

- gcc** Ablauf für eine „hello.c“ Datei.
- 1.) Pre-Prozessor (Zeilen im Quelltext mit # werden hier interpretiert): hello.c → hello.e
`gcc -E hello.c > hello.e`
 - 2.) Compiler: hello.e → hello.o
`gcc -c hello.c`
 - 3.) Linker (Bindet Objekt-Datei (xxx.o) mit Librarys zusammen): hello.o → a.out / hello
`gcc hello.c [-o hello]`

Alle kompilieren:
gcc *.c (dafür braucht es die Header Datei file.h, die alle Funktionsdeklarationen enthält [außer main]) ⇒ alle Dateien werden in eine kompiliert

Math:

gcc code.c -lm

```
int main(int argc, char* argv[]){ ... }
// argc: #Parameter   argv[i]: Parameter (argv[0]: Programmname)

char vBuf[128];
fgets(vBuf,128,stdin);
myInt=atoi(vBuf); // ganze Zahlen
myFloat=atof(vBuf); // Gleitkomma

printf("%04d",i); // integer mit führenden Nullen
%d Dezimalwert
%p Adresswert (braucht &i)

int a=31,b=3;
a = a*10/b; // a = 310/3 = 103.33333
printf("%d.%d\n",a/10,a%10); // Ausgabe 3.3 (anstatt nur 3)

int i=1;
double x = 5.0, y=1.0, summand = 1.0;
while (summand>0,00005){ // e^x=1+x/1!+x*x/2!+...
    summand = summand *x/i;
    y += summand;
    i++;
}

while (operator != toupper('q')){
    fgets(buf, 128, stdin);
    operator = buf[0];
}
```

Eingebaute Datentypen

Natürliche Zahlen	Bytes	Min	Max
unsigned int	4	0	4294967295
signed int	4	-2147483648	2147483647

Float: kann einige Zahlen (ganzzahlig) nicht darstellen (bspw. 2), hat Probleme sehr große und sehr kleine Zahlen miteinander zu addieren (durch Normierung der Exponenten kann die kleine zu 0 werden, oder Nachkommastellen verloren gehen)
Achtung: boolean kein Datentyp in C: \curvearrowright Abfrage von true/false durch int: $int = 0 \hat{=}$ false $int \neq 0 \hat{=}$ true
2er Komplement positive Zahl: 0110 1100
Negation: 1001 0011 +1

- ⇒Komplement: 1001 0100 = −108 = 0x94
- Variable** 4 Kennzeichen einer Variable:
- Adresse im Speicher (Ort)
 - Datentyp (Verarbeitungsbreite)
 - Bitkombination (Wert)
 - Symbolischer Name

Ein Vektor fasst mehrere Variablen gleichen Datentyps unter einer zusammen.

- Bei der Initialisierung hat die Variable einen Ausgangswert:
- Initialisierung innerhalb einer Funktion: zufälliger Wert (alte Speicherbelegung)
 - Init. außerhalb einer Funktion: 0

```
char c='c'; // 'c'=99 (ASCII)
char c=99;
int i=8, j=5, k;
char c=99, d='d';
float x=0.005, y=-0.01, z;
z=i/j; // i/j wird in int gerechnet, also 8/5=1 und nicht 1.6!
// z ist dann trotzdem float (Wert: 0.000...)
z=k*x; // k*x=0 (wird abgeschnitten), also z=0.00000...
k=j=5?i:j; // das selbe wie k=((j==5)?i:j);
// ist j=5? Wenn ja, dann k=i. Wenn nein, dann k=j.

printf("%d\n", i=!6 ); // !6 entspricht !(ungleich Null)=0
printf("%d\n", i&j ); // i bitweise mit j Verknüpft (geUND-et):
// 00001000
// &00000101
// =00000000
```

Simple Sort

```
int data[] = {7,3,9,2,5};
int main(){
    int ige, iro;
    for (irt=0; irt<(5-1); irt+=){
        for (ige = irt+1, ige<5, ige++){
            if (data[ige] < data[irt]){
                int tmp = data [ige];
                data[ige] = data[irt];
                data[irt] = tmp;
            } } } }
```

