

# Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

## Teil C Systemnahe Softwareentwicklung

**Daniel Lohmann, Jürgen Kleinöder**

Lehrstuhl für Informatik 4  
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2011

[http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/SS11/V\\_SPIC](http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/SS11/V_SPIC)



# Überblick: Teil C Systemnahe Softwareentwicklung

**12 Programmstruktur und Module**

**13 Zeiger und Felder**

**14  $\mu$ C-Systemarchitektur**



- Softwareentwurf: Grundsätzliche Überlegungen über die Struktur eines Programms **vor** Beginn der Programmierung
  - Ziel: Zerlegung des Problems in beherrschbare Einheiten
- Es gibt eine Vielzahl von Softwareentwurfs-Methoden
  - Objektorientierter Entwurf [↔ GDI, IV]
    - Stand der Kunst
    - Dekomposition in Klassen und Objekte
    - An Programmiersprachen wie C++ oder Java ausgelegt
  - Top-Down-Entwurf / **Funktionale Dekomposition**
    - Bis Mitte der 80er Jahre fast ausschließlich verwendet
    - Dekomposition in Funktionen und Funktionsaufrufe
    - An Programmiersprachen wie Fortran, Cobol, Pascal oder C orientiert

Systemnahe Software wird oft (noch) mit **Funktionaler Dekomposition** entworfen und entwickelt.



# Beispiel-Projekt: Eine Wetterstation

## ■ Typisches eingebettetes System

### ■ Mehrere Sensoren

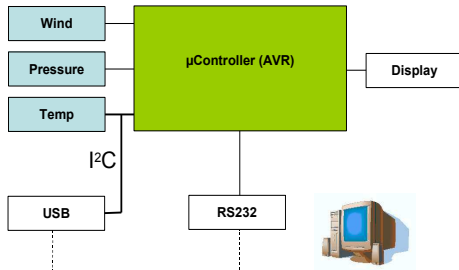
- Wind
- Luftdruck
- Temperatur

### ■ Mehrere Aktoren (hier: Ausgabegeräte)

- LCD-Anzeige
- PC über RS232
- PC über USB

### ■ Sensoren und Aktoren an den $\mu\text{C}$ angebunden über verschiedene Bussysteme

- I<sup>2</sup>C
- RS232



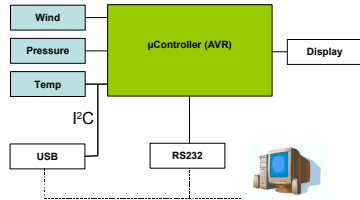
Wie sieht die **funktionale Dekomposition** der Software aus?



# Funktionale Dekomposition: Beispiel

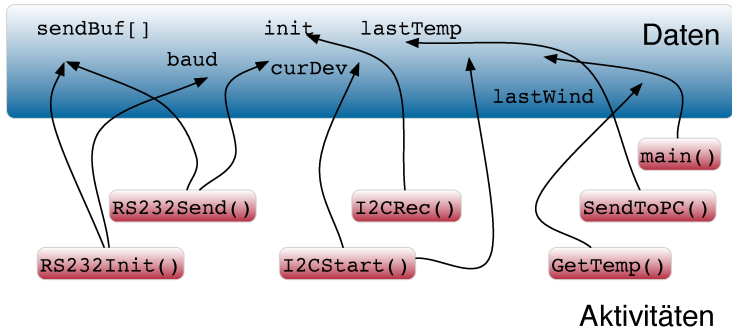
## Funktionale Dekomposition der Wetterstation (Auszug):

1. Sensordaten lesen
  - 1.1 Temperatursensor lesen
    - 1.1.1 I<sup>2</sup>C-Datenübertragung initiieren
    - 1.1.2 Daten vom I<sup>2</sup>C-Bus lesen
  - 1.2 Drucksensor lesen
  - 1.3 Windsensor lesen
2. Daten aufbereiten (z. B. glätten)
3. Daten ausgeben
  - 3.1 Daten über RS232 versenden
    - 3.1.1 Baudrate und Parität festlegen (einmalig)
    - 3.1.2 Daten schreiben
  - 3.2 LCD-Display aktualisieren
4. Warten und ab Schritt 1 wiederholen



# Funktionale Dekomposition: Probleme

- Erzielte Gliederung betrachtet nur die Struktur der **Aktivitäten**, nicht jedoch die die Struktur der **Daten**
- Gefahr: Funktionen arbeiten „wild“ auf einer Unmenge schlecht strukturierter Daten  $\rightsquigarrow$  mangelhafte Trennung der Belange



