

System-Programmierung

1: Erste Schritte in C

CC BY-SA, Thomas Amberg, FHNW
(soweit nicht anders vermerkt)

Slides: tmb.gr/syspr-1

Überblick

Diese Lektion behandelt die *Basics* der Sprache C.

Vieles ist relativ ähnlich wie in Java.

Neu sind *Pointers* (Zeiger).

```
#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; // b = 42
```

```
a = b; // Fehler
```

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 $N \geq 4$ Byte

long l; // bzw. long int l; $N \geq N_{\text{int}} \geq 4$ Byte

short s; // bzw. short int s; $N_{\text{int}} \geq N \geq 2$ Byte

Alle davon auch *unsigned*, ohne Vorzeichen:

unsigned int i; // Wertebereich $0 \dots 2^{N \cdot 8} - 1$

int i; // Wertebereich $-2^{N \cdot 8 - 1} \dots 2^{N \cdot 8 - 1} - 1$

Hands-on, 15': *int* Wertebereich `range.c`

Schreiben Sie ein Programm *my_range.c*, das den Wertebereich des Typs *int* ausgibt:

```
$ ./my_range  
INT_MIN, INT_MAX
```

Nutzen Sie aus, dass $INT_MAX + 1 = INT_MIN$ gilt.

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

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

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 <float.h>
```

Interne Darstellung meistens* IEEE 754.

Boolean

Bei **C89** gibt es keinen eingebauten Boolean Typ:

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

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

Bei **C99** gibt es den *bool* Typ in *stdbool.h*:

```
#include <stdbool.h>  
bool b; // oder _Bool b;  
b = true; // bzw. false
```

Formatierung

Formatierung 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

expr.c

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. | \wedge | v.l.n.r. |
| $! \sim ++ -- + - * \&$ | 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. | $\&= \wedge= = <<=$ | |
| $== !=$ | v.l.n.r. | $>>=$ | |
| $\&$ binär, a&b | v.l.n.r. | $,$ | v.l.n.r. |

Typumwandlung

upper.c

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;
```

Ein Typecast ist wie eine (namenlose) Variable *x*:

```
float x = i; // Umwandlung zu float  
float f = x;
```

Typumwandlung in Operationen

Integer Promotion und arithmetische Umwandlung:

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

```
    // d.h. es wird (float) i + f berechnet
```


Kontrollfluss

Bedingte Ausführung mit *if*:

```
if (condition) statement
```

Bedingte Ausführung mit *if* und *else*:

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

Empfehlung: Statements jeweils mit Block { }, z.B.

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

Bedingte Ausführung mit (mehreren) *else if*:

```
if (condition1) statement1 else if (condition2)  
statement2 else statement3
```

```
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 temp_values[3];
```

Deklaration und Initialisierung eines Arrays:

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

Lesen / Schreiben einzelner Array-Elemente:

```
t = temp_values[i]; // (0 <= i) && (i < 3)  
temp_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 *:

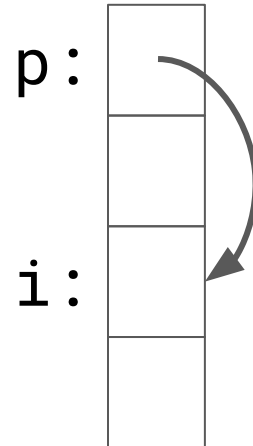

```
j = *p; // j = Wert auf den p zeigt => i
```

Speichermodell (stark vereinfacht)

Fortlaufend adressierte Speicherzellen.

In jeder Zelle kann ein Wert stehen.

| | <i>Adr.</i> | <i>Wert</i> |
|----|-------------|-------------|
| p: | 0003 | 0001 |
| | 0002 | 0000 |
| i: | 0001 | 0042 |
| | 0000 | 0000 |



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
```

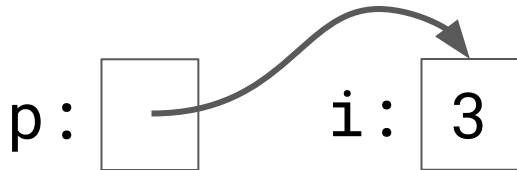
Pointer und Zahlen $\neq 0$ sind nicht austauschbar:

```
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

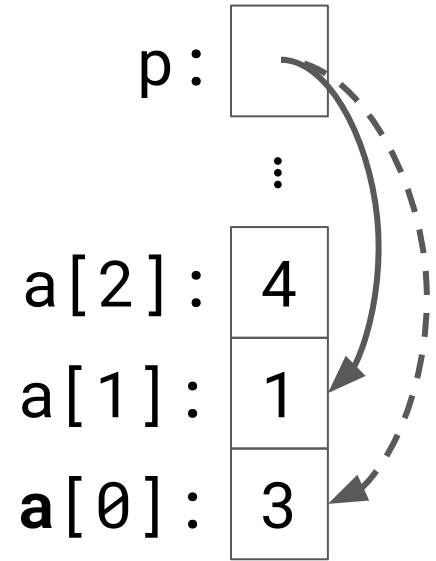
arr_ptr.c

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

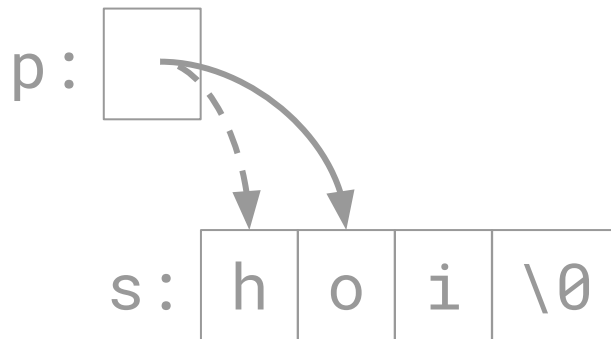
strings.c

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);
```

