



**University of Karlsruhe**  
**System Architecture Group**  
**Gerd Liefländer**

**Tutors:**  
**Uwe Dannowski**  
**Espen Skoglund**  
**Volkmar Uhlig**

<i>Nachname/Last name</i>	<i>Vorname/First name</i>	<i>Matrikelnummer/ Matriculation number</i>

**System Architektur (Architecture)**  
**Klausur (Examination)**  
**WS 2001/2002, 12. April 2002**

- Bitte tragen Sie zuerst auf dem Titelblatt Ihren Namen, Vornamen und Ihre Matrikelnummer ein, ansonsten an allen vorgesehenen Stellen Ihre Matrikelnummer. *First of all please enter your last name, first name and matriculation number on this page, the enter your matriculation number on all pages where we have demanded for.*
- Die Prüfung dauert **60 Minuten** und besteht aus **5 Aufgaben** auf **11 Seiten** und **zwei Konzeptblättern**. *You have 60 minutes to complete your answers. The examination consists of 5 questions on 11 pages. You have received two additional blank pages for drafts, etc.*
- Die Prüfung ist mit mindestens 20 Punkten von 60 erreichbaren Punkten bestanden. *You pass the examination by obtaining at least 20 marks out of the possible 60 marks.*
- Es sind keinerlei Hilfen erlaubt! *No additional means are 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 more draft pages please notify one of the supervisors.*
- Bitte machen Sie eindeutig klar, was Ihre endgültige Lösung zu den jeweiligen Teilaufgaben ist. Teilaufgaben mit mehreren Lösungen oder mit widersprüchlichen Teilen werden mit 0 Punkten bewertet. *Make sure that it is absolutely clear what your final solution is for each subquestion. Subquestions with multiple solutions or with contradicting parts are void: 0 marks.*

**Die folgende Tabelle wird von uns ergänzt! *The below table is completed by us!***

<i>Aufgabe/Question</i>	1	2	3	4	5	Total
<i>Erreichbare Punkte Possible marks</i>	12	12	12	12	12	60
<i>Erreichte Punkte/ Obtained marks</i>						
<i>Note/Grade:</i>						

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Aufgabe/Question 1 (Zum Aufwärmen/Warm up, 2 + 4 + 1 + ... + 1 Punkte/marks)**

1. „Worin unterscheiden sich **lokale** von **globalen Seitenersetzungstrategien**?“  
“*How do local page replacement policies differ from global ones?*”

.....

.....

.....

.....

2. „Zählen Sie **vier praxismgerechte Plattenzugriffstrategien** (*disk scheduling policies*) auf!“  
“Enumerate **four usable disk scheduling policies.**”

.....

.....

.....

.....

Einige der folgenden Aussagen sind korrekt, einige inkorrekt. Unterstreichen Sie „korrekt“, wenn die Aussage korrekt ist, unterstreichen Sie „inkorrekt“, wenn die Aussage inkorrekt ist.  
*Some of the following statements are correct, some are incorrect. Underline “korrekt” if the statement is correct; underline “inkorrekt” if the statement is incorrect!*

3. „In UNIX werden **alle Kernfunktionen** im privilegierten Modus ausgeführt.“  
“*In UNIX all kernel functions are executed in privileged mode.*”

korrekt

inkorrekt

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Fortsetzung von Aufgabe 1 / Question 1 continued: (1+1+1+1+1 Punkte/marks)**

4. „Beim **symmetrischen Multiprocessing** kann **jede ausführbare System- oder Anwendungsaufgabe** (*system or user task*) von jedem Prozessor bearbeitet werden.“  
*“With symmetric multiprocessing each executable system- or user-task may run on every CPU.”*

korrekt

inkorrekt

5. „Ein **Vorteil** einer **größeren Zeitscheibe** (*larger time quantum*) beim **Round-Robin-Scheduling** ist der **reduzierte Scheduling-Overhead**.“  
*“One advantage of a larger time quantum with round-robin scheduling is the reduced scheduling overhead.”*

korrekt

inkorrekt

6. „In einem System mit **residentem Kern** benötigt man für den **Kernbereich keine Speicher-verwaltung**.“  
*“In a system with a resident kernel you don’t need memory management for the kernel area.”*

korrekt

inkorrekt

7. „Das Attribut **Referenzzähler** (*reference count*) im **Dateikopf** (*inode*) einer **UNIX-Datei** repräsentiert die **Anzahl** von **symbolischen** oder **Softlinks** auf diese Datei.“  
*“The attribute reference count in the inode of a UNIX-file keeps track of the number of symbolic or soft links to this file.”*

korrekt

inkorrekt

8. „Ein (Online-)Video-on-demand-Service gehört zur Klasse der Anwendungen mit **harten** Echtzeitanforderungen.“  
*“An online-video-on-demand-service belongs to the class of applications with hard real-time requirements.”*

korrekt

inkorrekt

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Aufgabe/Question 2****(6 + 2 + 4 Punkte/marks)**