- Erzielte Gliederung betrachtet nur die Struktur der **Aktivitäten**, nicht jedoch die die Struktur der **Daten**
- Gefahr: Funktionen arbeiten „wild“ auf einer Unmenge schlecht strukturierter Daten  $\rightsquigarrow$  mangelhafte Trennung der Belange

## Prinzip der **Trennung der Belange**

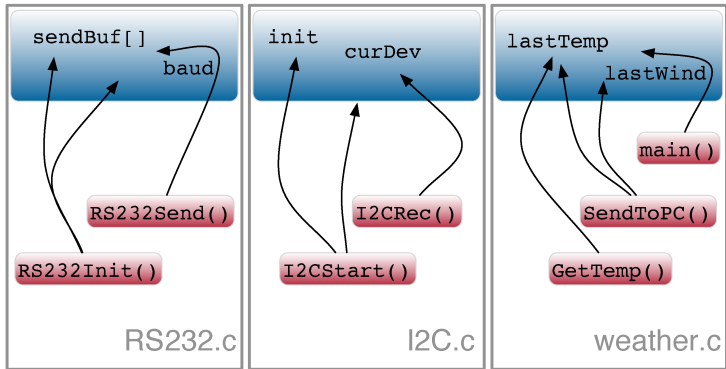
Dinge, die **nichts miteinander** zu tun haben, sind auch **getrennt** unterzubringen!

Trennung der Belange (*Separation of Concerns*) ist ein **Fundamentalprinzip** der Informatik (wie auch jeder anderen Ingenieursdisziplin).



# Lösung: Modularisierung

- Separation jeweils zusammengehöriger **Daten** und **Funktionen** in übergeordnete Einheiten  $\rightsquigarrow$  **Module**



# Was ist ein Modul?

- **Modul** := (*<Menge von Funktionen>*, ( $\mapsto$  „**class**“ in Java)  
*<Menge von Daten>*,  
*<Schnittstelle>*)
- Module sind größere Programmbausteine  $\leftrightarrow$  9-1
  - Problemorientierte Zusammenfassung von Funktionen und Daten  
 $\rightsquigarrow$  Trennung der Belange
  - Ermöglichen die einfache Wiederverwendung von Komponenten
  - Ermöglichen den einfachen Austausch von Komponenten
  - Verbergen Implementierungsdetails (**Black-Box-Prinzip**)  
 $\rightsquigarrow$  Zugriff erfolgt ausschließlich über die Modulschnittstelle

## Modul $\mapsto$ Abstraktion

$\leftrightarrow$  4-1

- Die Schnittstelle eines Moduls **abstrahiert**
  - Von der tatsächlichen Implementierung der Funktionen
  - Von der internen Darstellung und Verwendung von Daten



- In C ist das Modulkonzept nicht Bestandteil der Sprache, sondern rein **idiomatisch** (über **Konventionen**) realisiert ↔ 3-13
  - Modulschnittstelle ↔ .h-Datei (enthält Deklarationen ↔ 9-7)
  - Modulimplementierung ↔ .c-Datei (enthält Definitionen ↔ 9-3)
  - Modulverwendung ↔ `#include <Modul.h>`

```
void RS232Init( uint16_t br );
void RS232Send( char ch );
...
```

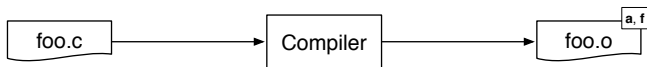
**RS232.h:** **Schnittstelle / Vertrag (öffentl.)**  
 Deklaration der bereitgestellten Funktionen (und ggf. Daten)

```
#include <RS232.h>
static uint16_t baud = 2400;
static char sendBuf[16];
...
void RS232Init( uint16_t br ) {
    ...
    baud = br;
}
void RS232Send( char ch ) {
    sendBuf[...] = ch;
    ...
}
```

**RS232.c:** **Implementierung (nicht öffentl.)**  
 Definition der bereitgestellten Funktionen (und ggf. Daten)  
 Ggf. modulinterne Hilfsfunktionen und Daten (static)  
 Inklusion der eigenen Schnittstelle stellt sicher, dass der Vertrag eingehalten wird



- Ein C-Modul **exportiert** eine Menge von definierten **Symbolen**
  - Alle Funktionen und globalen Variablen (↪ „**public**“ in Java)
  - Export kann mit **static** unterbunden werden (↪ „**private**“ in Java)  
(↪ Einschränkung der Sichtbarkeit ↔ 10-3)
- Export erfolgt beim Übersetzungsvorgang (.c-Datei → .o-Datei)



#### Quelldatei (foo.c)

```

int a;           // public
static int b;    // private

void f(void)     // public
{ ... }

static void g(int) // private
{ ... }
  
```

#### Objektdatei (foo.o)

Symbole **a** und **f** werden exportiert.

