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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.4 Speicherorganisation eines Prozesses

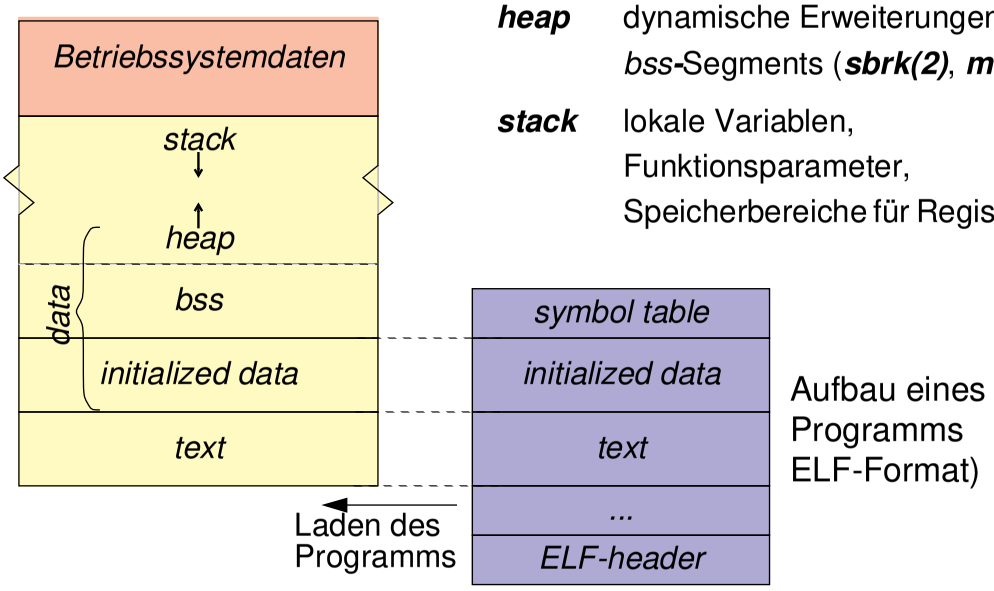
text Programmkode

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)

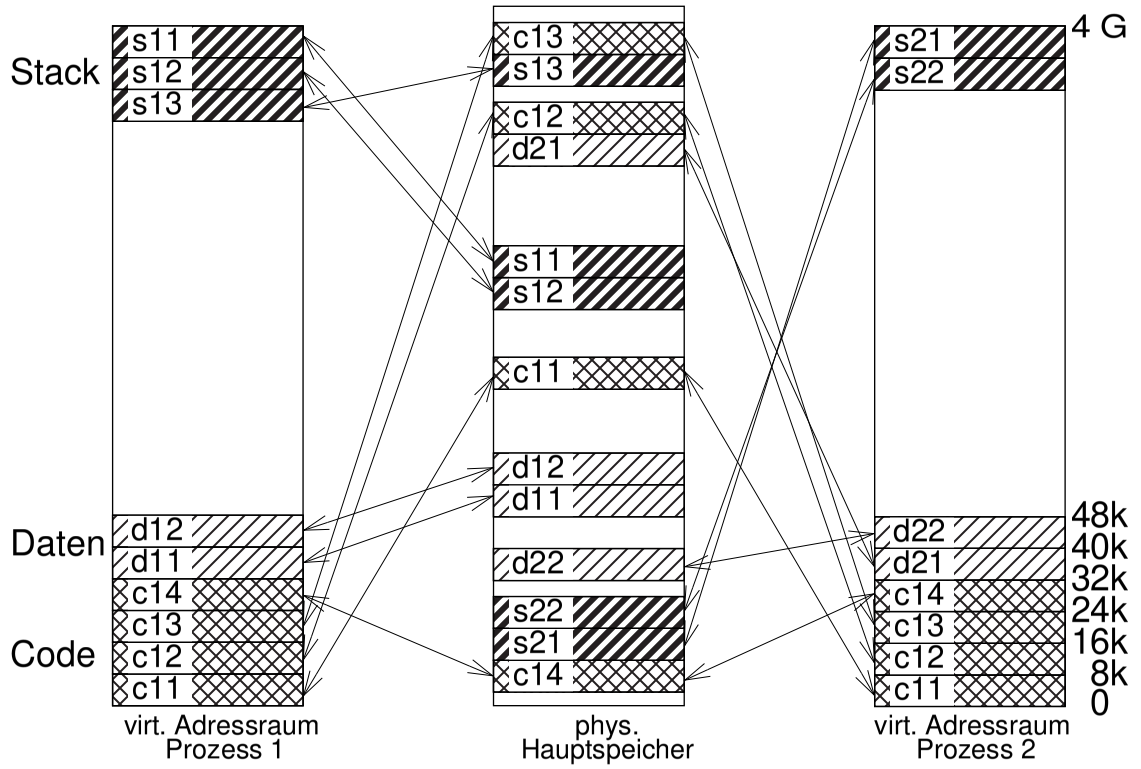
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

E.4 Speicherorganisation eines Prozesses(2)



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.