

Benutzen Sie bei den Übungsaufgaben für die Notation der Hoare-Tripel den syntaktischen Ansatz.

Aufgabe 1 (H) (*Hoare-Logik vs. Operationaler Semantik*)

Zeigen Sie die partielle Korrektheit der Hoare-Tripel jeweils direkt, d.h. mit Hilfe der operationalen Semantik, und auch mit den Regeln des Hoare-Kalküls.

- a) $\{\text{true}\} \quad \mathbf{if} \ X > 0 \ \mathbf{then} \ Y := X \ \mathbf{else} \ Y := -X \quad \{Y \geq 0\}$
- b) $\{N = 0\} \quad \mathbf{while} \ N > 0 \ \mathbf{do} \ N := N + 1 \quad \{N = 0\}$

Aufgabe 2 (H) (*Invariante*)

Bestimmen Sie die Invariante für die Schleife im untenstehenden Hoare-Tripel, so dass das Tripel im Hoare-Kalkül hergeleitet werden kann.

$$\begin{array}{l} \{a \geq 0\} \\ N := 0; M := 0; K := 0; \\ \mathbf{while} \ K < a \ \mathbf{do} \\ \quad (N := N + 1; K := K + M + 1; M := M + 2) \\ \{N - 1 < \sqrt{a} \leq N\} \end{array}$$

Hinweis: Die Invariante der Schleife ist etwas trickreich. Berechnen Sie ein paar einfache Beispiele und versuchen Sie herauszufinden, in welcher Beziehung M , N und K zueinander stehen.

Aufgabe 3 (Ü) (*Arrays in Jinja*)

In dieser Aufgabe wird Jinja um Arrays erweitert. Dabei sind sowohl Arrays von primitiven Typen und Objekten, als auch Arrays von Arrays zugelassen, so dass mehrdimensionale Arrays realisiert werden können.

- a) Erweitern Sie zunächst das formale Modell. Hierzu müssen die zulässigen Werte (*val*) und Typen (*ty*) erweitert werden; ausserdem der Heap, so dass er neben Objekten auch Arrays aufnehmen kann.
- b) Geben Sie jetzt Regeln in der Big-Step-Semantik für die Arrayoperationen

$\mathbf{new} \ T[e]$	Array mit Elementtyp T der Größe e erzeugen
$e_1[e_2]$	Zugriff im Array e_1 auf das Element mit Index e_2
$e_1[e_2] := e_3$	Zuweisung von e_3 im Array e_1 auf das Element mit Index e_2 .

an. Gehen Sie davon aus, dass für Ausnahmesituationen, die bei diesen Operationen auftreten, entsprechende Systemexceptions vorhanden sind.

- c) Erweitern Sie die Teiltyprelation um Arrays. Wie verhält sich der Typ des Nullzeigers zu Arraytypen?
- d) Geben Sie die Typregeln für das statische Typsystem $P, E \vdash e :: T$ für die drei Arrayoperationen an.

Aufgabe 4 (P) (Das Typsystem von Jinja)

Implementieren Sie das Typsystem von Jinja. Hierzu finden Sie einen Rahmen im Verzeichnis

`/usr/proj/semantik/prolog/jinja-type/`.

Ergänzen Sie die Regeln in der Datei `type.pl` und geben Sie Ihre Datei ab. Einige Testbeispiele finden Sie wieder in `dialog.txt`.