Systemnahe Programmierung in C

14 Verbundtypen

J. Kleinöder, D. Lohmann, V. Sieh

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2025

http://sys.cs.fau.de/lehre/ss25

Strukturen: Motivation

- Gehören Variable „irgendwie“ zusammen,
  - wäre es auch besser diese zusammenzufassen
  - „problembezogene Abstraktionen“ ↪ 4–1
  - „Trennung der Belange“ ↪ 12–4
- Dies geht in C mit Verbundtypen (Strukturen)

```
// Structure declaration
struct Student {
  char  lastname[64];
  char  firstname[64];
  long  matnum;
  int   passed;
};

// Variable definition
struct Student stud;

// Pointer definition
struct Student *pstud;
```

Ein Strukturtyp fasst eine Menge von Daten zu einem gemeinsamen Typ zusammen.

Die Datenelemente werden hintereinander im Speicher abgelegt.

Strukturen: Motivation

- Gehören Variable „irgendwie“ zusammen,
  - wäre es auch besser diese zusammenzufassen
  - „problembezogene Abstraktionen“
  - „Trennung der Belange“

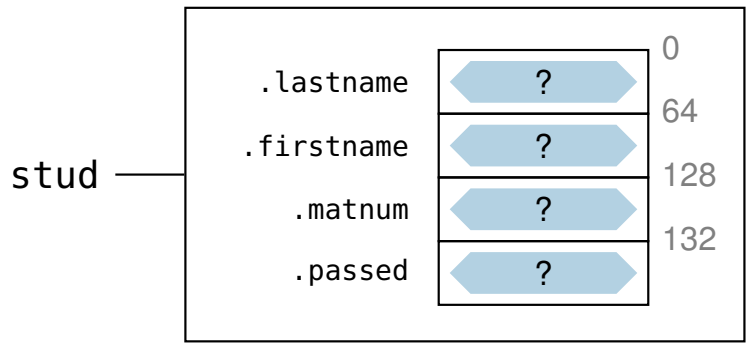
↪ 4–1
↪ 12–4

- Dies geht in C mit Verbundtypen (Strukturen)

```
// Structure declaration
struct Student {
  char  lastname[64];
  char  firstname[64];
  long  matnum;
  int   passed;
};

// Variable definition
struct Student stud;

// Pointer definition
struct Student *pstud;
```

Ein Strukturtyp fasst eine Menge von Daten zu einem gemeinsamen Typ zusammen.

Die Datenelemente werden hintereinander im Speicher abgelegt.



Strukturen: Variablendefinition und -initialisierung

- Analog zu einem Array kann eine Strukturvariable bei Definition elementweise initialisiert werden

↪ 13–8

```
struct Student {
  char  lastname[64];
  char  firstname[64];
  long  matnum;
  int   passed;
};
```

```
struct Student stud = { "Meier", "Hans",
                        4711, 0 };
```

Die Initialisierer werden nur über ihre Reihenfolge, nicht über ihren Bezeichner zugewiesen.
⇝ Potentielle Fehlerquelle bei Änderungen!

Strukturen: Variablendefinition und -initialisierung

- Analog zu einem Array kann eine Strukturvariable bei Definition elementweise initialisiert werden

↪ 13–8

```
struct Student {
  char  lastname[64];
  char  firstname[64];
  long  matnum;
  int   passed;
};
```

```
struct Student stud = { "Meier", "Hans",
                        4711, 0 };
```

Die Initialisierer werden nur über ihre Reihenfolge, nicht über ihren Bezeichner zugewiesen.
⇝ Potentielle Fehlerquelle bei Änderungen!

