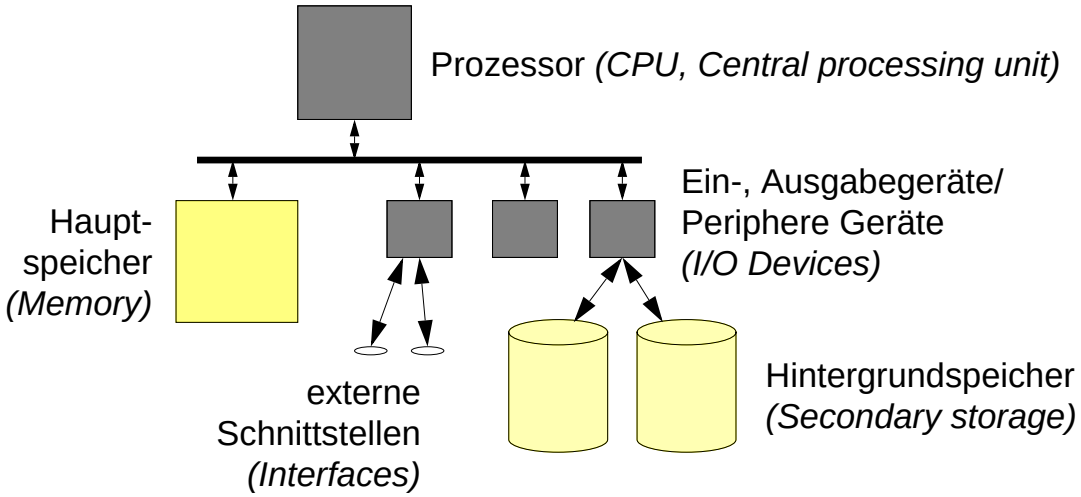
Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

B6 Speicherverwaltungssystem

6 Speicherverwaltungssystem

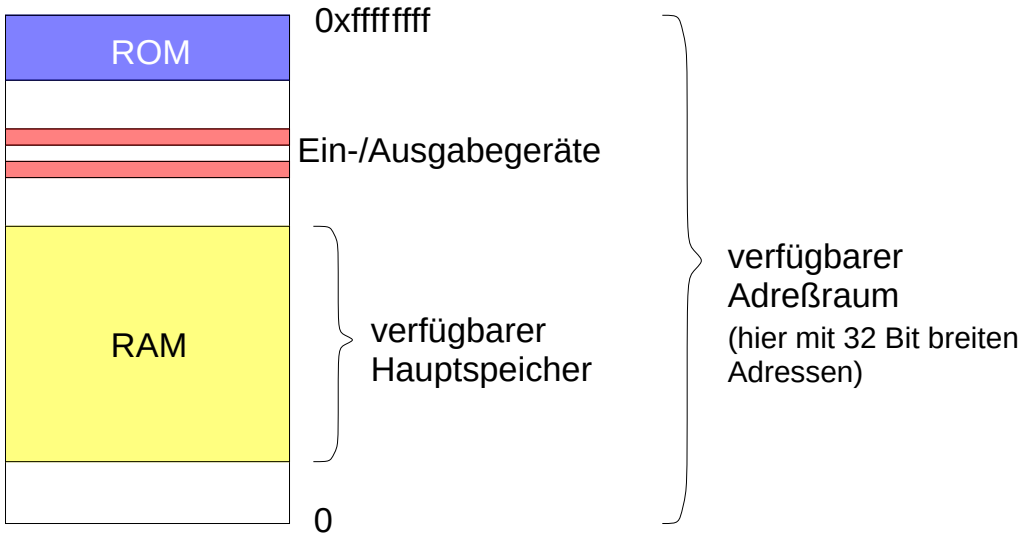
- Betriebsmittel



6.1 Speichervergabe

6.1.1 Problemstellung

- Verfügbarer Speicher



6.1.1 Problemstellung

- Belegung des verfügbaren Hauptspeichers durch
  - Benutzerprogramme
    - Programmbefehle (Code, Binary)
    - Programmdaten
  - Betriebssystem
    - Betriebssystemcode
    - Puffer
    - Systemvariablen
- ★ Zuteilung des Speichers nötig

6.1.2 Dynamische Speicherzuteilung

- Segmente
  - zusammenhängender Speicherbereich
    (Bereich mit aufeinanderfolgenden Adressen)
- Allokation (Anforderung) und Freigabe von Segmenten
- Ein Anwendungsprogramm besitzt üblicherweise folgende Segmente:
  - Codesegment
  - Datensegment
  - Stacksegment (für Verwaltungsinformationen, z.B. bei Funktionsaufrufen)

