

# Aufgabe zum Grundwissen

(Grundwissen)

**Stichwörter:** Formale Verifikation, wp-Kalkül, Hoare-Kalkül, Partielle Korrektheit, Totale Korrektheit, Invariante, Terminierungsfunktion

- (a) Geben Sie zwei verschiedene Möglichkeiten der formalen Verifikation an.

Lösungsvorschlag

- 1. Möglichkeit:** formale Verifikation mittels *vollständiger Induktion* (eignet sich bei *rekursiven* Programmen).
- 2. Möglichkeit:** formale Verifikation mittels *wp-Kalkül* oder *Hoare-Kalkül* (eignet sich bei *iterativen* Programmen).

- (b) Erläutern Sie den Unterschied von partieller und totaler Korrektheit.

Lösungsvorschlag

- partielle Korrektheit:** Das Programm verhält sich spezifikationsgemäß, *falls* es terminiert.
- totale Korrektheit:** Das Programm verhält sich spezifikationsgemäß und es *terminiert immer*.

- (c) Gegeben sei die Anweisungssequenz  $A$ . Sei  $P$  die Vorbedingung und  $Q$  die Nachbedingung dieser Sequenz. Erläutern Sie, wie man die (partielle) Korrektheit dieses Programmes nachweisen kann.

Lösungsvorschlag

Vorgehen	Hoare-Kalkül	wp-Kalkül
Wenn die Vorbedingung $P$ zutrifft, gilt nach der Ausführung der Anweisungssequenz $A$ die Nachbedingung $Q$ .	$\{P\}A\{Q\}$	$P \Rightarrow wp(A, Q)$

- (d) Gegeben sei nun folgendes Programm:

```

A_1
while(b) :
    A_2
A_3

```

wobei  $A_1, A_2, A_3$  Anweisungssequenzen sind. Sei  $P$  die Vorbedingung und  $Q$  die Nachbedingung des Programms. Die Schleifeninvariante der while-Schleife wird mit  $I$  bezeichnet. Erläutern Sie, wie man die (partielle) Korrektheit dieses Programmes nachweisen kann.

Lösungsvorschlag

Vorgehen	Hoare-Kalkül	wp-Kalkül
Die Invariante $I$ gilt vor Schleifeneintritt.	$\{P\}A_1\{I\}$	$P \Rightarrow \text{wp}(A_1, I)$
$I$ ist invariant, d. h. $I$ gilt nach jedem Schleifendurchlauf.	$\{I \wedge b\}A_2\{I\}$	$I \wedge b \Rightarrow \text{wp}(A_2, I)$
Die Nachbedingung $Q$ wird erfüllt.	$\{I \wedge \neg b\}A_3\{Q\}$	$I \wedge \neg b \Rightarrow \text{wp}(A_3, I)$

- (e) Beschreiben Sie, welche Voraussetzungen eine Terminierungsfunktion erfüllen muss, damit die totale Korrektheit gezeigt werden kann.

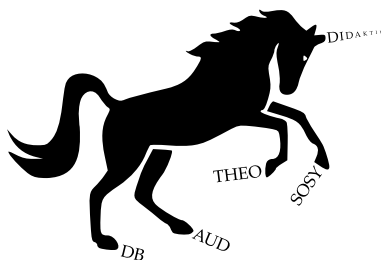
Lösungsvorschlag

Mit einer Terminierungsfunktion  $T$  kann bewiesen werden, dass eine Wiederholung terminiert. Sie ist eine Funktion, die

- ganzzahlig,
  - nach unten beschränkt (die Schleifenbedingung ist *false*, wenn  $T = 0$ ) und
  - streng monoton fallend (jede Ausführung der Wiederholung verringert ihren Wert)
- ist.

Im Hoare-Kalkül muss  $\{I \wedge b \wedge (T = n)\}A\{T < n\}$  gezeigt werden, im wp-Kalkül  $I \Rightarrow T \geq 0$ .<sup>a</sup>

<sup>a</sup><https://osg.informatik.tu-chemnitz.de/lehre/aup/aup-07-AlgorithmenEntwurf-script.de.pdf>



## Die Bschlangaul-Sammlung

Hermine Bschlangaul and Friends

Eine freie Aufgabensammlung mit Lösungen von Studierenden für Studierende zur Vorbereitung auf die 1. Staatsexamensprüfungen des Lehramts Informatik in Bayern.



Diese Materialsammlung unterliegt den Bestimmungen der Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell-Share Alike 4.0 International-Lizenz.

Hilf mit! Die Hermine schafft das nicht allein! Das ist ein Community-Projekt! Verbesserungsvorschläge, Fehlerkorrekturen, weitere Lösungen sind herzlich willkommen - egal wie - per Pull-Request oder per E-Mail an [hermine.bschlangaul@gmx.net](mailto:hermine.bschlangaul@gmx.net). Der TeX-Quelltext dieses Dokuments kann unter folgender URL aufgerufen werden: [https://github.com/bschlangaul-sammlung/examens-aufgaben/blob/main/Module/40\\_SOSY/05\\_Testen/10\\_Formale-Verifikation/Aufgabe\\_Grundwissen.tex](https://github.com/bschlangaul-sammlung/examens-aufgaben/blob/main/Module/40_SOSY/05_Testen/10_Formale-Verifikation/Aufgabe_Grundwissen.tex)