Alphabetische Sortierung

```
#define N 10
int main(){
    int ige, iro, ibl;
    for (irt=0; irt<(N-1); irt+=){
        for (ige = irt+1, ige<N, ige++){
            for (ibl = 0; data[irt][ibl] == data[ige][ibl] && data[irt][ibl] != 0; ibl++){ ; }
            if (data[irt][ibl] > data[ige][ibl]){
                char tmp;
                // ibl muss nicht auf 0 gesetzt werden, vertauscht muss sowieso
                // erst ab dem ungleichen Zeichen getauscht werden
                for (*ibl = 0*; ibl<N ; ibl++){
```

```
tmp = data[irt][ibl];
data[irt][ibl] = data[ige][ibl];
data[ige][ibl] = tmp; } }
```

Ausdrücke Unäre Operatoren (bspw. − (negativ-Zeichen), ++ (Inkrementierung) oder Klammern(cast))

Binäre Operatoren (bspw. +, − (Rechenzeichen), <= usw.)

```
int i;
long d;
i=(int)d; // cast: Typwandlung
i++; // Postfixoperator (wird im Rahmen eines groesseren Ausdrucks als letztes ausgefuehrt:)

i=1;
j=6;
k=j+i++; // k=7, i=2
++i; // Praefixoperator (wird im Rahmen eines groesseren Ausdrucks als erstes ausgefuehrt:)

i=1;
j=6;
k=j+ ++i; // k=8, i=2
```

Andere Zeichen: \wedge = XOR, \sim = Bit-weise Negation, $<<$ = shift (nach links) (Bsp. i=4; i= i << 2; ⇒ i wird 16: 00000100 << 2 ⇒ 00010000)

```
while (x<5){ ... }
do{ ... } while (x<5);

Abbrechen der Schleife: break
while (1){ ...
    if (x<5) break; }
```

Abbrechen der aktuelle Iteration (reset der Schleife): continue

```
while (x<5){ ...
    if (x<4) continue;
    printf(...); } // printf wird nur bei x>=4 ausgeführt
for (i=1 ; x < 5 ; i++){ ... }
switch (i){ // i ist ganzzahliger Ausdruck
    case 1:
        ... break;
    case 2:
        ... break;
    default:
        ...
}
```

Zeichenketten

```
fgets(buf, 128,stdin);
buf[strlen(buf)-1]=0; // an Stelle strlen(buf) ist die terminierende Null
// an Stelle strlen(buf)-1 die return-Taste der Eingabe

puts(buf); // puts gibt gesamten String aus, printf muss drüber iterieren
while (buf[i]!=0)
    printf("%c", buf[i++]);
```

Funktionen Wenn kein return_type gewählt wurde, dann default: int.

Wenn kein return_type gebraucht wird, gibt man void an.

Speicherklassen:

auto (automatische Variable): wird vom Stack erzeugt (Kellerspeicher)
lokale Variablen
extern: Variable, die in einem anderen Kontext vereinbart ist
static: leben bis zum Programmende, global-statische Variablen werden nicht exportiert, immer initialisiert, default 0
register: Variablen werden nach Möglichkeit in ein Prozessorregister gelegt (schnell)
volatile: Variablen werden immer im Hauptspeicher abgelegt (Gegenteil von register)
`long fakult(int x);` //Funktionsdeklaration (Prototyp)
Header-File
`#include "fe.h"` // wie bspw. `stdio.h`: eigene Datei in anderen QT

Pointer

`*x = &i` // x verweist auf die Adresse von i.
// Ausgabe von x gibt nur Adresse. `*x` (oder `x[0]`) (Dereferenzierung) ergibt Wert von i

Achtung: Bei Übergaben von Arrays (bspw. in Funktionen) wird nur Pointer auf das erste Element übergeben. Somit ist daraus auch nicht die Länge berechenbar. Des weiteren wird beim modifizieren der Daten im Array das original-Array überschrieben (da es nicht als Kopie, sondern als Verweis übergeben wurde)!

