Lehrstuhl für Connected Mobility
School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

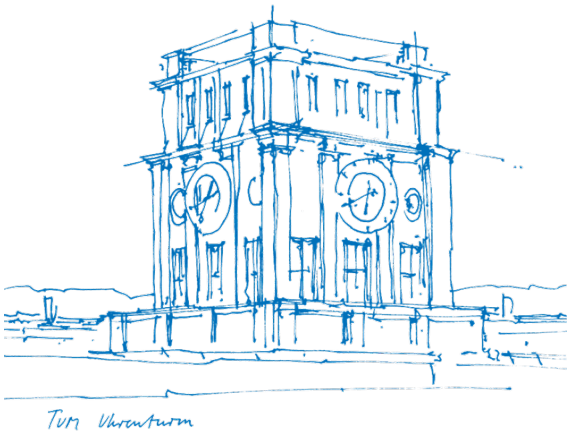
Grundlagen: Betriebssysteme und Systemsoftware

Tutorübung

Mario Delic

Lehrstuhl für Connected Mobility
School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

Übungswoche 2



Begrifflichkeiten
Betriebsarten

- **Stapelverarbeitung**:
  Keine Nutzerinteraktion, der Ablauf des Programms ist bereits definiert. Anwendung oft bei großen/monotonen Aufgabenmengen.
- **Transaktionsbetrieb**:
  Muss Atomarität, Konsistenz etc. gewährleisten. Zu finden z.B. bei Datenbanken.
- **Dialogbetrieb**:
  Benutzer und BS interagieren miteinander. Beispielsweise Desktopbetriebssysteme.
- **Echtzeitbetrieb**:
  Eine maximale Reaktionszeit darf nicht überschritten werden. Zu finden z.B. in der Robotik.

Begrifflichkeiten
BS Typen

Monolithische Systeme: BS als ein großes Programm ausgeführt.

- BS permanent im Kernel-Mode (privilegierter Modus) und Arbeitsspeicher.
- Möglichkeit für ein breites Funktionsspektrum und viel Flexibilität.
- Weniger Strukturiert, somit schwerer zu Warten.
- Anfällig für schwere crashes.

Mikrokernel Systeme: Kleinerer Kern durch weniger Funktionen.

- Reduzierung der Fehleranfälligkeit durch aufteilen in Module. Nur der Mikrokern im Kernel-Mode.
- Mikrokern bieten nur noch Basismechanismen. Er ist kleiner, sicherer und leichter wartbar.
- Subsysteme laufen im User-Modus ohne Privilegien.

Generelles BS-Wissen

Aufgaben des Betriebssystems sind **Abstraktion** und **(Ressourcen-)Management.**

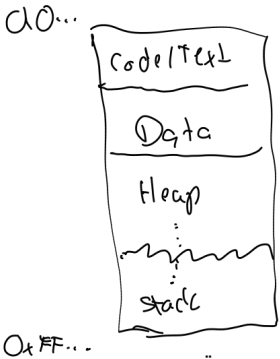
- **Kernel-Mode:** Privilegierter Modus mit direktem Zugriff auf physische Komponenten (Hardware, Maschinenbefehle) und kritische Daten (Systemcode).
- **User-Mode:** Für alle regulären Programme. Keine Privilegien wie direkter Hardware-Zugriff etc.

→ Kernel-Mode und root-Rechte bei usern (Nutzung von sudo usw.) sind nicht das gleiche!

- **System calls** sind Funktionen die als Schnittstelle agieren, damit eine User-Anwendung privilegierte Dienste anfragen kann. Die Funktion formatiert ggf. Daten und bereitet die Register vor, um anschließend die ASM-Funtkion syscall aufzurufen.

Programm im Speicher

- **Text/Code-Segment**: Enthält den auzuführenden Programmcode.
- **Data-Segment**: Konstanten und reservierte Variablen (statische/globale Variabeln).
- **Heap**: Für dynamische Speicherallokation (z.B. malloc).
- **Stack**: Kontrollflussstruktur; hier landen Auto-Variablen, Rücksprungadressen, usw.