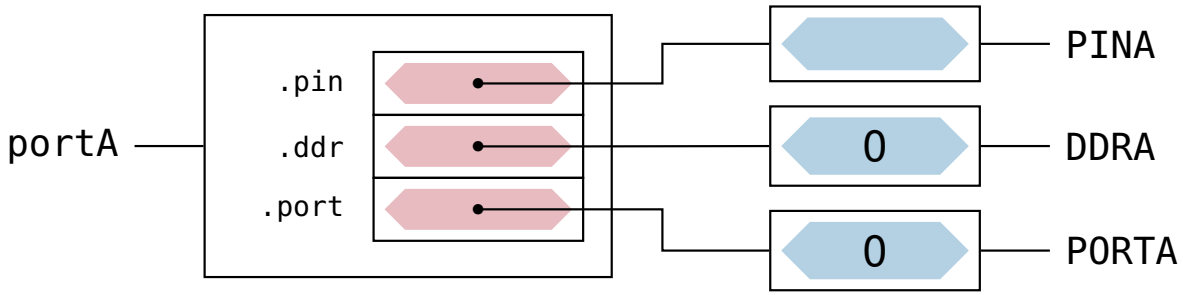
- Analog zur Definition von `enum`-Typen kann man mit `typedef` die Verwendung vereinfachen

↪ 6–8

```
typedef struct {
  volatile uint8_t *pin;
  volatile uint8_t *ddr;
  volatile uint8_t *port;
} port_t;
```

```
port_t portA = { &PINA, &DDRA, &PORTA };
port_t portD = { &PIND, &DDRD, &PORTD };
```

Strukturen: Elementzugriff

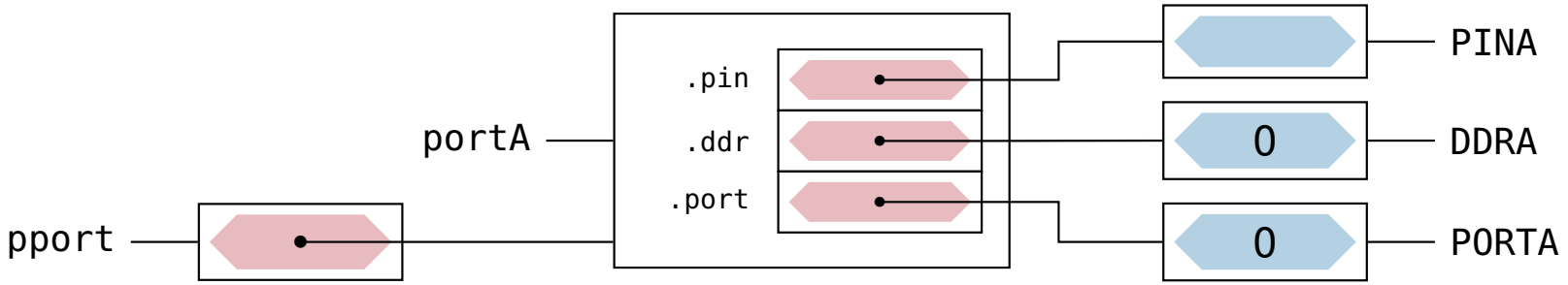


- Auf Strukturelemente wird mit dem `.`-Operator zugegriffen [≈Java]

```
port_t portA = { &PINA, &DDRA, &PORTA };

*portA.port = 0;    // clear all pins
*portA.ddr  = 0xff; // set all to output
```