Berechnen Array Länge in Funktion (wenn nicht übergeben):

```
int mystrlen1(char *p){
    int i;
    for (i=0; p[i]!=0; i++);
    return i;
}
```

// oder genau so gültig (mit Pointer gerechnet):

```
int mystrlen2(char *p){
    int count;
    while (*p++)
        count++;
    return count;
}
```

Rekursion

- Rechtsrekursion (erst etwas rechnen, dann in die Rekursion gehen → fakult)
- Linksrekursion (erst Rekursiv aufrufen, dann etwas ausführen → printu)

Eine Links- oder Rechtsrekursion lässt sich auch Iterativ darstellen.

- Zentralrekursion

Eine Zentralrekursion lässt sich nicht Iterativ darstellen.

Problem Rekursion: Es lässt sich nicht vorhersehen, wie viel Speicher benötigt wird. Da ist die Schleife leichter überschaubar.

Benutzerdefinierte Datentypen

Enum:

Aufzählungstyp (festgesetzte Bezeichnungen auf einen integer-Wert).

Struct:

Zusammenfassung von mehreren Komponenten (unterschiedliche eingebaute Dateitypen als un- initialisierte Variablen), die durch einen Namen beschrieben werden. Verwendung zur Modellierung eines Sachverhalts (wie im Beispiel Student mit seinen Eigenschaften).

Typedef:

Es wird ein synonymer Typname für einen existierenden Typnamen erstellt. So kann die Variableinitialisierung verkürzt werden (im Skript: `struct tStudent→tStud`).

Union:

Datensätze werden im Vergleich zum Struct übereinander geschrieben (Sinnvoll, wenn Unterstrukturen gleiche und auch ungleiche Eigenschaften haben. Beispielsweise Diplom- und Bachelor-Studenten).

Struct Struktur: alle Elemente liegen hintereinander (nicht zwangsläufig unmittelbar hintereinander) im Speicher

```
typedef int myint;
struct myStruc{
    char name[30];
    int Nummer;
}
typedef struct { ... } myStruc2;
sizeof(struct myStruc);
sizeof(myStruc2);
void putStr(struct myStruc s){
    puts(s.name);
}
void putStrP(myStruc *s){
    puts(s->name); // oder: puts( (*s).name );
}
struct myStru stru = {"String", 123};
```

enum

```
enum tWoTa{
    Montag=1, // bei Montag=1, fängt's bei 1 an zu zählen (anstatt 0)
    Dienstag,
    Mittwoch,
    Donnerstag,
    Freitag,
    Samstag=Freitag+1+0x10, // verändert das Wochenende
    Sonntag};
```

memory-allocation

```
int i;
tStud s;
int anz = 0;
tStud *ps = NULL, *psx;
while (weiter == 'y'){
    s = getStud();
    if (ps==NULL){ // Wenn noch kein Speicher freigegeben
        ps=malloc(sizeof(tStud));
```

```
        if (ps) {exit(-1);}
    } else { // Sonst Speicher erweitern
        psx=realloc(ps,(anz+1)*sizeof(tStud));
        if (psx){
            ps=psx;
        } else { exit(-1);}
    }
    *(ps+anz) = s; // Adresse vom freigegebenen Speicher
    anz++;
}
// am Ende Speicher wieder freigeben. Achtung: psx ist
// nur Zeiger auf ps
free (ps);
```

Verwendung von malloc/realloc:

Speicher nach Bedarf aus dem heap.

malloc hat als Ausgabe void* (generischer Pointer). Dieser ist nicht dereferenzierbar und zuweisungskompatibel zu jedem getypten Pointer. Man kann mit ihm ebenfalls nicht rechnen (keine Arithmetik).

malloc: Speicher für Variable frei machen

realloc: freigemachten Speicher erweitern

free: Speicher wieder freigeben

Listen

Ringliste:

```
// Strukturtyp für Konnektor (Element mit Inhalt):
typedef struct TCNCT{
    struct TCNCT* next; // tCnct geht noch nicht innerhalb
    !
    void *pltem; // void für generische Daten
}tCnct;
typedef struct{
    tCnct* pFirst;
    tCnct* pLast;
    tCnct* tCurr;
}tList;
```

