

Nachname/*Last name*

Vorname/*First name*

Matrikelnr./*Matriculation no*

## Nachklausur 25.09.2015

- Bitte tragen Sie zuerst auf dem Deckblatt Ihren Namen, Ihren Vornamen und Ihre Matrikelnummer ein. Tragen Sie dann auf den anderen Blättern (auch auf dem Konzeptblatt) 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 the draft page).*
- Die Prüfung besteht aus 11 Blättern: Einem Deckblatt und 10 Aufgabenblättern mit insgesamt 5 Aufgaben.  
*The examination consists of 11 pages: One cover sheet and 10 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) Welche Abstraktion wird vom Betriebssystem für das Multiplexen von CPUs bereitgestellt?

**0.5 pt**

*What abstraction does the operating system supply for multiplexing CPUs?*

---

---

- b) Was versteht man unter der *Trap* Instruktion? Ist diese privilegiert?

**1.5 pt**

*What is the trap instruction? Is it privileged?*

---

---

---

---

---

- c) Nennen Sie eine Betriebssystemfunktion für die üblicherweise kein Eintritt in den Kern notwendig ist. Begründen Sie Ihre Antwort.

**1.5 pt**

*Give an operating system function that typically does not require entering the kernel. Explain your answer.*

---

---

---

---

---

- d) Bewerten Sie folgende Aussage: Bei einem Systemaufruf muss das Page Table Directory (CR3) ausgetauscht werden, um in den Kernadressraum zu wechseln. Begründen Sie Ihre Antwort.

**2 pt**

*Evaluate the following statement: On a system call, the page table directory (CR3) must be switched to transition to the kernel address space. Explain your answer.*

---

---

---

---

---

- e) Was versteht man unter einem *Trampolin für Systemaufrufe*? Wie stellt der Kernel dieses einem Prozess zur Verfügung?

**3 pt**

*What is a system call trampoline? How does the kernel provide a process access to the trampoline?*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- f) Nennen Sie eine CPU Ausnahme, die eine weitere Ausführung des Programms erlaubt. Welche Bedingungen müssen dabei erfüllt sein?

**1.5 pt**

*Give a CPU exception that allows continuing program execution. What conditions must be fulfilled in that case?*

---

---

---

---

---

- g) Unterstreichen Sie diejenigen Segmente, die *nicht* Teil einer ELF-Datei sind. Geben Sie eine kurze Begründung, warum diese nicht Bestandteil sind.

**2 pt**

*Underline those segments that are not part of an ELF file. Shortly explain why these segments are missing.*

Data   R/O-Data   Heap   BSS   Text   Stack

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

## Aufgabe 2: Prozesse und Threads

### Assignment 2: Processes and Threads

- a) Welche der folgenden Aussagen sind richtig?  
 (falsches Kreuz: -0.5P, kein Kreuz: 0P, korrektes Kreuz: 0.5P)

2 pt

Which of the following statements are correct?  
 (incorrectly marked: -0.5P, not marked: 0P, correctly marked: 0.5P)

- |                          |                          |  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| korrekt/<br>correct      | inkorrekt/<br>incorrect  |  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Systemaufruf <code>exec()</code> erstellt einen neuen Prozess<br><i>The <code>exec()</code> system call creates a new process</i>  |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Das PSJF-Schedulingverfahren garantiert, dass jeder Thread nach endlicher Wartezeit mindestens eine Zeitscheibe erhält<br><i>PSJF scheduling guarantees that each thread receives at least one timeslice after a finite waiting time</i> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der Konvoi-Effekt kann beim PSJF-Schedulingverfahren nicht auftreten<br><i>The convoy effect does not occur with PSJF scheduling</i>   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Der PCB enthält üblicherweise Informationen über geöffnete Dateien<br><i>The PCB typically contains information about open files</i>   |

- b) Gegeben seien fünf 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)*. Ein Kasten im Zeitplan stellt eine Zeiteinheit dar.

4 pt

Consider five processes on a uniprocessor 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)*. A box in the scheduling plan represents one unit of time.

Process	Arrival Time	Burst-Time
1	2.5	5
2	7.5	3
3	1.5	6
4	4.5	1
5	0	3

Shortest Job First (SJF)

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

Round-Robin (RR)

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

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

**2 pt**

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

Process	Waiting time
1	
2	
3	
4	
5	

d) Berechnen Sie für den obigen *RR-Ablaufplan* die Tournaround-Zeit aller Prozesse.

**2 pt**

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

Process	Turnaround time
1	
2	
3	
4	
5	

e) Was versteht man unter *kooperativem Scheduling*? Geben Sie je einen Vor- und Nachteil von kooperativem Scheduling an.

**2 pt**

*What is cooperative scheduling? Give an advantage and a disadvantage of cooperative scheduling.*

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

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

a) Was sind die vier notwendigen Bedingungen für einen Deadlock?

**2 pt**

*What are the four necessary conditions for a deadlock?*

---

---

---

---

b) Was sind *race conditions*? Wie können diese vermieden werden?

**2 pt**

*Explain the term race condition. How can race conditions be avoided?*

---

---

---

---

---

---

c) Gegeben sei ein System, das nicht-blockierende (d.h. asynchrone) Interprozesskommunikation (IPC) unterstützt. Warum muss eine korrekte Implementierung dieses Systems das Erzeuger-Verbraucher-Problem (*producer-consumer-problem*) lösen? Welche Designentscheidung für IPC würde die der Konstruktion des Systems zugrundeliegende Synchronisationsaufgabe vereinfachen?

