# System-Programmierung 1: Erste Schritte in C


Slides: tmb.gr/syspr-1

# Überblick

Diese Lektion behandelt die *Basics* der Sprache C.

Vieles ist relativ ähnlich wie in Java.

Neu sind *Pointer* (Zeiger).

# hello.c

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    printf("hello, world\n");
    return 0;
}
```

```
$ nano hello.c {Text einfügen} CTRL-X Y ENTER
$ gcc -o hello hello.c
$ ./hello
hello, world
```

# C

Entstanden 1970 an den Bell Labs, auf UNIX / PDP-11.

Entwickelt von Dennis Ritchie aus Vorgänger B, BCPL.

Standardisiert als C89 (auch ANSI C), und später C99.

# C im Vergleich mit Java

Die Sprache C ist prozedural, nicht* Objekt-orientiert.

Manuelle Speicherverwaltung, kein Garbage Collector.

Maschinen-nah, weniger Typ-sicher, explizite Pointers.

# Variablen, Konstanten, Zuweisung

Integer Variablen, Initialisierung:

```
int b; int i, j; int k = 0;
```

Integer Konstante mit *const*:

```
const int a = 42;
```

Zuweisung (Assignment):

```
b = a;
```

# Symbolische Konstanten

Definition symbolischer Konstanten mit *#define*:

```
#define PI 3.14159
```

Jedes Auftreten der Konstante wird textuell ersetzt:

```
f = PI * r^2; // =>
f = 3.14159 * r^2;
```

*#defines* werden ohne *;* und GROSS geschrieben.

# Integer Typen

Deklaration von Integer (Ganzzahl) Typen:

```
char c; // Grösse sizeof(char) = 1 Byte
int i; // Hardware-abhängig N ≥ 2 Byte
long l; // bzw. long int l; N ≥ N_int ≥ 2 Byte
long long m; // l… … int m;  N ≥ N_long ≥ 2 Byte
short s; // bzw. short int s; N_int ≥ N ≥ 2 Byte
```

Alle davon auch *unsigned*, ohne Vorzeichen:

```
unsigned int i; // Wertebereich 0 .. 2^(N*8)-1
int i; // Wertebereich -2^(N*8-1) .. 2^(N*8-1)-1
```

# Floating Point Typen & Wertebereich

Deklaration von Floating Point (Gleitkomma) Typen:

```
float f; // sizeof(float) ist HW-abhängig
double d; // sizeof(double) ist HW-abhängig
long double ld; // sizeof(…) ist HW-abhängig
```

Hardware bzw. Compiler-abhängige Konstanten:

```
#include <limits.h> // für int Typen
#include <float.h> // für float Typen
```

# Hands-on, 10': *sizeof()* Operator

Schreiben Sie ein Programm, das die Grössen in Byte der Basistypen *char*, *int*, *long*, *float*, *double* ausgibt. Nutzen Sie dazu den *sizeof()* Operator und *printf()*:

```
$ ./my_sizeof
sizeof(char) = 1
sizeof(int) = …
```

Die Ausgabe von *int* Werten ist möglich mit *%d*, z.B.:

```
printf("%d\n", i); // \n = newline character
```

# Boolean

C89 hat keinen eingebauten Boolean Typ - aber z.B.:

```
typedef enum { FALSE, TRUE } Boolean; // [TLPI]
Boolean b = TRUE; // bzw. FALSE
```

*Achtung: in Expressions z.B. if( ) gilt alles != 0 als true.*

C99 hat einen *bool* Typ in *stdbool.h*:

```
#include <stdbool.h>
bool b = true; // bzw. False
```

Aber oft wird einfach *int* verwendet:

```
int b = 1; // bzw. 0
```

# Formatierung

Formatierte Ausgabe mit *printf*:

```
printf("%c", c); // char c
printf("%d", i); // int i
printf("%f", f); // float f
printf("%f", d); // double d
printf("%3.f", f); // 3 Vorkommastellen
printf("%.2f", f); // 2 Nachkommastellen
printf("%s", b ? "true" : "false"); // bool b
```

# Expressions

Expression (Ausdruck) vom Typ *int*:

```
int a, b;
a = 1 + 2 * 3; // Punkt vor Strich
b = 6 * a; // b = 6 * (1 + (2 * 3))
```

Expression vom Typ *float*:

```
float c, d, e, f;
c = b * 0.25; // int * float => float
d = c - e - f; // (c - e) - f => v.l.n.r
```

# Auswertungsreihenfolge & -richtung

| | | | |
|---|---|---|---|
| ( ) f(x) [ ] -> . | v.l.n.r. | ^ | v.l.n.r. |
| ! ~ ++ -- + - * & | v.r.n.l. | \| | v.l.n.r. |
| (*type*) sizeof | | && | v.l.n.r. |
| * / % | v.l.n.r. | \|\| | v.l.n.r. |
| + - binär, a+b | v.l.n.r. | ?: | v.r.n.l. |
| << >> | v.l.n.r. | = += -= /= %= | v.r.n.l. |
| < <= > >= | v.l.n.r. | &= ^= \|= <<= | |
| == != | v.l.n.r. | >>= | |
| & binär, a&b | v.l.n.r. | , | v.l.n.r. |

# Typumwandlung

Implizite Umwandlung, bei Zuweisung, *float* zu *int*:

```
int i = 2.3; // .3 fällt weg
```

Explizite Umwandlung, mit Typecast, *int* zu *float*:

```
float f = (float) i;
```

# Typumwandlung in Operationen

Integer Promotion und arithmetische Umwandlung:

```
{char, short} → int → unsigned int → long →
unsigned long → long long → float → double →
long double
```

Bei gemischten Operationen gewinnt "grösster" Typ:

```
int i = 42;
float f = 23.0;
i + f; // hat Typ float, weil int → … → float
```

# Kontrollfluss

Bedingte Ausführung mit *if* :

```
if (condition) statement
```

```
if (a < 0) { a = 0; }
```

Bedingte Ausführung mit *if* und *else*:

```
if (condition) statement1 else statement2
```

```
if (a < b) { c = a; } else { c = b; }
```

# Bedingte Ausführung mit (mehreren) *else if*:

**if** (*condition*$_1$) *statement*$_1$ **else if** (*condition*$_2$) *statement*$_2$ **else** *statement*$_3$

```
if (result >= 0) {
    printf("Success\n");
} else if (result == -1) {
    printf("Error No. 1\n");
} else {
    printf("Unknown error\n");
}
```

# Bedingte Ausführung mit *switch*:

switch.c

```
switch (expression) {
    case const-expression: statement1
    default: statement2
}
```

```
int ch = getchar();
switch (ch) {
    case 'y': result = 1; break;
    case 'n': result = 0; break;
    default: result = -1;
}
```

# Wiederholung mit *while*-Schleife:

```
while (condition) statement
```

```
int i = 0;
while (i < 7) {
    printf("%d\n", i);
    i = i + 1;
}
```

# Wiederholung mit *for*-Schleife:

```
for (init-expr; condition; loop-expr) statement
```

```
for (int i = 0; i < 7; i++) {
    printf("%d\n", i);
}
```

```
int i = 0; // init-expr
while (i < 7) {
    printf("%d\n", i);
    i++; // loop-expr
}
```

# Wiederholung mit *do-while*-Schleife: do_while.c

```
do statement while (condition)
```

```
int c;
do {
    printf("enter a number [0-9]: ");
    c = getchar();
} while (c < '0' || '9' < c);
```

Sprung zum Ende des Blocks mit *break*-Statement:

```
break;
```

```
0: while (1) {
1:     break; // springt zu Zeile 3
2: }
3:
```

Sparsam verwenden, oder mit *switch* zusammen.

Sprung zur nächsten Iteration mit *continue*:

```
continue;
```

```
0: int i = 0;
1: while (i < 3) {
2:     continue; // springt zu Zeile 1
3:     i++;
4: }
5:
```

Sparsam oder gar nicht verwenden.

Beliebige Sprünge mit *goto*-Statement:

```
goto label;
…
label: statement
```

Nicht verwenden, führt zu absolut unlesbarem Code.

E. W. Dijkstra: "Go-to statement considered harmful".

# Arrays

arrays.c

Deklaration eines *float* Arrays mit 3 Elementen:

```
float values[3];
```

Deklaration und Initialisierung eines Arrays:

```
float values[3] = { 20.1, 23, 15.2 };
```

Lesen / Schreiben einzelner Array-Elemente:

```
t = values[i]; // (0 <= i) && (i < 3)
values[2] = 7.0;
```

# Pointers

pointers.c

Ein Pointer (Zeiger) ist eine Variable, welche die Speicheradresse einer anderen Variable enthält:

```
int *p; // p = Pointer auf int Variable
```

Adressoperator &:

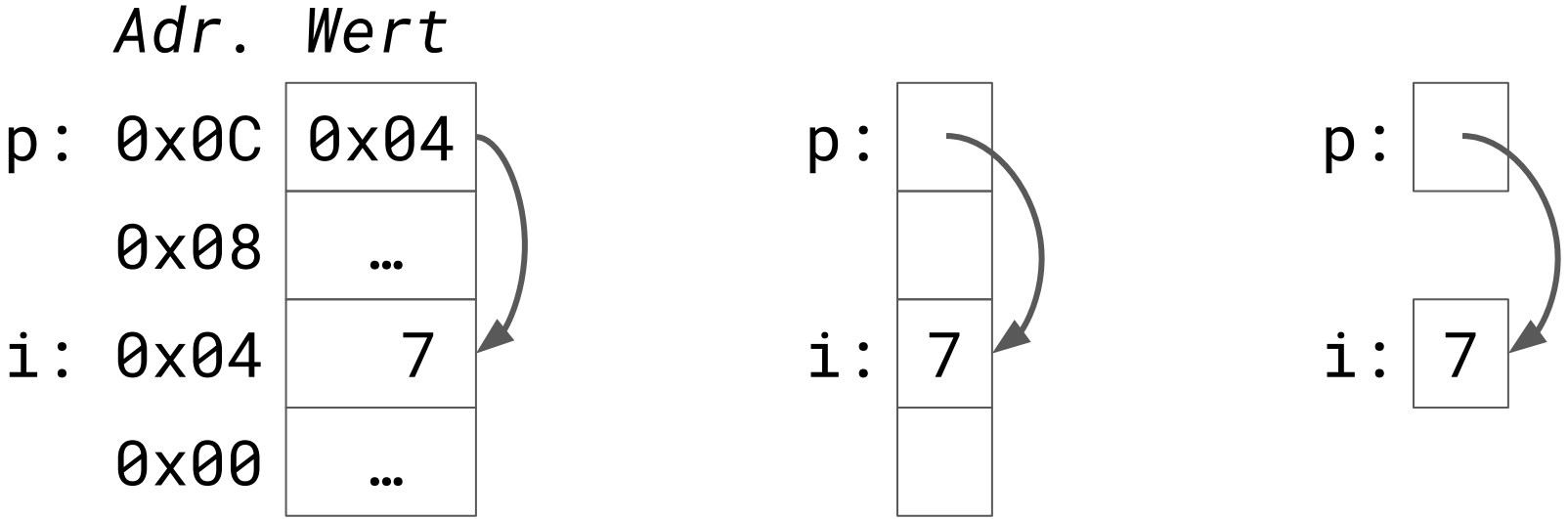
```
p = &i; // p = Adresse von i => p zeigt auf i
```

Dereferenzierungsoperator *:

```
int j = *p; // j = Wert auf den p zeigt
```

# Speichermodell (vereinfacht)

Fortlaufend adressierte Speicherzellen, in jeder Zelle kann ein Wert stehen, z.B. eine Zahl oder Adresse.



# Null-Pointer

C garantiert, dass *0* keine gültige Speicheradresse ist:

```
char *p = 0; // Zuweisung von 0 ist erlaubt
```

*stdio.h* definiert die symbolische Konstante *NULL*:

```
#include <stdio.h>
char *p = NULL; // Lesbarer als bloss 0
```

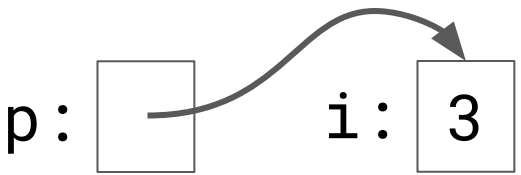
Pointer und Zahlen *!= 0* sind nicht austauschbar:

```
char *p = 7; // Fehler
```

# Wert ersetzen, auf den ein Pointer zeigt

Dereferenzierungsoperator kann auch links stehen:

```
int i = 7; // int Variable mit Wert 7
int *p; // Pointer auf int Variable
p = &i; // p = Adresse von i => p zeigt auf i
*p = 3; // Wert an der Stelle auf die p zeigt
printf("%d", i); // => i hat jetzt den Wert 3
```

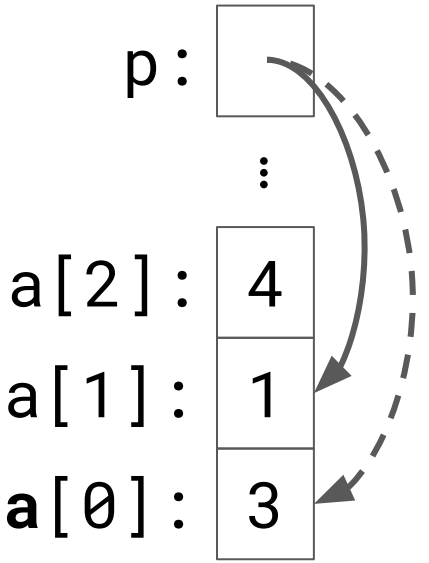


# Adressarithmetik

arr_ptr.c

Pointers und Arrays:

```
int a[] = { 3, 1, 4 };
int *p;
p = &a[0]; // p zeigt auf a[0]
p = p + 1; // +1 * sizeof(int)
int b = *p; // Wert von a[1]
```




Kurzschreibweise:

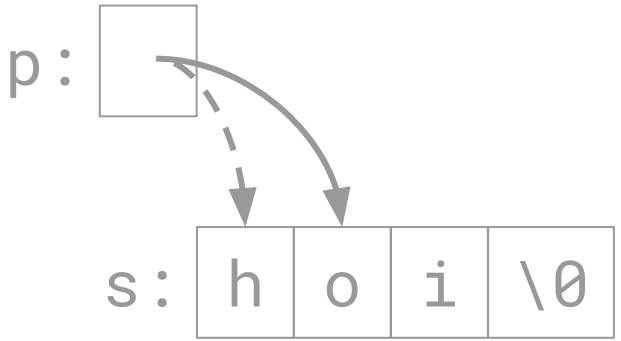
```
p = a; // bedeutet p = &a[0]
```

# Strings

strings.c

Strings sind Arrays von *char*, mit Null terminiert:

```
char s[] = {'h', 'o', 'i', '\0'};
for (char *p = s; *p != '\0'; p++) {
    printf("%c", *p);
}
```




Oder:

```
char *s = "hoi";
printf("%s", s);
```

# String Funktionen

Die *string.h* Library enthält Standard-Funktionen.

Länge des Strings *s*, bzw. Index des ersten '\0' in *s*:

```
int strlen(const char *s);
```

Kopieren von *src* nach *dest*, Pointer auf *dest* zurück:

```
char *strcpy(char *dest, const char *src);
```

Anhängen von *src* an *dest*, Pointer auf *dest* zurück:

```
char *strcat(char *dest, const char *src);
```

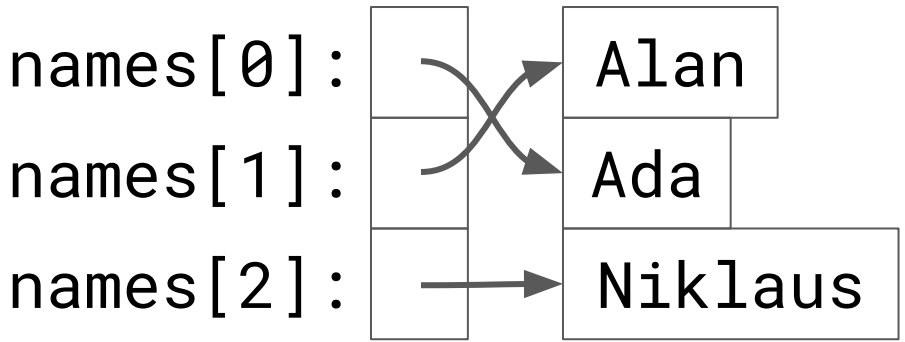
# Array von Strings bzw. Pointers

Strings können in einem Array enthalten sein:

```
char *names[] = { "Alan", "Ada", "Niklaus" };
```

Sortieren eines solchen Arrays sortiert nur Pointer:

```
qsort(names, 0, 2, …);
```



# Hands-on, 15': Argumente lesen

args.!c

Das System übergibt Command-Line Argumente so:

```
int main(int argc, char *argv[]) { … }
```

Schreiben Sie ein Programm *my_args.c*, das seine Argumente, d.h. alle Strings im Array *argv* ausgibt:

```
$ ./my_args hoi …
0: ./my_args, 1: hoi, …
```

Erweitern Sie das Programm so, dass es einen Fehler ausgibt, falls ein Argument nicht aus [a-z]* besteht.

# Mehrdimensionale Arrays

2-D Matrix von 3 x 4 *int* Werten:

```
int m[3][4] = { // 3-er Array von 4-er Arrays
    {0, 0, 0, 0}, {0, 0, 0, 0}, {0, 7, 0, 0}
};
int x = m[2][1]; // nicht m[2,1]; x = 7;
```

Unterschied zu Pointers:

```
int m[3][4]; // 12 int-grosse Speicherzellen
int *n[3]; // 3 Pointer, nicht initialisiert
```

# Structs

structs.c

Struct-Typ namens *point* mit *int* Feldern *x* und *y*:

```
struct point { int x; int y; };
```

Deklaration einer Variable vom Struct-Typ *point*:

```
struct point p = { 3, 2 };
struct point q; // immer mit struct keyword
```

Zugriff auf Struct Felder mit Punkt-Notation:

```
q.x = p.y;
```

# Pointer auf Structs

Pointer auf Struct-Typ namens *point*:

```
struct point *p;
```

Zugriff auf Struct Feld erfordert Klammern:

```
(*p).x; // weil . vor * ausgewertet wird
```

Dasselbe geht aber auch kürzer, mit -> Notation:

```
p->x;
```

# Typen definieren mit *typedef*

typedef.c

Typ namens *Point* mit *int* Feldern *x* und *y*:

```
typedef struct point { int x; int y; } Point;
```

Deklaration einer Variable vom Typ *Point*:

```
Point p = { 3, 2 };
Point q; // ohne struct keyword
```

Struct-Typen können geschachtelt werden:

```
typedef struct rect { Point a; Point b; } Rect
```

# Speicher allozieren

Speicher auf dem Stack allozieren, zur Compile-Zeit:

```
Point ps; // alloziert Speicher auf dem Stack
Point *p = &ps; // p zeigt auf Adresse von ps
```

Speicher auf dem Heap allozieren mit *malloc*:

```
Point *p = malloc(sizeof(Point));
```

Heap-Speicher freigeben mit *free*:

```
free(p); // manuell, kein Garbage Collector
```

# Hands-on, 15': Bäume

tree.!c, _v2.!c

Erstellen Sie eine Datei *my_tree.c* mit einem Struct Typ *Node* mit Zeigern auf *left*, *right* vom selben Typ, und einem String *label* von maximal 32 Byte Länge.

Instanziieren Sie einen binären Baum mit 3 Blättern, verwenden Sie dazu die Funktionen *malloc* und *free*.

# Empfohlene Compiler Flags

Für eine möglichst strikte Analyse im *gcc* Compiler:

```
$ gcc my.c
-std=c99 // oder -std=c89 (auch -ansi)
-pedantic // Strikte ISO C Warnungen
-pedantic-errors // Strikte ISO C Errors
-Werror // Behandle Warnungen als Errors
-Wall // Einschalten "aller" Warnungen
-Wextra // Einschalten von extra Warnungen
```

# Programme builden mit *make*

makefile

Einfaches *makefile*

```
$ cd fhnw-syspr/01
$ cat makefile
```

…

Builden (bauen) mit *make*

```
$ make all          Alle Programme builden
$ make hello        Einzelnes Programm builden
$ make clean        Erzeugte Programme löschen
```

# Hands-on, 15': Makefile

Erstellen Sie ein makefile für Ihren Hands-on Code.

Verwenden Sie die Compiler Flags aus dem Script.

Korrigieren Sie allfällige neue Kompilationsfehler.

Führen Sie *make clean* aus, vor dem *git commit*.

# Selbststudium: Grundlagen in C

Zur Vertiefung, lesen Sie folgende Kapitel in [K&R]

*4: Functions & Program Structure* bis p.88.

*5: Pointers and Arrays*

*6: Structures*

# Feedback oder Fragen?

Gerne in Teams, oder per Email an

thomas.amberg@fhnw.ch

Danke für Ihre Zeit.

Dr. Donna Malayeri comma Ph

https://twitter.com/lindydonna/status/1044705793885388800

Home

Tweet

**Dr. Donna Malayeri comma PhD**
@lindydonna

Follow

RT if you learned to program before StackOverflow existed. I'm jealous of how much easier it is to learn now!

11:50 PM - 25 Sep 2018

**205** Retweets **199** Likes

38 205 199

Tweet your reply

**Dan Selman** @danielselman · Sep 26
Replying to @lindydonna @tedneward
I remember using a dial-up BB to ask questions about programming in C... I thought that was pretty amazing compared to ordering books and waiting for Dr Dobbs. These youngsters have no idea! ;-)

2 6

**Dr. Donna Malayeri comma PhD** @lindydonna · Sep 26
Also explains why my first instinct is to read the docs, whereas they just Google.

Dr. Donna M
comma Phl
@lindydonna

Product Manager,
Previously: Pulum
F#, Scala. Progra