

Nachname/*Last name*

Vorname/*First name*

Matrikelnr./*Matriculation no*

# Hauptklausur

## 03.03.2016

- 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 13 Blättern: Einem Deckblatt und 12 Aufgabenblättern mit insgesamt 5 Aufgaben.  
*The examination consists of 13 pages: One cover sheet and 12 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 Sie die zwei grundlegenden Aufgaben eines Betriebssystems.

**1 pt**

*Name the two basic functions of an operating system.*

---

---

b) Erklären Sie den Unterschied zwischen einem Interrupt und einer Exception.

**2 pt**

*Explain the difference between an interrupt and an exception.*

---

---

---

---

c) Erklären Sie den Begriff *multiprogramming*.

**1 pt**

*Explain the term multiprogramming.*

---

---

---

d) I/O-Instruktionen, mit denen auf Geräte zugegriffen wird, sind normalerweise privilegiert, d.h. diese Instruktionen können nur im Kernelmodus, aber nicht im Benutzermodus ausgeführt werden. Geben Sie einen Grund an, warum diese Instruktionen privilegiert sein sollten. Nennen Sie außerdem einen Grund, warum es sinnvoll sein kann, dem Benutzermodus direkten Zugriff auf bestimmte Geräte zu geben.

**2 pt**

*I/O-instructions, which are used for accessing hardware devices, are typically privileged (i.e., these instructions can only be executed in kernel mode). Give a reason why these instructions are privileged. Also, give a reason why it may be beneficial to allow user mode direct access to some devices.*

---

---

---

---

---

---

- e) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, die Parameter eines Systemaufrufs an den Kernel zu übergeben. Welche dieser Möglichkeiten würden Sie wählen? Begründen Sie Ihre Antwort.

2 pt

*Name two ways of passing the parameters of a system call to the kernel. Which of these ways would you prefer? Explain your answer.*

---

---

---

---

---

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

4 pt

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

korrekt/ correct	inkorrekt/ incorrect
---------------------	-------------------------

- |                          |                          |                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Zu jedem Kernel-Thread gehört ein eigener, geschützter Adressraum.<br><i>Each kernel thread has its own, protected address space.</i>                                                                                                   |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Systemaufrufe sind eine Form von Interrupts.<br><i>System calls are a type of interrupt.</i>                                                                                                                                            |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ein Aufruf der Funktion <code>malloc()</code> kann eine Vergrößerung des Heap-Segments zur Folge haben.<br><i>A call to <code>malloc()</code> can increase the size of the heap-segment.</i>                                            |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Die maximale Größe des virtuellen Adressraums kann unabhängig von der verwendeten Hardware frei gewählt werden.<br><i>The maximum size of a virtual address space can be chosen independently of the hardware used.</i>                 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ein Programm kann durch mehrere Prozesse gleichzeitig ausgeführt werden.<br><i>A program can be executed by multiple processes simultaneously.</i>                                                                                      |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Dieselbe virtuelle Adresse in unterschiedlichen Adressräumen kann auf unterschiedliche physische Adressen verweisen.<br><i>The same virtual address in different virtual address spaces can reference different physical addresses.</i> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Um mehrere nebenläufige Prozesse zu unterstützen ist Verdrängung von Prozessen zwingend erforderlich.<br><i>Preemption is necessary to support multiple concurrent processes.</i>                                                       |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ein Erhöhen der Seitengröße des virtuellen Speichers führt zu mehr interner Fragmentierung.<br><i>Increasing the page size of virtual memory increases internal fragmentation.</i>                                                      |

**Total:  
12.0pt**

## Aufgabe 2: Prozesse und Threads

### Assignment 2: Processes and Threads

- a) Ist es sinnvoll, auf einem System mit nur einer CPU mehrere Threads zu verwenden? Begründen Sie Ihre Antwort.

1 pt

*Does it make sense to use multiple threads on a computer with only one CPU? Explain your answer.*

---



---



---



---

- b) Gegeben seien fünf Prozesse auf einem Einprozessorsystem mit den angegebenen Ankunftszeiten (0 = Start), Burst-Zeiten und Prioritäten (hohe Werte werden bevorzugt). Vervollständigen Sie die untenstehenden Ablaufpläne für die Strategie *Preemptive Shortest Job First (PSJF)* sowie die Strategie *Preemptive Strict Priority (PSP)*. Ein Kasten im Zeitplan stellt eine Zeiteinheit dar.