Operatorpräzedenz
C-Lesen

Zur Evaluierung und Veranschaulichung der Operatorreihenfolge kann man die relevanten Strukturen jeweils 1:1 in die englische Sprache überführen:

- **x**: “declare x as” oder “x is”
- ***: “pointer to”
- **&**: “reference to”
- **[]**: “array of” $\hookrightarrow$ [length]: “array of length”
- **()**: “function returning” $\hookrightarrow$ (type): “function (with type argument) returning”

Operatorpräzedenz

In C gelten u.a die folgenden Präzedenzregeln:

Precedence	Operator	Description	Associativity
1	++ --	Suffix/postfix increment and decrement	Left-to-right
	()	Function call	
	[]	Array subscripting	
	.	Structure and union member access	
	->	Structure and union member access through pointer	
	(*type*){*list*}	Compound literal(C99)	
2	++ --	Prefix increment and decrement[note 1]	Right-to-left
	+ -	Unary plus and minus	
	! ~	Logical NOT and bitwise NOT	
	(*type*)	Cast	
	*	Indirection (dereference)	
	&	Address-of	
	sizeof	Size-of[note 2]	
	_Alignof	Alignment requirement(C11)	
3	* / %	Multiplication, division, and remainder	Left-to-right
4	+ -	Addition and subtraction	

1) efg is 2) array of 5

```
char *efg[5]();   3) function

short (**(*hij)(void));
```

https://en.cppreference.com/w/c/language/operator_precedence

Operatorpräzedenz

In C gelten u.a die folgenden Präzedenzregeln:

Precedence	Operator	Description	Associativity
1	++ --	Suffix/postfix increment and decrement	Left-to-right
	()	Function call	
	[]	Array subscripting	
	.	Structure and union member access	
	->	Structure and union member access through pointer	
	(*type*){*list*}	Compound literal(C99)	
2	++ --	Prefix increment and decrement[note 1]	Right-to-left
	+ -	Unary plus and minus	
	! ~	Logical NOT and bitwise NOT	
	(*type*)	Cast	
	*	Indirection (dereference)	
	&	Address-of	
	sizeof	Size-of[note 2]	
	_Alignof	Alignment requirement(C11)	
3	* / %	Multiplication, division, and remainder	Left-to-right
4	+ -	Addition and subtraction	

https://en.cppreference.com/w/c/language/operator_precedence

```
char *efg[5]();
```

efg is array of 5 function returning pointer to char

```
short (**(*hij)(void));
```

Operatorpräzedenz

funct(void)

In C gelten u.a die folgenden Präzedenzregeln:

funct() → &funct

Precedence	Operator	Description	Associativity
1	++ --	Suffix/postfix increment and decrement	Left-to-right
	()	Function call	
	[]	Array subscripting	
	.	Structure and union member access	
	->	Structure and union member access through pointer	
	(*type*){*list*}	Compound literal(C99)	
2	++ --	Prefix increment and decrement[note 1]	Right-to-left
	+ -	Unary plus and minus	
	! ~	Logical NOT and bitwise NOT	
	(*type*)	Cast	
	*	Indirection (dereference)	
	&	Address-of	
	sizeof	Size-of[note 2]	
	_Alignof	Alignment requirement(C11)	
3	* / %	Multiplication, division, and remainder	Left-to-right
4	+ -	Addition and subtraction	

```
char *efg[5]();
```

efg is array of 5 function returning pointer to char

```
short (**(*hij)(void));
```

hij is pointer to function with no arguments returning pointer to pointer to short

https://en.cppreference.com/w/c/language/operator_precedence

Aufgabe 1
Operatorpräzedenz

[] (Array) und **()** (Funktion) werden von links nach rechts abgearbeitet und haben Vorrang vor ***** (Pointer/Dereferenzierung) und **&** (Adresse), welche von rechts nach links abgearbeitet werden. Bestimmen Sie davon ausgehend, wie die folgenden Ausdrücke gelesen werden:

a) `long **foo[7];`

b) `unsigned long int **x();`

c) `char *(*(**foo [][8])())[];`

d) `int (*(*foo)(void))[];`

Aufgabe 1
Operatorpräzedenz

[] (Array) und **()** (Funktion) werden von links nach rechts abgearbeitet und haben Vorrang vor ***** (Pointer/Dereferenzierung) und **&** (Adresse), welche von rechts nach links abgearbeitet werden. Bestimmen Sie davon ausgehend, wie die folgenden Ausdrücke gelesen werden:

a) `long **foo[7];`

foo is array of 7 pointer to pointer to long

b) `unsigned long int **x();`

c) `char *(*(**foo [][8])())[];´`

d) `int (*(*foo)(void))[];`

Aufgabe 1
Operatorpräzedenz

[] (Array) und **()** (Funktion) werden von links nach rechts abgearbeitet und haben Vorrang vor * (Pointer/Dereferenzierung) und **&** (Adresse), welche von rechts nach links abgearbeitet werden. Bestimmen Sie davon ausgehend, wie die folgenden Ausdrücke gelesen werden:

a) `long **foo[7];`

foo is array of 7 pointer to pointer to long

b) `unsigned long int **x();`

x is function returning pointer to pointer to unsigned long int

c) `char *(*(**foo [][8])())[];`

d) `int (*(*foo)(void))[];`

Aufgabe 1
Operatorpräzedenz

[] (Array) und **()** (Funktion) werden von links nach rechts abgearbeitet und haben Vorrang vor ***** (Pointer/Dereferenzierung) und **&** (Adresse), welche von rechts nach links abgearbeitet werden. Bestimmen Sie davon ausgehend, wie die folgenden Ausdrücke gelesen werden:

a) `long **foo[7];`

foo is array of 7 pointer to pointer to long

b) `unsigned long int **x();`

x is function returning pointer to pointer to unsigned long int

c) `char *(*(**foo [][8])())[];`

foo is array of array of 8 pointer to pointer to function returning pointer to array of pointer to char

d) `int (*(*foo)(void))[];`

Aufgabe 1
Operatorpräzedenz

[] (Array) und **()** (Funktion) werden von links nach rechts abgearbeitet und haben Vorrang vor ***** (Pointer/Dereferenzierung) und **&** (Adresse), welche von rechts nach links abgearbeitet werden. Bestimmen Sie davon ausgehend, wie die folgenden Ausdrücke gelesen werden:

a) `long **foo[7];`

foo is array of 7 pointer to pointer to long

b) `unsigned long int **x();`

x is function returning pointer to pointer to unsigned long int

c) `char *(*(**foo [][8])())[];`

foo is array of array of 8 pointer to pointer to function returning pointer to array of pointer to char

d) `int (*(*foo)(void))[];`

foo is a pointer to function with no arguments returning pointer to array of int

Aufgabe 2
Hexdump

Little Endian vs Big Endian

30 47 FF C1

LE → 0x C1 FF 47 30

BE → 0x 30 47 FF C1

Bei Little Endian werden die Bytes! des Datentyps „geflippt" von vorne nach hinten

Gegeben sei ein Hexdump.

Außerdem:

- 32-bit Architektur
- Integer 32-bit breit
- little-endian

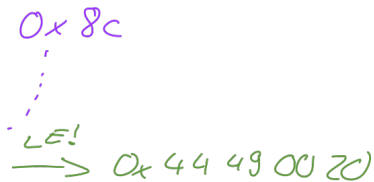
a) Wie viele Hex-Zeichen umfasst eine Speicheradresse im obigen Hexdump?

↳ 4 Bytes weil 32-bit ; 1 Byte = 2 Hex-Z. => 8

b) Nehmen wir an, an der Adresse 0x8c ist ein Pointer gespeichert. Wie lautet die Adresse, auf die der Pointer zeigt? Beachten Sie die endianness der Architektur!

Aufgabe 2

OFFSET	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0x0000	89	50	4e	47	0d	0a	1a	0a	ff	00	00	00	49	48	44	52
0x0010	00	00	05	00	00	00	02	82	08	06	00	00	00	8e	3b	74
0x0020	aa	00	00	00	a7	73	42	49	54	08	08	08	08	7c	08	64
0x0030	47	42	53	00	88	00	00	00	4d	00	00	0f	61	00	00	0f
0x0040	61	01	a8	3f	a7	69	00	00	00	38	74	45	58	74	53	6f
0x0050	66	74	77	61	72	65	00	6d	61	74	70	6c	6f	74	6c	69
0x0060	f1	20	f5	65	72	73	69	6f	6e	33	2e	31	2e	31	2c	20
0x0070	68	74	74	70	3a	2f	73	74	72	69	6e	67	00	74	6c	69
0x0080	62	2e	6f	72	67	2f	10	66	17	19	00	00	20	00	49	44
0x0090	41	54	78	9c	ec	dd	77	9c	54	e5	a1	ff	f1	cf	6c	85
0x00a0	5d	76	97	be	85	de	62	69	6e	67	6f	00	a4	05	93	dc
0x00b0	18	63	bb	37	a2	49	ae	29	e6	17	d4	28	22	45	16	05
0x00c0	c4	44	62	12	4d	31	d7	80	b1	5f	5b	12	51	41	20	8a
0x00d0	08	00	00	00	39	05	00	00	b2	d4	2d	2c	db	cf	ef	8f
0x00e0	49	f6	c6	58	00	dd	e5	ec	ce	7e	de	af	d7	bc	5e	3c
0x00f0	87	39	33	df	59	75	9d	f9	ce	73	9e	27	12	04	41	80



