# Übungsaufgaben zu Grundlagen: Betriebssysteme und Systemsoftware

Katharina Bogad

18. Februar 2018

**Wichtiger Hinweis:** Diese Aufgaben wurden von mir (Katharina) in meiner Freizeit erstellt. Sie wurden nicht von der Übungsleitung quergelesen und haben mit dem offiziellen Modul nichts zu tun. Ich habe hier versucht eine Reihe an zusätzlichen Übungsaufgaben bereit zu stellen, die den Stoff aus Grundlagen: Betriebssysteme und Systemsoftware abdecken. Natürlich bin auch ich weder perfekt noch allwissend, es kann daher durchaus sein, dass sich ein oder zwei Fehlerchen eingeschlichen haben. Falls ihr einen findet, erbitte ich um Meldung an `bogad@in.tum.de`. Danke!

Die Aufgaben sind von unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad. Eine kleine Hilfe zur Einschätzung sind Chilishoten - je mehr Chilis eine Aufgabe hat, desto würziger (also schwerer) ist sie. Generell gilt, dass Aufgaben mit vier oder mehr Chilishoten wahrscheinlich zu schwer für eine Klausur sind. Sie sind dennoch hier drin, da es Knobelaufgaben für Leute, die ein tiefes Verständnis vom Stoff aufbauen wollen sind. Soll's geben ;)

Diese Aufgaben sind – zusammen mit den Lösungen – auf meiner Homepage https://hacked.xyz/ verfügbar. Bitte stellt sie nicht auf unistuff oder vergleichbare Plattformen, da diese Sammlung ständig erweitert wird und niemandem geholfen ist, wenn alte Versionen herumflattern. Diese Aufgabensammlung ist auf keinen Fall umfassend und ersetzt nicht den Besuch an Vorlesung oder Übung. Insbesondere enthalten sie derzeit kaum "Lernfragen". Bitte schaut euch die Lösungen zu den Übungsblättern nochmal genau an! Wir haben in den Übungen einiges an Theorie durchbesprochen. Unterschätzt das nicht.

Viel Erfolg für die Klausur!

# 1 Betriebsmodi

𝒻 Entscheiden Sie jeweils, ob der angegebene Prozess im Kernelspace oder im Userspace stattfindet.

| Prozess / Aktion | Userpace | Kernelspace |
|---|---|---|
| Grafikkartentreiber | ☐ | ☐ |
| Zugriff auf beliebigen Speicher | ☐ | ☐ |
| Berechnen von $\pi$ | ☐ | ☐ |
| Alle Interrupts deaktivieren | ☐ | ☐ |
| MD5-Hashe knacken | ☐ | ☐ |
| Speicher allokieren | ☐ | ☐ |

| Prozess / Aktion | Userpace | Kernelspace |
|---|---|---|
| Grafikkartentreiber | ☐ | ☑ |
| Zugriff auf beliebigen Speicher | ☐ | ☑ |
| Berechnen von $\pi$ | ☑ | ☐ |
| Alle Interrupts deaktivieren | ☐ | ☑ |
| MD5-Hashe knacken | ☑ | ☐ |
| Speicher allokieren | ☐ | ☑ |

# 2 Prozesse und Threads

𝒻 𝒻 In der Vorlesung wurden Threads als leichtgewichtige Prozesse eingeführt. Sie sind Teil eines übergeordneten Prozesses. Was bedeutet dies für den Adressraum des Prozesses / der Threads? Sind Szenarien denkbar, in denen diese Implikation zum Problem werden kann?

Alle Threads eines Prozesses teilen sich denselben virtuellen Adressraum und können ohne weitere Einschränkung darin herumschreiben. Das kann zu Race-Conditions führen, wenn ein Teil des Speichers von mehreren Threads benutzt wird - es kann undefiniertes Verhalten auftreten.