Symbole **b** und **g** sind **static** definiert und werden deshalb nicht exportiert.



- Ein C-Modul **importiert** eine Menge nicht-definierter **Symbole**
  - Funktionen und globale Variablen, die verwendet werden, im Modul selber jedoch nicht definiert sind
  - Werden beim Übersetzen als **unaufgelöst** markiert

## Quelldatei (**bar.c**)

```
extern int a;           // declare
void f(void);          // declare

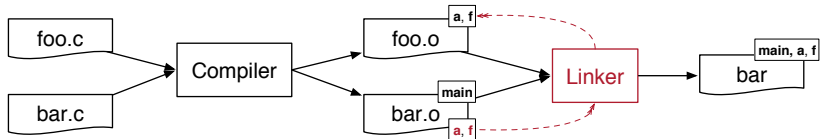
void main() {          // public
    a = 0x4711;         // use
    f();                // use
}
```

## Objektdatei (**bar.o**)

Symbol **main** wird exportiert.  
Symbole **a** und **f** sind aufgelöst.



- Die eigentliche Auflösung erfolgt durch den **Linker** [↔ GDI, VI-158]



### Linken ist **nicht typsicher!**

- Typinformationen sind in Objektdateien nicht mehr vorhanden
  - Auflösung durch den Linker erfolgt **ausschließlich** über die **Symbolnamen** (Bezeichner)
- ~> Typsicherheit muss beim **Übersetzen** sichergestellt werden
- ~> Einheitliche Deklarationen durch gemeinsame Header-Datei



- Elemente aus fremden Modulen müssen deklariert werden

- Funktionen durch normale Deklaration

↔ 9-7

```
void f(void);
```

- Globale Variablen durch `extern`

```
extern int a;
```

Das `extern` unterscheidet eine Variablendeklaration von einer Variablendefinition.

- Die Deklarationen erfolgen sinnvollerweise in einer `Header-Datei`, die von der Modulentwicklerin bereitgestellt wird

- Schnittstelle des Moduls (↔ „`interface`“ in Java)

- Exportierte Funktionen des Moduls
- Exportierte globale Variablen des Moduls
- Modulspezifische Konstanten, Typen, Makros
- Verwendung durch Inklusion

(↔ „`import`“ in Java)

- Wird **auch vom Modul inkludiert**, um Übereinstimmung von Deklarationen und Definitionen sicher zu stellen

(↔ „`implements`“ in Java)



## Modulschnittstelle: foo.h

```
// foo.h
#ifndef _F00_H
#define _F00_H

// declarations
extern int a;
void f(void);

#endif // _F00_H
```

## Modulimplementierung foo.c

```
// foo.c
#include <foo.h>

// definitions
int a;
void f(void){
    ...
}
```

## Modulverwendung bar.c

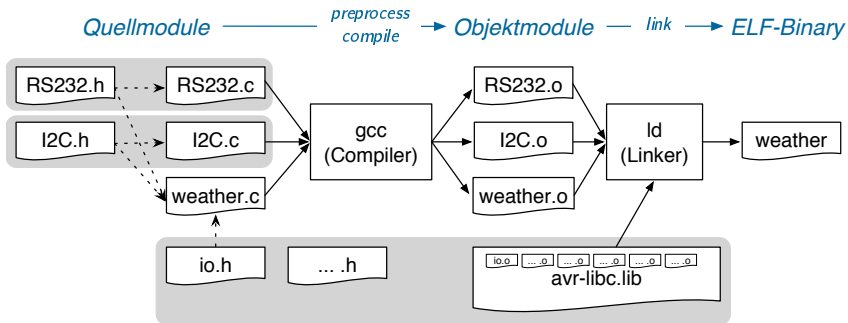
(vergleiche ↔ 12-9)

```
// bar.c
extern int a;
void f(void);
#include <foo.h>

void main() {
    a = 0x4711;
    f();
}
```



# Zurück zum Beispiel: Wetterstation



- Jedes Modul besteht aus Header- und Implementierungsdatei(en)
  - .h-Datei definiert die Schnittstelle
  - .c-Datei implementiert die Schnittstelle, inkludiert .h-Datei, um sicherzustellen, dass Deklaration und Definition übereinstimmen
- Modulverwendung durch Inkludieren der modulspezifischen .h-Datei
- Das Ganze funktioniert entsprechend bei Bibliotheken