**3 pt**

*Assume a system that supports non-blocking (i.e., asynchronous) inter-process communication (IPC). Explain why a correct implementation of this system must solve the producer-consumer problem.*

*Which design choice for IPC would simplify the synchronization task involved in building this IPC system?*

---

---

---

---

---

---

---

---

d) Welche der notwendigen Bedingungen für eine gültige Lösung des Problems kritischer Abschnitte werden von einfachen Spinlocks erfüllt, welche nicht? Erläutern Sie jeweils warum.

Welcher andere Synchronisationsmechanismus erfüllt alle diese Bedingungen?

**5 pt**

*Which of the requirements for a valid solution of the critical section problem do simple spinlocks fulfill, which not? For each requirement explain why / why not.  
State another synchronization mechanism that does fulfill all of these requirements.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

### Aufgabe 4: Speicher

#### Assignment 4: Memory

- a) Nennen Sie die zwei Ursachen für das Auftreten von Seitenfehlern aus Sicht der MMU. Erläutern Sie jeweils kurz wie das Betriebssystem diese üblicherweise behandelt.

**3 pt**

*Give the two causes for page faults from the MMU's perspective. Briefly explain how the operating system typically handles each cause.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- b) Gegeben sei ein System mit vier physischen Seitenrahmen. Vervollständigen Sie die Übersetzungstabelle für einen Prozess der auf virtuelle Seiten in der unten angegebenen Reihenfolge zugreift. Verwenden Sie den Clock-Algorithmus zur Seitenersetzung. Nehmen Sie an, dass der zirkuläre Puffer der Uhr in aufsteigender Reihenfolge der Rahmennummern sortiert ist (Rahmen 0, 1, 2, 3), die Hand der Uhr initial auf Rahmen 0 (unterstrichen) zeigt und das Referenzbit (R) für die Seite 0 gesetzt ist.

**5 pt**

*Consider a system with four page frames. Complete the mapping table for a process that accesses virtual pages in the order given below with clock page replacement. Assume the circular buffer of the clock to be in ascending order (i.e., frame 0, 1, 2, 3), the clock hand to be initially positioned at frame 0 (underlined), and the reference bit (R) for page 0 to be set.*

Frames	$Pages(t_0)$	$Pages(t_1)$	$Pages(t_2)$	$Pages(t_3)$	$Pages(t_4)$	$Pages(t_5)$
0	<u>2</u>					
1	0 (R)					
2	4					
3	3					

Zugriffsfolge auf virtuelle Seiten / Virtual page reference string: **5 2 4 1 3**



- c) Geben Sie je ein Beispiel an, wann das Betriebssystem einzelne bzw. mehrere Einträge in einem TLB ohne Tagging invalidieren muss.

**1 pt**

*When does the operating system need to invalidate individual entries in a non-tagged TLB? When does the operating system need to invalidate multiple entries? Give one example each.*

---

---

---

- d) Wie groß ist der maximal adressierbare virtuelle Speicher bei einer dreistufigen Seitentabelle mit 4 Einträgen in der oberste Seitentabelle und 512 Einträgen in den folgenden Stufen? Gehen Sie davon aus, dass jede Seite 4 KiB umfasst und der Speicher byte-weise adressierbar sein soll.

Wieviele Bits muss die virtuelle Adresse mindestens lang sein, um den gesamten Adressraum abzudecken?

**1 pt**

*What is the size of the maximally addressable virtual memory when using a three-level page table hierarchy with 4 entries in the top-most level and 512 entries in each following level? Assume each page to be 4 KiB in size and that the memory should be byte-addressable.*

*What is the minimal length (in bits) for a virtual address that can cover the entire address space?*

MaxAddressableVirtualMemory =

---

---

MinVirtualAddressLength =

---

---

- e) Diskutieren Sie Vor- und Nachteile von Demand-Paging und Pre-Paging.

**2 pt**

*Discuss advantages and disadvantages of demand-paging and pre-paging.*

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

## **Aufgabe 5: Hintergrundspeicher und Dateisysteme**

### *Assignment 5: Secondary Storage and File Systems*

- a) Was versteht man unter Logical Block Addressing (LBA) zur Adressierung von Festplattensektoren? Nennen Sie einen Vor- und einen Nachteil gegenüber Cylinder Head Sector (CHS) Adressierung. Begründen Sie Ihre Antwort.

**2 pt**

*Explain the term logical block addressing (LBA) to address disk sectors. Give one advantage and one disadvantage compared to cylinder head sector (CHS) addressing. Explain your answer.*

---

---

---

---

---

---

---

- b) Ein Verbund aus vier Festplatten kann für unterschiedliche RAID Level konfiguriert werden. Wie viele Festplatten können in der jeweiligen Konfiguration ausfallen, bevor Daten endgültig verloren gehen? Begründen Sie jeweils Ihre Antwort.

**4 pt**

*An array of four hard disks can be configured for different RAID levels. How many disks can fail in each configuration before data is permanently lost? Explain your answer.*

RAID 0:

---

---

---

RAID 1:

---

---

---

RAID 4:

---

---

---

RAID 5:

---

---

---

- c) Moderne Betriebssysteme verwenden für SSDs den `trim`-Befehl. Warum wird dieser Befehl nicht für HDDs verwendet?

**1 pt**

*Modern operating systems use the `trim` command for SSDs. Why is this command not used for HDDs?*

---

---

---

---

- d) Nennen Sie vier Metadaten, die das Betriebssystem für eine geöffnete Datei halten muss. Welche der Informationen werden systemweit nur einmal, welche pro geöffneten Instanz gespeichert?

**2 pt**

*Give four pieces of metadata that the operating system has to store for an open file. Which information is stored once per system and which once per open file instance?*

---

---

---

---

---

- e) Erläutern Sie Unterschiede in der Implementierung von harten und symbolischen Links. Geben Sie jeweils ein Verwendungsbeispiel an.

**3 pt**

*Explain the implementation differences of hard and soft links. Give a usage example for each.*

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**