Aufgabe 2
Hexdump

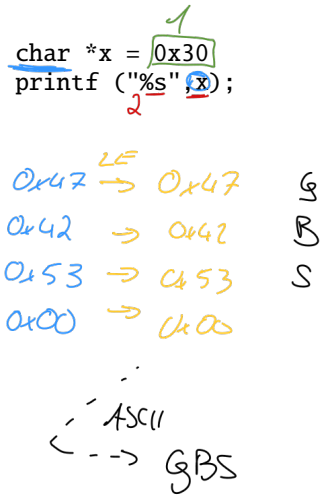
c) Bestimmen Sie die Ausgaben des folgenden Programms, ausgeführt im Kontext des obigen Speicherausschnitts:

```
1    char *x = (char*) 0x30;
2    int* i = (int*) 0xd0;
3
4    printf("Some␣string:␣%s\n", x);
5    printf("Some␣other␣string:␣%s\n", x+0x46);
6
7    int a = i[1];
8    int b = *(int*)*i;
9    printf("a:␣%d,␣b:␣%d\n", a, b);
```

Aufgabe 2

OFFSET	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0x0000	89	50	4e	47	0d	0a	1a	0a	ff	00	00	00	49	48	44	52
0x0010	00	00	05	00	00	00	02	82	08	06	00	00	00	8e	3b	74
0x0020	aa	00	00	00	a7	73	42	49	54	08	08	08	08	7c	08	64
0x0030	47	42	53	00	88	00	00	00	4d	00	00	0f	61	00	00	0f
0x0040	61	01	a8	3f	a7	69	00	00	00	38	74	45	58	74	53	6f
0x0050	66	74	77	61	72	65	00	6d	61	74	70	6c	6f	74	6c	69
0x0060	f1	20	f5	65	72	73	69	6f	6e	33	2e	31	2e	31	2c	20
0x0070	68	74	74	70	3a	2f	73	74	72	69	6e	67	00	74	6c	69
0x0080	62	2e	6f	72	67	2f	10	66	17	19	00	00	20	00	49	44
0x0090	41	54	78	9c	ec	dd	77	9c	54	e5	a1	ff	f1	cf	6c	85
0x00a0	5d	76	97	be	85	de	62	69	6e	67	6f	00	a4	05	93	dc
0x00b0	18	63	bb	37	a2	49	ae	29	e6	17	d4	28	22	45	16	05
0x00c0	c4	44	62	12	4d	31	d7	80	b1	5f	5b	12	51	41	20	8a
0x00d0	08	00	00	00	39	05	00	00	b2	d4	2d	2c	db	cf	ef	8f
0x00e0	49	f6	c6	58	00	dd	e5	ec	ce	7e	de	af	d7	bc	5e	3c
0x00f0	87	39	33	df	59	75	9d	f9	ce	73	9e	27	12	04	41	80

```
char *x = 0x30
printf ("%s",x);
```



Aufgabe 2
Hexdump

```
OFFSET 00 01 02 03 04 05 06 07  08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F
0x0000 89 50 4e 47 0d 0a 1a 0a  ff 00 00 00 49 48 44 52
0x0010 00 00 05 00 00 00 02 82  08 06 00 00 00 8e 3b 74
0x0020 aa 00 00 00 a7 73 42 49  54 08 08 08 08 7c 08 64
0x0030 47 42 53 00 88 00 00 00  4d 00 00 0f 61 00 00 0f
0x0040 61 01 a8 3f a7 69 00 00  00 38 74 45 58 74 53 6f
0x0050 66 74 77 61 72 65 00 6d  61 74 70 6c 6f 74 6c 69
0x0060 f1 20 f5 65 72 73 69 6f  6e 33 2e 31 2e 31 2c 20
0x0070 68 74 74 70 3a 2f 73 74  72 69 6e 67 00 74 6c 69
0x0080 62 2e 6f 72 67 2f 10 66  17 19 00 00 20 00 49 44
0x0090 41 54 78 9c ec dd 77 9c  54 e5 a1 ff f1 cf 6c 85
0x00a0 5d 76 97 be 85 de 62 69  6e 67 6f 00 a4 05 93 dc
0x00b0 18 63 bb 37 a2 49 ae 29  e6 17 d4 28 22 45 16 05
0x00c0 c4 44 62 12 4d 31 d7 80  b1 5f 5b 12 51 41 20 8a
0x00d0 08 00 00 00 39 05 00 00  b2 d4 2d 2c db cf ef 8f
0x00e0 49 f6 c6 58 00 dd e5 ec  ce 7e de af d7 bc 5e 3c
0x00f0 87 39 33 df 59 75 9d f9  ce 73 9e 27 12 04 41 80
```

```
char *x = 0x30;
printf ("%s",x+0x46);
```