# 3 POSIX-Funktionen

𝒻 𝒻 𝒻 Betrachten Sie folgenden Auszug aus dem `Linux Programmers Manual`. Beschreiben Sie anschließend kurz die Funktion memmove und ihre Parameter. Welchen Unterschied gibt es zu der Ihnen wohlbekannten Funktion `memcpy(3)`?

```
MEMMOVE(3)       Linux Programmer's Manual       MEMMOVE(3)

NAME
       memmove - copy memory area

SYNOPSIS
       #include <string.h>

       void *memmove(void *dest, const void *src, size_t n);
```

```
DESCRIPTION
       The  memmove()  function  copies n bytes from memory
       area src to memory area dest.  The memory areas  may
       overlap:  copying takes place as though the bytes in
       src are first copied into  a  temporary  array  that
       does not overlap src or dest, and the bytes are then
       copied from the temporary array to dest.

RETURN VALUE
       The memmove() function returns a pointer to dest.

ATTRIBUTES
       For an explanation of the terms used  in  this  sec-
       tion, see attributes(7).

       [...]
CONFORMING TO
       POSIX.1-2001, POSIX.1-2008, C89, C99, SVr4, 4.3BSD.

SEE ALSO
       bcopy(3),    memccpy(3),    memcpy(3),    strcpy(3),
       strncpy(3), wmemmove(3)

COLOPHON
       This page is part of release 4.09 of the Linux  man-
       pages project.  A description of the project, infor-
       mation about reporting bugs, and the latest  version
       of     this     page,     can     be     found     at
       https://www.kernel.org/doc/man-pages/.

GNU                        2015-08-08              MEMMOVE(3)
```

`memmove` kopiert $n$ Byte von `src` nach `dest`. Dabei sind im Gegensatz zu `memcpy` Überlappungen erlaubt.

# 4 C-Programmierung

Finden und beschreiben Sie drei Fehler in folgendem Codeschnipsel:

```
1 #include<stdio.h>
2
3 int main(int argc, char** argc) {
4         char buf[50];
5
6         read(fileno(stdin), &buf, sizeof(buf));
7         printf("Hallo " + buf);
8         putc(0x0A);
```

```
9
10          gbsisttoll();
11
12          return 0;
13  }
14
15  void gbsisttoll() {
16          puts("GBS ist toll!\n");
17  }
```

1. Falsche Größe für read() - kein Platz für Nullbyte mehr.
2. String-Concatenation geht nicht per Plus. Alternative: `"Hallo %s!\n"`
3. `gbsisttoll()` wird ohne Deklaration verwendet.

Hinweis: es existieren ggf. weitere Fehler. Jedenfalls kein Fehler sind:

- Leerzeichen in Zeile 1 (`#include <stdio.h>`), das kann weggelassen werden.
- Hexadezimalzahl in `putc` in Zeile 8 - `0x0A` entspricht `\n`.

# 5 Petrinetze

**(a)** 𝒻𝒻 Der Freisinger Stadtbusbahnhof besteht aus fünf Haltestellen. Jede Haltestelle bietet Platz für zwei Busse in Standardlänge oder einen Gelenkbus. Zur Vereinfachung können Sie annehmen, dass der morgendliche Berufsverkehr nicht existiert und somit nur die erste Haltestelle von einem Gelenkbus zum Flughafen München bedient wird; an allen anderen Haltestellen halten Busse in Standardlänge. Betrachten Sie folgendes Bild der Situation:


Außerdem gibt es noch weitere Einschränkungen:

- Da die Ein/Ausfahrt in einer Kurve liegt, kann sie immer nur von einem Bus gleichzeitig belegt werden.
- Es kann immer nur jeweils ein Bus im rechten Teil, in der Wendekurve und im linken Teil gleichzeitig sein.
- Im Gegensatz zur Realität machen unsere Busse nie Pause. Parkplätze sind daher nicht notwendig, jeder einfahrende Bus fährt immer in eine Station.

Modellieren Sie das Petrinetz, dass die oben genannte Situation beschreibt. Beantworten Sie auch - ggf. unter Zuhilfenahme eines Erreichbarkeitsgraphen - folgende Fragen:

1. Kann das Netz verklemmen? Wenn ja, wo?
2. Können einzelne Transitionen verhungern?

Das Netz wird nachgereicht. Tut mir leid, ist jetzt grad nicht mehr drin. Verhungern der einzelnen Stationen ist möglich. Deadlock kann an der Ein/Ausfahrt passieren, falls ein Bus gleichzeitig hinaus möchte wie einer hineinmöchte.