Listenimplementation:

```
// erzeugt leere Liste:
tList *CreateList(void){
    tList* ptmp;
    ptmp=malloc(sizeof(tList));
    if (ptmp!=NULL){ // offene Liste: anfängliches tList
        hat nur NULL-Pointer
        ptmp->pFirst=ptmp->pLast=ptmp->pCurr=NULL;
    }
    return ptmp;
}
// hinten einfügen:
int InsertTail (tList* pList, void *pltemIns){
    // Verschieden Situationen: Anfügen an leere oder
    // schon vorhandene Liste
    tCnct *ptmp = malloc(sizeof(tCnct));
    ptmp->next=NULL;
    if (ptmp){
        ptmp->pltem = pltemIns; // Connector mit Inhalt füllen
        if (pList->pFirst!=NULL){ // Liste Leer
            pList->pFirst=pList->pLast = ptmp;
```

```

} else { // Liste enthält schon Konnektoren
    pList->pLast->next=ptmp; // Das vorher letzte
        Element zeigt nun auf das eingefügte
                                // und damit neue letzte
                                Element
    pList->pLast = ptmp; // das neue letzte
        Element
}
pList->pCurr=ptmp; // Das Element, mit dem zuletzt
    hantiert wurde ist pCurr
}
return (int)ptmp;
}

```

Unterschied: Offene Liste und Ringliste. Offene Liste startet mit NULL-Zeigern.

Oder: doppelt verkettete Ringliste. Vorteil: Jedes Element hat einen Vorgänger und einen Nachfolger. Dadurch reicht eine Funktion, die nach einem Element ein neues einfügen kann. Das kann an beliebiger Stelle passieren.

Bäume

```

typedef struct{
    void *pdata;
    struct TNode* px[2];
} tNode
tNode treeInit={};
char* data[]={ "moritz", "paul", NULL};
tNode *pTree;
int mycmp(void*p1, void*p2){
    return (strcmp((char*)p1, (char*)p2)>0)?0:1;
}
void addToTree(tNode *pt, void* pdata, int (*fcmp)(void
*, void*)) {
    int i;
    if (pt->pdata == NULL){
        pt->pdata=pdata;
    } else {
        i=fcmp(pt->pdata, pdata);
        if (pt->px[i] == NULL){
            pt->px[i] = malloc(sizeof(tNode));
            *(pt->px[i]) = treeInit;
        }
        attToTree(pt->px[i],pdata, mycmp);
    }
}
char *ptmp;
char **p=data;
// erstes Node erstellen (leer):
pTree = malloc(sizeof(tNode));
*pTree = treeInit;
while (*p){
    addToTree(pTree, *p, mycmp);
    p++;
}
while (1){
    fgets(buf,128,stdin);
    buf[strlen(buf)-1]=0;
    ptmp=malloc(strlen(buf)+1);
    strcpy(ptmp,buf);
    addToTree(pTree, ptmp, mycmp);
}

```

```

}
Dateiarbeit in C
FILE * pf;
pf=fopen("myFile.txt","rt"); // ("Dateiname inkl. Pfad",
    "Modus")

```

b/t	Textdatei ([t]) / Binärdatei(b)
r	Lesen öffnen
w	Scheiben (überschreiben), ggf. erzeugen
a	Schreiben am Dateiende, ggf. erzeugen
r+	Lesen und Schreiben(ändern)
w+	Lesen und Schreiben(überschreiben), ggf. erzeugen
a+	Anfügen, Lesen, Erzeugen, ggf. erzeugen

