

Musterlösung der Abschlussklausur („Werkstück B“)

Betriebssysteme und Rechnernetze

31. Juli 2024

Name: _____

Vorname: _____

Matrikelnummer: _____

Mit dem Bearbeiten dieser schriftlichen Prüfung (Klausur) bestätigen Sie, dass Sie diese alleine bearbeiten und dass Sie sich gesund und prüfungsfähig fühlen. Mit dem Erhalt der Aufgabenstellung gilt die Klausur als angetreten und wird bewertet.

By attending this written exam, you confirm that you are working on it alone and feel healthy and capable to participate. Once you have received the examination paper, you are considered to have participated in the exam, and it will be graded.

- Schreiben Sie Ihre Lösungen auf die vorbereiteten Blätter. Eigenes Papier darf *nicht* verwendet werden.
- Als Hilfsmittel ist ein *selbständig vorbereitetes* und *handschriftlich einseitig beschriebenes DIN-A4-Blatt* zugelassen (keine Kopien!).
- Verwenden Sie *keinen* Rotstift.
- Bearbeitungszeit: *60 Minuten*
- Schalten Sie Ihre Mobiltelefone aus.

$\Sigma_{WS A}$ _____ $\Sigma_{WS A+B}$ _____ Note _____

Aufgabe:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\Sigma_{WS B}$
Max. Punkte:	7	7	7	8	9	6	7	4	5	60
Erreichte Punkte:										

1.0: 120.0-114.0, **1.3:** 113.5-108.0, **1.7:** 107.5-102.0, **2.0:** 101.5-96.0, **2.3:** 95.5-90.0,
2.7: 89.5-84.0, **3.0:** 83.5-78.0, **3.3:** 77.5-72.0, **3.7:** 71.5-66.0, **4.0:** 65.5-60.0, **5.0:** <60

Aufgabe 1)

Punkte: von 7

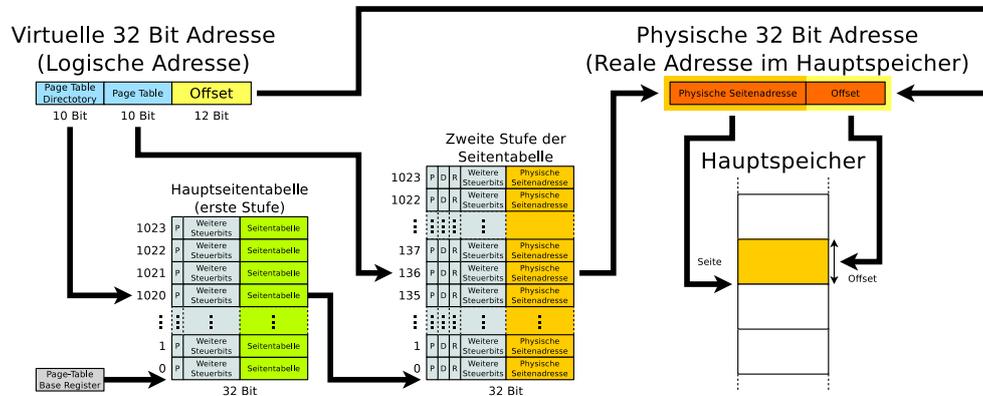
- (1) Nennen Sie ein Beispiel für ein Singletasking-Betriebssystem. 1/2 P.
MS-DOS, Palm OS
- (2) Nennen Sie ein Beispiel für ein Multitasking-Betriebssystem. 1/2 P.
Linux/UNIX, MacOS X, Server-Versionen der Windows NT-Familie, MacOS 8x/9x, AmigaOS, Risc OS, OS/2, Windows 3x/95/98, BeOS
- (3) Nennen Sie ein Beispiel für ein Single-User-Betriebssystem. 1/2 P.
MS-DOS, Palm OS
- (4) Nennen Sie ein Beispiel für ein Multi-User-Betriebssystem. 1/2 P.
Linux/UNIX, MacOS X, Server-Versionen der Windows NT-Familie
- (5) Beschreiben Sie was ein halbes Multi-User-Betriebssystemen ausmacht. 1 P.
Verschiedene Benutzer können nur nacheinander am System arbeiten, aber die Daten und Prozesse der Benutzer sind voreinander geschützt.
- (6) Beschreiben Sie die Funktion des Kommandos `chmod`. 1/2 P.
Die Dateirechte von Dateien oder Verzeichnissen ändern.
- (7) Beschreiben Sie die Funktion des Kommandos `renice`. 1/2 P.
Die Priorität eines existierenden Prozesses ändern.
- (8) Beschreiben Sie die Funktion des Kommandos `ps`. 1/2 P.
Eine Liste der existierenden Prozesse als Baum in der Shell ausgeben.
- (9) Beschreiben Sie die Funktion des Kommandos `grep`. 1/2 P.
Eine Datei nach den Zeilen durchsuchen, die ein Suchmuster enthalten.
- (10) Beschreiben Sie die Funktion des Kommandos `ps`. 1/2 P.
Eine Liste der laufenden Prozesse in der Shell ausgeben.
- (11) Geben Sie die maximale Anzahl von Speicheradressen an, die mit einem 64-Bit-Betriebssystem adressiert werden können. 1/2 P.
 2^{64} Adressen.
- (12) Begründen Sie, warum moderne Betriebssysteme nicht im Real Mode arbeiten. 1 P.
Im Real Mode gibt es keinen Speicherschutz. Jeder Prozess kann auf den gesamten adressierbaren Speicher zugreifen. Das wäre inakzeptabel für Multitasking-Betriebssysteme. Zudem können Intel-kompatible Prozessoren im Real Mode maximal 1 MB Hauptspeicher adressieren.