4 pt

*Consider five processes on a uniprocessor system, with given arrival times (0 = start), burst times, and priorities (high values are favored). Complete the scheduling plans given below for the policy Preemptive Shortest Job First (PSJF) and the policy Preemptive Strict Priority (PSP). A box in the scheduling plan represents one unit of time.*

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

Preemptive Shortest Job First (PSJF)

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

Preemptive Strict Priority (PSP)

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

- c) Berechnen Sie für den obigen *PSJF-Ablaufplan* die Turnaround-Zeit aller Prozesse. **2.5 pt**  
*For the above PSJF scheduling plan, calculate the turnaround time of each process.*

Process	Turnaround time
1	
2	
3	
4	
5	

- d) Berechnen Sie für den obigen *PSP-Ablaufplan* die Wartezeit aller Prozesse. **2.5 pt**  
*For the above PSP scheduling plan, calculate the waiting time of each process.*

Process	Waiting time
1	
2	
3	
4	
5	

- e) Betrachten Sie einen Drucker, der ununterbrochen neue Aufträge von vielen Nutzern erhält. Immer wenn ein Auftrag fertig bearbeitet ist, verwendet der Drucker folgenden Scheduling-Algorithmus, um den nächsten Auftrag zum Drucken auszuwählen: Zunächst werden alle Aufträge aufsteigend nach Ihrer Seitenzahl sortiert. Anschließend wird der Auftrag mit der geringsten Seitenzahl ausgeführt. Ist der beschriebene Scheduling-Algorithmus in diesem Szenario eine gute Wahl? Begründen Sie Ihre Antwort. **2 pt**

*Consider a printer which continuously receives print jobs from many users. Whenever the printer has finished printing a job, it uses the following scheduling algorithm to select the next job for execution: First, it sorts all queued print jobs in ascending order of their page count. Then, it prints the job containing the smallest number of pages.*

*Is the scheduling algorithm described above a good choice in the above scenario? Explain your answer.*

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

**Total:  
12.0pt**

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

- a) Nennen und erläutern Sie kurz die drei notwendigen Bedingungen für eine gültige Lösung des Problems kritischer Abschnitte.

**3 pt**

*Enumerate and briefly explain the three requirements for a valid solution of the critical section problem.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

- b) Welche Informationen über die Ressourcennutzung von Programmen benötigt ein System zur Laufzeit, um Deadlockvermeidung (*deadlock avoidance*) zu implementieren?

**2 pt**

*Which information about resource usage of processes do you need in an operating system at runtime for implementing deadlock avoidance?*

---

---

---

---

---

---

- c) Nennen Sie die zwei grundlegenden Arten des Wartens in Synchronisationsprimitiven. Warum ist auf einem Einprozessorsystem nur eine davon sinnvoll, und welche ist dies?

2 pt

*State the two fundamental forms of waiting within synchronization primitives. Why does only one of them make sense on a single-processor system, and which one is that?*

---

---

---

---

---

---

---

- d) Betrachten Sie den Pseudocode für Interprozesskommunikation (IPC) in Listing 1. Klassifizieren Sie die hier eingesetzte IPC möglichst präzise nach den Begriffen der Vorlesung.

2 pt

*Consider the pseudocode for interprocess communication (IPC) in Listing 1. Describe the IPC mechanism used here as specific as possible using the classification terms from the lecture.*

```
char * msg = "Hello_World!";  
mqd_t mq = mq_open("my_message_queue", O_NONBLOCK | O_CREAT | O_RDWR);  
mq_setattr(mq, maxmsg=32 /* queue capacity */, msgsize=512);  
mq_send(mq, msg, strlen(msg), 0);
```

Listing 1

---

---

---

---

---

---

---

e) Betrachten Sie das in Abbildung 1 dargestellte System und die zukünftigen Systemaufrufe der drei Prozesse in Listing 2. Befindet sich das System in einem sicheren Zustand (*safe state*)? Begründen Sie Ihre Antwort.

**3 pt**

*Consider the system depicted in Figure 1 and the three processes' future system calls in Listing 2. Is the system in a safe state? Explain why.*

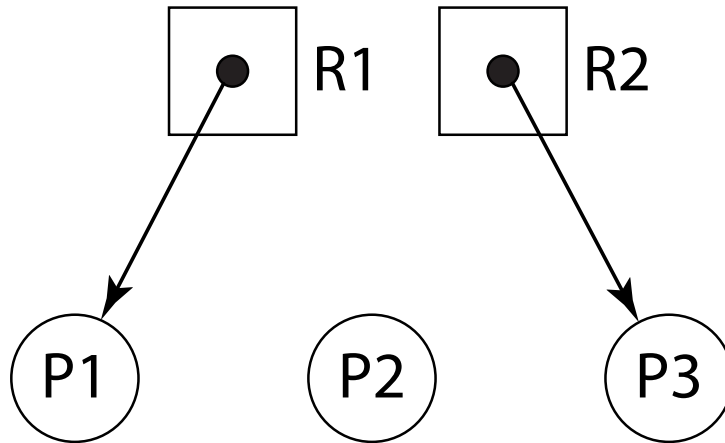


Abbildung 1 / Figure 1

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

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

P3: release (R2)

