

Nachname/
Last name

Vorname/
First name

Matrikelnr./
Matriculation no

Nachklausur 24.09.2018

- 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 16 Blättern: Einem Deckblatt und 15 Aufgabenblättern mit insgesamt 5 Aufgaben.

The examination consists of 16 pages: One cover sheet and 15 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) Erklären Sie den Unterschied zwischen einem *Programm* und einem *Prozess*. **2 pt**

Explain the difference between a program and a process.

b) Nennen Sie ein Beispiel für eine *Policy* und einen dazugehörigen *Mechanismus*. **1 pt**

Give an example for a policy and a corresponding mechanism.

Erklären Sie die Begriffe *Policy* und *Mechanismus*. **2 pt**

Explain the terms policy and mechanism.

Welchen Vorteil bietet die Unterteilung von Betriebssystemfunktionalität in *Policy* und *Mechanismus*? **1 pt**

Which advantage does dividing OS functionality into policy and mechanism provide?

- c) Warum verfügt ein modernes System über verschiedene Arten von Speicher (z.B. Cache, Arbeitsspeicher, SSD, Festplatte)?

1 pt

Why does a modern system contain different types of memory (e.g., cache, RAM, SSD, hard disk)?

- d) Welche Einschränkungen hat der User-Modus im Vergleich zum Kernel-Modus?

1 pt

Which limitations does user mode have in comparison to kernel mode?

Lässt sich Schutz von Prozessen untereinander auch auf einem System implementieren, das nicht zwischen User- und Kernel-Modus unterscheidet? Begründen Sie.

1 pt

Is it possible to implement protection between processes on a system which does not differentiate between user and kernel mode? Justify your answer.

- e) Weshalb verwenden interaktive Systeme üblicherweise präemptives Scheduling?
Why do interactive systems usually use preemptive scheduling?

1 pt

- f) Die *int*-Instruktion von x86-Prozessoren lässt den Prozessor in den Kernel-Modus wechseln und führt unmittelbar die Ausführung im Betriebssystem fort. In welche der drei Kategorien für Kerneintritte (System Call/Trap-Instruktion, Interrupt, Exception) fällt dieser Vorgang?

Gehen Sie von den Definitionen aus der Vorlesung/Übung aus und begründen Sie.

1 pt

The int instruction of x86 processors causes the processor to change to kernel mode and to immediately continue execution in the OS. Into which of the three categories for kernel entries (system call/trap instruction, interrupt, exception) does this process fall?

Base your answer on the definitions from the lecture/exercise and justify your answer.

- g) Weshalb muss das Betriebssystem bei der Behandlung eines Interrupts vom Stack der Anwendung auf einen separaten Kernel Stack wechseln?

1 pt

Why does the OS have to switch from the application's stack to a separate kernel stack when handling an interrupt?

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 2: Prozesse und Threads

Assignment 2: Processes and Threads

- a) Parallele Ausführung lässt sich sowohl durch Prozesse als auch durch Threads umsetzen. Nennen und erklären Sie zwei Vorteile von Threads gegenüber parallelen Prozessen.

2 pt

Parallel execution can be implemented both with processes as well as threads. List and explain two advantages of threads compared to parallel processes.

- b) Nennen Sie einen Vorteil und einen Nachteil von User-Level Threads gegenüber Kernel-Level Threads.

1 pt

Give one advantage and one disadvantage of user-level threads compared to kernel-level threads.

- c) Verfügt jeder Thread eines Prozesses über einen eigenen Stack? Begründen Sie Ihre Antwort.

1.5 pt

Does each thread of a process have its own stack? Justify your answer.

d) Erklären Sie den „Convoy-Effekt“, welcher bei der Verwendung eines First Come First Serve (FCFS) Schedulers auftreten kann.

1 pt

Explain the “convoy effect” which can occur when a first come first serve (FCFS) scheduler is used.

e) Gegeben seien fünf Prozesse auf einem Einprozessorsystem mit den angegebenen Ankunftszeiten (0 = Start), Job-Längen und Prioritäten (hohe Werte werden bevorzugt). Vervollständigen Sie den untenstehenden Ablaufplan unter folgenden Annahmen:

- Es wird ein präemptiver Priority Scheduler mit Priority Donation (= Priority Inheritance) verwendet.
- Ein Prozess kann nicht ausgeführt werden, bis die Prozesse, auf die er wartet, vollständig ausgeführt wurden.
- Ein Kasten im Ablaufplan stellt eine Zeiteinheit dar.
- Der Scheduler wird immer nur nach ganzen Zeiteinheiten ausgeführt.

