



### Klausurdeckblatt

Name der Prüfung: Systemnahe Software I  
Datum und Uhrzeit: 17. Februar 2020, 14-16 Uhr Prüfer: Dr. Andreas F. Borchert  
Bearbeitungszeit: 120 Min. Institut: Numerische Mathematik

**Vom Prüfungsteilnehmer auszufüllen:**

Name: \_\_\_\_\_ Studiengang: \_\_\_\_\_ Matrikelnummer: \_\_\_\_\_  
Vorname: \_\_\_\_\_ Abschluss: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift des Prüfungsteilnehmers

Hiermit erkläre ich, dass ich prüfungsfähig bin. Sollte ich aufgrund fehlender Anmeldung über das Hochschulportal oder über das Studiensekretariat nicht auf der Liste der angemeldeten Studierenden aufgeführt sein, dann nehme ich hiermit zur Kenntnis, dass diese Prüfung nicht gewertet werden wird.

**Hinweise zur Prüfung:**  
siehe nächstes Blatt

**Erlaubte Hilfsmittel:**  
Bis zu fünf handgeschriebene Blätter.

Bitte dieses Feld für den Barcode freilassen!

**Vom Prüfer auszufüllen:**

Erreichte Punkte: \_\_\_\_\_

**Note:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Datum, Unterschrift Prüfer (Dr. Andreas F. Borchert)

- Prüfen Sie zu Beginn, ob Ihre Klausur vollständig ist beginnend von der Aufgabe 1 auf Seite 0(!) bis zur letzten Seite 18.
- Bitte reißen Sie die zusammengeheftete Klausur nicht auseinander und entfernen Sie auch nicht einzelne Blätter. Wenden Sie sich bitte an die Aufsicht, wenn Sie mehr Blätter für Ihre Lösungen benötigen.
- Für Ihre Lösungen verwenden Sie bitte den freigelassenen Platz nach der Aufgabenstellung, die gegenüberliegende Seite der jeweiligen Aufgabe oder die angehängte leere Seite unter Angabe der Aufgabennummer.
- Nennen Sie möglichst alle Annahmen, die Sie gegebenenfalls für die Lösung einer Aufgabe treffen!
- Sofern nichts anderes angegeben ist, können Sie bei den Programmier-Aufgaben auf die Angabe der notwendigen *#include*-Anweisungen verzichten.
- Wenn es bezüglich der Aufgabenstellung Unklarheiten gibt, dann fragen Sie bitte jemanden von der Aufsicht.
- Wenn wir während der Klausur feststellen, dass eine Aufgabenstellung missverständlich ist, werden wir an der Tafel einen klärenden Hinweis für alle sichtbar hinschreiben.
- Hinweise zu der Bewertung:
  - Punktzahlen für Teilaufgaben werden nur ganzzahlig vergeben. Wenn notwendig, wird abgerundet.
  - Bei Aufgaben, bei denen Antworten anzukreuzen sind, löscht ein falsches Kreuz ein korrektes Kreuz aus. Negative Punkte für Teilaufgaben werden jedoch nicht vergeben, schlimmstenfalls sind es nur 0 Punkte.

<b>Nr</b>	<b>Max</b>	<b>Bewertung</b>		<b>Nr</b>	<b>Max</b>	<b>Bewertung</b>	
<b>1</b>	<b>20</b>	xxxxx		<b>5</b>	<b>8</b>	xxxxx	
(a)	4		xxxxx	(a)	4		xxxxx
(b)	3		xxxxx	(b)	4		xxxxx
(c)	4		xxxxx	<b>6</b>	<b>11</b>	xxxxx	
(d)	2		xxxxx	(a)	1		xxxxx
(e)	4		xxxxx	(b)	2		xxxxx
(f)	3		xxxxx	(c)	4		xxxxx
<b>2</b>	<b>15</b>	xxxxx		(d)	4		xxxxx
(a)	3		xxxxx	<b>7</b>	<b>14</b>	xxxxx	
(b)	4		xxxxx	<b>8</b>	<b>14</b>	xxxxx	
(c)	2		xxxxx	(a)	3		xxxxx
(d)	2		xxxxx	(b)	3		xxxxx
(e)	4		xxxxx	(c)	4		xxxxx
<b>3</b>	<b>6</b>	xxxxx		(d)	4		xxxxx
<b>4</b>	<b>12</b>	xxxxx		<b>Summe</b>	<b>100</b>		
(a)	8		xxxxx				
(b)	4		xxxxx				

0

**Aufgabe 1**

**(20 Punkte)** Programmier-Techniken

(a) 4 Punkte

Welchen Wert haben die folgenden arithmetischen Ausdrücke?

