

Nachname/
Last name

Vorname/
First name

Matrikelnr./
Matriculation no

Nachklausur Theorie 29.09.2020

- 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 (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 ist nicht bestanden, wenn Sie aktiv oder passiv 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	9	9	9	9	9	45
Erreichte Punkte						
Note						

Aufgabe 1: Grundlagen

Assignment 1: Basics

a) Nennen Sie eine zentrale Betriebssystemabstraktion.

0.5 pt

Name a central operating system abstraction.

Wo oder wann werden durch diese Abstraktion zusätzliche Systemressourcen verbraucht? Geben Sie zwei Beispiele an. Begründen Sie Ihre Antwort.

2 pt

Where or when does this abstraction consume additional system resources? Give two examples. Justify your answer.

Beschreiben Sie eine Situation, in der die gleiche Abstraktion Systemressourcen einspart. Begründen Sie Ihre Antwort.

1 pt

Describe a situation in which the same abstraction saves system resources. Justify your answer.

b) Wieso können Systemaufrufe in einem Betriebssystem wie Linux konzeptionell nicht durch Prozeduraufrufe ersetzt werden?

1 pt

Why can system calls in an operating system like Linux conceptually not be replaced by procedure calls?

Nennen Sie einen Grund neben Einfachheit, weshalb Anwendungen üblicherweise Systemaufrufe nicht selbst durchführen, sondern Sprach- oder Systembibliotheken dafür verwenden?

1 pt

Give a reason besides simplicity why applications usually do not invoke system calls themselves but use language or system libraries instead?

Welcher andere CPU-Mechanismus neben der Trap-Instruktion könnte technisch benutzt werden, um synchron aus dem Benutzermodus in den Kernel zu gelangen?

0.5 pt

What other CPU mechanism besides the trap instruction could technically be used to synchronously enter the kernel from user mode?

c) Nennen und erläutern Sie zwei grundlegende Techniken, um in einem Betriebssystem auf den Abschluss einer Ein-/Ausgabeoperation zu warten.

2 pt

Name and explain two basic techniques for an operating system to wait for the completion of an input/output operation.

d) Erläutern Sie, was unter *kooperativem Multitasking* zu verstehen ist. Welcher Systemaufruf spielt dabei eine besondere Rolle?

1 pt

Explain what is meant by cooperative multitasking. Which system call plays a special role in this context?

**Total:
9.0pt**

Aufgabe 2: Prozesse und Threads

Assignment 2: Processes and Threads

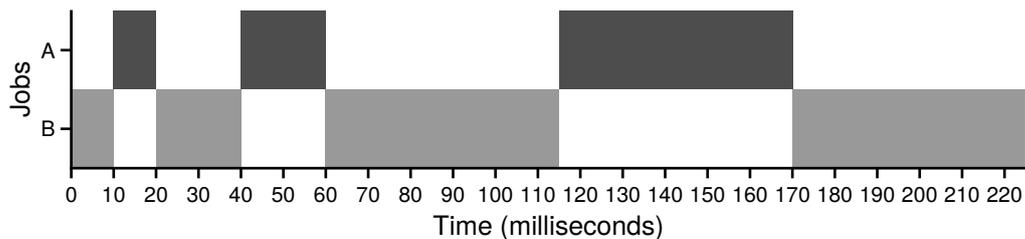
a) Nennen Sie vier typische Ziele eines Scheduling-Algorithmus.

1 pt

Name four typical goals of a scheduling algorithm.

b) Die Abbildung unten zeigt zwei CPU-gebundene Prozesse in einem System mit einem MLFQ-Scheduler. Im weiteren Zeitverlauf nach 60 ms wechseln sich die beiden Prozesse regelmäßig ab.

The figure below shows two CPU-bound processes running in a system with an MLFQ scheduler. After 60 ms, the two processes alternate regularly.



Wie viele Warteschlangen nutzt der MLFQ-Scheduler?

0.5 pt

How many queues does the MLFQ scheduler use?

Welcher Scheduling-Algorithmus wird für Prozesse innerhalb einer Warteschlange verwendet?

0.5 pt

Which scheduling algorithm is used for processes within one queue?