**(b)** 𝒹 𝒹 𝒹 𝒹 Im Folgenden soll nun basierend auf dem Problem aus (a) ein Producer-Consumer-Modell erstellt werden. Nehmen Sie an, dass ankommende Regionalzüge und S-Bahnen Fahrgäste Produzieren (proucer), die von den Bussen nach Hause gefahren werden (consumer). Achten Sie insbesondere auf korrekte Kapazitäten!

# 6 Prozesse, Dämonen und Zombies

𝒹 𝒹

(a) Erläutern Sie kurz die Bestandteile eines Prozesses.

(b) Wann wird ein Prozess ein Dämon? Welche Schritte sind notwendig?

(c) Wann wird ein Prozess ein Zombie?

(a) Ein Prozess ist eine Instanz eines ausführbaren Programms. Er besteht aus den Maschineninstruktionen, Daten, Debugsymbolen und Linkinginformationen.

(b)
a) Erstelle Kindprozess mit `fork`
b) Beende Vaterprozess.
c) Führe `setsid` im Kindprozess aus.
d) Erstelle einen Enkelkindprozess mit `fork`
e) Beende Kindprozess.
f) Schließe `stdin`, `stdout`, `stderr`.

# 7 Semaphoren

𝒹 Da die Fragestunde ziemlich lange dauert, bestellen einige Studenten bei der Pizzeria Pappeloni Pizza. Der Pizzabäcker Paolo produziert immer eine Familienpizza und eine normale Pizza gleichzeitig. Im Pizzaofen ist Platz für insgesamt 6 Pizzen, wobei eine Familienpizza soviel Platz wie zwei normale Pizzen benötigt. Seine Söhne Enrico und Pietro verpacken die Pizzen dann in Kartons. Durch die hohe Nachfrage zur Prüfungszeit gibt es allerdings schon erste Materialschwächen: Es ist nur noch ein Pizzaschieber einsatzbereit, den sich Paolo, Enrico und Pietro teilen müssen.

Modellieren Sie das angegebene Szenario mit Semaphoren. Beachten Sie dabei folgende Hinweise:

- Enrico und Pietro können den Pizzaschieber nur allokieren, wenn auch eine Pizza im Ofen ist, die sie abholen können.
- Enrico verpackt nur Familienpizzen, Pietro nur normale Pizzen.
- Paolo kann den Pizzaschieber nur allokieren, wenn er alle Pizzen im Ofen unterbringen kann.
- Zum Zeitpunt $t_0$ ist der Ofen leer, aber auf 230°C vorgeheizt.
- Initialisieren Sie geeignete Semaphoren selbstständig.

- Zur Vereinfachung gehen wir von einem Wunderofen aus, der Pizzen sofort nach dem Ablegen saftig heiß und mit Knusperboden fertig werden lässt.

Guten Appetit!

```
Prozess Paolo
{
  while (TRUE)
  {









  }
}
```

```
Prozess Enrico
{
  while (TRUE)
  {

  }
}
```

```
Prozess Pietro
{
  while (TRUE)
  {

  }
}
```

```
schieber(1); ofen(6); familie(0); normal(0);
Prozess Paolo           Prozess Enrico          Prozess Pietro
{                       {                       {
  while (TRUE)            while (TRUE)            while (TRUE)
  {                       {                       {
    down(ofen);             down(familie);          down(normal);
    down(ofen);             down(schieber);         down(schieber);
    down(ofen);             <hole schieber>         <hole schieber>;
    down(schieber);         <familienpizza aus      <normale pizza aus
    <hole schieber>           dem Ofen>               dem Ofen>
    <familienpizza          up(ofen);               up(ofen);
      in den Ofen>          up(ofen);
    up(familie);
    <normale pizza          <retourniere            <retourniere
      in den Ofen>            schieber>               schieber>
    up(normal);             up(schieber);           up(schieber);
    <retourniere
      schieber>
    up(schieber);
  }                       }                       }
}                       }                       }
```

# 8 Banker's Algorithmus

*Hinweis: Diese Aufgabe kam dieses Jahr nicht in der Übung vor.*

[1] Ist der angegebene Systemzustand stabil? Führen Sie den Banker's Algorithmus aus, um - falls möglich - eine Ausführungsreihenfolge der Prozesse zu bestimmen.

$$n = m = 4, c = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 & 0 \\ 0 & 1 & 7 & 3 \\ 4 & 2 & 8 & 0 \\ 1 & 3 & 3 & 7 \end{pmatrix}, r = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 5 & 2 \end{pmatrix}, e = \begin{pmatrix} 6 & 10 & 23 & 11 \end{pmatrix},$$
$$a = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Zunächst darf $p_3$ arbeiten. Danach ist jede Reihenfolge möglich.

