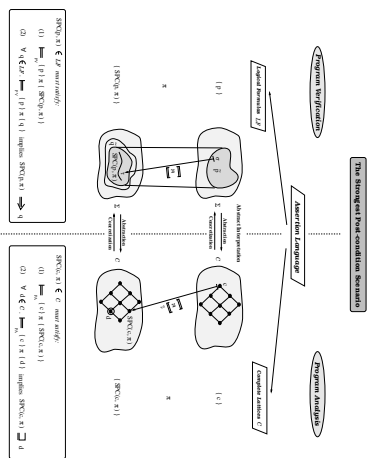


Programmverifikation vs. -analyse (1)



Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

1

Reverse abstrakte Semantik

Reverse abstrakte Semantik

1. *Datenflussanalyseverbund* $\tilde{C} = (C, \cap, \cup, \subseteq, \perp, \top)$
2. *Reverses Datenflussanalysefunktional*

$\llbracket \cdot \rrbracket_R : E \rightarrow (C \rightarrow c)$ definiert durch

$$\forall e \in E \forall c \in C: \llbracket e \rrbracket_R(c) = d_f \sqcap \{c' \mid \llbracket e \rrbracket(c') \supseteq c\}$$

wobei $\llbracket \cdot \rrbracket : E \rightarrow (C \rightarrow c)$ eine abstrakte Semantik auf C ist.

Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

3

Zusammenhang von $\llbracket \cdot \rrbracket$ und $\llbracket \cdot \rrbracket_R$ (2)

Lemma

Sei $\llbracket \cdot \rrbracket$ ein Datenflussanalysefunktional. Dann gilt für jede Kannte $e \in E$:

1. $\llbracket e \rrbracket_R \circ \llbracket e \rrbracket \subseteq Id_C$, falls $\llbracket e \rrbracket$ monoton ist.
2. $\llbracket e \rrbracket \circ \llbracket e \rrbracket_R \supseteq Id_C$, falls $\llbracket e \rrbracket$ distributiv ist.

Sprechweise in der Theorie "Abstrakter Interpretation":

- $\llbracket e \rrbracket$ und $\llbracket e \rrbracket_R$ bilden eine Galois-Verbindung.

Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

5

Der R-JOP-Ansatz

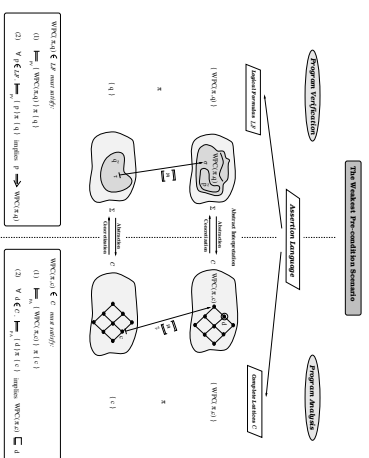
Die R-JOP-Lösung:

$$\forall c_q \in C \forall n \in N. R\text{-JOP}_{c_q}(n) = d_f \sqcup \{ \llbracket p \rrbracket_R(c_q) \mid p \in P[n, q] \}$$

Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

7

Programmverifikation vs. -analyse (2)



Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

2

Zusammenhang von $\llbracket \cdot \rrbracket$ und $\llbracket \cdot \rrbracket_R$ (1)

Lemma

Sei $\llbracket \cdot \rrbracket$ ein Datenflussanalysefunktional. Dann gilt für jede Kannte $e \in E$:

1. $\llbracket e \rrbracket_R$ ist wohldefiniert und monoton.
2. $\llbracket e \rrbracket_R$ ist additiv, falls $\llbracket e \rrbracket$ distributiv ist.

Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

4

Zusammenhang von $\llbracket \cdot \rrbracket$ und $\llbracket \cdot \rrbracket_R$ (3)

Hilfssatz

1. $\forall n \in N' \cap N. P_{C'}[s, n] = P_C[s, n]$
2. $\forall q \in N' \setminus \{s\}. P_{C'}[s, q] = P_C[s, q]$
3. $\forall c_s \in C \forall n \in N' \cap N. MOP_{C'}^{(C', c_s)}(n) = MOP_{C, c_s}(n)$
4. $MOP_{C, c_s}(q) = MOP_{C, c_s}(q)$

Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

6

Der R-MinFP-Ansatz

Das R-MinFP-Gleichungssystem:

$$\text{reqdnf}(n) = \begin{cases} c_q & \text{falls } n = q \\ \sqcup \{ \llbracket (n, m) \rrbracket_R(\text{reqdnf}(m)) \mid m \in \text{succ}(n) \} & \text{sonst} \end{cases}$$

Bezeichne $\text{reqdnf}_{c_q}^*$ die kleinste Lösung dieses Gleichungssystems bzgl. $c_q \in C$.

