

Nachname/
Last name

Vorname/
First name

Matrikelnr./
Matriculation no

Nachklausur 26.09.2019

- Bitte tragen Sie zuerst auf dem Deckblatt Ihren Namen, Ihren Vornamen und Ihre Matrikelnummer ein. Tragen Sie dann auf den anderen Blättern (auch auf Konzeptblättern) Ihre Matrikelnummer ein.

Please fill in your last name, your first name, and your matriculation number on this page and fill in your matriculation number on all other pages (including draft pages).

- Die Prüfung besteht aus 15 Blättern: Einem Deckblatt und 14 Aufgabenblättern mit insgesamt 5 Aufgaben.

The examination consists of 15 pages: One cover sheet and 14 sheets containing 5 assignments.

- Es sind keinerlei Hilfsmittel erlaubt!

No additional material is allowed!

- Die Prüfung gilt als nicht bestanden, wenn Sie versuchen, aktiv oder passiv zu betrügen.

You fail the examination if you try to cheat actively or passively.

- Sie können auch die Rückseite der Aufgabenblätter für Ihre Antworten verwenden. Wenn Sie zusätzliches Konzeptpapier benötigen, verständigen Sie bitte die Klausuraufsicht.

You can use the back side of the assignment sheets for your answers. If you need additional draft paper, please notify one of the supervisors.

- Bitte machen Sie eindeutig klar, was Ihre endgültige Lösung zu den jeweiligen Teilaufgaben ist. Teilaufgaben mit mehreren widersprüchlichen Lösungen werden mit 0 Punkten bewertet.

Make sure to clearly mark your final solution to each question. Questions with multiple, contradicting answers are void (0 points).

Die folgende Tabelle wird von uns ausgefüllt!

The following table is completed by us!

Aufgabe	1	2	3	4	5	Total
Max. Punkte	12	12	12	12	12	60
Erreichte Punkte						
Note						

Aufgabe 1: Grundlagen

Assignment 1: Basics

- a) Ein Prozess ruft den Kernel durch einen Systemaufruf auf. Nennen Sie zwei Möglichkeiten, die Parameter an den Kernel zu übergeben.

1 pt

A process invokes the kernel by a system call. Name two ways of passing the parameters to the kernel.

Warum wird bei einem Systemaufruf nicht unbedingt ein Kontextwechsel benötigt?

1 pt

Why does a system call not necessarily require a context switch?

- b) Geben Sie abseits möglicher Performancevorteile einen Grund an, warum mindestens ein Teil von Unterbrechungsroutrinen typischerweise in Assemblersprache geschrieben ist.

1 pt

Besides potential performance advantages, give a reason why at least a part of interrupt service routines is typically written in assembly language.

- c) Nennen Sie jeweils eine durch den Prozessor ausgelöste Exception, bei welcher der Prozess nach Behandlung üblicherweise fortgesetzt beziehungsweise beendet wird.

1 pt

Name one exception triggered by the processor for which the process is usually continued after exception handling and one for which the process is usually terminated.

Fortgesetzt / *continued*:

Beendet / *terminated*:

- d) Nennen Sie fünf im Benutzeradressraum üblicherweise vorhandene Segmente. **2.5 pt**
Name five segments typically present in the user address space.

- Nennen Sie eines dieser Segmente, dessen Speicher üblicherweise zwischen mehreren Prozessen geteilt wird. Weshalb wird es geteilt? **1 pt**

Name one of these segments whose memory is usually shared between multiple processes. Why is it shared?

- Begründen Sie für eines der Segmente, weshalb es *nicht* geteilt werden kann. **1.5 pt**

Give a reason for one of the segments why it cannot be shared.

- e) Nennen Sie vier Operationen, die das Betriebssystem zur Verwendung von Dateien bereitstellt. **2 pt**

Name four operations the operating system offers for working with files.

- f) Über welche zwei Wege kann der Kernel auf Gerätereister zugreifen? **1 pt**

Which two ways can the kernel use to access device registers?

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 2: Prozesse und Threads

Assignment 2: Processes and Threads

- a) Bei welchem Threadmodell kann ein Prozess die Leistung von Multikernsystemen nicht vollständig ausnutzen?

0.5 pt

Which thread model does not allow processes to utilize the full performance of multi-core systems?

- b) Geben Sie zwei Gründe an, warum das Betriebssystem die Adressräume verschiedener Prozesse voneinander isolieren sollte.

1 pt

Give two reasons why the operating system should isolate the address spaces of different processes.

- c) Wie viele Kindprozesse werden im unten gezeigten Code bei der Ausführung von `main()` erzeugt. Begründen Sie Ihre Antwort.

1.5 pt

How many child processes are created in the code shown below when executing `main()`? Justify your answer.

```
1 void main() {  
2     fork();  
3     fork();  
4 }
```

Wie entstehen Zombie-Prozesse? Welchen Zweck erfüllen Sie?