(a)  $14 / 12$

(b)  $13 \% 8$

(c)  $15.0 / 6$

(d)  $11 \% 6 * 12$

(e)  $10 * 11 \% 5$

(f)  $7 << 3$

(g)  $3 ^ 14$

(h)  $0777 \& \sim 027$

**Lösung:**

(b) 3 Punkte

Gegeben sei die folgende Deklaration:

`int x = 3, y = 6;`

Geben Sie jeweils das Endresultat der folgenden Ausdrücke an:

(a)  $x > y != 0$

(b)  $--x / y? x: y$

(c)  $y /= x, y *= x$

**Lösung:**

(c) 4 Punkte

Die unten stehende Fassung der Funktion *create\_complex* wird fehlerfrei übersetzt. Trotzdem gibt es zur Laufzeit ein undefiniertes Verhalten. Was ist falsch? Korrigieren Sie bitte die Funktion!

```
typedef struct {  
    double real;  
    double img;  
} Complex;  
  
Complex* create_complex(double real, double img) {  
    Complex c;  
    c.real = real;  
    c.img = img;  
    return &c;  
}
```

**Lösung:**

(d) 2 Punkte

Gegeben sei folgender C-Code:

```
int zahl;  
for (zahl = 1234; zahl >= 1; zahl /= 10) {  
    printf("%d\n", zahl % 10);  
}  
printf("\n");
```

Welche Ausgabe erzeugt dieser Code?

**Lösung:**

(e) 4 Punkte

Schreiben Sie eine Funktion, die zwei ganze Zahlen  $n$  und  $m$  des Typs **unsigned int** erhält und das ebenfalls ganzzahlige nicht-negative Ergebnis  $n^m$  zurückliefert. Die Problematik eines Überlaufs darf ignoriert werden.

**Lösung:**

(f) 3 Punkte

Bitte kreuzen Sie bei den folgenden Behauptungen zu den Datentypen **float** und **double** an, ob sie zutreffen oder inkorrekt sind:

Behauptung	trifft zu	ist falsch
0.2 ist präzise darstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0.25 ist präzise darstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$2^{31} - 1 = 2147483647$ ist präzise als <b>float</b> darstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
$-\infty$ ist darstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alle ganzzahligen Werte des Typs <b>float</b> sind als Werte des Typs <b>long</b> darstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es gilt immer $(a + b) + c == (b + c) + a$ für alle möglichen Werte für $a, b$ und $c$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



**Aufgabe 2****(15 Punkte)** Funktionen und Strukturen

(a) 3 Punkte

Stellen Sie fest, ob C bei der Parameterübergabe *call by value* oder *call by reference* unterstützt und zeigen Sie dann an einem kleinen Beispiel, mit welcher Technik auch die andere Art der Parameterübergabe erfolgen kann. Nennen Sie auch ein Beispiel aus der C-Standardbibliothek, das die alternative Parameterübergabeform verwendet.

**Lösung:**

(b) 4 Punkte

Deklarieren Sie folgende Typen:

- Eine Funktion namens *f*, die einen Zeiger auf **int** zurückliefert,
- einen Typ namens *g*, der einen Zeiger auf eine Funktion darstellt, die ein **int** zurückliefert.
- ein Array namens *s* mit 10 Elementen des Typs Zeiger auf **char** und
- einen Zeiger namens *ap* auf ein Array mit 10 Elementen des Typs **char**.

**Lösung:**

(c) 2 Punkte

Spezifizieren Sie eine Datenstruktur *Adresse*, die ein Quadrupel repräsentiert, bestehend aus einem Vornamen, einem Nachnamen, einer Adresse und einer ganzzahligen Postleitzahl. Die ersten drei Felder sollen Zeichenketten beliebiger Länge sein.