Die R-MinFP-Lösung:

$$\forall c_q \in C \forall n \in N. R\text{-MinFP}_{c_q}(n) = d_f \text{reqdnf}_{c_q}^*(n)$$

Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

8

Der generische R -MinFP-Alg. (1)

Input: (1) A flow graph $G = (N, E, s, e)$, (2) a program point q , (3) a reverse abstract semantics (i.e., a data-flow lattice C , and a reverse data-flow functional $\llbracket R \rrbracket : E \rightarrow (C \rightarrow C)$ induced by a functional $\llbracket J \rrbracket : E \rightarrow (C \rightarrow C)$), and (4) a component information $c_q \in C$.

Output: Under the assumption of termination (cf. Theorem ??), the R -MinFP-solution. Depending on the properties of the underlying reverse data-flow functional, this has the following interpretation.

(1) $\llbracket R \rrbracket$ is additive: Variable $reqIn[s]$ stores the weakest context information on c_q , i.e., the least data-flow fact which must be ensured at the program entry in order to guarantee c_q at q . If this is \perp , the requested component information cannot be satisfied at all.

(2) $\llbracket R \rrbracket$ is monotonic: Variable $reqIn[s]$ stores a lower bound of the weakest context candidate of c_q . Generally, this is not a sufficient context information itself. Hence, except for the special case $reqIn[s] = \perp$, which implies that c_q cannot be satisfied by any consistent context information, nothing can be concluded from the value of $reqIn[s]$.

Remark: The variable *workset* controls the iterative process. Its elements are nodes of G , whose informations annotating them have recently been updated.

Der generische R -MinFP-Alg. (2)

(Prologue: Initialization of the annotation array $reqIn$, and the variable *workset*)

FORALL $n \in N \setminus \{q\}$ DO $reqIn[n] := \perp$ OD;

$reqIn[q] := c_q$;

workset := $\{q\}$;

Der generische R -MinFP-Alg. (3)

(Main process: Iterative fixed point computation)

WHILE *workset* $\neq \emptyset$ DO

 CHOOSE $m \in$ *workset*;

workset := *workset* $\setminus \{m\}$;

 (Update the predecessor-environment of node m)

 FORALL $n \in pred(m)$ DO

$join := \llbracket (n, m) \rrbracket_R(reqIn[m]) \sqcup reqIn[n]$;

 IF $reqIn[n] \sqsubset join$

 THEN

$reqIn[n] := join$;

workset := *workset* $\cup \{n\}$

 FI

 OD

 ESOOHC

OD.

Reverses Sicherheitstheorem

Reverses Sicherheitstheorem

Die R -MinFP-Lösung ist eine obere (d.h. sichere) Approximation der R -JOP-Lösung, d.h.,

$$\forall c_q \in C \forall n \in N. R\text{-MinFP}_{c_q}(n) \supseteq R\text{-JOP}_{c_q}(n)$$

Reverses Koindizenztheorem

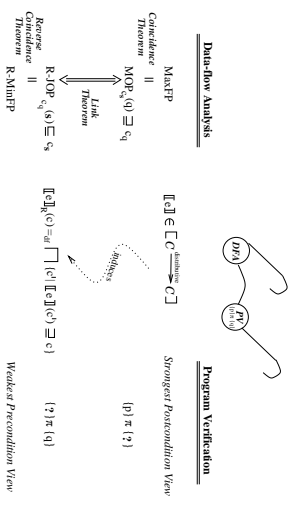
Reverses Koindizenztheorem

Diese R -MinFP-Lösung stimmt mit der R -JOP-Lösung überein, d.h.,

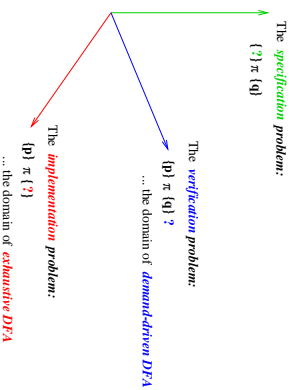
$$\forall c_q \in C \forall n \in N. R\text{-MinFP}_{c_q}(n) = R\text{-JOP}_{c_q}(n)$$

falls $\llbracket J \rrbracket$ distributiv ist.

