

Nachname/*Last name*

Vorname/*First name*

Matrikelnr./*Matriculation no*

## Nachklausur 21.09.2016

- 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.*
- Wenn Sie zusätzliches Konzeptpapier benötigen, verständigen Sie bitte die Klausuraufsicht.  
*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 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) Nennen und erläutern Sie einen Vor- und einen Nachteil der Trennung in Benutzer- und Kernelmodus in modernen Betriebssystemen.

**2 pt**

*Give and explain an advantage and a disadvantage of the separation into user- and kernel-mode in modern operating systems.*

---

---

---

---

---

---

---

- b) Erläutern Sie, wie Systemaufrufe technisch umgesetzt werden. Gehen Sie dabei auf folgende Punkte ein:

**4 pt**

*Explain how system calls are technically implemented. Elaborate on the following aspects:*

*Wechsel in the Kernelmodus / Switch to kernel mode*

---

---

---

---

*Auswahl des Systemdienstes / System service selection*

---

---

---

---

*Parameterübergabe / Parameter passing*

---

---

---

---

*Programmierschnittstelle / Application Program Interface (API)*

---

---

---

---

- c) Erläutern Sie, warum eine zeitnahe und schnelle Bearbeitung von Interrupts durch das Betriebssystem wichtig ist.

2 pt

*Explain why timely and fast processing of interrupts by the operating system is important.*

---

---

---

---

---

---

- d) Bei der Bearbeitung einer E/A-Anfrage tritt in einem Kernaltreiber ein unerwarteter Fehler auf, der vom Treiber nicht behandelt wird. Der Kernel könnte die E/A-Anfrage abbrechen und einen Fehler zurückgeben. Wieso kann es besser sein, das System zu stoppen, z.B. durch Bluescreen oder Kernel Panic?

2 pt

*During the processing of an I/O operation, an unexpected exception occurs in a kernel driver, which does not handle the exception. The kernel could cancel the I/O operation and return an error. Why might it be better to stop the system, for example by blue screen or kernel panic?*

---

---

---

---

---

---

- e) Welche der folgenden Aussagen sind richtig?  
*Which of the following statements are correct?*

2 pt

korrekt/    inkorrekt/  
correct    incorrect

- |                          |                          |                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Systemaufrufe werden ausschließlich zur Ausführung von privilegierten CPU Instruktionen benötigt.<br><i>System calls are only needed to execute privileged CPU instructions.</i>                       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Heap wird üblicherweise an hohe Adressen gelegt und wächst in Richtung niedrigerer Adressen.<br><i>The heap is usually placed at high addresses and grows in the direction of lower addresses.</i> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Größere physische Seiten bedingen mehr externe Fragmentierung.<br><i>Larger page frames cause more external fragmentation.</i>                                                                         |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Port-basierte E/A verwendet einen eigenen Adressraum.<br><i>Port-mapped I/O uses a dedicated address space.</i>                                                                                        |

**Total:  
12.0pt**

## Aufgabe 2: Prozesse und Threads

### Assignment 2: Processes and Threads

- a) Gegeben seien vier Prozesse auf einem Einprozessorsystem mit den angegebenen Ankunftszeiten (0 = Start) und Burst-Zeiten. Vervollständigen Sie die untenstehenden Ablaufpläne für die Strategie *Shortest Job First (SJF)* sowie die Strategie *Round Robin (RR)* mit der Zeitscheibenlänge von einer Zeiteinheit. Neue Prozesse werden ans Ende der Warteschlange angehängt. Ein Kasten im Zeitplan stellt eine Zeiteinheit dar.

**4 pt**

Consider four processes on a uni-processor system, with given arrival times (0 = start) and burst times. Complete the scheduling plans given below for the policy Shortest Job First (SJF) and the policy Round Robin (RR) with a timeslice length of one unit of time. New processes are added to the tail of the ready queue. A box in the scheduling plan represents one unit of time.

