

## Aufgabe 4: halde (14.0 Punkte)

In dieser Aufgabe soll eine einfache Freispeicherverwaltung implementiert werden, welche die Funktionen **malloc(3)**, **calloc(3)**, **realloc(3)** und **free(3)** aus der Standard-C-Bibliothek ersetzt. Die Verwaltung des Speichers der Größe 1 MiB erfolgt mit Hilfe einer einfach verketteten Liste. Die einzelnen Listenelemente, die die Größe des verwalteten Speicherbereichs beinhalten, werden jeweils am Anfang des dazugehörigen Speicherbereiches abgelegt.

### a) Makefile

Erstellen Sie ein Makefile, welches die Targets `test` und `test-ref` unterstützt. Das Target `test` erzeugt aus dem Testfall (`test.c`) und Ihrer Implementierung der Freispeicherverwaltung (`halde.c`) die ausführbare Datei `test`. Das Target `test-ref` erzeugt aus dem Testfall und der von uns bereitgestellten Freispeicherverwaltung (`halde-ref.o`) die ausführbare Datei `test-ref`. Greifen Sie dabei stets auf Zwischenprodukte (z. B. `halde.o`) zurück. Das Makefile soll ohne eingebaute Regeln funktionieren (**make(1)** mit den Optionen `-rR` starten). Nutzen Sie die auf der Webseite genannten Compilerflags und nutzen Sie die konventionskonforme Variablennamen (bspw. `CFLAGS`).

### b) Testfall für `malloc()` und `free()`

Implementieren Sie einen Testfall für die Freispeicherverwaltung in der Datei `test.c`. Dieser soll **mindestens** aus vier aufeinanderfolgenden `malloc()`-Aufrufen, der Freigabe der angeforderten Speicherbereiche und weiteren vier `malloc()`-Aufrufen bestehen. Außerdem soll **mindestens einer** der in der Manpage (**malloc(3)**) beschriebenen Randfälle geprüft werden – bitte geben Sie in einem Textkommentar über dem Aufruf an, welchen Randfall Sie testen. Am Ende des Testfalles sollen alle angeforderten Speicherbereiche wieder mit `free()` freigegeben werden.

Nach jedem `malloc()`- und `free()`-Aufruf soll die Funktion `printList()` aufgerufen werden, die den internen Zustand der Freispeicherliste ausgibt. Sie dürfen jedoch nicht mit **printf(3)/fprintf(3)** auf `stdout` schreiben! Vergleichen Sie bereits während der Entwicklung Ihrer Freispeicherverwaltung die Ausgabe der Programme `test` und `test-ref`. Die Ausgabe muss nicht exakt übereinstimmen – es ist ausreichend, wenn die Anzahl der angezeigten Listenelemente genau und die Gesamtmenge des freien Speichers ungefähr übereinstimmt. Der Aufruf `make test test-ref` übersetzt beide Varianten Ihrer Freispeicherverwaltung.

**Achtung:** Ein funktionierender Testfall ist kein Garant dafür, dass die Freispeicherverwaltung vollständig korrekt funktioniert.

### c) Funktionen `malloc()` und `free()`

Die Funktion `malloc()` sucht in der Freispeicherliste den ersten Speicherbereich, der für die angeforderte Speichermenge groß genug ist, und entfernt ihn aus der Freispeicherliste. Ist der Speicherbereich größer als benötigt und verbleibt **genügend** Rest, so wird dieser Speicherbereich geteilt und der Rest wird mit Hilfe eines neuen Listenelementes in die Freispeicherliste eingehängt. Im herausgenommenen Listenelement wird statt eines *next*-Zeigers eine *Magic Number* mit dem Wert `0xbaadf00d` eingetragen. Der von `malloc()` zurückgelieferte Zeiger zeigt auf die Nutzdaten hinter dem Listenelement.

Die Funktion `free()` hängt den freizugebenden Speicherbereich wieder vorne in die Freispeicherliste ein, **ohne** ihn mit gegebenenfalls vorhandenen benachbarten freien Bereichen zu verschmelzen. Vor dem Einhängen muss die *Magic Number* überprüft werden. Schlägt die Überprüfung fehl, so soll das Programm durch den Aufruf der Funktion **abort(3)** abgebrochen werden.

### d) Funktionen `realloc()` und `calloc()`

Die Funktion `realloc()` ist auf `malloc() + memcpy() + free()` abzubilden. Ein `realloc()` auf Größe 0 soll sich dabei wie ein Aufruf von `free()` verhalten. Die Funktion `calloc()` verwendet `malloc()` zur Anforderung eines Speicherbereichs in der passenden Größe und initialisiert ihn byteweise mit `0x0`.

### e) Unvollständige Checkliste

Die folgenden Punkte der **unvollständigen** Checkliste sollten Sie vor der finalen Abgabe zwingend abarbeiten:

- ☐ Die Funktionen **malloc(3)**, **calloc(3)**, **realloc(3)** und **free(3)** weisen das in den Manpages beschriebene Verhalten auf, auch in den genannten Grenzfällen (z. B. `free(NULL)`).
- ☐ Die **errno(3)** wird im Fehlerfall korrekt gesetzt.
- ☐ Die Anforderung eines Speicherbereiches der Größe (*1 MiB - Größe eines Listenelementes*) ist erfolgreich.

### Hinweise zur Aufgabe:

- Erforderliche Dateien: `halde.c` (10 Punkte), `Makefile` (2 Punkte), `test.c` (2 Punkte)
- Hilfreiche *Manual-Pages*: **abort(3)**, **calloc(3)**, **free(3)**, **malloc(3)**, **memcpy(3)**, **memset(3)**, **realloc(3)**
- Im zip-Archiv befinden sich die Dateien `halde.{c,h}`, `halde-ref.o` und `test.c`. Kopieren Sie sich diese Dateien in Ihr Projektverzeichnis und implementieren Sie die fehlenden Funktionen und Definitionen in der Datei `halde.c` und `test.c`.
- Die Funktion `printList()` gibt für jedes Listenelement die Position im Adressraum (`addr`), den Offset innerhalb der 1 MiB (`offset`) und die eingetragene Größe (`size`) auf den Standardfehlerkanal aus.

### Hinweise zur Abgabe:

Bearbeitung: Zweiergruppen

Bearbeitungszeitraum: 30.06. – 14.07.2021, 17:30