4 pt

Consider five processes on a uniprocessor system, with given arrival times (0 = start), job lengths, and priorities (high values are favored). Complete the scheduling plan given below, under the following assumptions:

- *The system uses a preemptive priority scheduler with priority donation (= priority inheritance).*
- *A process cannot be executed until the processes for which it waits have been completely executed.*
- *A box in the scheduling plan represents one unit of time.*
- *The scheduler is only executed after whole units of time.*

Process	Arrival Time	Job Length	Priority	Waits for process
1	0	4	2	-
2	0,5	2	1	-
3	1,5	3	3	2
4	8,5	2	5	-
5	4,5	3	4	1

Ablaufplan / *scheduling plan*:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Berechnen Sie die Umlaufzeit (turnaround time) von Prozess 4, die Wartezeit (waiting time) von Prozess 1 und die Antwortzeit (response time) von Prozess 5.

1.5 pt

Calculate the turnaround time of process 4, the waiting time of process 1 and the response time of process 5.

Umlaufzeit von Prozess 4 / *turnaround time of process 4:*

Wartezeit von Prozess 1 / *waiting time of process 1:*

Antwortzeit von Prozess 5 / *response time of process 5:*

- f) Betrachten Sie ein Scheduling-Verfahren, welches immer den Prozess mit dem kürzesten nächsten CPU-Burst zur Ausführung auswählt, um die durchschnittliche Wartezeit zu minimieren. Weshalb führt dieses Verfahren jedoch nicht zwangsläufig zur minimalen durchschnittlichen Umlaufzeit?

1 pt

Consider a scheduling policy which selects for execution the process with the shortest next CPU burst, in order to minimize average waiting time. Why does this policy, however, not necessarily result in the minimal average turnaround time?

**Total:
12.0pt**

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

a) Erklären Sie den Begriff *Mailbox* im Kontext von Message Passing.

1 pt

Explain the term mailbox in the context of message passing.

b) Warum müssen Sendeoperationen in der Praxis manchmal auf den Empfänger warten, selbst wenn asynchrones Message Passing mit Puffern verwendet wird?

1 pt

In practice, why do send operations sometimes need to wait for the receiver even if asynchronous message passing with buffers is used?

c) Nennen Sie die vier notwendigen Bedingungen für einen Deadlock.

2 pt

Name the four necessary deadlock conditions.

d) Wie lässt sich mit einem Wait-for-Graphen bestimmen, ob ein Deadlock existiert?

1 pt

How can a wait-for graph be used to determine whether a deadlock exists?

Ein Resource-Allocation-Graph beschreibt für einen einzelnen Zeitpunkt, welcher Prozess auf welche Resource wartet.

Weshalb kann das Betriebssystem in der Praxis nicht immer einen vollständigen Resource-Allocation-Graphen für das gesamte System aufstellen?

1 pt

A resource allocation graph describes, for a single point in time, which process waits for which resource.

Why is the OS in practice not always able to create a complete resource allocation graph for the whole system?

e) Weshalb sollten User-Level-Threads (Many-to-One-Modell) keine Spinlocks zur Synchronisierung innerhalb des Prozesses verwenden?

1 pt

Why should user-level threads (many-to-one model) not use spinlocks for synchronization within the process?

f) Warum muss beim Reader-Writer-Problem der Eintritt von schreibenden Threads in den kritischen Abschnitt gegenüber lesenden Threads priorisiert werden, wenn Bounded Waiting erfüllt werden soll?

1 pt

Why does the reader-writer problem require the entry of writer threads into the critical section to be prioritized over the entry of reader threads if bounded waiting shall be fulfilled?

- g) Die folgenden beiden Codeabschnitte werden gleichzeitig ausgeführt. x ist dabei eine von den Threads gemeinsam genutzte Integervariable. Erklären Sie, weshalb das Programm manchmal abstürzt.

1 pt

The following two code paths are executed at the same time. x is a integer variable shared between the threads. Explain why the program sometimes crashes.

```

1  /* first thread */           1  /* second thread */
2  while (true) {              2  if (x != 0) {
3      x = 0;                   3      printf("%d\n", 42 / x);
4      x = 1;                   4  }
5  }

```

- h) Gegeben sei eine Compare-and-Swap-Instruktion, die atomar den Wert einer Variable im Speicher mit dem Wert eines Registers vergleicht und, falls die Werte gleich sind, den Wert im Speicher wechselseitig mit dem eines anderen Registers austauscht.