Process	Arrival Time	Burst Time
1	7,5	3
2	1,5	6
3	6,5	4
4	0	6

#### Shortest Job First (SJF)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

#### Round Robin (RR)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

- b) Berechnen Sie für den obigen *SJF-Ablaufplan* die Turnaround-Zeit aller Prozesse.  
*For the above SJF scheduling plan, calculate the turnaround time of each process.*

**2 pt**

Process	Turnaround time
1	
2	
3	
4	

- c) Berechnen Sie für den obigen *RR-Ablaufplan* die Wartezeit aller Prozesse.

**2 pt**

*For the above RR scheduling plan, calculate the waiting time of each process.*

Process	Waiting time
1	
2	
3	
4	

- d) Aktuelle Scheduler verwenden auf SMP-Systemen eine eigene Warteschlange für jede CPU, um Synchronisierungsoverhead einzusparen. Beschreiben Sie ein Problem dieses Ansatzes gegenüber einer einzigen Warteschlange für alle CPUs, und schlagen Sie eine Lösung für dieses Problem vor.

**2 pt**

*On SMP systems, current schedulers use one ready queue per CPU to avoid synchronization overhead when accessing the queues. Describe a problem of this approach compared to a single ready queue shared by all CPUs, and suggest a solution for the problem.*

---

---

---

---

---

---

---

- e) *Kooperatives Round-Robin-Scheduling* ist eine Variante von Round-Robin-Scheduling, bei der die Tasks nicht nach Ablauf einer festen Zeitscheibe verdrängt werden. Stattdessen wählt der Scheduler erst dann einen neuen Task aus, wenn der vorherige Task entweder blockiert (z.B. aufgrund von E/A) oder die CPU freiwillig abgibt. Die Auswahl des nächsten Tasks funktioniert dann wie beim nicht-kooperativem Round-Robin-Scheduling, das in der Vorlesung vorgestellt wurde.

Beschreiben Sie einen Vor- und einen Nachteil von kooperativem Round-Robin-Scheduling gegenüber nicht-kooperativem Round-Robin-Scheduling. Gehen Sie davon aus, dass alle Tasks nach endlicher Rechenzeit eine E/A-Operation ausführen.

**2 pt**

*Cooperative Round-Robin-Scheduling is a variant of Round-Robin-Scheduling, in which tasks are not preempted at the end of a fixed timeslice. Instead, the scheduler selects a new task to run only after the previous task has either blocked (e.g., due to I/O) or yielded the CPU voluntarily. Selection of a new task then works the same way as in non-cooperative Round-Robin-Scheduling, presented in the lecture.*

*Describe an advantage and a disadvantage of cooperative Round-Robin-Scheduling compared to non-cooperative Round-Robin-Scheduling. Assume that all tasks perform I/O after a finite amount of computation.*

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

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

a) Betrachten Sie das in Abbildung 1 dargestellte System und die zukünftigen Systemaufrufe der zwei Prozesse in Listing 1. Kann in diesem Szenario ein Deadlock auftreten? Falls nein, begründen Sie warum. Falls ja, geben Sie einen denkbaren Ablauf an, wie von der dargestellten Situation ein Deadlock erreicht werden kann.

**2 pt**

*Consider the system depicted in Figure 1 and the two processes' future system calls in Listing 1. Can a deadlock arise from this scenario? If not, explain why. Otherwise, describe how the system might reach a deadlock from the depicted scenario.*