Beachte: `.` hat eine höhere Priorität als `*`

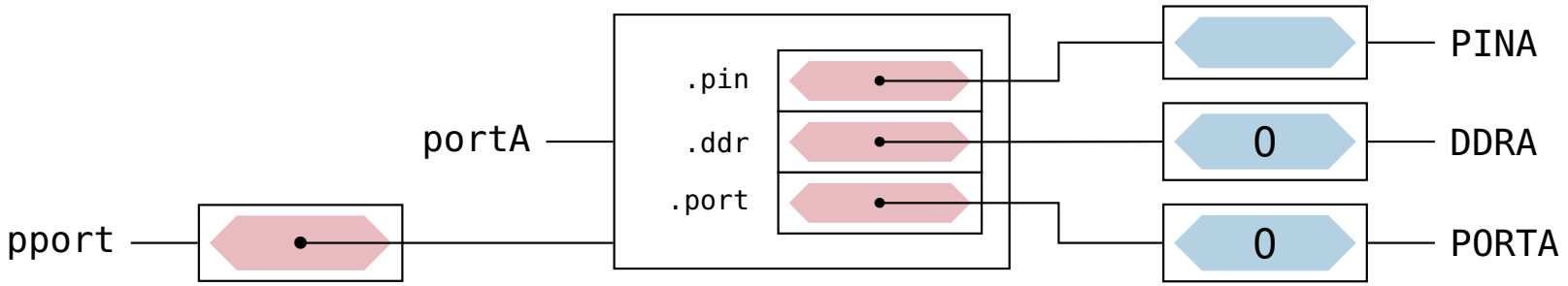
Strukturen: Elementzugriff



- Bei einem Zeiger auf eine Struktur würde Klammerung benötigt

```
port_t *pport = &portA; // p --> portA

*(*pport).port = 0;     // clear all pins
*(*pport).ddr  = 0xff;  // set all to output
```

Strukturen: Elementzugriff



- Bei einem Zeiger auf eine Struktur würde Klammerung benötigt

```
port_t *pport = &portA; // p --> portA

*(*pport).port = 0;     // clear all pins
*(*pport).ddr  = 0xff;  // set all to output
```

- Mit dem **->**-Operator lässt sich dies vereinfachen `s->m` ≡ `(*s).m`

```
port_t *pport = &portA; // p --> portA

*pport->port = 0;       // clear all pins
*pport->ddr  = 0xff;    // set all to output
```

-> hat **ebenfalls** eine höhere Priorität als *

Strukturen als Funktionsparameter

- Im Gegensatz zu Arrays werden Strukturen *by-value* übergeben

```
void initPort(port_t p) {
  *p.port = 0;         // clear all pins
  *p.ddr  = 0xff;      // set all to output

  p.port  = &PORTD;    // no effect, p is local variable
}

void main(void) { initPort(portA); ··· }
```

Strukturen als Funktionsparameter

- Im Gegensatz zu Arrays werden Strukturen *by-value* übergeben

```
void initPort(port_t p) {
  *p.port = 0;         // clear all pins
  *p.ddr  = 0xff;      // set all to output

  p.port  = &PORTD;    // no effect, p is local variable
}

void main(void) { initPort(portA); ··· }
```

- Bei größeren Strukturen wird das **sehr ineffizient**
  - Z. B. `Student` (↪ 14–1): Jedes mal 134 Byte allozieren und kopieren
  - Besser man übergibt einen Zeiger auf eine konstante Struktur

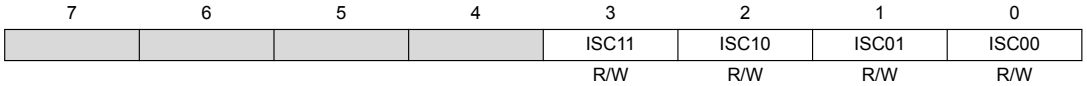
```
void initPort(const port_t *p){
  *p->port = 0;         // clear all pins
  *p->ddr  = 0xff;      // set all to output

  // p->port  = &PORTD;   compile-time error, *p is const!
}

void main(void) { initPort(&portA); ··· }
```

Bit-Strukturen: Bitfelder

- Strukturelemente können auf Bit-Granularität festgelegt werden
  - Der Compiler fasst Bitfelder zu passenden Ganzzahltypen zusammen
  - Nützlich, um auf einzelne Bit-Bereiche eines Registers zuzugreifen

- Beispiel
  - `EICRA`

External Interrupt Control Register A
Steuert Auslöser für externe Interrupt-Quellen `INT0` und `INT1`. [1]




```
typedef struct {
  uint8_t ISC0     : 2;     // bit 0-1: interrupt sense control INT0
  uint8_t ISC1     : 2;     // bit 2-3: interrupt sense control INT1
  uint8_t reserved : 4;     // bit 4-7: reserved for future use
} EICRA_t;
```