2 pt

How do zombie processes arise? Which purpose do they serve?

d) Das Shortest-Job-First-Scheduling-Verfahren wählt zur Ausführung den Prozess mit der kürzesten Gesamtausführungszeit. Erklären Sie, warum sich das Verfahren nicht für beliebige Prozesse umsetzen lässt.

0.5 pt

The shortest job first scheduling policy selects the process for execution which has the smallest total execution time. Explain why the policy cannot be implemented for arbitrary processes.

Erklären Sie, wie die Shortest-Job-First-Strategie in der Praxis approximiert werden kann.

1.5 pt

Explain how the shortest job first strategy can be approximated in practice.

- e) Erklären Sie, wie ein egoistischer Prozess seine CPU-Zeit maximieren kann, wenn Multi-Level Feedback Queue Scheduling verwendet wird.

2 pt

Explain how a selfish process can maximize its amount of CPU time when multi-level feedback queue scheduling is used.

- f) Ein Scheduling-Verfahren wählt zur Ausführung aus allen lauffähigen Prozessen den Prozess mit der höchsten Priorität aus. Nehmen Sie an, dass es drei Prozesse L, M und H mit den Prioritäten $p(L) < p(M) < p(H)$ gibt. Erklären Sie, wie es zu Prioritätsinversion kommen kann.

2 pt

A scheduling policy selects among all runnable processes the one with the highest priority. Assume, there are three processes L, M, and H with priorities $p(L) < p(M) < p(H)$. Explain how priority inversion can occur.

Erklären Sie, wie Prioritätsinversion verhindert werden kann.

1 pt

Explain how priority inversion can be prevented.

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 3: Koordination und Kommunikation von Prozessen
Assignment 3: Process Coordination and Communication

a) Erklären Sie den Unterschied zwischen synchroner und asynchroner IPC. **1 pt**

Explain the difference between synchronous and asynchronous IPC.

b) Gegeben sei eine Integervariable x . Nehmen Sie an, dass $x++$ von zwei Threads parallel ausgeführt wird. Erklären Sie, weshalb die Variable manchmal insgesamt nur um eins erhöht wird. **1.5 pt**

Given an integer variable x , assume that $x++$ is executed by two threads in parallel. Explain why overall the variable is sometimes only incremented by one.

c) Erklären Sie, wie Virtualisierung von Ressourcen Deadlocks verhindern kann. Welche der Bedingungen für das Auftreten von Deadlocks wird negiert? **1.5 pt**

Explain how virtualization of resources can prevent deadlocks. Which of the requirements for the occurrence of deadlocks is negated?

In welche der drei Kategorien *Deadlock Prevention*, *Deadlock Avoidance* und *Deadlock Detection* fällt dieser Ansatz? **0.5 pt**

Into which of the three categories deadlock prevention, deadlock avoidance, and deadlock detection does this approach fall?

- d) Nennen Sie die drei gewünschten Eigenschaften einer Lösung für das Kritischer-Abschnitt-Problem (ohne Erklärung).

1.5 pt

Name the three desired properties for a solution of the critical section problem (without explanation).

(1)

(2)

(3)

Das folgende Codebeispiel verwendet ein schwaches Semaphore (d. h. ein `signal()`-Aufruf weckt einen beliebigen wartenden Thread auf), sorgt jedoch mit einer Zählervariable dafür, dass die Threads in der Reihenfolge, in der sie Zeile 2 ausführen, den kritischen Abschnitt betreten. Der Code wird von mehreren Threads eines Prozesses ausgeführt. Nehmen Sie an, dass die Zählervariablen nicht überlaufen und dass Zeile 2 atomar ausgeführt wird.

Nennen Sie für die drei oben genannten Anforderungen, ob diese Lösung sie erfüllt. Begründen Sie jeweils, weshalb die Anforderung erfüllt oder nicht erfüllt wird.

6 pt

The following code section uses a weak semaphore (i.e., a call to `signal()` wakes up an arbitrary waiting thread), but uses a counter variable to ensure that the threads enter the critical section in the order in which they execute line 2. The code is executed by multiple threads of one process. Assume that the counter variables do not overflow and that line 2 is executed atomically.

For the three requirements named above, state whether the solution fulfills them. Each time, justify why or why not the requirement is fulfilled.

Globale Variablen / *Global variables:*

```
Semaphore s = 1; /* initially, one thread can enter */
int next_ticket = 0;
int allowed_to_enter = 0;
```

Von allen Threads ausgeführter Code / *Code executed by each thread:*

```
1 /* the ticket determines the order in the critical section */
2 int my_ticket = next_ticket++; /* atomic! */
3 while (true) {
4     wait(s);
5     if (my_ticket == allowed_to_enter) {
6         break;
7     } else {
8         /* wake up a different thread */
9         signal(s);
10    }
11 }
12
13 /* ... critical section ... */
14
15 allowed_to_enter++;
16 signal(s);
```


(1)

(2)

(3)

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 4: Speicher

Assignment 4: Memory

- a) Nennen Sie zwei Vorteile sowie zwei Nachteile von seitenbasiertem virtuellen Speicher gegenüber direkter physischer Adressierung.

