

## Lösung von Übungsblatt 5

### Aufgabe 1 (Speicherverwaltung)

1. Bei welchen Konzepten der Speicherpartitionierung entsteht interne Fragmentierung?

- Statische Partitionierung
- Dynamische Partitionierung
- Buddy-Algorithmus

2. Bei welchen Konzepten der Speicherpartitionierung entsteht externe Fragmentierung?

- Statische Partitionierung
- Dynamische Partitionierung
- Buddy-Algorithmus

3. Wie kann externe Fragmentierung behoben werden?

*Durch Defragmentierung. Bei virtuellem Speicher spielt externe Fragmentierung keine Rolle.*

4. Welches Konzept zur Speicherverwaltung sucht den freien Block, der am besten passt?

- First Fit
- Next Fit
- Best fit
- Random

5. Welches Konzept zur Speicherverwaltung sucht ab dem Anfang des Adressraums einen passenden freien Block?

- First Fit
- Next Fit
- Best fit
- Random

6. Welches Konzept zur Speicherverwaltung zerstückelt schnell den großen Bereich freien Speicher am Ende des Adressraums?

- First Fit
- Next Fit
- Best fit
- Random

7. Welches Konzept zur Speicherverwaltung wählt zufällig einen freien und passenden Block?

- First Fit
- Next Fit
- Best fit
- Random

8. Welches Konzept zur Speicherverwaltung sucht ab der Stelle der letzten Blockzuweisung einen passenden freien Block?

- First Fit
- Next Fit
- Best fit
- Random

9. Welches Konzept zur Speicherverwaltung produziert viele Minifragmente und arbeitet am langsamsten?

- First Fit     Next Fit     Best fit     Random

## Aufgabe 2 (Buddy-Verfahren)

Das Buddy-Verfahren zur Zuweisung von Speicher an Prozesse soll für einen 1024 kB großen Speicher verwendet werden. Führen Sie die angegebenen Aktionen durch und geben Sie den Belegungszustand des Speichers nach jeder Anforderung oder Freigabe an.

	1024 KB								
65 KB Anforderung => A	A	128 KB	256 KB		512 KB				
30 KB Anforderung => B	A	B	32	64 KB	256 KB		512 KB		
90 KB Anforderung => C	A	B	32	64 KB	C	128 KB	512 KB		
34 KB Anforderung => D	A	B	32	D	C	128 KB	512 KB		
130 KB Anforderung => E	A	B	32	D	C	128 KB	E	256 KB	
Freigabe C	A	B	32	D	128 KB	128 KB	E	256 KB	
	A	B	32	D	256 KB		E	256 KB	
Freigabe B	A	32	32	D	256 KB		E	256 KB	
	A	64 KB		D	256 KB		E	256 KB	
275 KB Anforderung => F <small>Nicht möglich, weil keine 275 kB am Stück frei</small>	A	64 KB		D	256 KB		E	256 KB	
145 KB Anforderung => G	A	64 KB		D	G		E	256 KB	
Freigabe D	A	64 KB	64 KB	G		E		256 KB	
	A	128 KB		G		E		256 KB	
Freigabe A	128 KB		128 KB		G		E		256 KB
	256 KB				G		E		256 KB
Freigabe G	128 KB		128 KB		256 KB		E		256 KB
	512 KB						E		256 KB
Freigabe E	512 KB				256 KB		256 KB		
	512 KB				512 KB				
	1024 KB								

## Aufgabe 3 (Real Mode und Protected Mode)

1. Wie arbeitet der Real Mode?

*Jeder Prozess kann direkt auf den gesamten adressierbaren Speicher zugreifen.*

2. Warum ist der Real Mode für Mehrprogrammbetrieb (Multitasking) ungeeignet?

*Es gibt keinen Speicherschutz.*

3. Wie arbeitet der Protected Mode?

*Jeder Prozess darf nur auf seinen eigenen virtuellen Speicher zugreifen. Virtuelle Speicheradressen übersetzt die CPU mit Hilfe der MMU in physische Speicheradressen.*