▲ Suche nach geeigneten Speicherbereichen zur Zuteilung

★ Speicherzuteilungsstrategien nötig

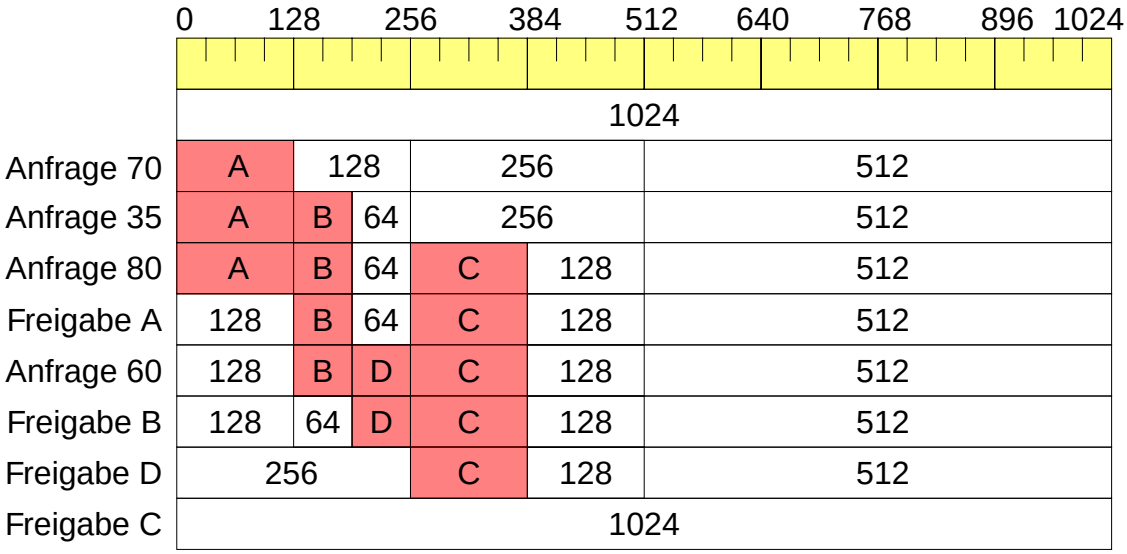
6.1.2.1 Vergabestrategien

- First Fit
  - erste passende Lücke wird verwendet
- Rotating First Fit / Next Fit
  - wie First Fit aber Start bei der zuletzt zugewiesenen Lücke
- Best Fit
  - kleinste passende Lücke wird gesucht
- Worst Fit
  - größte passende Lücke wird gesucht

▲ Probleme:
  - Speicherverschnitt
  - zu kleine Lücken

6.1.2.2 Buddy Systeme

- Einteilung in dynamische Bereiche der Größe 2^n



Effiziente Repräsentation der Lücken und effiziente Algorithmen

6.1.2.3 Einsatz der Verfahren

- Einsatz im Betriebssystem
  - Verwaltung des Systemspeichers
  - Zuteilung von Speicher an Prozesse und Betriebssystemteile; ein Teil des Betriebssystems ist immer statisch platziert.
- Einsatz innerhalb eines Prozesses
  - Verwaltung des Haldenspeichers *(Heap)*
  - erlaubt dynamische Allokation von Speicherbereichen durch den Prozeß:
    Genaueres: Siehe man(3) !!! malloc(3C)

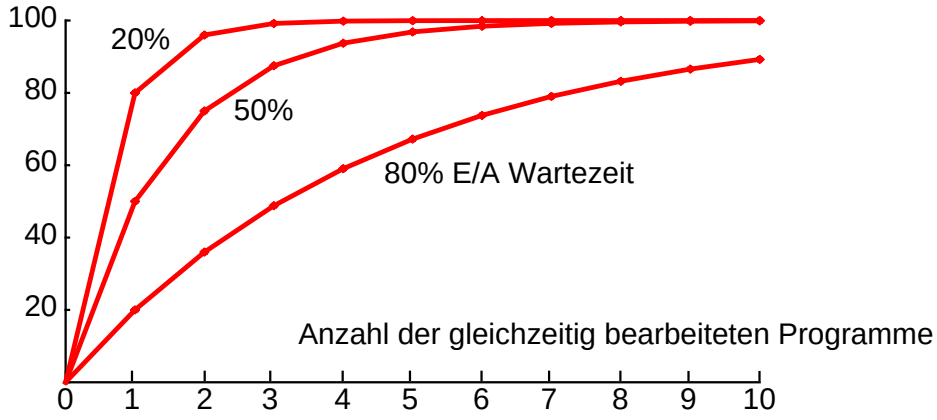
```
char *malloc (unsigned size)
char *realloc (char *ptr, unsigned size)
void free(char *ptr))
```

- Einsatz für Bereiche des Sekundärspeichers
  - Verwaltung bestimmter Abschnitte des Sekundärspeichers
    z.B. Speicherbereich für Prozeßauslagerungen *(Swap space)*

6.1.3 Mehrprogrammbetrieb

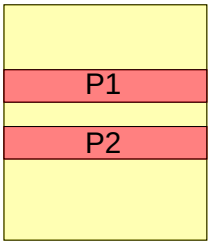
6.1.3.1 Problemstellung

- Mehrere Prozesse laufen (quasi) gleichzeitig
  - Wartezeiten von Ein-/Ausgabeoperationen ausnutzen
  - CPU Auslastung verbessern
- CPU-Nutzung in Prozent, abhängig von der Anzahl der Prozesse