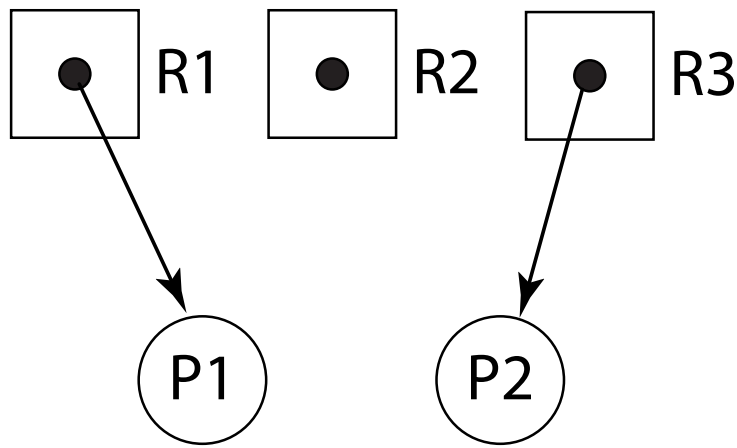


Abbildung 1 / Figure 1

P1: acquire (R2)	P2: acquire (R2)
release (R1)	release (R3)
acquire (R3)	release (R2)
release (R2)	acquire (R1)
acquire (R3)	release (R1)

Listing 1

---

---

---

---

---

---

---

---



- c) Wie können Semaphoren für die Synchronisation kritischer Abschnitte eingesetzt werden? Geben Sie an, welche Operationen ein Thread hierzu beim Ein- und Austritt eines kritischen Abschnitts auf der Semaphore aufrufen muss. Warum erfüllt der Ansatz wechselseitigen Ausschluss (*mutual exclusion*)?

**2 pt**

*How can you use semaphores for synchronizing critical sections? What operations will threads have to call on the semaphore when entering and leaving a critical section? Why does this approach fulfill mutual exclusion?*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- d) Erklären Sie, welcher Typ von Semaphore für die Synchronisation eines kritischen Abschnitts zu wählen ist, damit auch die Eigenschaft beschränktes Warten (*bounded waiting*) erfüllt wird.

**1 pt**

*Explain which type of semaphore you have to choose for synchronizing critical sections to also achieve the property of bounded waiting.*

---

---

---

---

---

---

---

---

- e) Unter welchen Voraussetzungen funktioniert das Deaktivieren von Interrupts als Synchronisationsmechanismus? Begründen Sie Ihre Antwort.

**1 pt**

*In which circumstances may disabling interrupts work as a synchronization mechanism? Explain why.*

---

---

---

---

---

---

---

---



- f) Für die Implementierung von Synchronisationsprimitiven werden in der Regel das Deaktivieren von Interrupts oder atomare Instruktionen eingesetzt. Darf ein Betriebssystem Anwendungen im *Benutzermodus* gestatten, diese beiden Mechanismen zu verwenden? Begründen Sie jeweils Ihre Antwort.

**2 pt**

*Deactivating interrupts and atomic instructions are commonly used for implementing synchronization primitives. May an operating system allow user space applications to use these two mechanisms? Explain your answer.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

### Aufgabe 4: Speicher

#### Assignment 4: Memory

- a) Zwei Prozesse teilen sich globale Daten über Copy-On-Write (COW). Müssen sich die Prozesse beim Zugriff auf diese Daten synchronisieren?

0.5 pt

*Two processes share global data with copy-on-write (COW). Do the processes have to synchronize their access to the data?*

Ja / Yes

Nein / No

- b) Ein Prozess ruft `fork()` auf. Beschreiben Sie für den Eltern- und den Kindprozess, wie der jeweilige Adressraum konfiguriert werden muss, um Copy-On-Write (COW) zu ermöglichen. Begründen Sie Ihre Antwort.

1.5 pt

*A process calls `fork()`. Describe for the parent and the child processes, how each address space has to be configured to allow copy-on-write (COW). Explain your answer.*

---

---

---

---

---

---

---

---

- c) Erläutern Sie inwieweit die Auslagerung von Seitentabellen durch das Betriebssystem möglich ist. Gehen Sie davon aus, dass Seitentabellen in Hardware durchlaufen werden.