Aufgabe 2)

Punkte: von 7

(1) Die Abbildung zeigt die Adressumwandlung beim zweistufigen Paging.

3 P.



Beschreiben Sie die Bedeutung und die Funktion der Datenfelder P, D und R in den Seitentabellen.

- *Present-Bit*: Gibt an, ob die Seite im Hauptspeicher liegt
- *Dirty-Bit (Modified-Bit)*: Gibt an, ob die Seite verändert wurde
- *Reference-Bit*: Gibt an, ob es einen (auch lesenden!) Zugriff auf die Seite gab

(2) Erklären Sie, warum das Verschieben einer großen Datei innerhalb eines Dateisystems immer schneller funktioniert als das Kopieren.

2 P.

Verzeichnisse sind nur Text-Dateien, die die Namen und Inodes von Dateien enthalten. Das Verschieben einer Datei innerhalb eines Dateisystems impliziert nur die Entfernung einer Zeile im alten Verzeichnis und das Hinzufügen einer Zeile im neuen Verzeichnis. Wird eine Datei hingegen kopiert, wird ein neuer Inode angelegt und die Dateiinhalte werden dupliziert.

(3) Begründen Sie, warum die meisten modernen Betriebssysteme standardmäßig Write-Back für Ihre Dateisysteme verwenden.

1 P.

Write-Back arbeitet viel schneller als Write-Through.

(4) Beschreiben Sie ein Szenario, bei dem die Arbeitsweise Write-Through für das Dateisystem sinnvoll ist.

1 P.

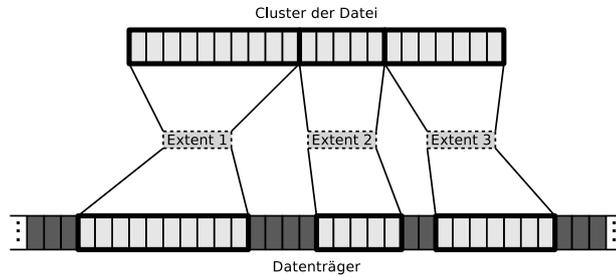
Write-Through ist immer dann sinnvoll, wenn die Datensicherheit extrem wichtig und die Schreibgeschwindigkeit mehr oder weniger irrelevant ist.

Aufgabe 3)

Punkte: von 7

(1) Die Abbildung zeigt die Extent-basierte Adressierung.

3 P.



Beschreiben Sie, welche Werte nötig sind, um einen Extent zu adressieren. Markieren Sie die entsprechenden Werte auch in der Abbildung.

- Start (Clusternummer) des Bereichs (Extents) in der Datei
- Größe des Bereichs in der Datei (in Clustern)
- Nummer des ersten Clusters auf dem Speichergerät

(2) Nennen Sie ein Linux-Dateisystem mit Extent-basierter Adressierung.

1/2 P.

JFS, XFS, btrfs, ext4

(3) Nennen Sie ein Windows-Dateisystem mit Extent-basierter Adressierung.

1/2 P.

NTFS

(4) Wenn in einem Dateisystem mit Copy-on-write (COW) eine Datei geändert wird, werden die alten Cluster im Dateisystem, die geändert werden müssen,...

1 P.

- mit den neuen Änderungen überschrieben.
- beibehalten (nicht geändert).
- in neue Cluster kopiert, in denen die Änderungen vorgenommen werden.
- gelöscht, indem die Clusteradresse im Inode entfernt wird.