Wie groß ist die Zeitscheibe in der Warteschlange höchster Priorität?

0.5 pt

How long is the time slice in the highest-priority queue?

Wie groß ist die Zeitscheibe in der Warteschlange niedrigster Priorität?

0.5 pt

How long is the time slice in the lowest-priority queue?

Nehmen Sie an, dass der Scheduler alle 500 ms alle Prozesse in die Warteschlange höchster Priorität verschiebt. Welches Problem wird dadurch gelöst? Beschreiben Sie ein Szenario, in dem das Problem auftreten würde.

1 pt

Assume that the scheduler moves all processes to the highest-priority queue every 500 ms. Which problem does this strategy solve? Describe a scenario where this problem might occur.

c) Erklären Sie den Unterschied zwischen einem Programm und einem Prozess.

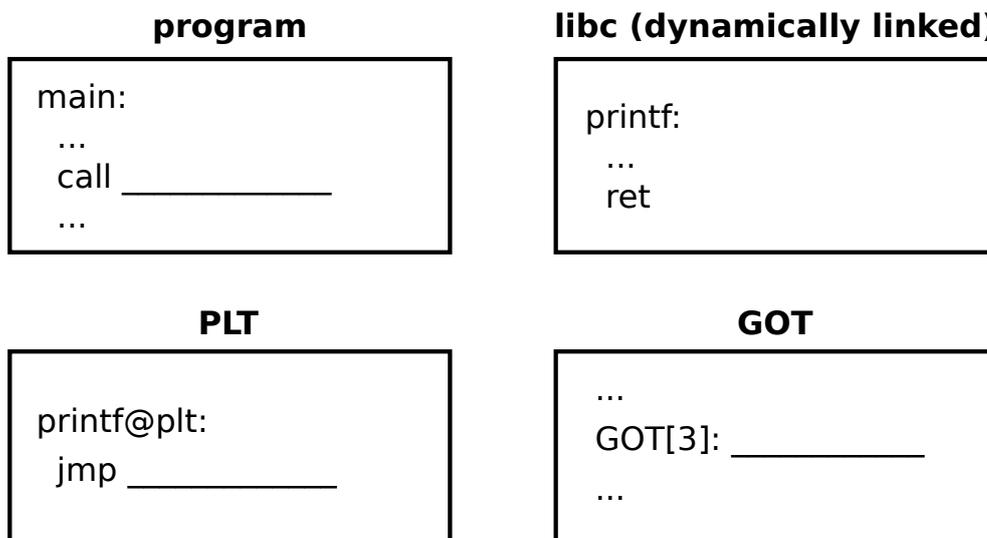
1 pt

Explain the difference between a program and a process.

d) In der Grafik unten ist der Assembler-Code eines Programms dargestellt, das mit der libc dynamisch gebunden wurde. Füllen Sie die leeren Felder aus, sodass ein Aufruf der printf-Funktion in libc durchgeführt wird. Nehmen Sie an, dass printf bereits zuvor aufgerufen wurde.

1.5 pt

The figure below shows the assembler code of a program linked dynamically with libc. Fill in the empty fields so that the program calls printf in libc. Assume that there have been previous calls to printf.



Welchen Vorteil bringt *lazy dynamic binding*? Erklären Sie kurz.

1 pt

What is the advantage of lazy dynamic binding? Explain shortly.

e) Wenn ein Prozess `fork()` aufruft, erstellt das System eine fast exakte Kopie des Elternprozesses. Warum ist diese Kopie nur „fast exakt“ und nicht „exakt“?

1 pt

When a process calls `fork()`, the system creates a nearly exact copy of the parent process. Why is the copy only “nearly exact” and not an “exact” copy?

f) In welchem Threadmodell kommen *Scheduler Activations* zum Einsatz?

0.5 pt

Which thread model uses scheduler activations?

**Total:
9.0pt**

Aufgabe 3: Koordination und Kommunikation von Prozessen

Assignment 3: Process Coordination and Communication

- a) Zeichnen Sie einen *Resource Allocation Graph*, der einen Zyklus enthält, aber keinen Deadlock darstellt.

1 pt

Draw a resource allocation graph which contains a cycle but does not represent a deadlock.

