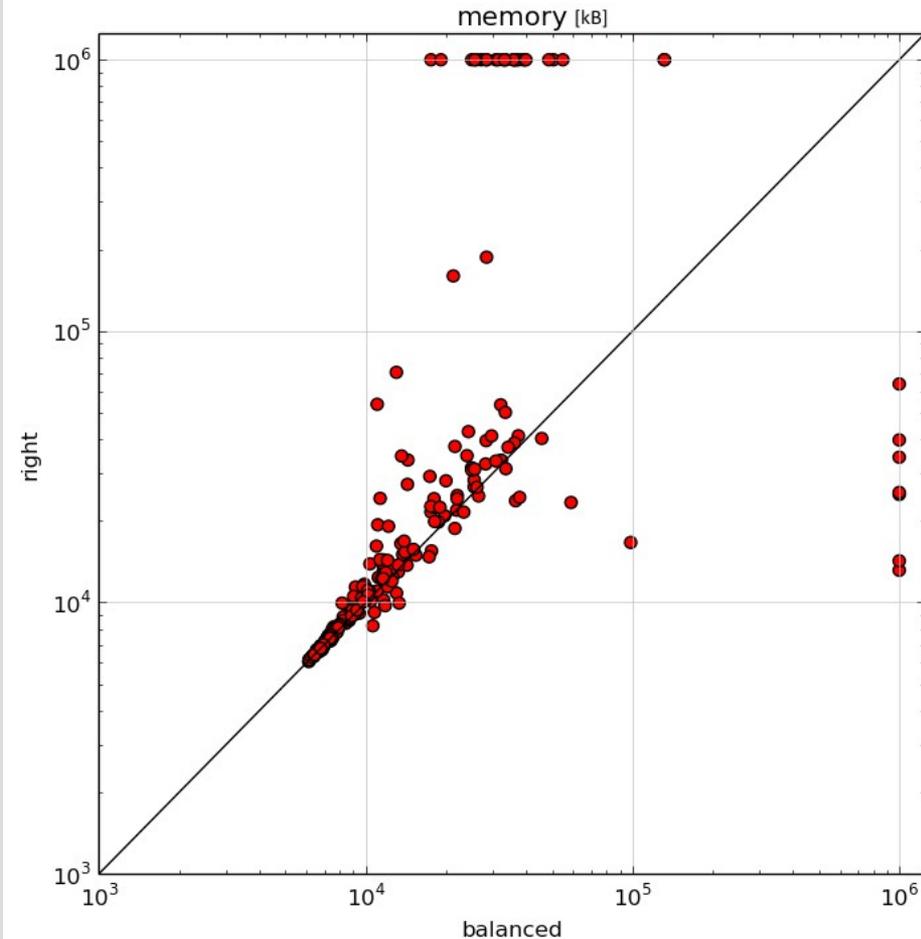
## Ausschnitt aus Coverage Test Ergebnissen:

Domain	Total	Balanced	Right Linear	Left Linear	Vertical
driverlog	20	4	2	3	3
miconic	150	49	50	49	49
psr-small	50	47	47	48	47
storage	30	7	7	7	9
<b>Sum</b>	<b>1256</b>	<b>268</b>	<b>250</b>	<b>254</b>	<b>250</b>



Domain	Total	Balanced	Right Linear	Left Linear	Vertical
driverlog	20	4	2	3	3
miconic	150	49	50	49	49
psr-small	50	47	47	48	47
storage	30	7	7	7	9
<b>Sum</b>	<b>1256</b>	<b>268</b>	<b>250</b>	<b>254</b>	<b>250</b>

# Tests und Ergebnisse



Balanciert benötigte im Vergleich zu Rechtslinear:

80.28% des Speichers  
(Summe)

63,42% der Laufzeit  
(Arithmetisches Mittel)

# Fazit

Allgemeine SDDs sind im Schnitt **platzsparender** und damit **schneller** als rechtslineare SDDs / BDDs.

SDDs und BDDs sind in der Verwendung nahezu identisch.

→ Kein guter Grund SDDs nicht zu verwenden.

# Ausblick

Selbst mit sehr einfachen vtrees gut.

Beste Baumstruktur variiert mit Problem.

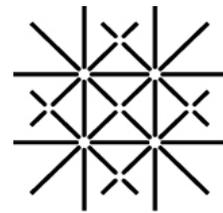
- Wie kann man optimale vtrees generieren?
- Lassen sich gute Variablenordnungen für BDDs in gute vtrees für SDDs übersetzen?

13. September 2016

Bachelorarbeit

# Symbolische Zustandsraumsuche mit Sentential Decision Diagrams

Simon Wallny



**University  
of Basel**