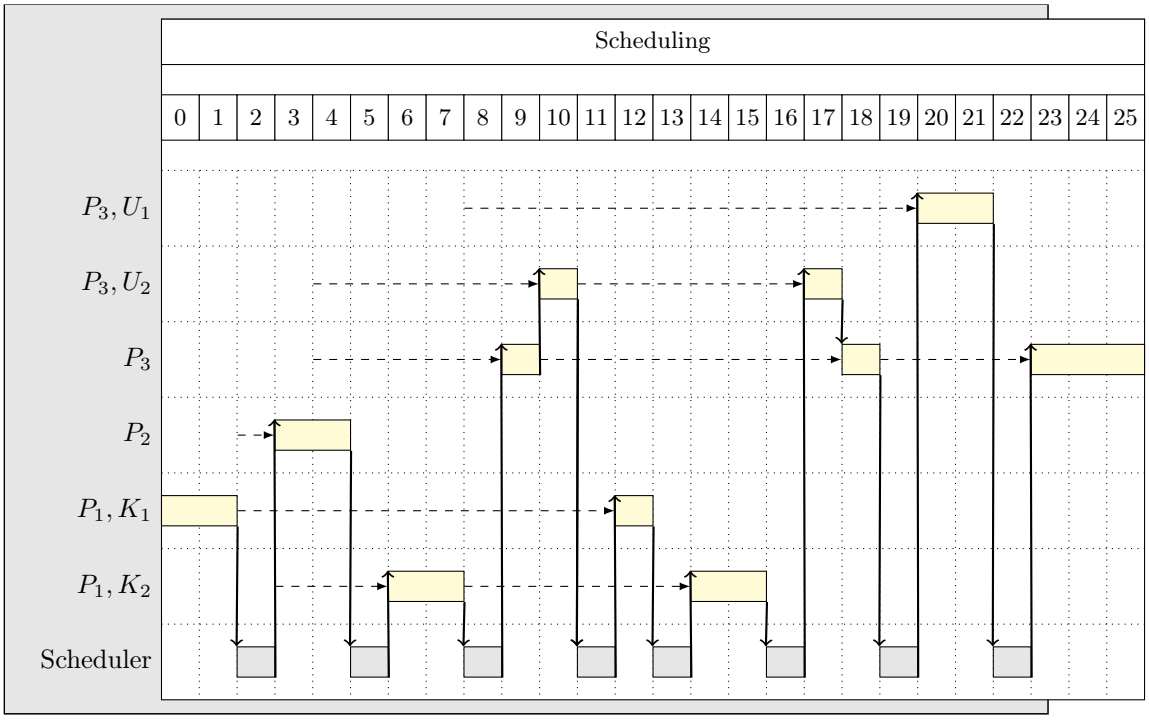
# 9 Scheduling-Strategien

Für die folgende Aufgabe seien drei Prozesse $p_1$, $p_2$, $p_3$, zwei Kernel-Level-Threads von $p_1$, $k_1$ und $k_2$ sowie zwei User-Level-Threads von $p_3$, $u_1$ und $u_2$ gegeben. Der Prozessvektor ist damit $\vec{p} = (k_1, k_2, p_2, p_3, u_1, u_2)$. Als Ankunftszeiten seien $\vec{a} = (0, 3, 2, 4, 8, 4)$, als Rechenzeiten $\vec{r} = (3, 4, 2, 3, 2, 2)$ gegeben. Nehmen Sie an, dass ein Schedulingvorgang (egal ob Kernel- oder Userland) eine Zeiteinheit benötigt; die zum Dispatchen benötigte Zeit ist vernachlässigbar. Das Userland-Scheduling zählt **nicht** zur Runtime des Prozesses. Als Tie-Breaker setzen Sie die Prozess-ID an, wobei niedrigere Prozess-IDs höhere Priorität haben. Im Userland-Sheduler

[1] Selbst eine Chilischote ist hier eigentlich zuviel...