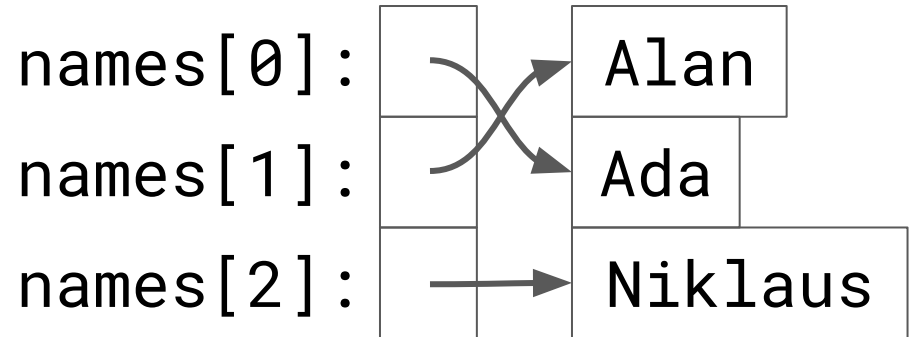
Pointer Arrays

Pointer Werte können in einem Array enthalten sein:

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

Sortieren wird so effizienter, ändert nur Pointer:

```
qsort(names, 0, 2, ...);
```



Hands-on, 15': Argumente lesen `args.!c`

Command-Line Argumente als Parameter von *main*:

```
int main(int argc, char *argv[]);
```

Schreiben Sie ein Programm *my_args.c*, das alle

Command-Line Argumente mit Index ausgibt:

```
$ ./my_args hoi => 0: ./my_args, 1: hoi
```

Erweitern Sie das Programm, 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.

Instanzieren 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 // Handle Warnungen als Errors
```

```
-Wall // Einschalten "aller" Warnungen
```

```
-Wextra // Einschalten von extra Warnungen
```

Programme bauen mit *make* makefile

Einfaches *makefile*

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

```
$ cat makefile
```

...

Builden (bauen) mit *make*

```
$ make all           Alle Programme bauen
```

```
$ make hello        Einzelnes Programm bauen
```

```
$ 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, 3h: Functions & Structure

Als Vorbereitung auf die nächste Lektion, lesen Sie
[K&R] 4: *Functions & Program Structure* bis p.88.

Feedback oder Fragen?

Gerne im Slack <https://fhnw-syspr.slack.com/>

Oder per Email an thomas.amberg@fhnw.ch

Danke für Ihre Zeit.

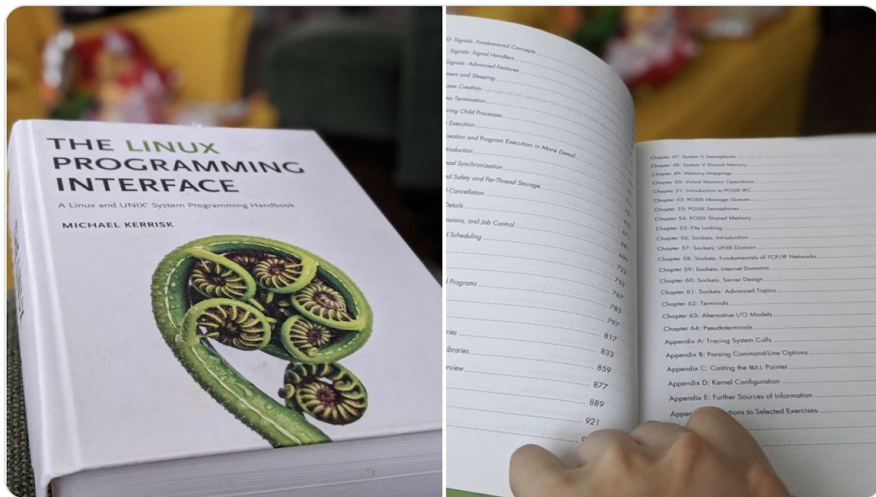


Julia Evans
@b0rk



hanging out with my favourite Linux book this morning.

I love that the chapters are so short (usually less than 20 pages) and I always learn something interesting by picking a chapter and reading it.



3:56 PM · Jan 12, 2020 · Twitter for Android

Search Twitter

Relevant people



Julia Evans
@b0rk

Following

programming and exclamation marks.
she/her. zines at wizardzines.com.

Worldwide trends



1 · Hobbies and interests · Trending

恵方巻き

195K Tweets

2 · Politics · Trending

#idlip

13.9K Tweets

3 · K-Pop · Trending

#EVERGLOW_DUN_DUN

58.5K Tweets

4 · K-Pop · Trending

#GFRIENDhasARRIVED

126K Tweets



Andy Matuschak ✓

@andy_matuschak

Follow

Replying to @rsnous @danluu

I was part of a project trying to cut one frame of latency out of iOS's touch response. Cutting just a few ms down required changes top-to-bottom in the OS!

Alt story: iOS touch code had a fun rule—zero dynamic allocations allowed between touch HW event and app code!

12:53 AM - 1 Sep 2018

4 Retweets 21 Likes



Tweet