Erklären Sie, wie sich mithilfe dieser Instruktion eine atomare Addition auf einer einzelnen Variable implementieren lässt. Verwenden Sie dabei keine weiteren Speicherstellen für Spinlocks oder andere Synchronisierungsmechanismen.

3 pt

Assume a compare-and-swap instruction which atomically compares the value of a variable in memory with the value of a register and, if the values are equal, reciprocally exchanges the value in memory with the value of another register.

Explain how this instruction can be used to implement an atomic addition onto a single variable. Do not use additional memory locations for spinlocks or other synchronization mechanisms.

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 4: Speicher

Assignment 4: Memory

a) Erläutern Sie den Begriff *PFN*.

0.5 pt

Explain the term PFN.

b) Welche üblicherweise vorhandenen Bereiche im Benutzeradressraum werden nicht von dem Betriebssystem mit Inhalt aus einer Datei initialisiert?

1.5 pt

Which areas usually existing in the user address space of a process are not initialized by the OS with content from a file?

Ein Prozess schreibt zum ersten Mal auf eine virtuelle Seite eines solchen Speicherbereichs. Das System verwendet Demand Paging. Beschreiben Sie eine Möglichkeit, die Latenz des Seitenfehlers klein zu halten.

1 pt

A process writes to a virtual page of such a memory area for the first time. The system uses demand paging. Describe a way to keep the latency of the page fault low.

c) Erläutern Sie, wie Wissen über die Working Sets eines Systems vom Betriebssystem genutzt werden kann, um Thrashing zu verhindern. Gehen Sie davon aus, dass LRU-Seitenersetzung verwendet wird und diese nicht modifiziert werden soll.

1 pt

Explain how knowledge on the working sets of a system can be used by the OS to avoid thrashing. Assume that LRU page replacement is used and that it shall not be modified.

- d) Gegeben sei ein System, das virtuelle Adressen mit einer vierstufigen Seitentabelle übersetzt. Die Tabelle verfügt über 16 Einträge in der obersten Stufe und 512 Einträge in den folgenden Stufen. Die Seitengröße beträgt 4 KiB. Jeder Tabelleneintrag ist 8 Bytes groß.

Bei gleichem Speicherverbrauch für die Seitentabelle, wieviel größer wäre der maximal adressierbare virtuelle Speicher bei einer linearen Seitentabelle?

2 pt

Consider a system which translates virtual addresses with a four-level page table. The table has 16 entries in the top-most level and 512 entries in each following level. The page size is 4 KiB. Each table entry is 8 bytes in size.

With the same memory consumption for the page table, how much larger would the maximum addressable virtual memory be for a linear page table?

Nennen Sie einen weiteren Vorteil sowie einen Nachteil einer linearen Seitentabelle.

1 pt

Give another advantage as well as a disadvantage of a linear page table.

Inwieweit wird in diesem System die Größe des adressierbaren physischen Speichers durch die Seitentabelle bestimmt? Eine Berechnung ist nicht nötig.

1 pt

How is the size of the addressable physical memory determined by the page table in the given system? A calculation is not required.

- e) Was beschreibt der *TLB Reach*? Nennen Sie zwei Möglichkeiten, diesen zu erhöhen.
What does the TLB reach describe? Give two ways to increase it.

2 pt

- f) Kann bei einem softwaregesteuerten TLB das Format eines Seitentabelleneintrags frei gewählt werden? Begründen Sie Ihre Antwort.

1 pt

Does a software-managed TLB allow a custom format for page table entries? Justify your answer.

- g) Ein Programm alloziert stetig Speicher, ohne diesen freizugeben. Wie kann es trotzdem zu Fragmentierung kommen? Geben Sie ein Beispiel an.

1 pt

A program constantly allocates memory without freeing it. How can fragmentation still occur? Give an example.

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 5: I/O, Hintergrundspeicher und Dateisysteme

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

- a) Sie besitzen ein Verzeichnis mit geheimen Daten. Auf die Dateien innerhalb des Verzeichnisses sollen Sie selbst Lese- und Schreibzugriff haben, während die Mitglieder Ihrer Benutzergruppe ausschließlich lesenden Zugriff haben sollen. Andere Benutzer sollen keinen Zugriff haben.