- b) Erklären Sie den Begriff *Priority Donation*.

1 pt

Explain the term priority donation.

Gegeben sei ein Scheduler, der *Priority Donation* implementiert. Löst diese Implementierung alleine das Problem der *Priority Inversion* bei Benutzung einfacher Spinlocks? Begründen Sie Ihre Antwort.

1.5 pt

Assume a scheduler that implements priority donation. Does this implementation alone solve the problem of priority inversion when using simple spinlocks? Justify your answer.

- c) Welches Problem ergibt sich bei Nutzung von synchronem Message Passing zwischen Prozessen in einem System mit User-Level-Threading?

1 pt

Which problem arises when using synchronous message passing between processes in a system with user-level threading?

- d) Der folgende Code implementiert ein Spinlock. Ein Thread, der in den kritischen Abschnitt eintritt, schreibt mittels der atomaren `swap`-Instruktion seine eindeutige Thread-ID (>0) in die Spinlock-Variable und liest den vorherigen Wert aus. Falls die Variable 0 enthielt, tritt der Thread in den kritischen Abschnitt ein, ansonsten macht er den Schreibvorgang rückgängig.

Nennen Sie für die drei Anforderungen an einen Synchronisationsmechanismus jeweils, ob diese erfüllt sind oder nicht. Begründen Sie Ihre Antwort.

4.5 pt

The following code implements a spinlock. A thread that enters the critical section writes its unique thread ID (>0) into the spinlock variable using the atomic `swap` instruction and reads the previous value. If the variable was 0, the thread enters the critical section. Otherwise, the write access is reverted.

Explain for each of the three requirements for a synchronization primitive whether they are fulfilled or not. Justify your answer.

```

1  int lock_var = 0;
2
3  void lock(void) {
4      int x;
5      while (1) {
6          x = thread_id();
7          swap(&x, &lock_var); /* atomic */
8          if (x == 0)
9              break; /* enter section */
10         else
11             swap(&x, &lock_var); /* revert access */
12     }
13 }
14
15 void unlock(void) {
16     int x = 0;
17     swap(&x, &lock_var);
18 }
```

Mutual Exclusion:

Progress:

Bounded Waiting:

**Total:
9.0pt**

Aufgabe 4: Speicher

Assignment 4: Memory

- a) Erläutern Sie eine Methode, um bei seitenbasierter Speicherverwaltung auf x86 im Betriebssystem festzustellen, dass auf einen Speicherbereich geschrieben wurde. Geben Sie dabei die Genauigkeit an, mit der Ort, Zeit und Anzahl des Zugriffe bestimmt werden können.

1.5 pt

Explain a method for the operating system to determine that a memory area has been written to when using page-based memory management on x86. Specify the accuracy with which the location, time, and number of accesses can be determined.

- b) In einer hypothetischen Datenstruktur werden alle Elemente sequentiell auf separaten 4-KiB Seiten gespeichert. Um die Datenstruktur zu sortieren, sollen die virtuellen Adressen der Elemente über die Seitentabellen angepasst werden, anstelle die Elemente im Speicher hin- und herzukopieren. Diskutieren Sie Vor- und Nachteile dieses Vorgehens.

1.5 pt

In a hypothetical data structure all elements are stored sequentially on separate 4-KiB pages. To sort the data structure, the virtual addresses of the elements should be adjusted through the page tables instead of copying the elements back and forth in memory. Discuss the advantages and disadvantages of this approach.

- c) Nennen Sie zwei Eigenschaften vorwärtsgerichteter Seitentabellen, die die Größe des virtuellen Adressraums bestimmen.

1.0 pt

Name two properties of a forward page table that determine the size of the virtual address space.

- d) Was passiert mit dynamisch alloziertem Speicher nach Programmende, wenn dieser zuvor nicht mit `free()` freigegeben wurde?

0.5 pt

What happens to dynamically allocated memory after program termination, if it has not been freed with `free()` before?

- e) Was versteht man unter *Bélády's Anomalie*?

1 pt

What is meant by Bélády's anomaly?

- f) Erläutern Sie, bei welchem Allokationsmuster die Verwendung von Arena-Allokation sinnvoll ist. Welche Vorteile bietet diese in dem Fall?