6.1.3.1 Problemstellung

- Mehrere Prozesse benötigen Hauptspeicher
  - Prozesse liegen an verschiedenen Stellen im Hauptspeicher
  - Speicher reicht eventuell nicht für alle Prozesse
  - Schutzbedürfnis des Betriebssystems und der Prozesse untereinander



zwei Prozesse und deren Codesegmente im Speicher

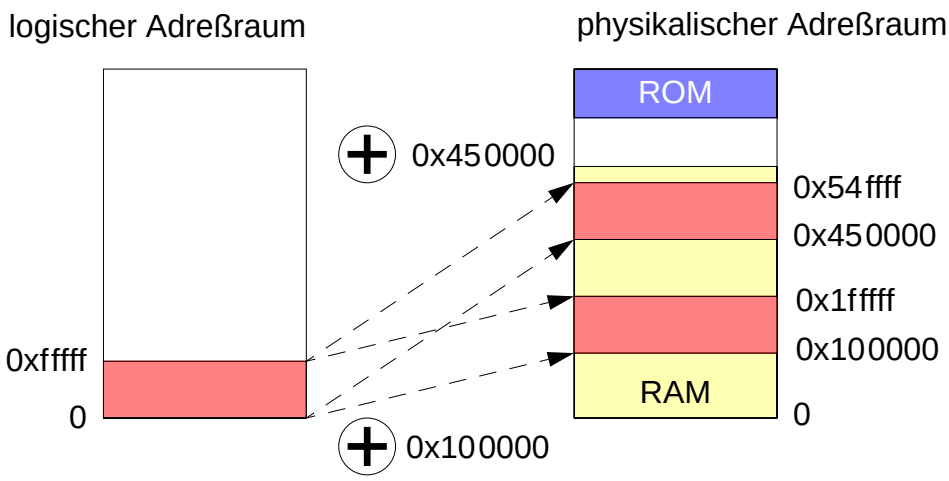
- Relokation von Programmbefehlen (Binaries)
- Ein- und Auslagern von Prozessen
- Hardwareunterstützung

6.1.3.2 Relokation und Binden *(Relocation and Linking)*

- Festlegung absoluter Adressen in den Programmbefehlen
  - z.B. ein Sprungbefehl in ein Unterprogramm oder ein Ladebefehl für eine Variable aus dem Datensegment
- Absolutes Binden (*Compile time*)
  - Adressen stehen fest
  - Programm kann nur an bestimmter Speicherstelle korrekt ablaufen
- Statisches Binden (*Load time*)
  - Beim Laden (Starten) des Programms werden die absoluten Adressen angepaßt (reloziert)
  - Relokationsinformation nötig, die vom Compiler oder Assembler geliefert wird
- Dynamisches Binden *(Run time)*
  - Bibliotheken werden **einmal** getrennt von sie benutzende Programmsysteme geladen. Die Referenzen werden zur Laufzeit abgesättigt.
  - Spart erheblich Speicherplatz, da der Code gemeinsam genutzt werden kann. Code ist *sharable!*

6.1.4 Segmentierung

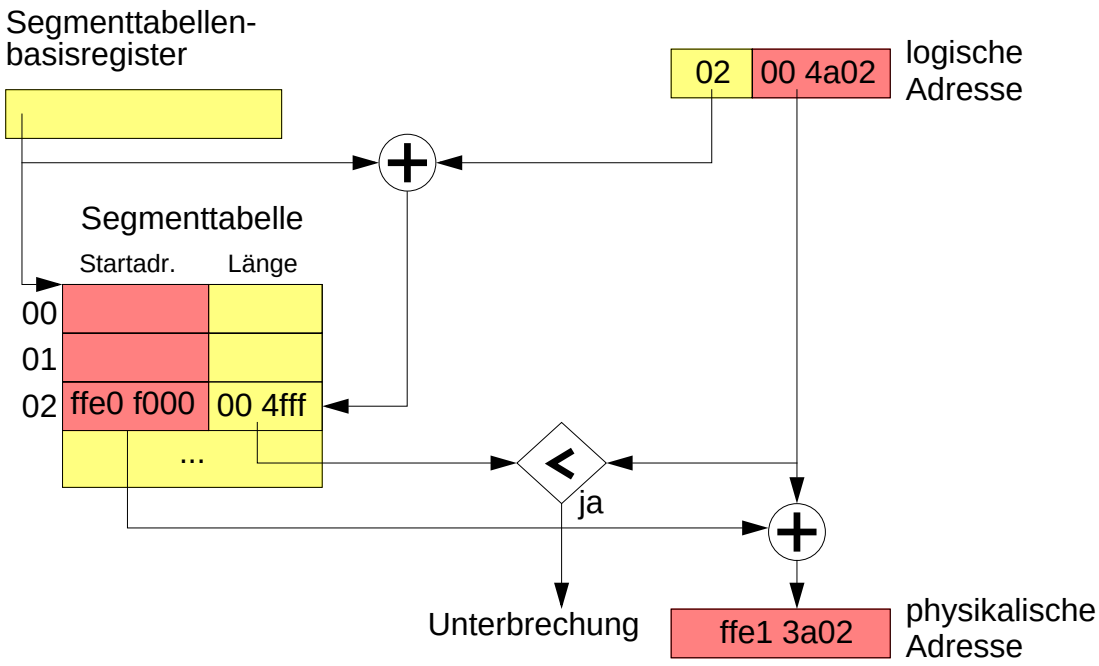
- Hardwareunterstützung: Umsetzung logischer in physikalische Adressen
  - Prozesse erhalten einen logischen Adreßraum



Das Segment im logischen Adreßraum kann an jeder beliebige Stelle im physikalischen Adressraum liegen.