**Lösung:**



(d) 2 Punkte

Beschreiben Sie, was mit folgender Deklaration deklariert wird:

**typedef int** *int\_array*[100];

**Lösung:**

(e) 4 Punkte

Die Male-Female-Folgen von Hofstadter sind folgendermaßen definiert:

$$\begin{aligned}F(0) &= 1 \\M(0) &= 0 \\F(n) &= n - M(F(n - 1)) \\M(n) &= n - F(M(n - 1))\end{aligned}$$

Schreiben Sie in C die rekursiven Funktionen  $f$  und  $m$ , die  $F(n)$  bzw.  $M(n)$  für nicht-negative ganze Zahlen  $n$  berechnen. Vergessen Sie bitte nicht, die notwendige Vorab-Deklaration einer der beiden Prozeduren zu berücksichtigen.

**Lösung:**

**Aufgabe 3****(6 Punkte)** Makros

In C wird der zu übersetzende Programmtext durch den sogenannten Präprozessor gefiltert. Es seien die vier Dateien *main.c*, *a.h*, *b.h* und *c.h* gegeben (siehe unten). Geben Sie die Ausgabe des Präprozessors an, wie sie etwa durch das Kommando `gcc -E main.c` erzeugt wird. (Sie können dabei die Leerzeilen und die durch den Präprozessor normalerweise erzeugten Zusatzzeilen mit Dateinamen und Zeilennummern weglassen.)

main.c

```
Anfang
#include "a.h"
A B C D E F
#include "b.h"
A B C D E F
#include "c.h"
A B C D E F
Ende
```

a.h

```
Anfang A
#ifndef A_H
#define A_H

#define Ende C
#define Anfang B

#endif
Ende A
```

b.h

```
Anfang B
#ifndef B_H
#define B_H

#ifndef Hallo
#define F C
#endif
#define E F
#include "c.h"

#endif
Ende B
```

c.h

```
Anfang C
#ifndef C_H
#define C_H

#ifdef F
#define Hallo B
#endif
#define D Anfang A
#include "b.h"

#endif
Ende C
```

**Lösung bitte auf der gegenüberliegenden Seite!**

**Lösung:**

**Aufgabe 4****(12 Punkte)** Makefile

Es sei das folgende aus fünf Dateien bestehende C-Programm gegeben. Das Bild zeigt schemenhaft den Aufbau des Programms. Die Rechtecke stellen jeweils Dateien dar, deren Name rechts oberhalb des Rechtecks steht.

calc.c

```
#include "reader.h"
#include "eval.h"

int main() {
    Node* root = read_tree();
    if (root) {
        printf("%d\n",
            evaluate(root));
    } else {
        printf("syntax_error\n");
    }
}
```

tree.h

```
#ifndef CALC_TREE_H
#define CALC_TREE_H

typedef struct node {
    int val;
    char op;
    struct node* left;
    struct node* right;
} Node;

#endif
```

reader.h

```
#ifndef CALC_READER_H
#define CALC_READER_H

#include "tree.h"
Node* read_tree();

#endif
```

reader.c

```
#include "reader.h"

Node* read_tree() {
    // ...
}
```

eval.h

```
#ifndef CALC_EVAL_H
#define CALC_EVAL_H

#include "tree.h"

int evaluate(Node* root);

#endif
```

eval.c

```
#include "eval.h"

int evaluate(Node* root) {
    // ...
}
```

(a) 8 Punkte

Schreiben Sie ein *Makefile*, das aus den gegebenen Dateien mit Hilfe des gcc-Compilers in ein ausführbares Programm mit dem Namen *calc* erzeugt. Das *Makefile* sollte sämtliche zu erkennenden Abhängigkeiten in minimaler Weise berücksichtigen. Entsprechend sollte bei einer Änderung einer der sechs Dateien ein anschließender Aufruf von *make* nur zur Neuübersetzung der Programmtexte führen, die zwingend neu übersetzt werden müssen.

**Lösung:**

(b) 4 Punkte

Was muss neu übersetzt werden, wenn die jeweils angegebene Datei verändert wird?