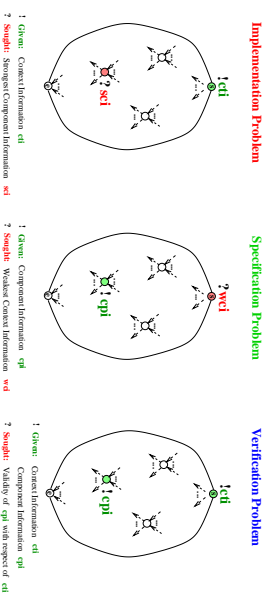
DFA vs. Verifikation: Überblick



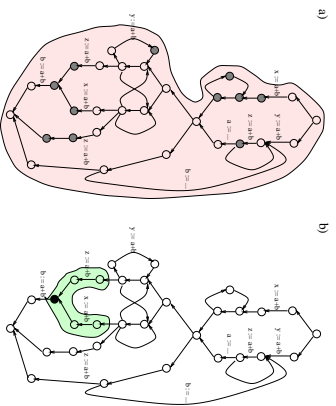
Drei unterschiedliche Problemperspektiven (1)



Drei unterschiedliche Problemperspektiven (2)

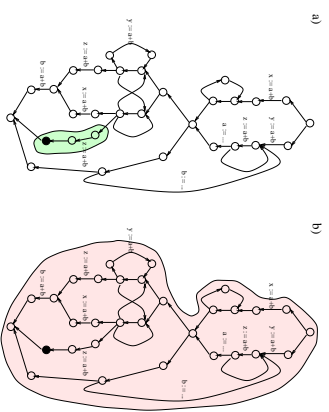


Bsp: Verfügbarkeit an einem Punkt (1)



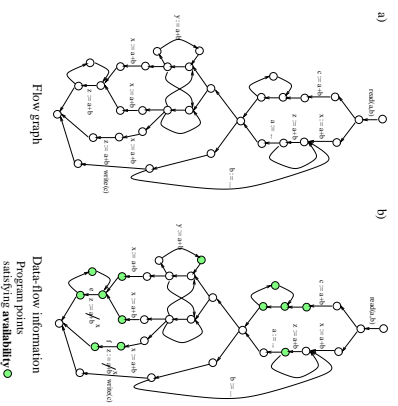
Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 17

Bsp: Verfügbarkeit an einem Punkt (2)



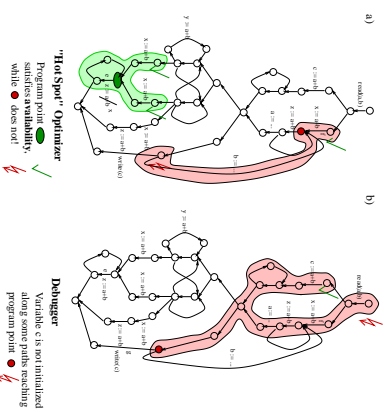
Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 18

Anwendung: Einfacher Optimierer (1)



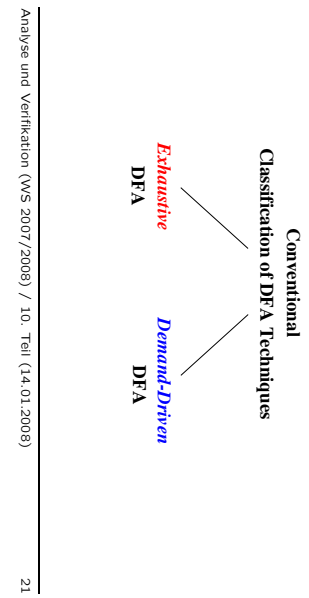
Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 21

Anwendung: "Hot Spot" Optimierer und Debugger (2)