Welche Zugriffsrechte müssen Sie auf einem UNIX-Dateisystem jeweils für Dateien und Verzeichnisse innerhalb dieses Verzeichnisses setzen?

2 pt

You own a folder containing secret data. You should have read and write access to the files inside this folder, while members of your user group should have only read access to those files. Everyone else should have no access.

On a UNIX file system, which access rights do you have to set for files and directories inside this directory?

Wie ist es möglich, einem einzelnen Benutzer außerhalb Ihrer Benutzergruppe Zugriff auf das Verzeichnis zu geben, ohne die oben genannten Anforderungen zu verletzen und ohne die Gruppe des Benutzers zu ändern?

1 pt

How is it possible to give a single user outside your user group access to the directory without violating the requirements described above and without changing the user's group?

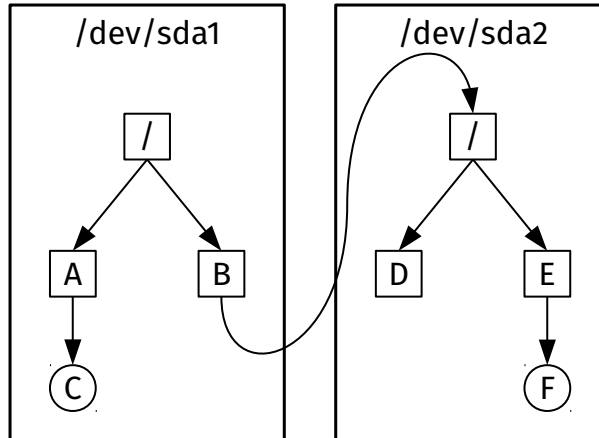
- b) Wieviele Festplattenzugriffe sind nötig, um den Inhalt der zuvor ungeöffneten Datei `/home/reiser/klausur/filesystems.tex` aus einem inode-basierten Dateisystem zu lesen? Nehmen Sie an, dass keinerlei Festplatteninhalte im RAM gecached sind und dass sowohl die Datei als auch alle Verzeichnisse maximal einen Block groß sind. Gehen Sie zusätzlich davon aus, dass Metadaten und Daten getrennt voneinander gespeichert werden.

1 pt

How many disk accesses are necessary to read the contents of the not-yet-opened file `/home/reiser/klausur/filesystems.tex` from an inode-based file system? Assume that no disk content is cached in RAM and that the file as well as all directories each fit in one disk block. In addition, assume that metadata and data are stored separately.

- c) Betrachten Sie die beiden unten dargestellten Dateisysteme. Quadrate bezeichnen Verzeichnisse, Kreise Dateien. /dev/sda2 ist im leeren Verzeichnis B von /dev/sda1 eingehängt (mounted).

Consider the two file systems depicted below. Squares denote folders and circles denote files. /dev/sda2 is mounted in the empty directory B of /dev/sda1.



Ist es in diesem Szenario möglich, im Verzeichnis A einen Softlink auf F zu erstellen? Begründen Sie Ihre Antwort!

1.5 pt

Is it possible to create a soft link to F inside the directory A? Justify your answer!

Ist es in diesem Szenario möglich, im Verzeichnis A einen Hardlink auf F zu erstellen? Begründen Sie Ihre Antwort!

1.5 pt

Is it possible to create a hard link to F inside the directory A? Justify your answer!

Wie lautet der **relativen** Pfad von F ausgehend von A?

1 pt

What is the **relative** path of F starting from A?

- d) Wie wirkt sich ein RAID 1 von zwei identischen Festplatten im Vergleich zu einer einzelnen Festplatte auf die Bandbreite und Latenz von Lese- und Schreibzugriffen aus? Begründen Sie jeweils Ihre Antwort!

Nehmen Sie an, dass sämtliche Bewegungen der Lese-/Schreibköpfe identische Zeit benötigen.

4 pt

How does a RAID 1 consisting of two identical hard disks change the bandwidth and latency of read and write accesses compared to using a single disk? Justify each answer.

Assume that all movements of the read/write heads require identical time.

Lesebandbreite / *read bandwidth*:

Leselatenz / *read latency*:

Schreibbandbreite / *write bandwidth*:

Schreiblatenz / *write latency*:

**Total:
12.0pt**