6.1.4 Segmentierung

- Realisierung mit Übersetzungstabelle



6.1.4 Segmentierung

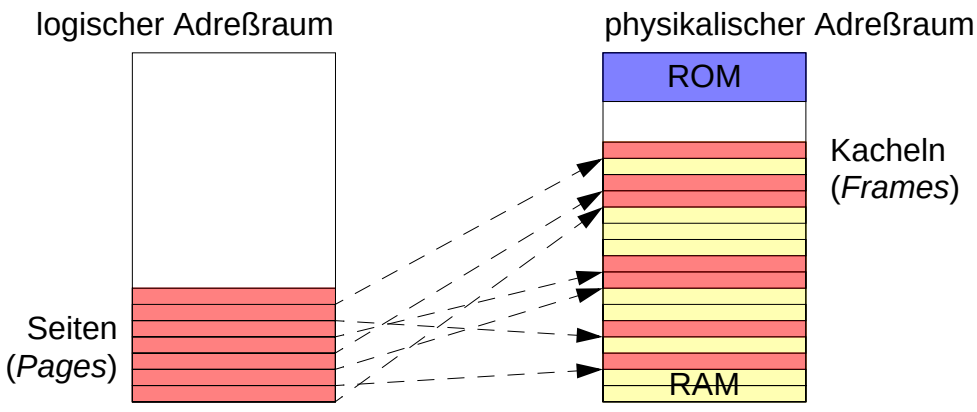
- Hardware wird MMU *(Memory management unit)* genannt
- Schutz vor Segmentübertretung
  - Unterbrechung zeigt Speicherverletzung an
  - Programme und Betriebssystem voreinander geschützt
- Prozeßumschaltung durch Austausch der Segmentbasis
  - jeder Prozeß hat eigene Übersetzungstabelle
- Ein- und Auslagerung vereinfacht
  - nach Einlagerung an beliebige Stelle muß lediglich die Übersetzungstabelle angepaßt werden
- Gemeinsame Segmente möglich
  - Befehlssegmente
  - Datensegmente (*Shared memory*)

6.1.4 Segmentierung

- ■ Zugriffsschutz einfach integrierbar
  - ◆ z.B. Rechte zum Lesen, Schreiben und Ausführen von Befehlen, die von der MMU geprüft werden
- ▲ Fragmentierung des Speichers durch häufiges Ein- und Auslagern
  - ◆ es entstehen kleine, nicht nutzbare Lücken
- ★ Kompaktifizieren
  - ◆ Segmente werden verschoben, um Lücken zu schließen; Segmenttabelle wird jeweils angepaßt
- ▲ lange E/A Zeiten für Ein- und Auslagerung
  - ◆ nicht alle Teile eines Segments werden gleich häufig genutzt

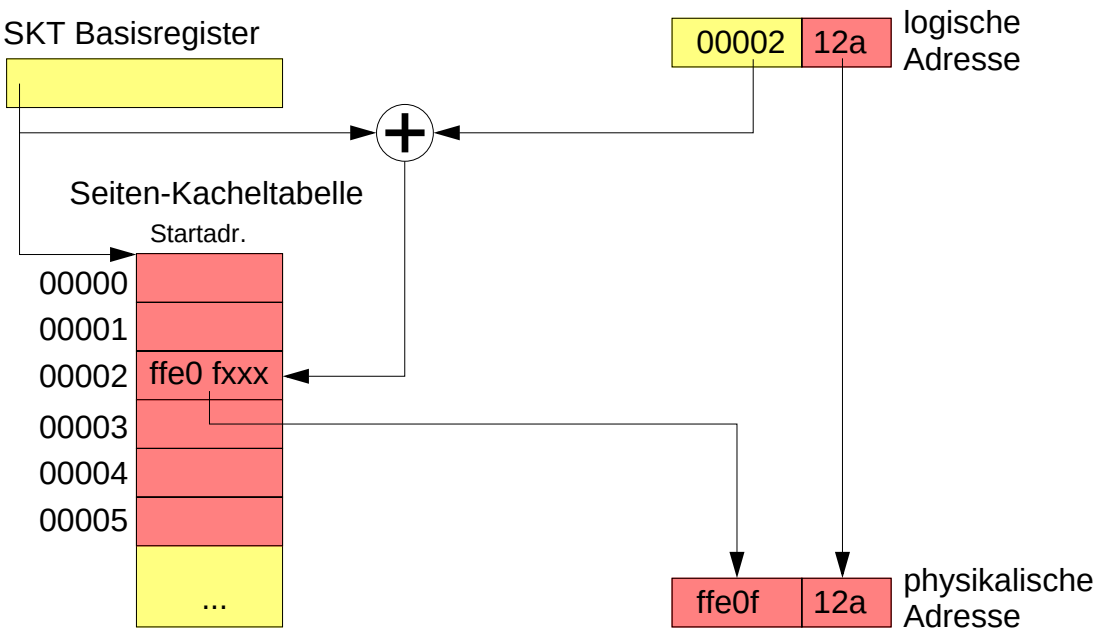
6.1.5 Seitenadressierung (*Paging*)

