

## Übung zu “Automatische Analyse und Verifikation von Programmen”

Dieses Übungsblatt wird am Montag, den 29. Mai, von 15:45–17:15 Uhr im Raum 0.124 besprochen.

### Aufgabe 6    *Verband der Fixpunkte*

Sei  $(L, \sqsubseteq)$  ein vollständiger Verband und  $f: L \rightarrow L$  eine monotone Funktion.

- Seien  $l_1, l_2$  Fixpunkte von  $f$ . Zeigen Sie, dass  $l_1 \sqcup l_2$  (das Supremum von  $l_1$  und  $l_2$  in  $(L, \sqsubseteq)$ ) nicht notwendigerweise ein Fixpunkt ist.
- Zeigen Sie, dass aber dennoch gilt:  $(\text{Fix}(f), \sqsubseteq)$  ist ein vollständiger Verband.

### Aufgabe 7    *Lösen eines Gleichungssystems*

Betrachten Sie folgendes WHILE-Programm:

```
[r:=1]1;  
[p:=r*r]2;  
while [p<x]3 do  
  [r:=r+1]4;  
  [p:=r*r]5;  
od;
```

Führen Sie eine Analyse der verfügbaren Ausdrücke für dieses Programm durch. Stellen Sie das Gleichungssystem auf, das die Lösung der Datenflussanalyse beschreibt, und lösen Sie dieses Gleichungssystem mit Hilfe von Fixpunktiteration.

*Zusatzaufgabe:* Was berechnet dieses Programm?

### Aufgabe 8    *Stark lebendige Variable*

Wir verfeinern die Definition lebendiger Variablen zu stark lebendigen Variablen. Beispielsweise soll in dem Programmstück

$$[x:=1]^1; [y:=x]^2; [y:=1]^3$$

die Variable  $x$  am Ausgang von Block 1 nicht als stark lebendig gelten, da sie  $y$  zugewiesen wird und  $y$  nicht im ursprünglichen Sinne lebendig ist.

Wir sagen, eine Variable ist *schwach* am Ausgang eines Blocks, wenn sie entweder nicht lebendig ist oder wenn sie im folgenden nur auf der rechten Seite von Zuweisungen an schwache Variable benutzt wird. (Man beachte, dass diese Definition rekursiv ist.) Eine Ausgabevariable gilt nicht als schwach am Ende eines finalen Blocks. Eine Variable, die nicht schwach ist, heisst *stark lebendig*.

Entwerfen Sie eine Instanz eines monotonen Frameworks, mit der die Analyse stark lebendiger Variablen durchgeführt werden kann.

**Aufgabe 9**    *Constant Propagation Framework*

Entwerfen Sie eine Instanz eines monotonen Frameworks, mit der folgende Analyse durchgeführt werden soll: wir wollen feststellen, ob eine Variable in einem Block immer einen festen konstanten Wert hat. Dieser Wert soll auch konkret bestimmt werden. Eine Optimierung kann dann beispielsweise das Vorkommen dieser Variable durch diese Konstante ersetzen (Constant Folding).

*Hinweis:* Ein Potenzmengenverband ist hier als Verband  $L$  nicht so gut geeignet.