4. Was ist virtueller Speicher?

*Jeder Prozess besitzt einen eigenen Adressraum. Der Adressraum ist eine Abstraktion des physischen Speichers. Es handelt sich dabei um virtuellen Speicher. Er besteht aus logischen Speicheradressen, die von der Adresse 0 aufwärts durchnummeriert sind und er ist unabhängig von der verwendeten Speichertechnologie und den gegebenen Ausbaumöglichkeiten.*

5. Erklären Sie, warum mit virtuellem Speicher der Hauptspeicher besser ausgenutzt wird.

*Die Prozesse müssen nicht am Stück im Hauptspeicher liegen. Externe Fragmentierung entsteht, spielt aber keine Rolle.*

6. Was ist Mapping?

*Abbilden des virtuellen Speichers auf den realen Speicher.*

7. Was ist Swapping?

*Prozess des Ein- und Auslagerns von Daten in den/vom Arbeitsspeicher vom/in den Hintergrundspeicher (Festplatten/SSDs).*

8. Welche Komponente der CPU ermöglicht virtuellen Speicher?

*Memory Management Unit (MMU).*

9. Was genau ist die Aufgabe der Komponente aus Teilaufgabe 8?

*Virtuelle Speicheradressen übersetzt die CPU mit Hilfe der MMU in physische Speicheradressen.*

10. Nennen Sie ein Konzept von virtuellem Speicher.

*Paging.*

11. Welche Form der Fragmentierung entsteht bei dem Konzept aus Teilaufgabe 10?

*Interne Fragmentierung entsteht beim Paging (aber nur in der letzten Seite eines Prozesses).*

12. Wie entsteht eine Page Fault Ausnahme (Exception)?

*Ein Prozess versucht auf eine Seite zuzugreifen, die nicht im physischen Hauptspeicher ist.*

13. Wie reagiert das Betriebssystem auf eine Page Fault Ausnahme (Exception)?

*Das Betriebssystem behandelt die Ausnahme mit folgenden Schritten:*

- *Daten auf dem Sekundärspeicher (SDD/HDD) lokalisieren.*
- *Die Seite in eine freie Hauptspeicherseite laden.*
- *Seitentabelle aktualisieren.*
- *Kontrolle an den Prozess zurückgeben. Dieses führt die Anweisung, die zum Page Fault führte, erneut aus.*

14. Wie entsteht eine Access Violation Ausnahme (Exception) oder General Protection Fault Ausnahme (Exception)?

*Ein Prozess versucht auf eine virtuelle Speicheradresse zuzugreifen, auf die er nicht zugreifen darf.*

15. Welche Auswirkung hat eine Access Violation Ausnahme (Exception) oder General Protection Fault Ausnahme (Exception)?

*Bei einigen Windows-Betriebssystemen aus der Vergangenheit waren Schutzverletzungen häufig ein Grund für Systemabstürze und hatten einen „Blue Screen“ zur Folge. Unter Linux wird als Ergebnis das Signal **SIGSEGV** erzeugt.*

16. Was enthält der Kernelspace?

*Den Betriebssystemkern (Kernel) und Kernelerweiterungen (Treiber).*

17. Was enthält der Userspace?

*Den aktuell ausgeführten Prozess, der um den Erweiterungsspeicher („Swap“, Windows: „Page-File“) vergrößert wird.*

## Aufgabe 4 (Speicherverwaltung)

Kreuzen Sie bei jeder Aussage zur Speicherverwaltung an, ob die Aussage wahr oder falsch ist.

1. Real Mode ist für Multitasking-Systeme geeignet.  
 Wahr       Falsch
2. Beim Protected Mode läuft jeder Prozess in seiner eigenen, von anderen Prozessen abgeschotteten Kopie des physischen Adressraums.  
 Wahr       Falsch
3. Bei statischer Partitionierung entsteht interne Fragmentierung.  
 Wahr       Falsch
4. Bei dynamischer Partitionierung ist externe Fragmentierung unmöglich.  
 Wahr       Falsch
5. Beim Paging haben alle Seiten die gleiche Länge.  
 Wahr       Falsch
6. Ein Vorteil langer Seiten beim Paging ist geringe interne Fragmentierung.  
 Wahr       Falsch
7. Ein Nachteil kurzer Seiten beim Paging ist, dass die Seitentabelle sehr groß werden kann.  
 Wahr       Falsch
8. Die MMU übersetzt beim Paging logische Speicheradressen mit der Seitentabelle in physische Adressen.  
 Wahr       Falsch
9. Moderne Betriebssysteme (für x86) arbeiten im Protected Mode und verwenden ausschließlich Paging.  
 Wahr       Falsch

## Aufgabe 5 (Seiten-Ersetzungsstrategien)

- Warum kann die optimale Ersetzungsstrategie OPT nicht implementiert werden?