3 pt

*Explain to what extent the operating system can page out page tables. Assume hardware page table walking.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

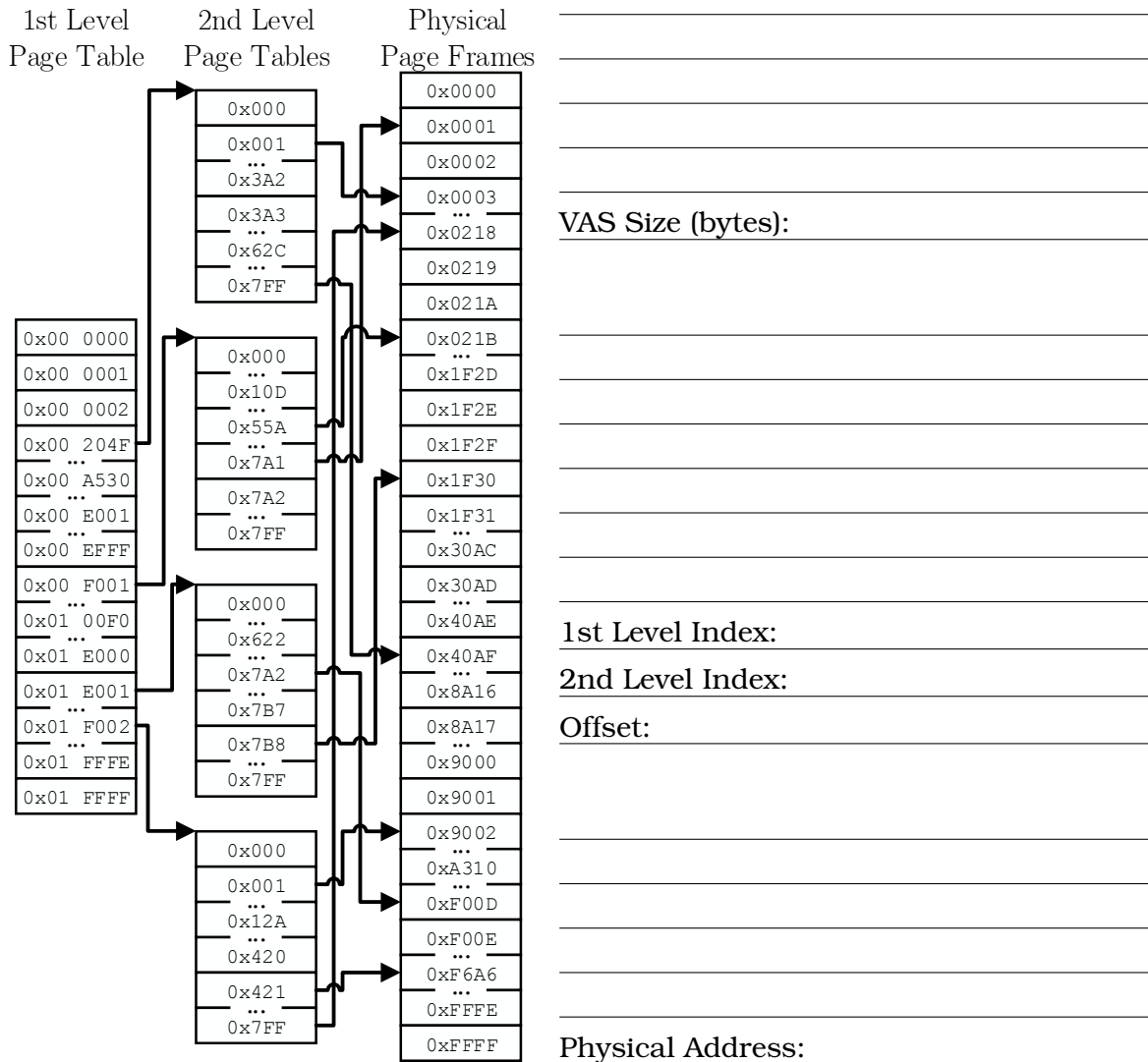
---

---

- d) Gegeben sei folgende zweistufige, hierarchische Seitentabelle. Die Größe einer Seite betrage 1 MiB. Geben Sie die Größe des virtuellen Adressraumes (VAS) in Bytes an. Zerlegen und Übersetzen Sie anschließend die virtuelle Adresse  $0xF000FA24FC42$ .