Veränderte Datei	Neu zu übersetzen
calc.c	
tree.h	
eval.h	
eval.c	

**Aufgabe 5****(8 Punkte)**

(a) 4 Punkte

Folgendes Programm sei gegeben:

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int* create_array(unsigned int len, int start, int incr) {
    int* ip = malloc(sizeof(int) * len);
    if (ip) {
        int val = start;
        for (int i = 0; i < len; ++i, val += incr) {
            ip[i] = val;
        }
    }
    return ip;
}

void print_array(int* ip, unsigned int len) {
    for (int i = 0; i < len; ++i) printf("%d", ip[i]);
    printf("\n");
}

void add_array(int* a, int* b, unsigned int len) {
    for (int i = 0; i < len; ++i) a[i] += b[i];
}

int main() {
    int* ip1 = create_array(6, 1, 1);
    int* ip2 = create_array(3, 10, 10);
    if (ip1 && ip2) {
        print_array(ip1 + 3, 3);
        add_array(ip1 + 3, ip2, 3); print_array(ip1 + 3, 3);
        add_array(ip2 + 1, ip2, 2); print_array(ip2, 3);
    }
}

```

Welche Ausgabe erzeugt dieses Programm, wenn *malloc* jeweils erfolgreich war?**Lösung:**

(b) 4 Punkte

Folgendes Programm sei gegeben:

```
#include <stdio.h>

int obscure(char* s1, char* s2) {
    char* s1end = s1;
    while (*s1end) {
        ++s1end;
    }
    if (s2 >= s1 && s2 < s1end) {
        return s2 - s1;
    }
    return -1;
}

int main() {
    char hi1[] = "Hello!";
    char hi2[] = "Hello!";
    char* hi3 = hi1;
    char* hi4 = hi1 + 2;

    printf("%d\n", obscure(hi1, hi2));
    printf("%d\n", obscure(hi1, hi3));
    printf("%d\n", obscure(hi1, hi4));
    printf("%d\n", obscure(hi4, hi1));
}
```

Welche Ausgabe erzeugt dieses Programm?

**Lösung:**

**Aufgabe 6****(11 Punkte)** Dateisystem

(a) 1 Punkte

Ist es möglich, mittels eines *fstat*-Systemaufrufes an den Namen einer Datei zu gelangen?**Lösung:**

(b) 2 Punkte

Nennen Sie mindestens zwei mögliche Ursachen für das Fehlschlagen eines *stat*-Systemaufrufes.**Lösung:**

(c) 4 Punkte

Betrachten Sie die vier folgenden Befehlssequenzen. Gehen Sie davon aus, dass jede dieser Sequenzen in einem Verzeichnis ausgeführt wird, das zu Beginn leer ist und auf das Sie Lese-, Schreib- und Ausführungsrechte besitzen.

```
# Test 1
echo Hallo >a
ln a b
echo Huhu >>a
rm a
cat b
```

```
# Test 2
echo Hallo >a
ln -s a b
echo Huhu >>a
rm a
cat b
```

```
# Test 3
echo foo >a
echo bar >b
ln a b
cat b
```

```
# Test 4
echo foo >a
ln -s a b
mv a c
cat b
```

Bitte geben Sie für jeden der vier Fälle an, ob es zu Fehlermeldungen kommt und falls ja, durch welches Kommando. Zudem ist die Ausgabe des jeweils abschließenden *cat*-Kommandos anzugeben, sofern es erfolgreich ausgeführt wird.



Fall	Ok	Fehler	Fehlschlagendes Kommando?	Ausgabe von <i>cat</i>
Test 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Test 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Test 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Test 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

(d) 4 Punkte

Bitte kreuzen Sie bei den folgenden Behauptungen zu einem POSIX-Dateisystem, ob sie zutreffen oder inkorrekt sind:

Behauptung	trifft zu	ist falsch
Die Zahl der Dateinamen gehört zu einer Inode	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das Datum des letzten Lesezugriffs gehört zur Inode	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eine Datei kann mehrere Gruppen gehören	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eine Datei mit den Zugriffsrechten <code>rw-r--r--</code> ist für Gruppenmitglieder, die nicht der Besitzer sind, schreibbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Aufgabe 7****(14 Punkte)** Ein- und Ausgabe

Schreiben Sie ein C-Programm namens *overwrite*, das einen gegebenen Dateibereich in einer Datei mit einer Zeichenkette überschreibt. Die hierzu erforderlichen Parameter wie die Zielfeile, die Startposition und die Zeichenkette werden als Kommandozeilenparameter übergeben.

Alle möglichen Fehler sind abzufangen. Im Falle eines Fehlers ist die Funktion *die()* aufzurufen, die Sie in Ihrer Lösung nicht mit implementieren müssen.

Grundsätzlich ist bei allen Einlese- und Schreiboperationen damit zu rechnen, dass weniger Bytes gelesen oder geschrieben werden als gewünscht.

Beispiel:

```
clonard$ gcc -o overwrite overwrite.c
clonard$ echo aaabbbccc >a
clonard$ overwrite a 4 'xxx'
clonard$ cat a
aaabxxxcc
clonard$
```

Hinweise: Sie können auf die Angabe der **#include**-Anweisungen verzichten. Für die Konvertierung von Zeichenketten in ganzzahlige Werte empfiehlt sich die Funktion

**int** *atoi(const char\* s)*. Sie müssen nicht überprüfen, ob der zweite Kommandozeilenparameter tatsächlich eine ganze Zahl ist, sondern nur dass die Resultate von *atoi* nicht-negativ sind.

**Lösung:**



**Aufgabe 8****(14 Punkte)** Dynamische Datenstrukturen

Gegeben sei folgende Datenstruktur für eine Prioritäts-Warteschlange (*PQueue*). Alle Elemente dieser Queue wird ein Schlüssel mitgegeben, der die Reihenfolge der Abarbeitung und damit die Reihenfolge der Elemente bestimmt. Das Element mit der höchsten Priorität (kleinstem Schlüssel) sitzt ganz vorne in der Schlange und ist für die nächste Bearbeitung bestimmt.

Zu der Datenstruktur gehören die beiden Datentypen *PQueue* und *PQElement*, wobei *PQueue* die gesamte Warteschlange repräsentiert und *PQElement* ein einzelnes Mitglied:

```
typedef struct pqelement {
    int prio; // Schluessel
    int info;
    struct pqelement* next;
} PQElement;
```

```
typedef struct {
    PQElement* head;
} PQueue;
```

(a) 3 Punkte

Schreiben Sie eine Funktion *pq\_len*, das als Parameter einen Zeiger auf eine Warteschlange erhält und die Länge einer Warteschlange als nicht-negative ganze Zahl zurückliefert.

**Lösung:**

(b) 3 Punkte

Schreiben Sie eine Funktion *pqe\_create*, das zwei Parameter des Typs **int** erhält, die die Priorität und die Information repräsentieren, und ein neues Warteschlangenelement erzeugt und einen Zeiger darauf zurückliefert. Falls nicht genügend Speicher belegt werden kann, ist der Nullzeiger zurückzugeben.

**Lösung:**

(c) 4 Punkte

Schreiben Sie eine Funktion *pq\_insert*, die als Parameter eine Warteschlange und zwei ganze Zahlen erhält, die die Priorität und die Information repräsentieren. Die Funktion soll dann ein entsprechendes Warteschlangenelement erzeugen (siehe *pqe\_create* aus der vorherigen Teilaufgabe) und in die Warteschlange entsprechend seiner Priorität einfügen, d.h. der Zeiger *head* in der *PQueue* verweist auf das Element mit dem kleinsten *prio*-Wert und für jedes Element *pqe* gilt, dass  $pqe \rightarrow prio \leq pqe \rightarrow next \rightarrow prio$ , falls *pqe* → *next* nicht Null ist. Wenn es bereits Elemente mit der gleichen Priorität geben sollte, dann ist das neue Element dahinter einzufügen. Die Funktion liefert **true** zurück, wenn alles geklappt hat und ansonsten **false**.

**Lösung:**

(d) 4 Punkte

Schreiben Sie eine Funktion *pq\_remove*, die als Parameter einen Zeiger auf eine Warteschlange erhält, das Element mit der höchsten Priorität (= niedrigster Schlüssel) aus der Warteschlange entnimmt und die Information als ganze Zahl zurückliefert. Hierbei ist der nicht mehr benötigte Speicherplatz freizugeben. Falls kein Element mehr in der Warteschlange war, ist 0 zurückzugeben.

**Lösung:**