*Weil man nicht in die Zukunft schauen kann und damit ist die zukünftige Zugriffsfolge unbekannt.*

- Führen Sie die gegebene Zugriffsfolge mit den Ersetzungsstrategien Optimal, LRU, LFU und FIFO einmal mit einem Datencache mit einer Kapazität von 4 Seiten und einmal mit 5 Seiten durch. Berechnen Sie auch die Hitrate und die Missrate für alle Szenarien.

Optimale Ersetzungsstrategie (OPT):

*Hinweis: Wenn bei der optimalen Ersetzungsstrategie eine Seite verdrängt werden muss, wird die Seite verdrängt, auf die am längsten in der Zukunft nicht zugegriffen wird.*

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	1
Seite 2:		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Seite 3:			5	5	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Seite 4:				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Hitrate:  $15/24 = 0,625$   
 Missrate:  $9/24 = 0,375$

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seite 2:		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Seite 3:			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Seite 4:				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Seite 5:					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1

Hitrate:  $17/24 = 0,7083333$   
 Missrate:  $7/24 = 0,2916666$

Ersetzungsstrategie Least Recently Used (LRU):

*Hinweis: Wenn bei der Ersetzungsstrategie LRU eine Seite verdrängt werden muss, wird die Seite verdrängt, auf die am längsten nicht zugegriffen wurde.*

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1	1	1	1	3	3	5	5	4	3	2	1	1	1	3	5	0	0	0	5	4	4	2	1
Seite 2:		3	3	3	5	5	2	4	3	2	1	0	0	3	5	0	4	3	5	4	3	2	1	3
Seite 3:			5	5	4	2	4	3	2	1	0	5	3	5	0	4	3	5	4	3	2	1	3	4
Seite 4:				4	2	4	3	2	1	0	5	3	5	0	4	3	5	4	3	2	1	3	4	5

Hitrate:  $11/24 = 0,4583333$

Missrate:  $13/24 = 0,5416666$

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1	1	1	1	1	1	1	1	5	4	3	2	2	2	1	1	1	1	1	0	5	5	5	2
Seite 2:		3	3	3	3	3	5	5	4	3	2	1	1	1	3	5	0	0	0	5	4	4	2	1
Seite 3:			5	5	5	5	2	4	3	2	1	0	0	3	5	0	4	3	5	4	3	2	1	3
Seite 4:				4	4	2	4	3	2	1	0	5	3	5	0	4	3	5	4	3	2	1	3	4
Seite 5:					2	4	3	2	1	0	5	3	5	0	4	3	5	4	3	2	1	3	4	5

Hitrate:  $14/24 = 0,5833333$

Missrate:  $10/24 = 0,4166666$

Ersetzungsstrategie Least Frequently Used (LFU):

*Hinweis: Wenn bei der Ersetzungsstrategie LFU eine Seite verdrängt werden muss, wird die Seite verdrängt, auf die am wenigsten zugegriffen wurde. Es wird für jede Seite in der Seitentabelle ein Referenzzähler geführt, der die*

Anzahl der Zugriffe speichert. Ist der Speicher voll und kommt es zum Miss, wird die Seite entfernt, deren Referenzzähler den niedrigsten Wert hat.

