

E Vom C-Quellcode zum laufenden Programm

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.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

■ Ergebnis: ein ausführbares Programm

E.1 Übersetzen - Objektmodule (2)

E.1 Übersetzen - Objektmodule

■ 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.3 Laden des ausführbaren Programms

E.3 Laden des ausführbaren Programms

■ Windows oder Linux

- ◆ Erzeugen einer Umgebung zur Ausführung des Programms:
 - Prozess
- ◆ **dynamisch binden**
 - Funktionen, die von mehreren Programmen gemeinsam genutzt werden (*shared libraries, dll*), werden erst beim Start des Programms hinzugeladen

■ Mikrocontroller

- ◆ Übertragen des statisch gebundenen Programms in den Programmspeicher des Mikrocontrollers
 - Flashen