(Hinweis: Zwei Antworten sind richtig!)

(5) Beschreiben Sie, was die File Allocation Table (FAT) ist, und nennen Sie die Informationen, die diese enthält.

2 P.

Für jeden Cluster des Dateisystems existiert in der FAT ein Eintrag mit folgenden Informationen über den Cluster:

- Cluster ist frei oder das Medium an dieser Stelle beschädigt.
- Cluster ist von einer Datei belegt und enthält die Adresse des nächsten Clusters, der zu dieser Datei gehört bzw. ist der letzte Cluster der Datei.

Aufgabe 4)

Punkte: von 8

- (1) Nennen Sie zwei Gründe, warum Prozesse im Benutzermodus Systemaufrufe nicht direkt aufrufen sollten. 1 P.
Direkt mit Systemaufrufen arbeiten ist unsicher und schlecht portabel.
- (2) Beschreiben Sie wie es möglich ist, dass ein Prozess die Ausführung in demselben Zustand fortsetzt, in dem er unterbrochen wurde. 2 P.
Das Betriebssystem implementiert einen Prozesskontrollblock für jeden Prozess. Wenn eine Unterbrechung oder ein Systemaufruf erfolgt, werden der Hardwarekontext und der Systemkontext im Prozesskontrollblock gespeichert. Sobald dem Prozess die CPU wieder zugewiesen wird, werden der Hardwarekontext und der Systemkontext aus seinem Prozesskontrollblock wiederhergestellt.
- (3) Beschreiben Sie den Inhalt des Benutzerkontextes. 1 P.
Der Benutzerkontext umfasst die die Daten im zugewiesenen Adressraum (virtuellen Speicher).
- (4) Beschreiben Sie den Inhalt des Hardwarekontextes. 1 P.
Der Hardwarekontext umfasst die die Daten in den Registern der CPU während der Prozessausführung.
- (5) Beschreiben Sie den Inhalt des Systemkontextes. 1 P.
Der Systemkontext eines Prozesses sind die Informationen (Metadaten), die das Betriebssystem über den Prozess speichert.
- (6) Begründen Sie, warum wir in der Vorlesung das 3-Zustands-Prozessmodell um die Zustände **neu** und **beendet** erweitert haben. 2 P.
- **neu**: Der Prozess (Prozesskontrollblock) ist erzeugt, wurde aber vom Betriebssystem noch nicht in die Warteschlange für Prozesse im Zustand **bereit** eingefügt. Motivation: Auf manchen Systemen ist die Anzahl der ausführbaren Prozesse limitiert, um Speicher zu sparen und den Grad des Mehrprogrammbetriebs festzulegen
 - **exit**: Der Prozess ist fertig abgearbeitet oder wurde beendet, aber sein Prozesskontrollblock existiert aus verschiedenen Gründen noch. In der Regel sind Ressourcen noch nicht freigegeben oder der Elternprozess hat den Rückgabewert des Kindprozesses noch nicht die angenommen.

Aufgabe 5)

Punkte: von 9

- (1) Geben Sie an, wo Kommandozeilenargumente des Programmaufrufs und Umgebungsvariablen eines Prozesses im Speicher liegen. 1 P.
Im Stack.
- (2) Geben Sie an, wo initialisierte Variablen eines Prozesses im Speicher liegen. 1 P.
Initialisierte Variablen liegen im Datensegment des Heap.
- (3) Geben Sie an, wo der Programmcode eines Prozesses im Speicher liegt. 1 P.
Der Programmcode liegt im Textsegment.
- (4) Geben Sie an, wo uninitialisierte Variablen eines Prozesses im Speicher liegen. 1 P.
Initialisierte Variablen liegen im BSS (Block Started by Symbol) des Heap.
- (5) Geben Sie an, wo Aufrufparameter und Rücksprungadressen der Funktionen sowie lokale Variablen der Funktionen eines Prozesses im Speicher liegen. 1 P.
Im Stack.
- (6) Beschreiben Sie den Nachteil von aktivem Warten gegenüber passivem Warten. 1 P.
Bei aktivem Warten wird Rechenzeit der CPU verschwendet, weil diese immer wieder vom wartenden Prozess belegt wird.
- (7) Nennen Sie die beiden Probleme, die durch Blockieren entstehen können. 1 P.
Verhungern (Starving) und Verklemmung (Deadlock).
- (8) Beschreiben Sie, wie das Scheduling moderner Windows-Betriebssysteme funktioniert. 2 P.
Multilevel-Feedback-Scheduling arbeitet mit mehreren Warteschlangen. Jede Warteschlange hat eine andere Priorität oder Zeitmultiplex. Jeder neue Prozess kommt in die oberste Warteschlange und hat damit die höchste Priorität. Innerhalb jeder Warteschlange wird Round Robin eingesetzt. Gibt ein Prozess die CPU freiwillig wieder ab, wird er wieder in die selbe Warteschlange eingereiht. Hat ein Prozess seine volle Zeitscheibe genutzt, kommt er in die nächst tiefere Warteschlange mit einer niedrigeren Priorität.