Als Binärdatei speichern

```

...
FILE *pf;
...
pf = fopen("Studs.bin","rb");
if(pf){
    // Dateigröße ermitteln:
    fseek(pf,0,SEEK_END);
    anz=ftell(pf)/sizeof(tStud);
    rewind(pf);
    // Daten lesen
    for (i=0; i<anz; i++){
        if (ps==NULL){
            ps=malloc(sizeof(tStud));
            if (ps==NULL){puts("malloc hat nicht geklappt");
                exit(-1);}
            *ps=readStud(pf);
        } else {
            psx=realloc(ps,(anz+1)*sizeof(tStud));
            if (psx){
                ps=psx;
                *(ps+i)=readStud(pf);
            } else { puts("realloc hat nicht geklappt.");
                exit(-1);}
        }
    }
    fclose(pf);
}
...
// Daten speichern
pf=fopen("Studs.bin","wb");
if(pf==NULL){puts("fopen (write) hat nicht geklappt");
    exit(-1);}
for (i=0; i<anz; i++){
    writeStud(pf,ps+i);
}
fclose(pf);
...
tStud readStud(FILE* f){
    tStud s;
    fread(&s, sizeof(tStud),1,f);
    return s;
}

```

```

void write Stud(FILE* f, tStud* pStud){
    fwrite(pStud, sizeof(tStud),1,f);
}
Als Textdatei speichern (alternativ und ergänzend zum obigen
Beispiel)
int getAnz(FILE* pf);
tStud readStud(FILE* pf);
void writeStud(FILE* pf, tStud* ps);
// Zeilen zählen und durch 4 teilen
int getAnz(FILE *pf){
    char buf[128];
    int n=0;
    while (fgets(buf, 128, pf)) n++;\\
    fseek(pf, 0, SEEK_SET);
    return n/4;
}
tStud readStud(FILE* pf){
    tStud s={};
    char buf[128];
    if (fgets(buf, 128, pf)){
        buf[strlen(buf)-1]=0;
        s.name = malloc(strlen(buf)+1);
        if (s.name) strcpy(s.name,buf);
        else fprintf(stderr, "malloc failed in readStud\n");
        fscanf(pf, "%d\\n%d\\n%f\\n",&s.matrNr,&s.belNote,&s.
            kINote);
    }
    return s;
}
void writeStud(FILE *pf, tStud* ps){
    fprintf(pf, "%s;%d;%d;%f\\n",ps->name,ps->matrNr,ps->
        belNote,ps->kINote);
}
...
// Einlesen aus Datei
pf=fopen("Studs.txt", "rt");
if (pf){
    anz=getAnz(pf);
}
...
// Schreiben
pf=fopen("Studs.txt", "wt");
Als CSV-Datei speichern Ähnlich wie bei .txt, bloß trennt man
die Datensätze durch Semicolon und nicht durch neue Zeile.
Sinnvolle Funktion zur Zerlegung der Datensätze:
strtok(buf, ";\\n");

```

Funktionspointer

```

typedef void f(void);
f* pf; // Das ist der Funktionspointer
oder:
typedef void (*tpf)(void);
tpf pf; // Das ist auch ein Funktionspointer
Anwendungsbeispiel:
void fxyz(void){
    puts("xyz");
}
pf = fxyz;
fxyz();

```

pf(); // ruft beides fxyz() auf!

Beispiel:

```
typedef void (*tpf)(int i);
tpf pFunc;
pFunc=printDec;
pFunc(x);
pFunc=printHex;
pFunc(x);
```

Preprozessor Zeilenverlängerung

```
int ma\
in(){
    puts(Spass\
in c");
}
```

include

```
#include <...> // für Systemheaderfiles (zu finden
unter usr/include)
#include "..." // für Applikationsheaderfiles (eigene)
```

Mehrfaches Einbinden u.ä. kann unterbunden werden durch:

```
#ifndef _H_DEBUG_
#define _H_DEBUG_
#include <stdio.h>
#endif
```

Symboldefinitionen

```
// Allgemein:
#define SYMBOL Tokensequenz
// Beispiel:
#define N 10
...
int inArray[N]; // Preprozessor ersetzt N mit 10
#define LEN 30 + 1
// KLAMMERN SETZTEN! ->
// #define LEN (30 + 1)
...
char name[LEN*3];
// Achtung: LEN wird vorm Ausrechnen ersetzt.
// Also: LEN*3 entspricht 30+1*3 und nicht (30+1)*3
```

Darauf ist zu achten:

- Tokensequenz (bei Zahlen) am besten Klammern.
- kein Semikolon!
- define-Konstruktion muss auf einer Zeile stehen.