Listing 2

---

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
 12.0pt**



### **Aufgabe 4: Speicher**

#### *Assignment 4: Memory*

- a) Welche Art von TLB wird benötigt, um die Verwendung eines betriebssystemspezifischen Seitentabellenformats zur Übersetzung von virtuellen zu physischen Adressen zu erlauben? Begründen Sie Ihre Antwort.

**1 pt**

*What type of TLB is required to support an operating system specific page table format for the translation of virtual to physical addresses. Explain your answer.*

---

---

---

---

---

---

- b) Betrachten Sie ein System, das mittels Seitentabellen 24 bit virtuelle in 48 bit physische Adressen übersetzen soll. Jede Seite umfasst 4 KiB. Bewerten Sie folgende Seitentabellentypen nach ihrer Eignung für das gegebene System: (1) einstufige Seitentabelle, (2) mehrstufige Seitentabelle, (3) invertierte Seitentabelle.

**3 pt**

*Consider a system that should translate 24 bit virtual addresses to 48 bit physical addresses using page tables. Each page is 4 KiB in size. Evaluate the following types of page tables for use in the given system: (1) single-level page table, (2) multi-level page table, (3) inverted page table.*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

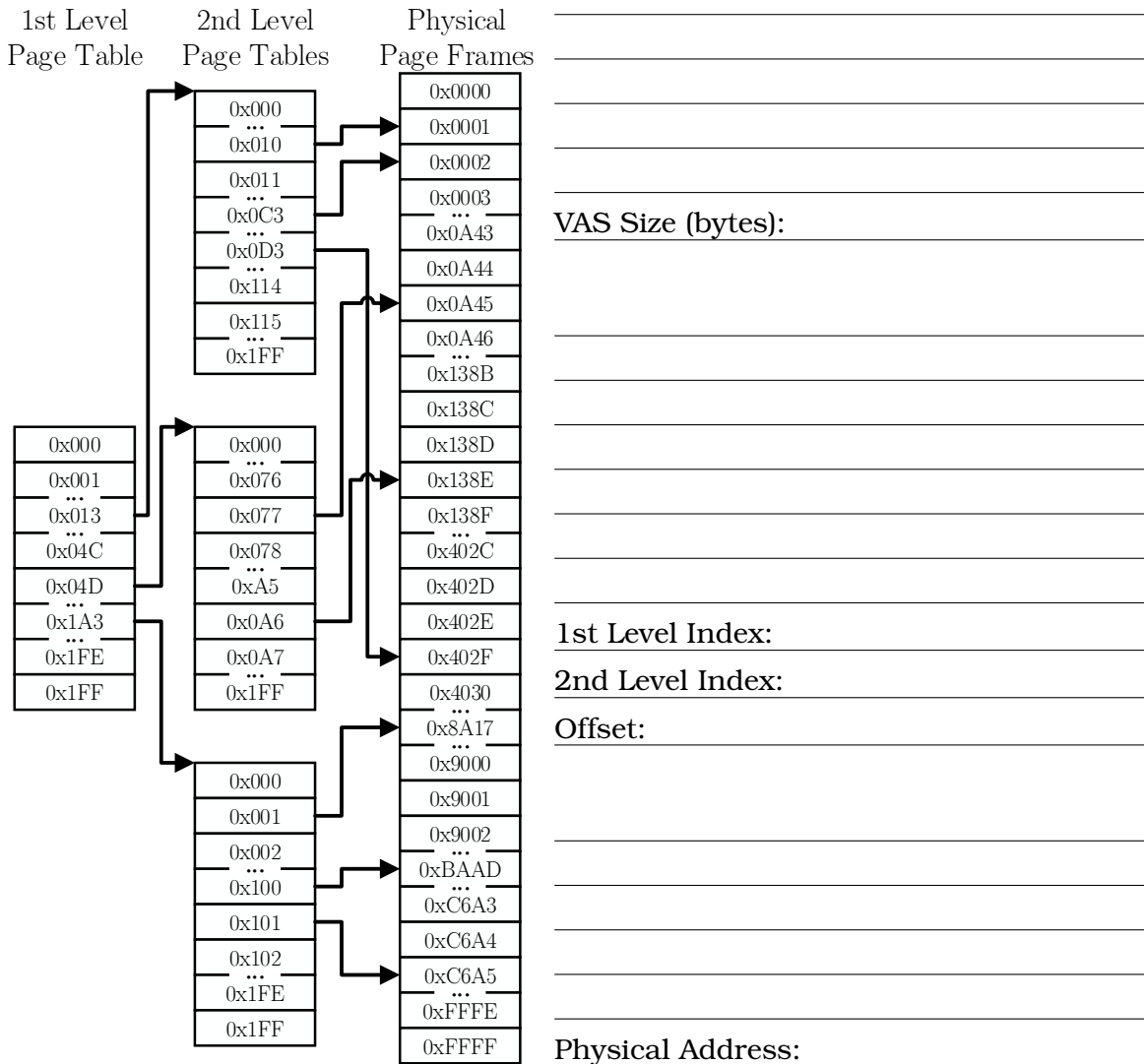
---

---

- c) Gegeben sei folgende zweistufige, hierarchische Seitentabelle. Die Größe einer Seite betrage 8 KiB. Geben Sie die Größe des virtuellen Adresraumes (VAS) in Bytes an. Zerlegen und Übersetzen Sie anschließend die virtuelle Adresse 0x04DA61FA.

5 pt

Consider the following two-level, hierarchical page table. The page size is 8 KiB. Give the size of the virtual address space (VAS) in bytes. Then, split and translate the virtual address 0x04DA61FA.



- d) Welche Information muss ein Seitentableneintrag mindestens enthalten, damit das Working-Set eines Prozesses bestimmt werden kann?

1 pt

What information must a page table entry contain at least to allow determining a process' working-set?

---



---



---

- e) Wieso kann eine beliebige Zuweisung von physischen zu virtuellen Seiten zu einer verminderten Ausführungsgeschwindigkeit führen, wenn ein physically-indexed, physically-tagged Cache verwendet wird? Nennen Sie eine Strategie zur Allokation von physischen Seiten, die diesem Problem entgegenwirkt.