Aufgabe 6)

Punkte: von 6

- (1) Führen Sie eine Deadlock-Erkennung mit Matrizen durch und prüfen Sie, ob es zum Deadlock kommt.

6 P.

$$\text{Ressourcenvektor} = (9 \ 6 \ 8 \ 7 \ 6 \ 7)$$

$$\begin{array}{l} \text{Belegungs-} \\ \text{matrix} \end{array} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 0 & 2 & 3 & 2 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 0 & 0 & 3 \\ 1 & 3 & 2 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{array}{l} \text{Anforderungs-} \\ \text{matrix} \end{array} = \begin{bmatrix} 4 & 3 & 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 2 & 2 & 3 & 1 \\ 5 & 6 & 2 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 4 & 4 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

Aus dem Ressourcenvektor und der Belegungsmatrix ergibt sich der Ressourcenrestvektor.

$$\text{Ressourcenrestvektor} = (1 \ 1 \ 2 \ 2 \ 3 \ 2)$$

Nur Prozess 2 kann bei diesem Ressourcenrestvektor laufen. Folgender Ressourcenrestvektor ergibt sich, wenn Prozess 2 beendet ist und seine Ressourcen freigegeben hat.

$$\text{Ressourcenrestvektor} = (3 \ 1 \ 4 \ 5 \ 5 \ 2)$$

Nur Prozess 4 kann bei diesem Ressourcenrestvektor laufen. Folgender Ressourcenrestvektor ergibt sich, wenn Prozess 4 beendet ist und seine Ressourcen freigegeben hat.

$$\text{Ressourcenrestvektor} = (4 \ 4 \ 6 \ 6 \ 5 \ 3)$$

Nur Prozess 1 kann bei diesem Ressourcenrestvektor laufen. Folgender Ressourcenrestvektor ergibt sich, wenn Prozess 1 beendet ist und seine Ressourcen freigegeben hat.

$$\text{Ressourcenrestvektor} = (7 \ 5 \ 6 \ 7 \ 6 \ 4)$$

Prozess 3 ist blockiert.

Es kommt zum Deadlock.

Aufgabe 7)

Punkte: von 7

- (1) Nennen Sie den Fachbegriff der Zählsperrung bei Interprozesskommunikation.

1/2 P.

Semaphore

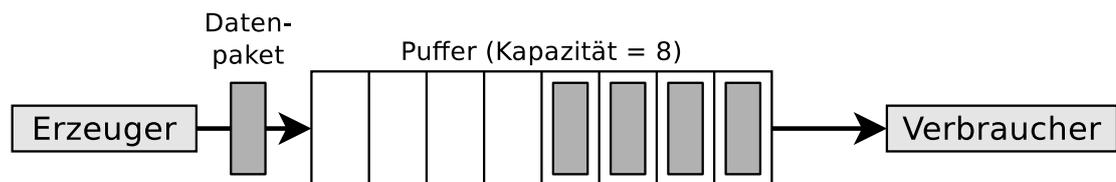
- (2) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen anonymen und benannten Pipes.

1 P.

Anonyme Pipes funktionieren nur zwischen Prozessen die eng verwandt sind.

- (3) Die Abbildung zeigt das in der Vorlesung ausführlich besprochene Erzeuger/Verbraucher-Beispiel.

2 P.



Beschreiben Sie die kritischen Abschnitte der Erzeuger-Prozesse und der Verbraucher-Prozesse beim Erzeuger/Verbraucher-Beispiel.

Kritische Abschnitte der Prozesse sind diejenigen Abschnitte im Programmcode, wo Datenpakete in den Puffer geschrieben oder herausgenommen werden.

- (4) Geben Sie an, wie die kritischen Abschnitte in Teilaufgabe (3) abgesichert werden können.

1/2 P.

Durch Semaphore oder Mutexe.