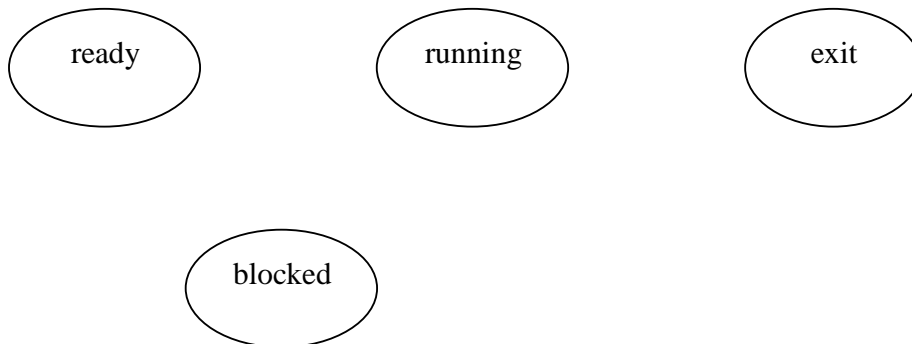
1. „Gegeben sei folgende Liste von Ereignissen, die Anlass zu einer **Kernaktivität** sein können:“

*“The following is a list of “events” which may cause the **kernel to run**:”*

Label	Event	Description
K	kernel-call exception	exception handler executes because of a kernel-call instruction
E	other exceptions	exception handler executes because of page-fault, arithmetic error, etc.
T	timer interrupt	timer interrupt handler executes
I	other interrupts	non-timer interrupt handler executes (e.g. console interrupt)

Ein **Einprozessorsystem** verwende ein verdrängendes Round-Robin Schedulingverfahren für alle Kernel-Level-Threads. Ergänzen Sie im unten angegebenen **Threadzustandsmodell** die möglichen **Threadzustandsübergänge** durch **entsprechende Pfeile** unter Verwendung der oben angegebenen „**Labels**“.

*A single-processor system uses a preemptive round-robin thread scheduler for all kernel-level threads. Complete the following **thread-state model** by adding the **corresponding arc** labeled by one of the above **labels** if you think that a **state-transition** may occur due to this system event.*



2. „Erklären Sie den Unterschied zwischen einem **verdrängenden Scheduler** (*scheduling with preemption*) und einem **nicht-verdrängenden Scheduler**!“

*“Explain the difference between a **preemptive scheduler** and a **non-preemptive scheduler**.”*

.....

.....

.....

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Fortsetzung von Aufgabe 2 / Question 2 continued:**

**(4 Punkte/marks)**

3. „Eine Applikation enthalte zwei Threads, einen Produzenten und einen Konsumenten. Der folgende Pseudocode beschreibt das Verhalten der beiden Threads.“

“An application consists of two threads, a Producer and a Consumer. The following pseudo-code describes the behavior of the two threads.”

```
data buffer[10];          /*array of buffers to hold produced data*/
semaphore sem = 0;       /*counting semaphore to synchronize the
                           accesses to the buffers*/
```

```
Producer;
FOR I FROM 1 TO 10 DO
    read from file into buffer[I]
    V(sem)
ENDFOR
```

```
Consumer;
FOR I FROM 1 TO 10 DO
    P(sem)
    compute contents of buffer[I]
ENDFOR
```

Der Produzent muß bei jedem Lesen von der Datei  $t_{\text{read}}$  Zeiteinheiten warten, wobei er blockiert wird. Der Konsument benötige  $t_{\text{compute}}$  Zeiteinheiten, um den Wert eines Pufferinhalts zu verarbeiten. Sonstige Bearbeitungszeiten beider Threads seien vernachlässigbar.

- a) Wenn beide Threads als **reine User-Level Threads** implementiert sind, wie lange dauert dann die **Gesamtbearbeitungszeit der Applikation**?
- b) Wenn beide Threads als **Kernel-Level-Threads** implementiert sind, wie lange dauert dann die **Gesamtbearbeitungszeit**?