1.5 pt

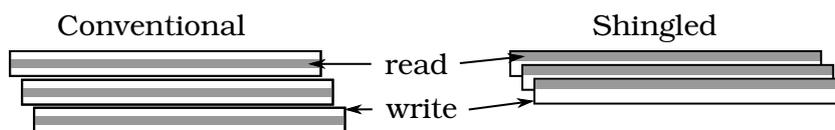
Explain for which allocation pattern it makes sense to use arena allocation. What advantages does it offer in this case?

Aufgabe 5: I/O, Hintergrundspeicher und Dateisysteme

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

- a) Manche moderne Festplatten nutzen Shingled Magnetic Recording (SMR) zur Verbesserung der Datendichte. Beim Schreiben auf eine SMR-Spur werden die Daten auf benachbarten Spuren ebenso überschrieben. Daher müssen auch bei kleinen Änderungen auf wenigen Blöcken oft mehrere Spuren neu geschrieben werden.

Some modern hard disks use Shingled Magnetic Recording (SMR) to improve data density. A write to an SMR track destroys data on neighboring tracks. Consequently, multiple tracks might need a rewrite even when only few blocks are updated.



Eine Anwendung schreibt in eine Datei, die auf einer SMR-Festplatte abgelegt ist. Welcher existierende Betriebssystemmechanismus kann unabhängig vom verwendeten Dateisystem die Schreibgeschwindigkeit verbessern? Beschreiben Sie eine Situation, in der eine Verbesserung eintritt.

1 pt

An application writes data to a file located on an SMR drive. Which existing operating system mechanism can improve performance independent from the file system in use? Describe a situation that shows improvement.

Welcher Dateisystemtyp ist für SMR-Festplatten optimal, da fast alle Schreibzugriffe sequentiell stattfinden?

0.5 pt

Which file system type is optimal for SMR drives, as it issues sequential writes almost exclusively?

SSDs besitzen ähnliche Einschränkungen wie SMR-Festplatten. Beschreiben Sie diese Einschränkungen.

1 pt

SSDs have limitations similar to those of SMR drives. Describe these limitations.

SSDs besitzen einen Flash Translation Layer (FTL), der neben Wear Leveling auch bei den oben genannten Einschränkungen Abhilfe bietet. Könnte ein solcher Mechanismus auch bei SMR-Festplatten sinnvoll eingesetzt werden? Begründen Sie.

1 pt

SSDs use a Flash Translation Layer (FTL) that primarily provides wear leveling, but also helps with the limitations above. Might a similar mechanism make sense for SMR drives as well? Justify.

b) Wofür steht die Abkürzung ACL im Kontext von Dateisystemen?

0.5 pt

In the context of file systems, what does the abbreviation ACL stand for?

Welchen Vorteil haben ACLs im Vergleich zu klassischen Unix-Berechtigungen?

1 pt

What is the advantage of ACLs compared to standard Unix permissions?

c) Geben Sie jeweils ein Beispiel für einen absoluten und einen relativen Pfad an.

0.5 pt

Give an example of an absolute and a relative path.

Absolute

Relative

Welche zusätzliche Information wird zum Auflösen eines relativen Pfads benötigt? Wo wird diese Information üblicherweise gespeichert?

1 pt

Which additional information is necessary for resolving relative paths? Where is that information usually stored?

- d) Warum wird bei Netzwerkgeräten üblicherweise ein Ringpuffer anstelle eines einfachen Puffers eingesetzt?

1 pt

Why do network interfaces usually use ring buffers instead of a simple buffer?

- e) Nennen Sie eines der in der Vorlesung genannten Verfahren zur Dateiblockallokation, welches einen sequentiellen und wahlfreien Zugriff erlaubt.

0.5 pt

Name one of the file block allocation methods presented in the lecture that supports sequential and random access.

- f) Nennen Sie einen Vorteil (+) und einen Nachteil (-) davon, Verzeichniseinträge in einem Baum zu speichern.

1 pt

Name an advantage (+) and a disadvantage (-) of storing directory entries in a tree structure.

(+)

(-)

**Total:
9.0pt**