- (5) Beschreiben Sie, was passieren kann, wenn diese kritischen Abschnitte in Teilaufgabe (3) nicht korrekt abgesichert werden.

1 P.

Dann liegt eine Race Condition vor und es kann vorkommen, dass Datenpakete aus dem Puffer geholt werden, bevor diese fertig geschrieben sind.

- (6) Bei der Auswahl von Twisted-Pair-Kabeln ist u.a. die der AWG-Wert wichtig. Geben Sie an was der AWG-Wert definiert.

1 P.

Der AWG-Wert (American Wire Gauge) definiert den Durchmesser der Drähte im Kabel.

- (7) Beschreiben Sie die Auswirkungen eines hohen oder niedrigen AWG-Wertes.

1 P.

Ein größerer Drahtdurchmesser führt zu einem geringeren elektrischen Widerstand für die elektronischen Signale und damit zu geringerer Signalabschwächung (Dämpfung). Dünnere Kabel blockieren dafür den Luftstrom in Server-Schränken weniger und vereinfachen die Installation.

Aufgabe 8)

Punkte: von 4

- (1) Geben Sie an, was Portnummern adressieren. $\frac{1}{2}$ P.
Prozesse in Betriebssysteminstanzen
- (2) Geben Sie an, was MAC-Adressen adressieren. $\frac{1}{2}$ P.
Physische oder virtuelle Netzwerkschnittstellen
- (3) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen IPv4 und IPv6. 1 P.
IPv4-Adressen sind 32 Bits lang und IPv6-Adressen sind 128 Bits lang. Der Adressraum von IPv6 ist somit viel größer als der von IPv4.
- (4) Nennen Sie ein Beispiel, wo die Verwendung von UDP sinnvoll ist. 1 P.
Videokonferenzen, ICMP, Namensauflösung via DNS
- (5) Geben Sie an, was IP-Adressen adressieren. $\frac{1}{2}$ P.
Netzwerkgeräte (Einzelne Geräte oder Gruppen) sowie Logische Netze bzw. Subnetze.
- (6) Begründen Sie, warum Kreise auf der Sicherungsschicht bei Ethernet keine gute Idee sind, wenn ausschließlich normale Bridges bzw. L2-Switche zum Einsatz kommen. $\frac{1}{2}$ P.
Ethernet definiert keine TTL oder ein HopLimit. Gibt es Kreise auf der Sicherungsschicht, wird das Netz mit Rahmen geflutet und bricht zusammen.

Aufgabe 9)

Punkte: von 5

5 P.

- (1) Eine Webcam auf der Oberfläche des (Zwerg-)Planeten Pluto sendet Bilder zur Erde. Jedes Bild ist 20 MB (1 MB = 2^{20} Byte) groß. Berechnen Sie, wie lange die Übertragung eines Bildes bis zum Kontrollzentrum auf der Erde dauert.

(Hinweis: Die Netzwerkverbindung ist eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung.)

*Datenrate = 5 kbps (Kilobit pro Sekunde) = $5 * 10^3$ Bit pro Sekunde*

Signalausbreitungsgeschwindigkeit = 299.792.458 m/s

Wartezeit = 0 s

*Distanz = 6.000.000.000.000 m = $6 * 10^{12}$ m*

(Hinweis: An seinem entferntesten Punkt, wenn sich Erde und Pluto auf den gegenüberliegenden Seiten der Sonne befinden, ist Pluto 7,5 Milliarden Kilometer von der Erde entfernt. An ihrem nächsten Punkt sind Pluto und Erde nur 4,28 Milliarden km voneinander entfernt. Für die weiteren Berechnungen – um es einfach zu halten – verwenden wir 6 Milliarden km = 6.000.000.000 km)

Umwandlung von Bytes in Bits: (1 Punkt)

Dateigröße: 20 MB = 20.971.520 Bytes = 167.772.160 Bits

Verständnis für die Bedeutung von Latenz: (1 Punkt)

Latenz = Ausbreitungsverzögerung + Übertragungsverzögerung + Wartezeit

Ausbreitungsverzögerung berechnen: (1 Punkt)

Ausbreitungsverzögerung = 6.000.000.000.000 m / 299.792.458 m/s = 20013,845 s

Übertragungsverzögerung berechnen: (1 Punkt)

Übertragungsverzögerung = 167.772.160 Bits / 5000 Bits/s = 33.554,432 s

Latenz berechnen: (1 Punkt)

Latenz = 20.013,845 s + 33.554,432 s + 0 s

= 53.568,277 s = 892 m 48 s = 14 h 52 m 48 s