Hinweis: Ihre Antworten sollten geschlossene Ausdrücke aus  $t_{\text{read}}$  und/oder  $t_{\text{compute}}$  sein.

Suppose the Producer blocks for a time  $t_{\text{read}}$  each time it reads from the file, and the Consumer takes  $t_{\text{compute}}$  to compute a buffer's worth of data. The execution-time of the remaining parts of the pseudo-code for both threads is negligible.

- a) If the threads are implemented entirely as **pure user-level threads**, what will be the **total time** required for the **complete application**?
- b) If the threads are implemented entirely as **kernel-level threads**, what will be the **total time** required for the **complete application**?

Hint: Your answers should be single expressions involving  $t_{\text{read}}$  and/or  $t_{\text{compute}}$ .

a) .....

b) .....

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Aufgabe 3 / Question 3:****(4 + 4 + 4 Punkte/marks)**

1. „Beschreiben Sie das Phänomen **Prioritätsumkehr** (*priority inversion*) in einem System, das eine **prioritätsgesteuerte, verdrängende Umschaltung** (*scheduling*) mit **exklusiven Betriebsmitteln** (*mutual exclusive resources*) benutzt. Ihre Erläuterung sollte den Unterschied zwischen **kontrollierter** und **unkontrollierter Prioritätsumkehr** (auch begrenzte bzw. unbegrenzte Prioritätsumkehr genannt) beinhalten, ferner eine Begründung dafür, warum diese Unterscheidung wichtig ist.“  
“Describe the phenomenon **priority inversion** in a system that uses **priority-driven preemptive scheduling** with **mutually exclusive resources**. You should include an explanation of the difference between **controlled** and **uncontrolled priority inversion** (also called *bound* and *unbound* priority inversion), and a reason why this distinction is important.”

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Fortsetzung von Aufgabe 3 / Question 3 continued:**

**(4 Punkte/marks)**

2. „**Betriebsmittelvergabeprotokolle** können in einem System, das eine prioritätsgesteuerte, verdrängende Umschaltung mit exklusiven Betriebsmitteln benutzt, dazu verwendet werden, die Prioritätsumkehr zu begrenzen und zu minimieren.
- Nennen Sie **zwei solcher Protokolle**.
  - Beschreiben Sie deren **Wirkungsweise** im Detail. Sie sollten hierzu sowohl die **Umschaltstrategie**, die **Betriebsmittelvergabe**strategie, als auch die **Prioritätszuweisung** für jedes der beiden Protokolle erläutern.
  - Vergleichen** Sie **Vor-** und **Nachteile** beider Protokolle.“

*“Resource allocation protocols can be used in a system that uses priority-driven preemptive scheduling with mutually exclusive resources to bound and minimize priority inversion.*

- Name **two such protocols**.*
- Describe how your two chosen protocols **work in detail**. You might need to describe **scheduling, resource allocation, and priority management rules** for each protocol.*
- Compare the advantages and disadvantages** of your chosen protocols.”*

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Fortsetzung von Aufgabe 3 / Question 3 continued:**

**(4 Punkte/marks)**

3. „Ein System bestehe aus den drei unten angegebenen Jobs. Es gebe drei **exklusive** Betriebsmittel **A, B** und **C**. Die Betriebsmittelanforderungen sind pro Job in der folgenden Form gegeben  $J_i: [A;2 [B;3]]$ , wobei **i** die **Priorität** von Job **J** bedeutet (kleinerer Index bedeutet höhere Priorität), und **J** das Betriebsmittel **A** **zwei** Zeiteinheiten lang benötigt. **Während** J dieses Betriebsmittel A besitzt, benötigt er zusätzlich das Betriebsmittel **B** **drei** Zeiteinheiten lang.“

“A system contains the three jobs below. There are three **exclusive** resources **A, B, and C**. The resource requirements are given below in the form of  $J_i: [A;2 [B;3]]$ , where **i** is the priority of **J** (given  $J_i$  and  $J_j$ , if  $i < j$ , **i** has a higher priority), and **J** requires resource **A** for 2 units of time. **While** holding resource **A, J** requires resource **B** for 3 units of time.”

$J_1: [B ;1]$   
 $J_2: [C ;3 [A ;1]]$   
 $J_3: [B ;1 [A ;1]]$

„Wie groß wird die **maximale Blockiertzeit** für **jeden Job**, wenn zum einen das **„nichtverdrängende Protokoll für kritischer Abschnitte“**, zum anderen das **„Priority-Ceiling Protokoll“** verwendet wird?“

“What is the **maximum blocking time** for each job under the “**non-preemptive critical sections protocol**”, and the “**priority ceiling protocol**”?”