- ■ Einteilung des logischen Adreßraums in gleichgroße Seiten, die an beliebigen Stellen im physikalischen Adreßraum liegen können
  - ◆ Lösung des Fragmentierungsproblem
  - ◆ keine Kompaktifizierung mehr nötig
  - ◆ Vereinfacht Speicherbelegung



6.1.5.1 MMU mit Seiten-Kacheltabelle

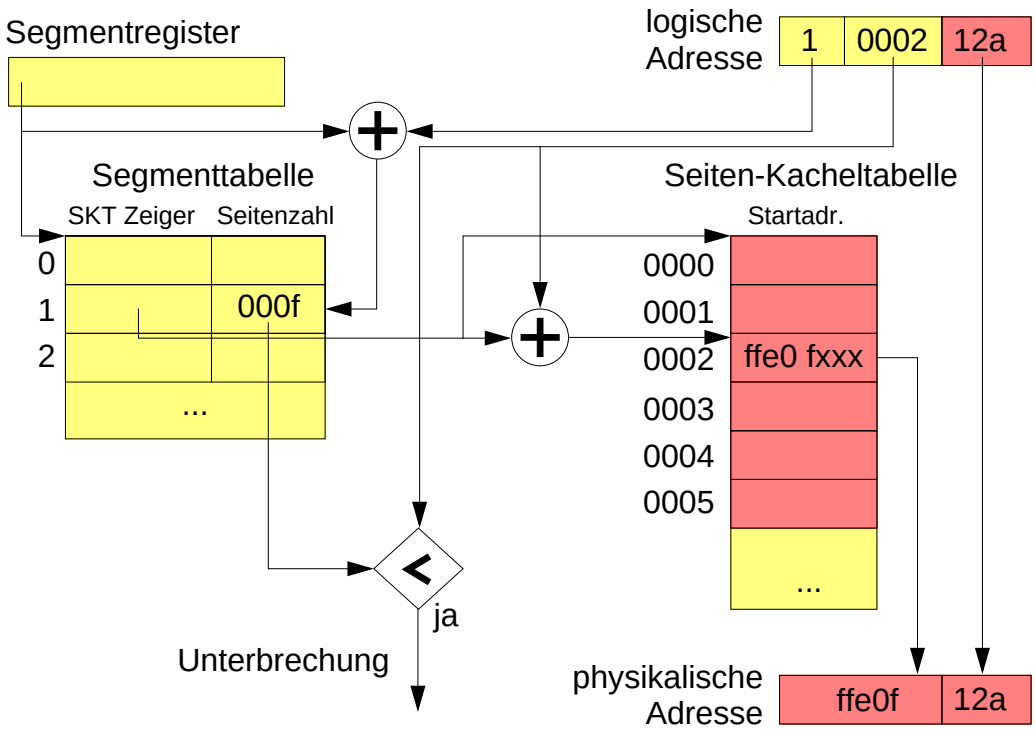
- Tabelle setzt Seiten in Kacheln um



6.1.5.1 MMU mit Seiten-Kacheltabelle

- ▲ Seitenadressierung erzeugt internen Verschnitt
  - letzte Seite eventuell nicht vollständig genutzt
- ■ Seitengröße
  - kleine Seiten verringern internen Verschnitt, vergrößern aber die Seiten-Kacheltabelle (und umgekehrt)
  - übliche Größen: 512 Bytes — 8192 Bytes
- ▲ große Tabelle, die im Speicher gehalten werden muß
- ▲ viele implizite Speicherzugriffe nötig
- ▲ nur ein „Segment“ pro Kontext
- ★ Kombination mit Segmentierung