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>3</sub>	2 <sub>3</sub>	2 <sub>3</sub>	2 <sub>3</sub>
Seite 2:		3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>4</sub>	3 <sub>4</sub>	3 <sub>4</sub>	3 <sub>5</sub>	3 <sub>5</sub>	3 <sub>5</sub>	3 <sub>6</sub>	3 <sub>6</sub>	3 <sub>6</sub>
Seite 3:			5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>4</sub>
Seite 4:				4 <sub>1</sub>	4 <sub>1</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	0 <sub>1</sub>	4 <sub>1</sub>	4 <sub>1</sub>	4 <sub>1</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	4 <sub>1</sub>

Hitrate: 12/24 = 0,5

Missrate: 12/24 = 0,5

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>2</sub>	1 <sub>2</sub>	1 <sub>2</sub>	1 <sub>2</sub>	0 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>
Seite 2:		3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>1</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>3</sub>	3 <sub>4</sub>	3 <sub>4</sub>	3 <sub>5</sub>	3 <sub>5</sub>	3 <sub>5</sub>	3 <sub>6</sub>	3 <sub>6</sub>	3 <sub>6</sub>
Seite 3:			5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	0 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>1</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>2</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>4</sub>
Seite 4:				4 <sub>1</sub>	4 <sub>1</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>2</sub>	4 <sub>3</sub>	4 <sub>3</sub>	4 <sub>3</sub>	4 <sub>4</sub>	4 <sub>4</sub>	4 <sub>4</sub>	4 <sub>4</sub>	4 <sub>4</sub>	4 <sub>5</sub>
Seite 5:				2 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub>	2 <sub>1</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>3</sub>	2 <sub>3</sub>	2 <sub>3</sub>

Hitrate: 9/24 = 0,375

Missrate: 15/24 = 0,625

Ersetzungsstrategie FIFO:

Hinweis: Wenn bei der Ersetzungsstrategie FIFO eine Seite verdrängt werden muss, wird die Seite verdrängt, die sich am längsten im Speicher befindet.

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
Seite 2:		3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Seite 3:			5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Seite 4:				4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1

Hitrate: 11/24 = 0,4583333

Missrate: 13/24 = 0,5416666

Anfragen: **1 3 5 4 2 4 3 2 1 0 5 3 5 0 4 3 5 4 3 2 1 3 4 5**

Seite 1:	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Seite 2:		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1
Seite 3:			5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3
Seite 4:				4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
Seite 5:				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Hitrate: 15/24 = 0,625

Missrate: 9/24 = 0,375

3. Was ist die Kernaussage der Anomalie von Laszlo Belady?

*FIFO führt bei bestimmten Zugriffsmustern bei einem vergrößerten Speicher zu schlechteren Ergebnissen.*

4. Zeigen Sie Belady's Anomalie, indem sie die gegebene Zugriffsfolge mit der Ersetzungsstrategie FIFO einmal mit einem Datencache mit einer Kapazität von 3 Seiten und einmal mit 4 Seiten durchführen. Berechnen Sie auch die Hitrate und die Missrate für beide Szenarien.

Anfragen: **3 2 1 0 3 2 4 3 2 1 0 4**

Seite 1:	<b>3</b>	3	3	<b>0</b>	0	0	<b>4</b>	4	4	4	4	<b>4</b>
Seite 2:		<b>2</b>	2	2	<b>3</b>	3	3	<b>3</b>	3	<b>1</b>	1	1
Seite 3:			<b>1</b>	1	1	<b>2</b>	2	2	<b>2</b>	2	<b>0</b>	0

Hitrate:  $3/12 = 25\%$

Missrate:  $9/12 = 75\%$

Anfragen: **3 2 1 0 3 2 4 3 2 1 0 4**

Seite 1:	<b>3</b>	3	3	3	<b>3</b>	3	<b>4</b>	4	4	4	<b>0</b>	0
Seite 2:		<b>2</b>	2	2	2	<b>2</b>	2	<b>3</b>	3	3	3	<b>4</b>
Seite 3:			<b>1</b>	1	1	1	1	1	<b>2</b>	2	2	2
Seite 4:				<b>0</b>	0	0	0	0	0	<b>1</b>	1	1

Hitrate:  $2/12 = 16,66\%$

Missrate:  $10/12 = 83,33\%$

## Aufgabe 6 (Zeitgesteuerte Kommandoausführung, Sortieren, Umgebungsvariablen)

1. Erzeugen Sie in Ihrem Benutzerverzeichnis (Home-Verzeichnis) ein Verzeichnis `Entbehrlich` und schreiben Sie einen Cron-Job, der immer Dienstags um 1:25 Uhr morgens den Inhalt von `Entbehrlich` löscht.