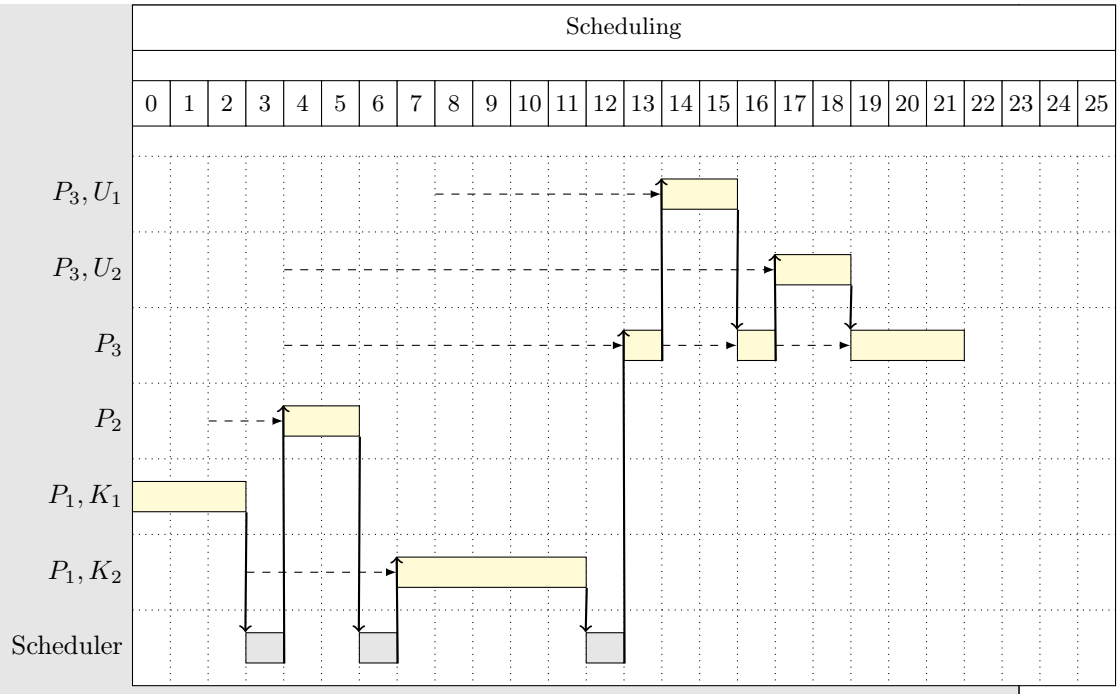
haben Threads priorität ggü. eigenen Berechnungen. Skizzieren Sie den Ablauf der Prozesse in einem Gantt-Diagram für folgende Sheduling-Arten:

(a) 𝒮 𝒮 **preemptive Round-Robin** mit konstanten Zeitquanti von $t_i = 2$ Zeiteinheiten.




(b) 𝒮 𝒮 𝒮 𝒮 **non-preemptive Shortest Time Remaining Next**. Welches Problem dieser Strategie wird sichtbar?

> Die Laufzeit der Userland-Threads $p_3$, $u_1$ und $u_2$, muss zur Laufzeit von $p_3$ addiert werden, um die Gesamtlaufzeit (ohne Sheduling) zu erhalten. Diese geht dann in die Berechnungen des Kernel-Shedulers ein.




Für Shortest Time Remaining Next muss die Laufzeit im Voraus bekannt sein. Das ist nur schwer möglich; in unserem Beispiel wissen wir nicht, wie viel Zeit für den Sheduler benötigt wird, da wir nicht wissen, wie viele Shedulingvorgänge es im Userspace gibt.

## 10 Strategien zur Speicherallokation

Gegeben ist eine Liste freier Speicherbereiche: 100kB - 250kB - 300kB - 50kB - 400kB. Wie sieht diese Liste nach den Anfragen für 20kB - 300kB - 60kB - 300kB - 40kB aus?

(a) Verwenden Sie die Strategie **First Fit**.

(b) Verwenden Sie die Strategie **Worst Fit**.