2 pt

Give two advantages and two disadvantages of page-based virtual memory compared to direct physical addressing.

- b) Welche generellen Aufgaben muss ein Betriebssystem erfüllen, um seitenbasierte virtuelle Adressräume zu implementieren? Gehen Sie von einem System mit hardwaregesteuertem TLB aus.

2 pt

What general tasks does an operating system have to perform in order to implement page-based virtual address spaces? Assume a system with a hardware-managed TLB.

- c) Mit welcher Information lässt sich auf modernen Systemen das Working Set eines Prozesses einfach bestimmen?

0.5 pt

What information can be used on modern systems to easily determine the working set of a process?

Für welches Szenario eignet sich der Slab-Allokator besonders? Begründen Sie Ihre Antwort.

1 pt

For which scenario is the slab allocator particularly suited? Justify your answer.

f) Heutzutage werden Datenstrukturen häufig auf eine Länge von 64 Byte optimiert. Welche Bedeutung hat diese Zahl?

0.5 pt

Nowadays, data structures are often optimized to a length of 64 bytes. What is the meaning of this number?

g) Welche Art von Cache Miss kann in einem vollassoziativen Cache nicht auftreten? Begründen Sie Ihre Antwort.

1 pt

What type of cache miss cannot occur in a fully associative cache? Justify your answer.

**Total:
12.0pt**

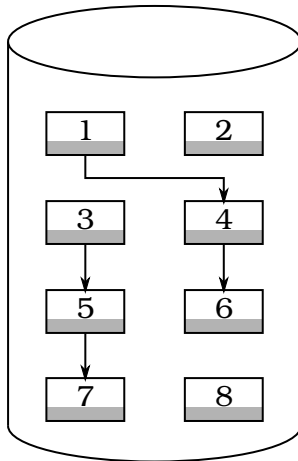
Aufgabe 5: I/O, Hintergrundspeicher und Dateisysteme

Assignment 5: I/O, Secondary Storage, and File Systems

a) Die unten stehende Abbildung zeigt einen Sekundärspeicher mit einem Dateisystem, in dem zwei Dateien gespeichert sind. Welche Dateiallokationsstrategie kommt in dem abgebildeten Dateisystem zum Einsatz?

1 pt

The figure below shows a secondary storage system with a file system that stores two files. Which file allocation strategy does the depicted file system use?



File Table

Name	Start	Length
FileA	1	3
FileB	3	3

Nennen Sie ein Zugriffsmuster, mit dem auf Dateien in dem Dateisystem effizient zugegriffen werden kann (1) und eines, mit dem der Zugriff langsam ist (2).

1 pt

Name an access pattern to files that the file system can handle efficiently (1), and another with which access is slow (2).

(1)

(2)

Nennen Sie eine Allokationsstrategie, mit der unabhängig vom Zugriffsmuster ein effizienter Zugriff möglich ist. Erklären Sie, wie der Dateizugriff funktioniert.

1.5 pt

Name an allocation strategy that allows efficient access independent from the access pattern. Explain how file access works.

Im abgebildeten Dateisystem soll die effiziente Unterstützung von Hardlinks ergänzt werden. Beschreiben Sie, wie die *File Table* dafür verändert bzw. durch weitere Tabellen ergänzt werden muss.

2 pt

The depicted file system should be extended with efficient support for hard links. Describe how the File Table needs to be adapted and/or what tables need to be added.

b) Bei dem Adressierungsmodus *Cylinder-Head-Sector* (CHS) hat das Betriebssystem direkte Kontrolle über den physischen Speicherort auf Festplatten. Nennen und erklären Sie zwei Gründe, warum eine solche Adressierung bei SSDs nicht verwendet wird.

2 pt

With the addressing mode Cylinder-Head-Sector (CHS), the operating system has direct control over the physical location of data on hard disks. Name and explain two reasons why SSDs do not offer such an addressing mode.

Welcher Adressierungsmodus kommt bei modernen Festplatten und SSDs stattdessen zum Einsatz?

0.5 pt

Which addressing mode is used on modern hard disks and SSDs instead?

- c) Sowohl Journaling-Dateisysteme als auch Log-Structured-Dateisysteme dokumentieren Änderungen in einer Log-Datenstruktur. Wie unterscheidet sich die Nutzung des Logs bei diesen Dateisystemarten?

1 pt

Both journaling file systems and log-structured file systems store updates in a log data structure. How does the usage of the log differ between these two types of file systems?

- d) Erklären Sie den Unterschied zwischen Mandatory- und Advisory-Locking.

1 pt

Explain the difference between mandatory locking and advisory locking.

- e) Beschreiben Sie einen Vor- und einen Nachteil der Virtual File System (VFS)-Ebene im Betriebssystem.

2 pt

Describe an advantage and a disadvantage of the Virtual File System (VFS) layer in the operating system.

**Total:
12.0pt**