0x30 + 0x46 = 0x76

0x73 LE! → 0x73 s

0x74 LE! → 0x74 t

⋮ ⋮

= string

Aufgabe 2

```
OFFSET 00 01 02 03 04 05 06 07  08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F
0x0000 89 50 4e 47 0d 0a 1a 0a  ff 00 00 00 49 48 44 52
0x0010 00 00 05 00 00 00 02 82  08 06 00 00 00 8e 3b 74
0x0020 aa 00 00 00 a7 73 42 49  54 08 08 08 08 7c 08 64
0x0030 47 42 53 00 88 00 00 00  4d 00 00 0f 61 00 00 0f
0x0040 61 01 a8 3f a7 69 00 00  00 38 74 45 58 74 53 6f
0x0050 66 74 77 61 72 65 00 6d  61 74 70 6c 6f 74 6c 69
0x0060 f1 20 f5 65 72 73 69 6f  6e 33 2e 31 2e 31 2c 20
0x0070 68 74 74 70 3a 2f 73 74  72 69 6e 67 00 74 6c 69
0x0080 62 2e 6f 72 67 2f 10 66  17 19 00 00 20 00 49 44
0x0090 41 54 78 9c ec dd 77 9c  54 e5 a1 ff f1 cf 6c 85
0x00a0 5d 76 97 be 85 de 62 69  6e 67 6f 00 a4 05 93 dc
0x00b0 18 63 bb 37 a2 49 ae 29  e6 17 d4 28 22 45 16 05
0x00c0 c4 44 62 12 4d 31 d7 80  b1 5f 5b 12 51 41 20 8a
0x00d0 08 00 00 00 39 05 00 00  b2 d4 2d 2c db cf ef 8f
0x00e0 49 f6 c6 58 00 dd e5 ec  ce 7e de af d7 bc 5e 3c
0x00f0 87 39 33 df 59 75 9d f9  ce 73 9e 27 12 04 41 80
```

```
int *i = 0xd0;
int a = i[1];
printf ("%d",a);
```

i[1] = *(i+1)

↳ 0xd4

39 05 00 00

↓ little Endian

00 00 05 39 (im Speicher ist alles immer Hex!)

= 0x539

= 1337

Aufgabe 2

OFFSET	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
0x0000	89	50	4e	47	0d	0a	1a	0a	ff	00	00	00	49	48	44	52
0x0010	00	00	05	00	00	00	02	82	08	06	00	00	00	8e	3b	74
0x0020	aa	00	00	00	a7	73	42	49	54	08	08	08	08	7c	08	64
0x0030	47	42	53	00	88	00	00	00	4d	00	00	0f	61	00	00	0f
0x0040	61	01	a8	3f	a7	69	00	00	00	38	74	45	58	74	53	6f
0x0050	66	74	77	61	72	65	00	6d	61	74	70	6c	6f	74	6c	69
0x0060	f1	20	f5	65	72	73	69	6f	6e	33	2e	31	2e	31	2c	20
0x0070	68	74	74	70	3a	2f	73	74	72	69	6e	67	00	74	6c	69
0x0080	62	2e	6f	72	67	2f	10	66	17	19	00	00	20	00	49	44
0x0090	41	54	78	9c	ec	dd	77	9c	54	e5	a1	ff	f1	cf	6c	85
0x00a0	5d	76	97	be	85	de	62	69	6e	67	6f	00	a4	05	93	dc
0x00b0	18	63	bb	37	a2	49	ae	29	e6	17	d4	28	22	45	16	05
0x00c0	c4	44	62	12	4d	31	d7	80	b1	5f	5b	12	51	41	20	8a
0x00d0	08	00	00	00	39	05	00	00	b2	d4	2d	2c	db	cf	ef	8f
0x00e0	49	f6	c6	58	00	dd	e5	ec	ce	7e	de	af	d7	bc	5e	3c
0x00f0	87	39	33	df	59	75	9d	f9	ce	73	9e	27	12	04	41	80