**First Fit**:

| Anfrage | Speicherbereiche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 100kB | 250kB | 300kB | 50kB | 400kB |
| 20kB | 80kB | 250kB | 300kB | 50kB | 400kB |
| 300kB | 80kB | 250kB | 0 kB | 50kB | 400kB |
| 60kB | 20kB | 250kB | 0 kB | 50kB | 400kB |
| 300kB | 20kB | 250kB | 0 kB | 50kB | 100kB |
| 40kB | 20kB | 210kB | 0 kB | 50kB | 100kB |

**Worst Fit**:

| Anfrage | Speicherbereiche | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 100kB | 250kB | 300kB | 50kB | 400kB |
| 20kB | 100kB | 250kB | 300kB | 50kB | 380kB |
| 300kB | 100kB | 250kB | 300kB | 50kB | 80kB |
| 60kB | 100kB | 250kB | 240kB | 50kB | 80kB |
| 300kB | **out of memory** | | | | |

# 11 Dateisysteme, I-Nodes

Der Hacker namens 4Chan[2] lädt sich von seiner Lieblingstorrentseite den Film HotFuzz herunter. Da er wie alle Hacker natürlich Linux auf seinem Rechner verwendet, muss der Linux-Kernel nun mit einer Datei der Größe von rund 5GB umgehen.

(a) 🕊🕊 Wie wird diese Datei im Speicher organisiert? Wie viele Blöcke (bei einer Blockgröße von 4KB) werden benötigt?

(b) 🕊 Nehmen wir an, der Film liegt unter `/home/1337h4x0r/Videos/hotfuzz.bdrip.4k.mkv`. Unser Hacker hat im Keller ein NAS stehen, auf das er bequem vom Fernseher aus zugreifen kann. Das NAS sei unter `/mnt/nas` gemountet. Da der Film ziemlich groß ist, und der Hacker ziemlich ungeduldig, legt er der Einfachheit halber eine symbolische Verknüpfung an. Der Bundestrojaner offenbarte uns folgendes directory listing (`ls -la`):

```
...
lrwxrwxrwx 1 1337h4x0r users       7 23. Feb 00:44 hotfuzz.mkv
                  -> /home/1337h4x0r/Videos/hotfuzz.bdrip.4k.mkv
...
```

Warum funktioniert das nicht?

(a) Zur Speicherorganisation werden I-Nodes verwendet. Um 5GB = 5120MB = 5242880kB speichern zu können, werden 1310720 Blöcke benötigt. Um diese zu verwalten, muss die Strategie *triple indirect* verwendet werden. Diese benötigt noch Extrablöcke zur Verwaltung.

(b) Der Film liegt ja nicht am NAS, der Pfad ist am System des Fernsehrs nicht gültig und zeigt damit ins leere. Am Rechner des Hackers geht alles aber.

# 12 Seitentabellen, Adressaufbau

Für die folgenden Teilaufgaben gelten folgende Annahmen:

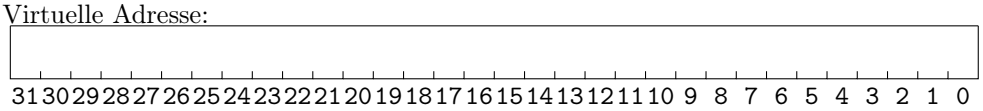
Die 256 KiB eines byte-Adressierbaren virtuellen Adressraums werden mit einem zweistufigen Pagingverfahren auf Kacheln der Größe $4096 = 0x1000$ abgebildet. Insgesamt stehen dem System 64 KiB physisch adressierbarem Hauptspeicher zur Verfügung.

Gehen Sie davon aus, dass nicht auf das Offset innerhalb einer Seite entfallende Bits einer virtuellen Adresse so auf die beiden Paging-Stufen aufgeteilt wird, dass die zweite Stufe doppelt so viele Bits bekommt wie die erste. Wie üblich darf Seitengröße = Kachelgröße angenommen werden. Vereinfachend nehmen wir außerdem an, dass außer den Adressinformationen keinerlei weitere Informationen (present, dirty, ...) kodiert werden.