**2 pt**

*An arbitrary assignment of physical pages to virtual pages can lead to reduced execution performance when working with a physically-indexed, physically-tagged cache. What might be the reason? What strategy for the allocation of physical pages can be used to mitigate the problem?*

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**

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

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

- a) Nennen und erläutern Sie zwei wesentliche Aufgaben eines I/O Subsystems in einem Betriebssystem.

**2 pt**

*Give and explain two essential tasks of an operating system's I/O subsystem.*

---

---

---

---

---

---

---

---

- b) Erläutern Sie die Unterschiede zwischen Programmed I/O und Interrupt-getriebener I/O.

**2 pt**

*Explain the differences between programmed I/O and interrupt-driven I/O.*

---

---

---

---

---

---

---

---

- c) Durch welche Technik kann der Datendurchsatz von Interrupt-getriebener I/O deutlich erhöht werden? Erläutern Sie kurz, wie diese Technik funktioniert.

**2 pt**

*What technique can noticeably increase the data throughput of interrupt-driven I/O? Briefly explain how this technique works.*

---

---

---

---

---

---

---

---

- d) Erläutern Sie, weshalb moderne Speichergeräte in der Regel keine Aussage über die tatsächliche Speicherposition von Daten auf dem physischen Medium erlauben. Wieso ist dies insbesondere bei SSDs der Fall?

**2 pt**

*Explain why modern storage devices usually do not allow conclusions on the actual storage position of data on the physical medium. Why is this particularly true for SSDs?*

---

---

---

---

---

---

---

---

Gegeben sei ein I-Node mit vier Plätzen zur direkten Blockadressierung, einem Platz zur einfach-indirekten Blockadressierung und einem Platz zur zweifach-indirekten Blockadressierung. Jeder Block umfasst 512 Bytes, eine Blockadresse 8 Bytes.

*Consider an i-node with four entries for direct block addressing, one entry for single-indirect block addressing, and one entry for double-indirect block addressing. A block is 512 bytes in size, a block address is 8 bytes long.*

- e) Um welche Art der Dateiblockallokation handelt es sich?

**1 pt**

*What kind of file block allocation is used?*

---

- f) Berechnen Sie den nötigen Speicherbedarf in Bytes zur vollständigen Adressierung einer 1 MiB großen Datei.

**3 pt**

*Calculate the amount of storage space in bytes required to fully address a 1 MiB file.*

---

---

---

---

---

---

---

---

**Total:  
12.0pt**