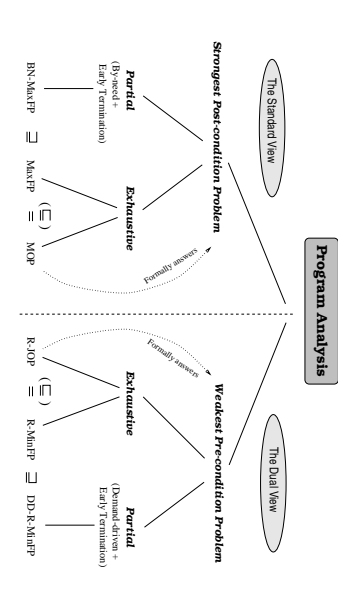
Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 22

Erschöpfende vs. anforderungsgetriebene DFA (1)



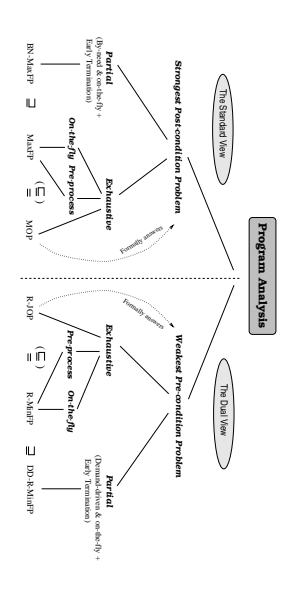
Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 21

Erschöpfende vs. anforderungsgetriebene DFA (2)



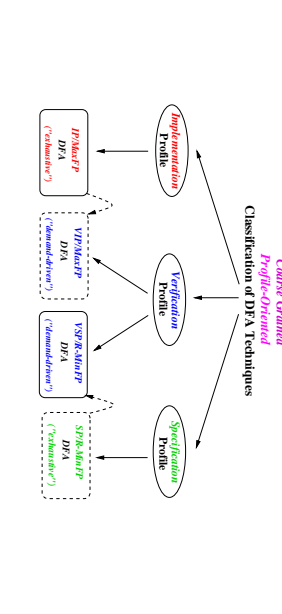
Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 22

Erschöpfende vs. anforderungsgetriebene DFA (3)



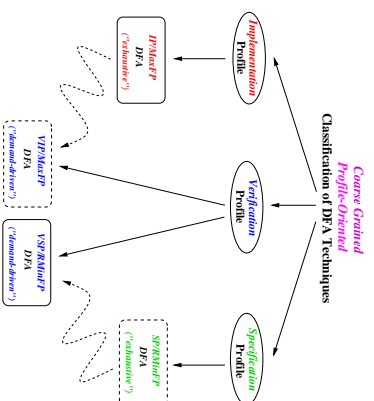
Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 23

Eine andere Sicht (1)



Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008) 24

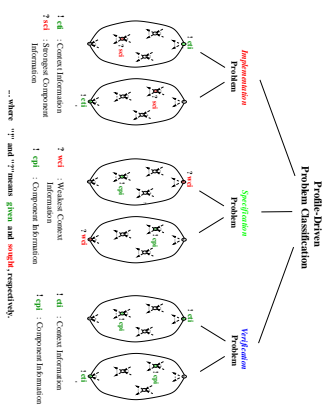
Eine andere Sicht (2)



Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

25

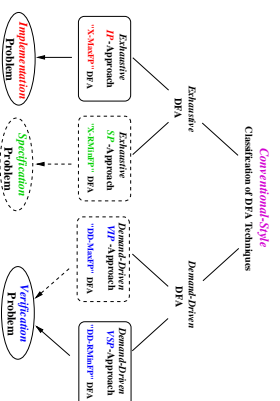
Im Überblick



Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

26

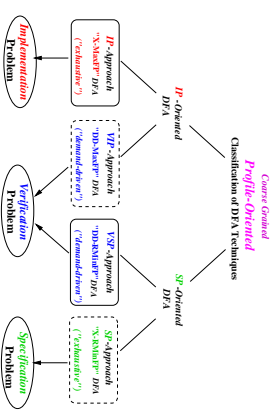
Zum Abschluss: Algorithmenorientiert (1)



Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

27

Zum Abschluss: Problemorientiert (2)



Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

28

Vorschau auf die weiteren Vorlesungs- termine...

- Mo, 21.01.2008: Vorlesung von 16:15 Uhr bis 17:45 Uhr im Hörsaal 14, TU-Hauptgebäude

Analyse und Verifikation (WS 2007/2008) / 10. Teil (14.01.2008)

29