6.1.6 Segmentierung und Seitenadressierung

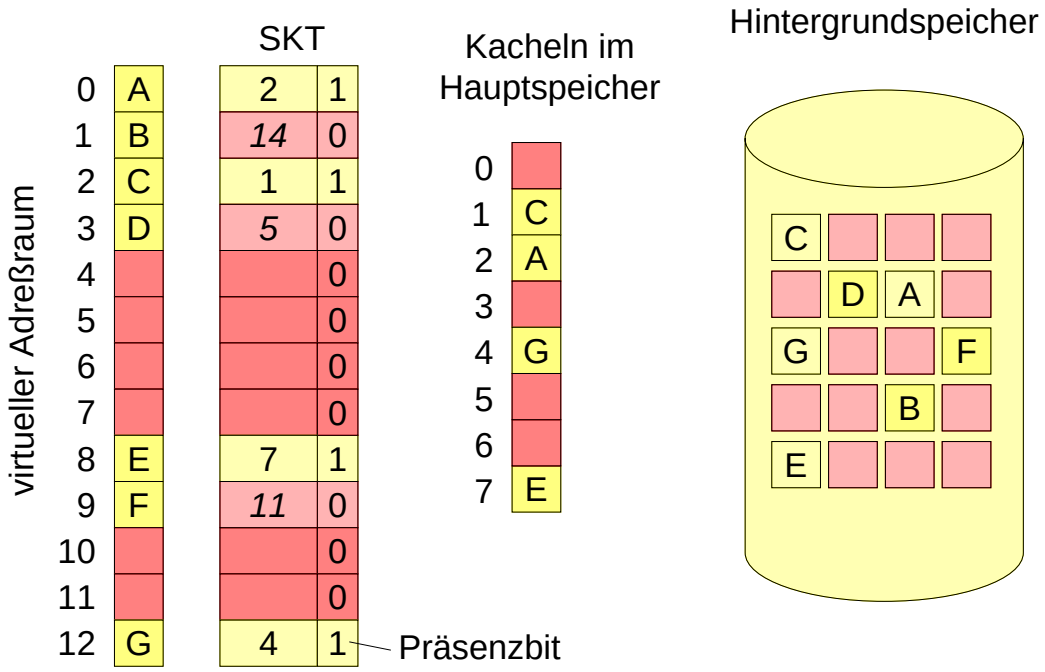


6.1.7 Virtueller Speicher

- Entkoppelung des Speicherbedarfs vom verfügbaren Hauptspeicher
  - Prozesse benötigen nicht alle Speicherstellen gleich häufig
    - bestimmte Befehle werden selten oder gar nicht benutzt (z.B. Fehlerbehandlungen)
    - bestimmte Datenstrukturen werden nicht voll belegt
  - Prozesse benötigen evtl. mehr Speicher als Hauptspeicher vorhanden
- Idee
  - Vortäuschen eines großen Hauptspeichers
  - Einblenden benötiger Speicherbereiche
  - Abfangen von Zugriffen auf nicht eingeblendete Bereiche
  - Bereitstellen der benötigen Bereiche