4 Byte groß

```
int *i = 0xd0;
int b = *(int*)(*i);
printf("%d",b);
```

dereferenzieren = Wert an Stelle 0xd0 auslesen

0x08 00 00 00

in LE → 0x08

0x08 wird zu int* gecasted und als Adresse interpretiert

Zuletzt wird der Pointer 0x08 dereferenziert. Da int = 4 Byte

Lesen wir ff 00 00 00 raus

↓ Little endian!

0xff = 255

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

a)

```
1  char userinput[256];
2  gets(userinput);
```

b)

```
1  char userinput[256] = {0};
2  int ret = scanf("%256s", userinput);
```

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

a)

```
1  char userinput[256];
2  gets(userinput);
```

Die Funktion gets setzt kein Limit an den einzuesenden String und führt somit zu Buffer-Overflow!

b)

```
1  char userinput[256] = {0};
2  int ret = scanf("%256s", userinput);
```

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

a)

```
1  char userinput[256];
2  gets(userinput);
```

Die Funktion gets setzt kein Limit an den einzuesenden String und führt somit zu Buffer-Overflow!

b)

```
1  char userinput[256] = {0};
2  int ret = scanf("%256s", userinput);
```

Scanf liest hier zwar nur so viele Zeichen ein wie in den Buffer passen ein (256), aber ist der Input 256 Zeichen lang, so wird der NULL-Terminator am Ende hinter das Array geschrieben!

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

c)

```
1  #define MUL(x,y) x*y
2  int y = MUL(4+1, 3+6);
```

d)

```
1  int *p1, p2;
```

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

c)

```
1  #define MUL(x,y) x*y
2  int y = MUL(4+1, 3+6);
```

Die Makros werden als erster Schritt vom Präprozessor aufgelöst. Dabei findet jedoch eine reine textuelle Ersetzung statt (und keine “logische” Ersetzung mit Klammerung wie bei Ersetzung von Variablen)! Also wird $4 + 1 * 3 + 6 = 13$ berechnet, anstelle von $(4 + 1) * (3 + 6) = 45$! Eine Sinngemäße Definition des Makros wäre: #define MUL (x , y) ((x) * (y))

d)

```
1  int *p1, p2;
```

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

c)

```
1  #define MUL(x,y) x*y
2  int y = MUL(4+1, 3+6);
```

Die Makros werden als erster Schritt vom Präprozessor aufgelöst. Dabei findet jedoch eine reine textuelle Ersetzung statt (und keine "logische" Ersetzung mit Klammerung wie bei Ersetzung von Variablen)! Also wird $4 + 1 * 3 + 6 = 13$ berechnet, anstelle von $(4 + 1) * (3 + 6) = 45$! Eine Sinngemäße Definition des Makros wäre: #define MUL (x , y) ((x) * (y))

d)

```
1  int *p1, p2;
```

Nur p1 ist ein int-pointer! Der Typ von p2 ist int! Der Asterisk ist der Variable zugeordnet, nicht dem Typen.

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

e)

```
1  int *p = malloc(sizeof *p);
2  scanf("%d", p);
3  free(p);
4  printf("*p is %d", *p);
```

f)

```
1  int* list;
2  if (list == NULL) {
3    list = malloc(LIST_SIZE);
4  }
```

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

e)

```
1  int *p = malloc(sizeof *p);
2  scanf("%d", p);
3  free(p);
4  printf("*p is %d", *p);
```

Use-After-Free!

f)

```
1  int* list;
2  if (list == NULL) {
3    list = malloc(LIST_SIZE);
4  }
```

Aufgabe 3
Sichere Programmierung

e)

```
1  int *p = malloc(sizeof *p);
2  scanf("%d", p);
3  free(p);
4  printf("*p is %d", *p);
```

Use-After-Free!

f)

```
1  int* list;
2  if (list == NULL) {
3    list = malloc(LIST_SIZE);
4  }
```

int* list ist uninitialisiert! Der Wert von list könnte somit irgendwas sein.
Stattdessen: int* list = NULL;