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Aufgabe/Question 4****(2 + 4 + 2 + 4 Punkte/marks)**

1. „Einer der Entwurfsparameter beim virtuellem Speicher ist die **Seitengröße**. Zählen Sie **einen Vor-** und **einen Nachteil** auf, wenn Sie sich für eine **große** statt für eine **kleine** Seitengröße entscheiden! Formulieren Sie **präzise und bestimmt!**“

*“One of the parameters of a virtual memory is its **page size**. Give **one advantage** and **one disadvantage** of choosing a **large page size** rather than a **small one**. Be **precise and specific**.”*

.....

.....

.....

.....

2. „Oft ist der **tatsächlich genutzte Anteil** einer Applikation an virtuellem Speicher wesentlich kleiner als der **maximale virtuelle Benutzeradressraum**, der vom System zur Verfügung gestellt wird. In diesem Fall könnte das System wünschen, daß es **keine Seitentabelleneinträge** für den nicht genutzten Teil des Benutzeradressraums unterhalten muß. Welche Möglichkeiten bestehen **prinzipiell**, die Zahl der **nicht benötigten Seitentabelleneinträge** für kleine Applikationen zu **limitieren**?“

*“Often, the **actual amount** of virtual memory used by an application task is much less than the **maximum address space** of the **application** that is permitted by the system. In this case, the system may wish to avoid storing **page table entries** for unused pages of the user address space. Which possibilities do exist **in principle** for **limiting the number** of **unused page table entries** for small tasks?”*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Fortsetzung von Aufgabe 4 / Question 4 continued:** (2 + 4 Punkte/marks)

3. “Ein winziges System mit virtuellem Speicher habe nur 2 Kacheln (*page frames*) und benutze Seitenersetzung auf Verlangen (*paging on demand*). Beide Kacheln seien zunächst leer. Betrachten Sie den unten angegebenen Seitenreferenzstring. Geben Sie eine **untere Schanke** für die **Zahl der Seitenfehler** bei diesem Seitenreferenzstring an!”

*“A tiny system with virtual memory has only 2 page frames of physical memory, and uses demand paging. Both page frames are initially empty. Consider the following page reference string:*

**Seitenreferenzstring/page reference string: 1 2 3 2 3 1 3 1 2 1**

*Give a lower bound on the number of page faults that will result from this page reference string.”*

4. „Ein virtuelles Speichersystem soll auf einer MMU implementiert werden, die **kein Referenzbit (R)** in den Seitentableneinträgen unterstützt. Mit anderen Worten, die MMU setzt nicht automatisch ein R-Bit, wenn auf die entsprechende Seite zugegriffen wird. Die einzigen von der MMU unterstützten Kontrollbits sind das **Modifiziertbit (D = dirty bit)** und das **Präsenzbit (V = valid bit)**. Zeigen Sie, wie man ein **R-Bit in Software** unter den oben gegebenen Hardwarevoraussetzungen effizient simulieren kann. Das simulierte R-Bit soll sich genauso wie ein hardware-unterstütztes R-Bit verhalten. Um dies zu erreichen, kann die Software beliebige Kontrollbits in den Seitentableneinträgen definieren und verwalten.“

*“A virtual memory system is to be implemented on an MMU that does **not** support a **reference (R) bit** in page table entries. In other words, the MMU does not automatically set an R bit each time a page is referenced. The only page table entry bits supported by the MMU are a **dirty (D) bit** and a **valid (V) bit**. Show how an **R bit** can be simulated efficiently in **software** by the virtual memory system, using no hardware facilities other than the ones described above. This simulated R Bit should appear to behave just like an MMU-supported R bit would. To simulate the R bit, the software may define and use any page table control bits it wishes to, but such bits will not be used by the MMU.”*





<b>Matrikelnummer/<i>Matriculation number</i></b>	
---	--

<b>Matrikelnummer/<i>Matriculation number</i></b>	
---	--

<b>Matrikelnummer/Matriculation number</b>	
--	--

**Einverständnis (Agreement):**

Ich stimme zu, daß mein Klausurergebnis in einer durch ein Passwort geschützten Ergebnisliste im Web bekanntgegeben wird. Die Liste wird Einträge der Form: **Matrikelnummer, erzielte Punkte und voraussichtliche Note** enthalten.

*I agree that my results will be published on the web in a password protected web page. The web page will contain entries of the form: **matriculation number, obtained marks, and prospective grade.***

Unterschrift (Signature): .....