Die Ausgabe des Kommandos soll in eine Datei `LöschLog.txt` in Ihrem Home-Verzeichnis angehängt werden.

```
$ mkdir ~/Entbehrlich  
$ crontab -e
```

*Folgende Zeile eintragen:*

```
25 1 * * 2 rm -rfv /home/USERNAME/Entbehrlich/* >>  
/home/USERNAME/LöschLog.txt
```

2. Schreiben Sie einen Cron-Job, der alle 3 Minuten zwischen 14:00 und 15:00 Uhr an jedem Dienstag im Monat November eine Zeile mit folgendem Aussehen (und den aktuellen Werten) an die Datei `Datum.txt` anhängt:

```
Heute ist der 30.10.2008  
Die Uhrzeit ist 09:24:42 Uhr  
*****
```

```
$ crontab -e
```

*Folgende Zeile eintragen:*

```
*/3 14,15 * 11 * date+"Heute ist de %x%nDie Uhrzeit ist  
%H:%M:%S Uhr%n*****" >> Datum.txt
```

3. Schreiben Sie einen at-Job, der um 17:23 Uhr heute eine Liste der laufenden Prozesse ausgibt.

```
$ at 1725 today
```

*Folgende Zeile eintragen:*

```
ps -r
```

4. Schreiben Sie einen at-Job, der am 24. Dezember um 8:15 Uhr morgens den Text „Endlich Weihnachten!“ ausgibt.

```
$ at 0815 DEZ 25
```

*Folgende Zeile eintragen:*

```
echo "Endlich Weihnachten!"
```

5. Erzeugen Sie in Ihrem Home-Verzeichnis eine Datei `Kanzler.txt` mit folgendem Inhalt:

```
Willy      Brandt      1969  
Angela     Merkel      2005  
Gerhard    Schröder    1998  
KurtGeorg Kiesinger  1966  
Helmut     Kohl        1982  
Konrad     Adenauer    1949  
Helmut     Schmidt     1974
```

```
Ludwig Erhard 1963
```

```
$ echo "Willy Brandt 1969" >> ~/Kanzler.txt
$ echo "Angela Merkel 2005" >> ~/Kanzler.txt
$ echo "Gerhard Schröder 1998" >> ~/Kanzler.txt
$ echo "KurtGeorg Kiesinger 1966" >> ~/Kanzler.txt
$ echo "Helmut Kohl 1982" >> ~/Kanzler.txt
$ echo "Konrad Adenauer 1949" >> ~/Kanzler.txt
$ echo "Helmut Schmidt 1974" >> ~/Kanzler.txt
$ echo "Ludwig Erhard 1963" >> ~/Kanzler.txt
```

6. Geben Sie die Datei `Kanzler.txt` sortiert anhand der Vornamen aus.

```
$ sort ~/Kanzler.txt
```

7. Geben Sie die Datei `Kanzler.txt` sortiert anhand des dritten Buchstabens der Nachnamen aus.

```
$ sort -k+2.4 ~/Kanzler.txt
```

8. Geben Sie die Datei `Kanzler.txt` sortiert anhand des Jahres der Amtseinführung aus.

```
$ sort -k3 ~/Kanzler.txt
```

9. Geben Sie die Datei `Kanzler.txt` rückwärts sortiert anhand des Jahres der Amtseinführung aus und leiten Sie die Ausgabe in eine Datei `Kanzlerdaten.txt`.

```
$ sort -k3 -nr ~/Kanzler.txt > ~/Kanzlerdaten.txt
```

10. Erzeugen Sie mit dem Kommando `export` eine Umgebungsvariable `VAR1` und weisen Sie dieser den Wert `Testvariable` zu.

```
$ export VAR01=Testvariable
```

11. Geben Sie den Wert von `VAR1` in der Shell aus.

```
$ printenv VAR01
```

12. Löschen Sie die Umgebungsvariable `VAR1`.

```
$ unset VAR01
```