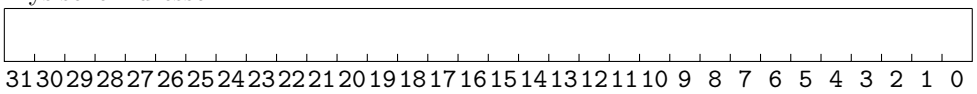
[2]Symbolbild: http://imgur.com/gallery/DtgL7gb

(a) Vervollständigen Sie folgende Grafik, in dem Sie die Aufteilung der Adresse in Offset (innerhalb einer Seite/Kachel) sowie ggf. die Bits der Paging-Stufen markieren. Kennzeichnen Sie die Bereiche mit ihrer jeweiligen Funktion. Ein Kästchen eine Adresse entspricht dabei einem Bit. Streichen Sie Bits, die nicht zur Adresse gehören **deutlich**.

Virtuelle Adresse:

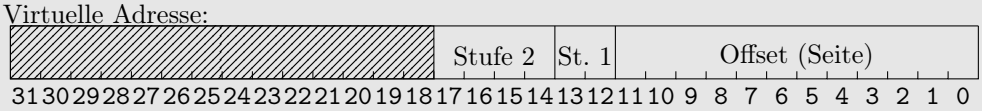



Physische Adresse:




Für ein Adressierungsschema müssen wir jedem Byte des Speichers eine eindeutige Nummer zuweisen. Wenn wir von Bits (und Binärzahlen) sprechen, dann können wir uns zu Nutze machen, dass wir, um $0 \leq y < 2^x, y \in \mathbb{N}$ darzustellen genau $x$-Bit lange Binärzahlen benötigen. Die benötigten Zahlen können also direkt aus der Angabe berechnet werden, indem wir $\min_{x \in \mathbb{N}_0} 2^x \geq y$ lösen (mit $y$ als Größe des zu adressierenden Speichers). Weil Informatiker Zweierpotenzen lieben und wir alle faule Hunde sind, können wir davon ausgehen, dass sich (im Kontext von GBS, in der Realität ist das nicht immer so!) die Speichergrößen immer durch Zweierpotenzen darstellen lassen, also $\exists x \in \mathbb{N}_0 : 2^x = y$ gilt. Damit reduziert sich die obige Minimierungsaufgabe auf Bits $= \log_2(y)$.

Virtuelle Adresse:

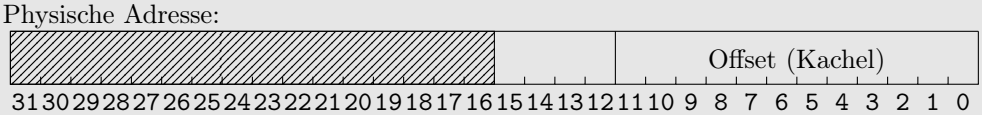



Hinweis: Die Reihenfolge der beiden Stufen in der Adresse kann vertauscht sein, da keine Ordnung vorgeschrieben ist. Es ist aber zweckmäßig, diese so zu ordnen, wie man sie braucht, d.h. höherwertige Pagingtabelle zuerst, dann die niederwertige, dann das Offset.

Rechnungen:

- Gesamt: $\log_2(256 \cdot 2^{10}) = \log_2(256) + 10 = \log_2(2^8) + 10 = 18\,\text{Bit}$
- Offset innerhalb einer Seite: $\log_2(4096) = 12\,\text{Bit}$
- Länge der zweiten Stufe: $\frac{2 \cdot (18-12)}{3} = 4\,\text{Bit}$
- Länge der ersten Stufe: $\frac{18-12}{3} = 2\,\text{Bit}$

Physische Adresse:




Gemäß Aufgabenstellung ist Seitengröße = Kachelgröße, daher ist das Offset innerhalb einer Kachel dasselbe wie innerhalb einer Seite. Die übrigen Bits der physischen Adresse haben (hier) keine besondere Verwendung.

(b) Bestimmen Sie folgende Werte:

- Zahl der Seiten im virtuellen Speicher bei Vollbelegung

- Zahl der Kacheln im physischen Speicher bei Vollbelegung
- Einträge in der Tabelle, die für den ersten Schritt der Adressübersetzung verwendet wird
- Größe einer Tabelle, die für den zweiten Schritt der Adressübersetzung verwendet wird

## Glückwunsch!

Du hast es durchgeschafft. Hier etwas zur Erfrischung:


Viel Erfolg für die Klausur!