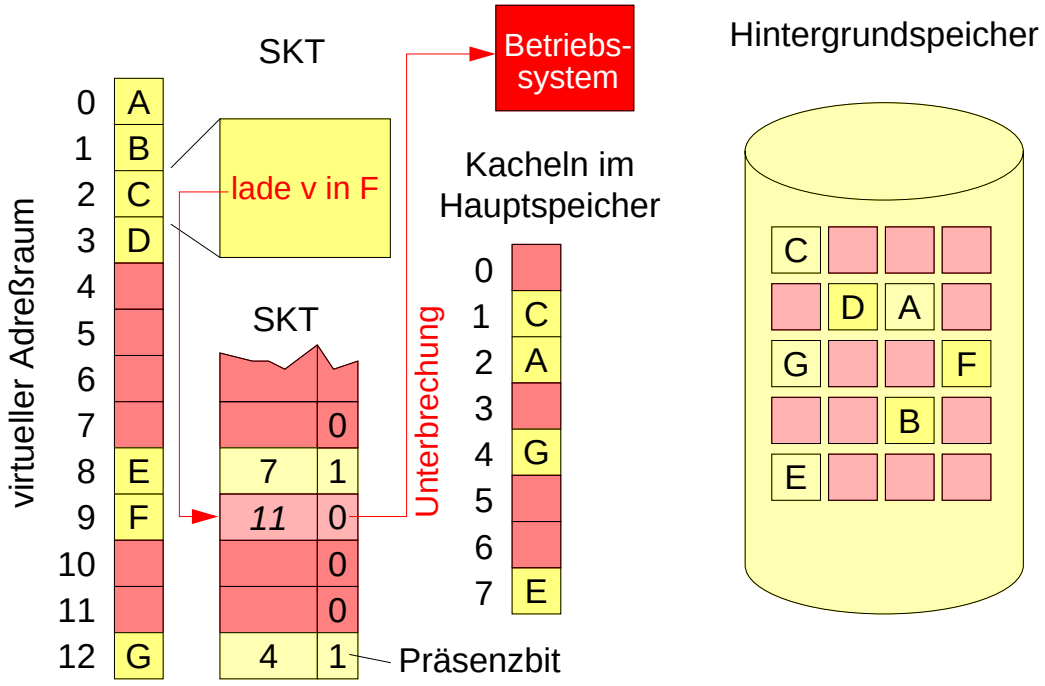
6.1.7.1 Demand Paging

- Bereitstellen von Seiten auf Anforderung



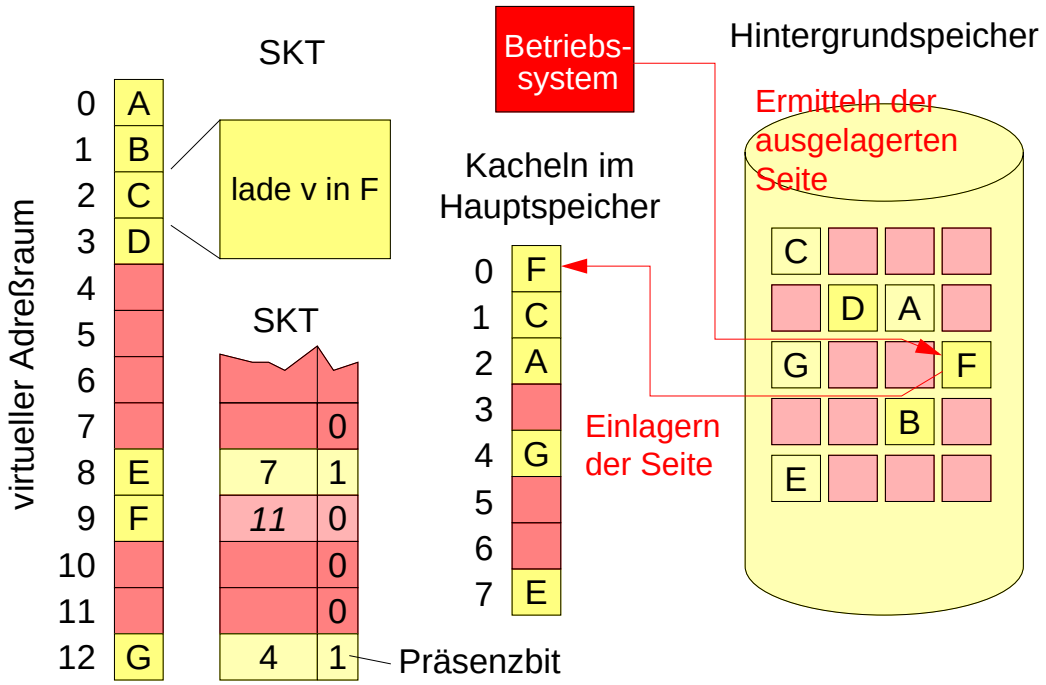
6.1.7.1 Demand Paging

- Reaktion auf Seitenfehler



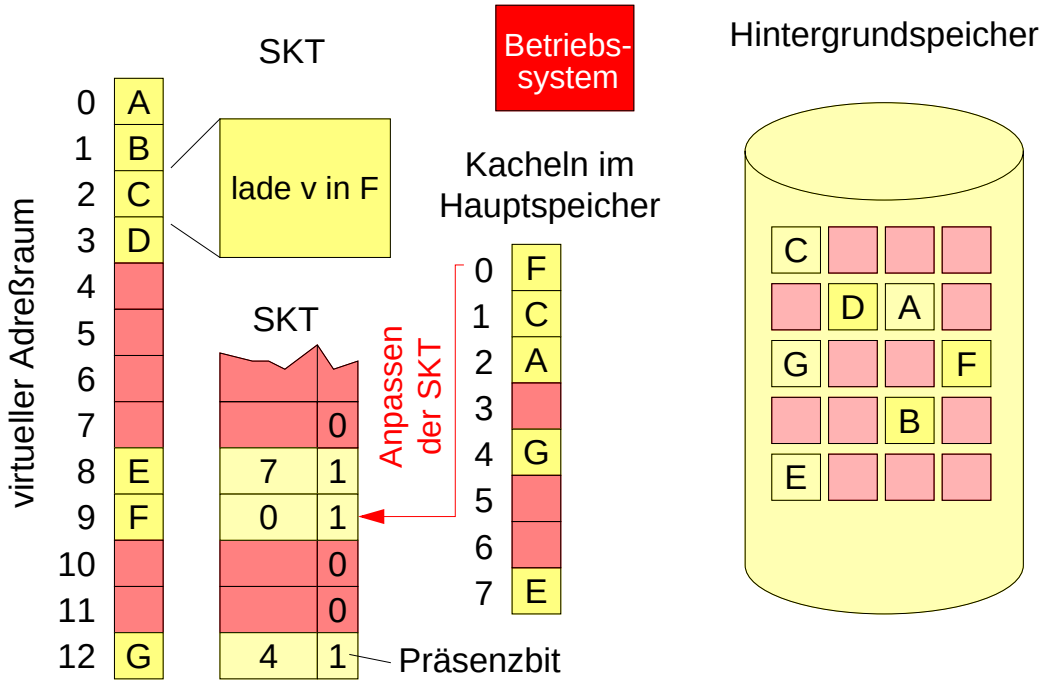
6.1.7.1 Demand Paging

- Reaktion auf Seitenfehler



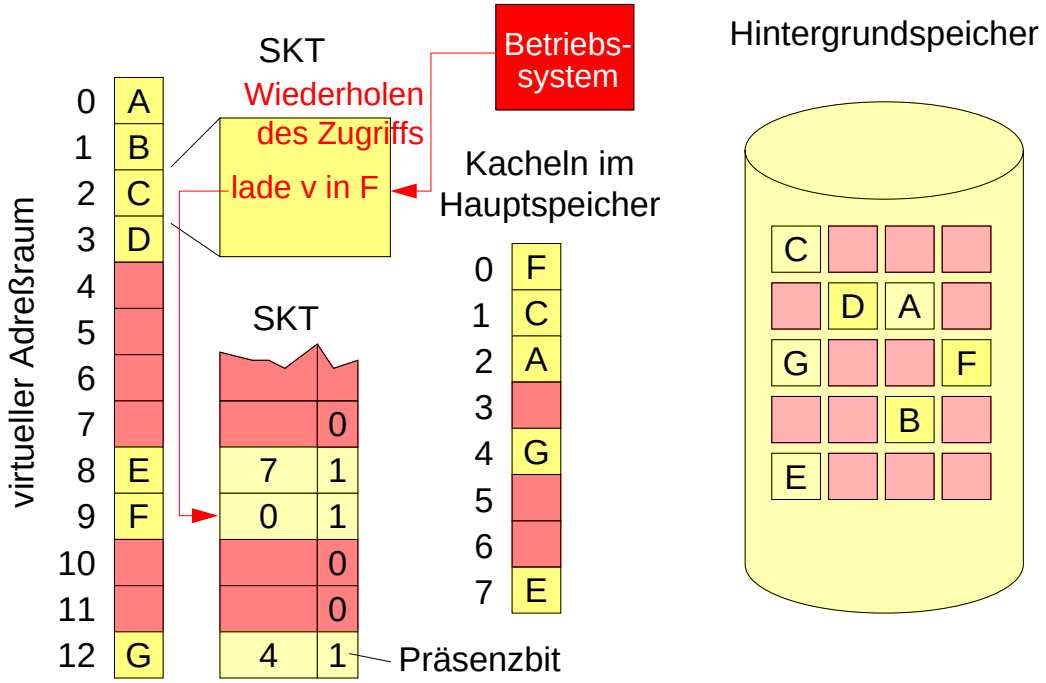
6.1.7.1 Demand Paging

- Reaktion auf Seitenfehler



6.1.7.1 Demand Paging

- Reaktion auf Seitenfehler



6.1.7.1 Demand Paging

- Performanz von Demand paging
  - Keine Seitenfehler
    - effektive Zugriffszeit zw. 10 und 200 Nanosekunden
  - Mit Seitenfehler
    - p sei Wahrscheinlichkeit für Seitenfehler; p nahe Null
    - Annahme: Zeit zum Einlagern einer Seite vom Hintergrundspeicher gleich 25 Millisekunden (8 ms Latenz, 15 ms Positionierzeit, 1 ms Übertragungszeit)
    - Annahme: normale Zugriffszeit 100 ns
    - Effektive Zugriffszeit:
      $(1 - p) \times 100 + p \times 25000000 = 100 + 24999900 \times p$
- Seitenfehler müssen so niedrig wie möglich gehalten werden
- Abwandlung: *Demand zero* für nicht initialisierte Daten

6.1.8 Seitenersetzung

- Was tun, wenn keine freie Kachel vorhanden?
  - Eine Seite muß verdrängt werden, um Platz für neue Seite zu schaffen!
  - Auswahl von Seiten, die nicht geändert wurden (*Dirty bit* in der SKT)
  - Verdrängung erfordert Auslagerung, falls Seite geändert wurde
- Vorgang:
  - Seitenfehler *(Page fault)*: Unterbrechung
  - Auslagern einer Seite, falls keine freie Kachel verfügbar
  - Einlagern der benötigten Seite
  - Wiederholung des Zugriffs
- Problem
  - Welche Seite soll ausgewählt werden?

6.1.8.1 Optimale Ersetzungsstrategie

- Es gibt eine optimale Ersetzungsstrategie B_0 nämlich die tatsächliche Referenzfolge.
  Problem: Referenzfolge ist vorher nicht bekannt.
- Suche nach Strategien, die möglichst nahe an B_0 kommen:
  - z.B. *Least recently used* (LRU)