Parameterbehaftete Macros

```
#define SYMBOL(<parameterlist>) Ersatztokenfolge
// Wichtig: Runde Klammer muss unmittelbar hinter SYMBOL
stehen
#define SYMBOL(x) "str1" #x "str2"
// Bewirkt Verkettung der Strings mit dem Parameter
#define SYMBOL(x,y) x##y
// Ein neues Token entsteht im C-Quelltext aus x und y
```

Beispiel:

```
#define PYTHAGORAS(a,b) sqrt(a*a + b*b)
```

```
// Klammern wieder wichtig:
// #define PYTHAGORAS(a,b) sqrt((a)*(a) + (b)*(b))
#define STR1(x) "Max " #x " Moritz"
```

Darauf ist zu achten:

- Parameter im Macro klammern
- keine Seiteneffekte programmieren (Inkrementierung, Funktionsaufruf usw.)

Vordefinierten Symbole bspw.:

```
_FILE_ // Quelltext-Dateiname
_LINE_ // Zeilennummer, in der das Symbol verwendet
wurde
_DATE_ // Datum, zu dem das Programm kompiliert wurde
_TIME_ // Zeit, zu der das Programm kompiert wurde
_STDC_ // C-Version
```

Bedingte Übersetzung

```
#if <const-expr>
#if defined <symbol>
#ifdef <symbol>
#if !defined <symbol>
#ifndef <symbol>
#else
#elif <const-expr>
#endif
```

Bsp.:

```
#ifdef DEBUG
printf("Debuginformation");
#endif
```

Gibt Debug-Information nur bei *gcc progr.c -DDEBUG* aus.

Funktionen mit variabler Argumentliste

vgl.: printf() mit beliebig vielen Argumenten abhängig von %d usw. im ersten String.

- 1.) wenigstens ein fester Parameter
- 2.) dann folgt, ...
(Es können also weitere Parameter folgen. Typ und Anzahl der Parameter ist unbekannt.)

Macros zum Umgang mit variabler Argumentliste:

```
#include <stdarg.h> // Voraussetzung für variable
Argumentlisten
```

```
va_start(ap, la);
// ap: Argument Pointer ( va_list ap; )
// la: Last Argument (letzter Parameter mit Typ und
Namen vor ... )
printf("Name: %s, MatrNr: %d \n", Stud.name, Stud.MatrNr
);
```

```
x=va_arg(ap, type);
// x: Zielvariable für den Wert des Arguments
// (muss vom Typ des tatsächlichen Parameters sein)
// ap wird um sizeof(type) erhöht
// dieser Wert wird x zugewiesen
```

va_end(ap);

Bsp.:

```
#include <stdarg.h>
#include <recout.h> // Andere my...-Funktionen in Arg.
tgz
#define xprintf(x) myprintf x
```

```
void myprintf(const char* fmt, ...){ // fmt bspw. ("
Programm: %s\n", argv[0])
    va_list ap;
    char *p;
    char *pstr;
    int ival;
```

va_start(ap,fmt);

```
for ( p=fmt; // p auf Anfang des Formatsteuerstrings
*p;
p++){
    if (*p!= '%'){
        myputc(*p);
    } else {
        switch(++p){
            case 's':
                pstr=va_arg(ap, char*);
                myputs(pstr);
                break;
            case 'd':
                ival=va_arg(ap, int);
                myputd(ival);
                break;
            default:
                myputc(*p);
                break;
        }
    }
}
```

```
int main(int argc, char* argv[]){
    int i;
    if (argc>1)
        i = myatoi(argv[1]);
    else
        i = -1;
```

```
myprintf("Programm: %s\n int Value: %d\n", argv[0],
argc);
myprintf("i: %d, %x, DoubleVal: %f, Char: %c,
Adresse argv[0]: %p",i,i,d, argv[0][0], argv
[0]);
```

xprintf(("Test xprintf: %s\n", argv[0]));