# E Vom C-Programm zum laufenden Prozess

## E.1 Übersetzen - Objektmodule

- 1. Schritt: Präprozessor
  - ◆ entfernt Kommentare, wertet Präprozessoranweisungen aus
    - ➤ fügt include-Dateien ein
    - ➤ expandiert Makros
    - ➤ entfernt Makro-abhängige Code-Abschnitte (*conditional code*)
      Beispiel:

```
#define DEBUG
...
#ifdef DEBUG
    printf("Zwischenergebnis = %d\n", wert);
#endif DEBUG
```

  - ◆ Zwischenergebnis kann mit `cc -P datei.c` als `datei.i` erzeugt werden oder mit `cc -E datei.c` ausgegeben werden






## E.1 Übersetzen - Objektmodule (2)

- 2. Schritt: Compilieren
  - ◆ übersetzt C-Code in Assembler
  - ◆ Zwischenergebnis kann mit `cc -S datei.c` als `datei.s` erzeugt werden
- 3. Schritt: Assemblieren
  - ◆ assembliert Assembler-Code, erzeugt Maschinencode (Objekt-Datei)
  - ◆ standardisiertes Objekt-Dateifomat: ELF (Executable and Linking Format) (vereinfachte Darstellung) - in nicht-UNIX-Systemen andere Formate
    - ➤ Maschinencode
    - ➤ Informationen über Variablen mit Lebensdauer static (ggf. Initialisierungswerte)
    - ➤ Symboltabelle: wo stehen welche globale Variablen und Funktionen
    - ➤ Relokierungsinformation: wo werden welche "nicht gefundenen" globalen Variablen bzw. Funktionen referenziert
  - ◆ Zwischenergebnis kann mit `cc -c datei.c` als `datei.o` erzeugt werden






## E.2 Binden und Bibliotheken

- 4. Schritt: Binden
  - ◆ Programm **ld** : ( *linker* ), erzeugt ausführbare Datei ( *executable file* )
    - ➤ ebenfalls ELF-Format (früher a.out-Format oder COFF)
  - ◆ Objekt-Dateien (.o-Dateien) werden zusammengebunden
    - ➤ noch nicht abgesättigte Referenzen auf globale Variablen und Funktionen in anderen Objekt-Dateien werden gebunden (Relokation)
  - ◆ nach fehlenden Funktionen wird in Bibliotheken gesucht
- statisch binden
  - ◆ alle fehlenden Funktionen werden aus Bibliotheken genommen und in die ausführbare Datei einkopiert
    - ➤ ausführbare Datei ggf. sehr groß
    - ➤ Funktionen die in vielen Programmen benötigt werden (z. B. printf) werden überall einkopiert






## E.2 Binden und Bibliotheken (2)

- dynamisch binden
  - ◆ Funktionen in gemeinsam nutzbare Bibliotheken (*shared libraries*) werden nicht in die ausführbare Datei einkopiert
    - ➤ ausführbare Datei enthält weiterhin nicht-relokierte Referenzen
    - ➤ ausführbare Dateien sind kleiner, mehrfach genutzte Funktionen sind nur einmal in der shared library abgelegt
    - ➤ Relokation erfolgt beim Laden

# E.3 Programme und Prozesse

- **Programm:** Folge von Anweisungen
  (hinterlegt beispielsweise als ausführbare Datei auf dem Hintergrundspeicher)
- **Prozess:** Programm, das sich in Ausführung befindet, und seine Daten
  (Beachte: ein Programm kann sich mehrfach in Ausführung befinden)
  - ➤ eine konkrete Ausführungsumgebung für ein Programm
    Speicher, Rechte, Verwaltungsinformation (verbrauchte Rechenzeit,...),...
- jeder Prozess bekommt einen eigenen virtuellen Adressraum zur Verfügung gestellt
  - ➤ eigener (virtueller) Speicherbereich von 0 bis 2 GB (oder mehr bis 4 GB)
  - ➤ Datenbereichevon verschiedenen Prozessen und Betriebssystem sind gegeneinander geschützt
  - ➤ Datentransfer zwischen Prozessen nur durch Vermittlung des Betriebssystems möglich






# E.4 Speicherorganisation eines Prozesses

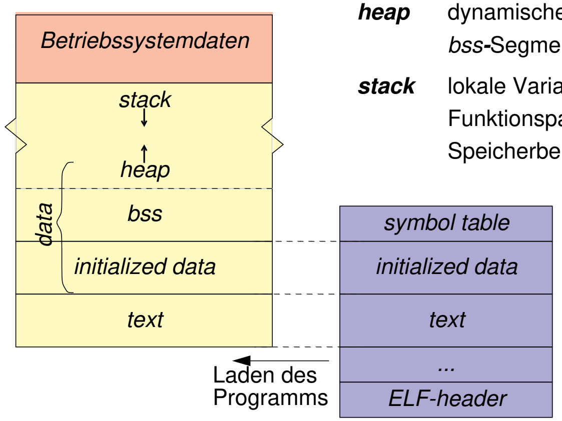
***text*** Programmkode

***data*** globale und static Variablen

***bss*** nicht initialisierte globale und *static* Variablen (wird vor der Vergabe an den Prozess mit 0 vorbelegt)

***heap*** dynamische Erweiterungen des *bss*-Segments (***sbrk(2)***, ***malloc(3)***)

***stack*** lokale Variablen, Funktionsparameter, Speicherbereiche für Registerinhalte,




Aufbau eines Programms ELF-Format)






# E.4 Speicherorganisation eines Prozesses (2)

- Abbildung des virtuellen Adressraums in den realen Hauptspeicher durch Seitenadressierung (**Paging)**
  - ➤ Adreßraum ist in kleine (4 oder 8 kB) Stücke unterteilt (**Seiten**)
  - ➤ jede Seite wird über eine Tabelle in ein entsprechendes Stück des Hauptspeichers (**Kachel**) abgebildet
  - ➤ bei jedem Speicherzugriff wird die virtuelle Adresse in die entsprechende physikalische Adresse umgerechnet
    (spezielle Hardware: Memory Management Unit - MMU)
  - ➤ zu jeder Seite sind Zugriffsrechte vermerkt (nur lesen, lesen+schreiben, Maschinenbefehle ausführen)
  - ➤ eine Seite kann bei Speichermangel von Betriebssystem auf Festplatte ausgelagert werden und bei Bedarf automatisch wieder eingelagert werden






# E.4 Speicherorganisation eines Prozesses(2)