5 pt

Consider the following two-level, hierarchical page table. The page size is 1 MiB. Give the size of the virtual address space (VAS) in bytes. Then, split and translate the virtual address  $0xF000FA24FC42$ .



- e) Wofür steht die Abkürzung TLB? Erläutern Sie, warum ein TLB für eine schnelle Programmausführung essentiell ist.

1 pt

What does the abbreviation TLB stand for? Explain why a TLB is essential for fast program execution.

---



---



---



---

- f) Nennen Sie eine Lösung für das Problem der Mehrdeutigkeit bei virtually-indexed, virtually-tagged (VIVT) Caches. Begründen Sie Ihre Antwort.

**1 pt**

*Give a solution for the ambiguity problem in virtually-indexed, virtually-tagged (VIVT) caches. Explain your answer.*

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

## **Aufgabe 5: I/O, Hintergrundspeicher und Dateisysteme**

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

- a) Welche drei Benutzerklassen kennt das traditionelle Modell der UNIX-Zugriffskontrolle? Was ist der Vorteil von ACLs gegenüber diesem Modell im Bezug auf die Differenzierung zwischen einzelnen Nutzern?

**2 pt**

*Which three classes of users are present in the traditional UNIX access control model? What advantage do ACLs have compared to this model in terms of differentiating between users?*

---

---

---

---

---

---

---

- b) Woran erkennt das Betriebssystem nach dem Löschen eines Hard Links, dass der zugehörige Inode freigegeben werden kann?

**1 pt**

*When a hard link is removed, how does the operating system detect that the corresponding inode can be deleted?*

---

---

---

---

- c) Gegeben sei ein Dateisystem, das nur jene Blöcke einer Datei physisch alloziert, welche auch beschrieben wurden; unabhängig von der Größe der Datei im Dateisystem. Welche in der Vorlesung vorgestellte Allokationsstrategie eignet sich für dieses Dateisystem am besten? Begründen Sie Ihre Antwort.

**2 pt**

*Consider a file system, which physically allocates only those blocks of a file that have been written; irrespective of the file's size in the file system. Which of the allocation policies presented in the lecture is most suited for this file system? Explain your answer.*

---

---

---

---

---

---

---

- d) Erläutern Sie, warum das abrupte Ausschalten eines Computers zum Verlust kürzlich geschriebener Dateiinhalte führen kann, obwohl die zugehörigen Systemaufrufe zum Schreiben erfolgreich abgeschlossen wurden. Wie verhindert Journaling in so einem Fall die Beschädigung der Dateisystemstruktur?

**3 pt**

*Explain why a sudden computer switch-off can lead to the loss of recently written file data, although the corresponding write system calls have completed successfully. How does journaling prevent the corruption of the file system in such a case?*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- e) Was ist der wichtigste Vorteil einer File Allocation Table (FAT) gegenüber Chained Allocation?

**1 pt**

*What is the main advantage of a file allocation table (FAT) compared to chained allocation?*

---

---

---

---

---

- f) Wie viele Bits muss ein Eintrag in einer FAT mindestens haben, wenn die FAT ein 1 MiB großes Dateisystem in 256 Bytes großen Blöcken verwaltet? Begründen Sie Ihre Antwort.

**2 pt**

*How many bits are required for every FAT entry if the FAT is used to manage a 1 MiB file system with 256 byte blocks? Explain your answer.*

---

---

---

---

---

- g) Warum führt Programmed I/O üblicherweise zu hoher Prozessorauslastung, wenn das Betriebssystem schnell auf Eingaben von Geräten reagieren soll?

**1 pt**

*Why does programmed I/O cause high CPU utilization if the OS should quickly react to device input?*

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**