

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*)

```
#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-Dateiformat: 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)
 - Datenbereiche von verschiedenen Prozessen und Betriebssystem sind gegeneinander geschützt
 - Datentransfer zwischen Prozessen nur durch Vermittlung des Betriebssystems möglich

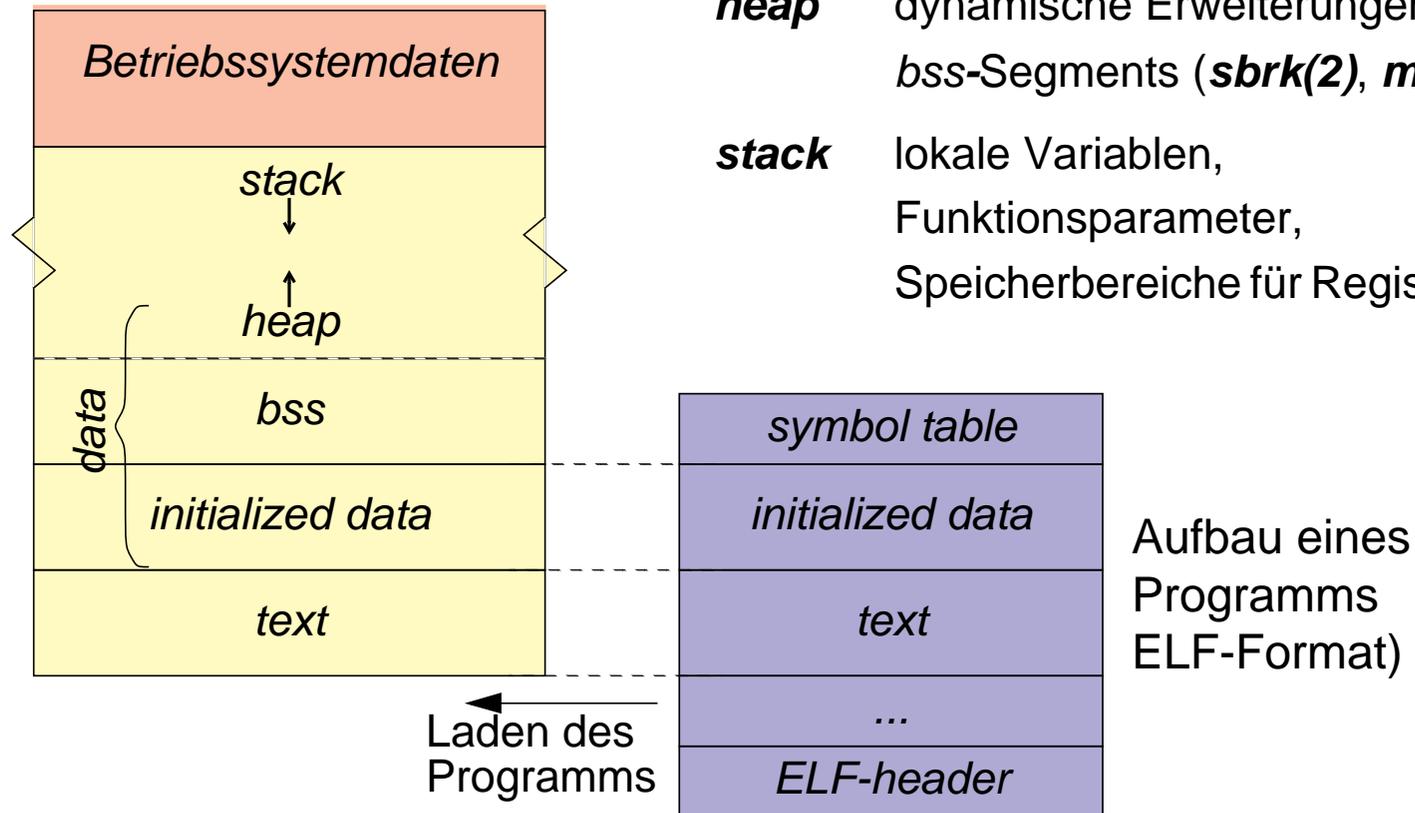
E.4 Speicherorganisation eines Prozesses

text Programmcode
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,



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)