    Wähle die Seite zum Auslagern aus, die am längsten nicht mehr referenziert wurde, also die Seite mit dem größten "Rückwärtsabstand".
- Statt eine Seite zu ersetzen wird permanent eine Menge freier Seiten gehalten
  - Auslagerung geschieht im „voraus“
  - Effizienter: Ersetzungszeit besteht im Wesentlichen nur aus Einlagerungszeit
- Behalten der Seitenzuordnung auch nach der Auslagerung
  - Wird die Seite doch noch benutzt bevor sie durch eine andere ersetzt wird, kann sie mit hoher Effizienz wiederverwendet werden.
  - Seite wird aus Freiseitepuffer ausgetragen und wieder dem entsprechenden Prozeß zugeordnet.

6.1.8 Seitenanforderung

- Begrenzungen
  - Maximale Seitenmenge: begrenzt durch Anzahl der Kacheln
  - Minimale Seitenmenge: abhängig von der Prozessorarchitektur
    - Mindestens die Anzahl von Seiten nötig, die theoretisch bei einem Maschinenbefehl benötigt werden
      (z.B. zwei Seiten für den Befehl, vier Seiten für die adressierten Daten)
- Mögliche Zuordnungen
  - Anzahl der Prozesse bestimmt die Kachelmenge, die ein Prozeß bekommt
  - "Größe" des Programms fließt in die zugeteilte Kachelmenge ein

6.1.8 Seitenanforderung

- Sind zuviele Prozesse aktiv, werden welche deaktiviert
  - Kacheln teilen sich auf weniger Prozesse auf
    - Verbindung mit dem Scheduling nötig
      - Verhindern von Aushungerung
      - Erzielen kurzer Reaktionszeiten
      - Vermeidung von "Seitenflattern" (Trashing)
      - (ausgelagerte Seite wird wieder angefordert)
  - guter Kandidat: Prozeß mit wenigen Seiten im Hauptspeicher
    - geringe Latenz bei Wiedereinlagerung bzw.
      wenige Seitenfehler bei Aktivierung und Demand paging
- Working Set Model (Arbeitsmengenmodell)
  Aus der Beobachtung der Vergangenheit eines Prozessverhaltens wird mit (wahrscheinlichkeitstheoretischen) Annahmen auf das Verhalten der Zukunft geschlossen. Ziel ist es, dem Prozess die Anzahl von Seiten zur Verfügung zu stellen, die die Anzahl der Seitenanforderungen (*Page Faults*) minimiert.