



Variablen

- Deklaration: «*Datentyp*» «*Variablenname*»
- Datentyp bestimmt Größe in Bytes: `sizeof`
- Beispiel: `long int v;`
 - Größe: 4 Bytes
 - `v` ist Stück im Speicher, der 4 Bytes lang ist
 - Speicherzugriff? Über Adressen!
 - Pointer (Zeiger) bilden Konzept vom Speicherblock direkt in C.



- Deklaration: «*Datentyp*» * «*Zeigername*»
- Zeiger sind typisierte Speicheradressen
- Dereferenzierung mit *: Zugriff auf den *Inhalt* des Speicherblocks als Variable des Datentyps
- Referenzierung mit &: Die *Adresse* des Speichers einer Variable eines Datentyps.



Zeiger

```
1 /* ref */
2
3 int v = 3;
4 printf("%p -> %d\n", &v, v);
```

Ausgabe:

0x251241aa -> 3

```
1 /* deref */
2
3 int*v=(int*)malloc(sizeof(int));
4 printf( "%d\n", *v );
5 *v = 3;
6 printf( "%p -> %d\n", v, *v );
7 printf( "%p, %p\n", &v, &*v );
```

Ausgabe:

-64123

0x648010 -> 3

0x7fff65636b98, 0x648010



- Speicher muss alloziert sein
- Inhalt in alloziertem Speicher undefiniert! Also: stets initialisieren!
- Adresse einer Variable: `&v`, zeigt immer auf erstes Byte im Speicher
- Spezieller Zeigertyp: `void *` – Zeiger ohne Typ
- Spezieller Zeiger: `NULL` – Nullpointer
- Zur Erinnerung: Felder werden durch Zeiger auf das erste Element gespeichert.



Call-by-Value Kopie des Wertes in der Variable

- Original Wert in Funktion nicht änderbar, nur Kopie!
- Achtung: *deep copy* und *flat copy*.

Call-by-Reference Kopie der Referenz auf Speicher der Variable

- Original Wert kann in Funktion geändert werden.
Vorsicht Seiteneffekte!
- Schnell, da nur Speicheradresse kopiert werden muss.



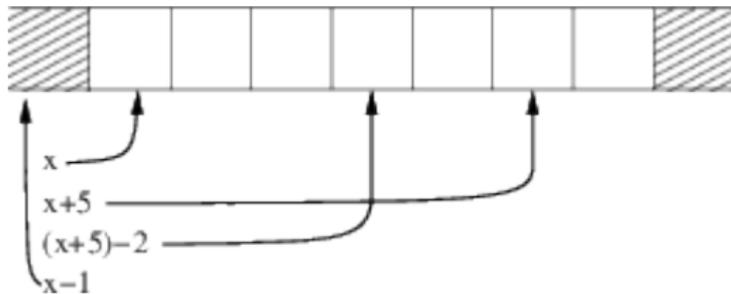
Call-By-Value

```
1 void vertausche( int a, int b )
2 {
3     int c = a;
4     a = b;
5     b = c;
6 }
7
8 int main( int argc, char *argv[] )
9 {
10    int a = 3;
11    int b = 4;
12    vertausche( a, b );
13    printf( "%d %d\n", a, b );
14    return EXIT_SUCCESS;
15 }
```



Call-By-Reference

```
1 void vertausche( int *a, int *b )
2 {
3     int c = *a;
4     *a = *b;
5     *b = c;
6 }
7
8 int main( int argc, char *argv[] )
9 {
10    int a = 3;
11    int b = 4;
12    vertausche( &a, &b );
13    printf( "%d %d\n", a, b );
14    return EXIT_SUCCESS;
15 }
```



- Zeiger + Ganzzahl
- Zeiger - Ganzzahl
- Zeiger++, ++Zeiger
- Zeiger--, --Zeiger
- Zeiger - Zeiger
- Feld- und Zeigeroperationen sind äquivalent:

$$*(\text{pointer} + i) = \text{pointer}[i]$$



Zeichenketten: Beispiel

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 int string_laenge( char s[] ) {
5     int i = 0;
6     while( s[i] != '\0' ) {
7         i++;
8     }
9     return i;
10 }
11
12 char name[] = "Hallo Welt!";
13
14 int main( int argc, char *argv[] ) {
15     printf( "%d\n", string_laenge( name ) );
16     return( EXIT_SUCCESS );
17 }
```



Zeigerarithmetik: Beispiel

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 int string_laenge( char *s )
4 {
5     char *p = s;
6     while( *p != '\0' )
7     {
8         p++;
9     }
10    return p-s;
11 }
12 char name[] = "Hallo Welt!";
13 int main( int argc, char *argv[] )
14 {
15     printf( "%d\n", string_laenge( name ) );
16     return EXIT_SUCCESS;
17 }
```



Zusammengesetzte Datentypen

- Oft enge Beziehung zwischen einzelnen Daten.
- Beispiel: Adresse = Name, Strasse, Hausnummer, PLZ, Ortsname
- Daten zusammenfassen mit **struct**

```
1 struct Address {  
2   char* name;  
3   char* street;  
4   unsigned int number;  
5   unsigned char postalCode[5];  
6   char* city;  
7 };
```

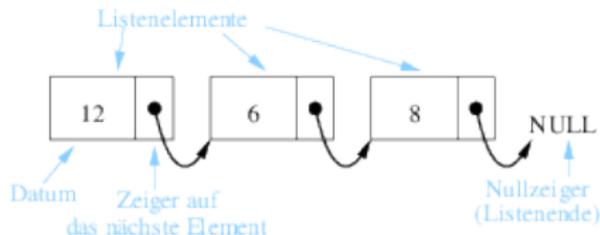
- Init: **struct** Address adr = { "Mathias Goldau", ... };
- Zugriff: adr.number = 10;
- Ebenso: **typedef struct** {...} Address;



Abstrakte Datentypen

Strukturen und Zeiger können benutzt werden um grundlegende Datenstrukturen zu programmieren. Beispiel: Einfach verkettete Liste.

```
1 struct ListenElement
2 {
3     int datum;
4     struct ListenElement *naechstes;
5 };
6
7 int main( int argc, char *argv[] )
8 {
9     struct ListenElement le;
10    le.datum = 3;
11 }
```





- Trennung von dem *Was* das Modul bietet und dem *Wie* das Modul arbeitet.
- Damit insb. Trennung in öffentlich und intern möglich
- Vorwärts-Deklaration:
 - Muss selbe Funktionssignatur wie bei Definition haben.
Return-type gehört nicht dazu!
 - Anweisungsblock durch ein Semikolon ersetzen.
 - Beispiel: `Address* crawlNextAddress(char* url);`

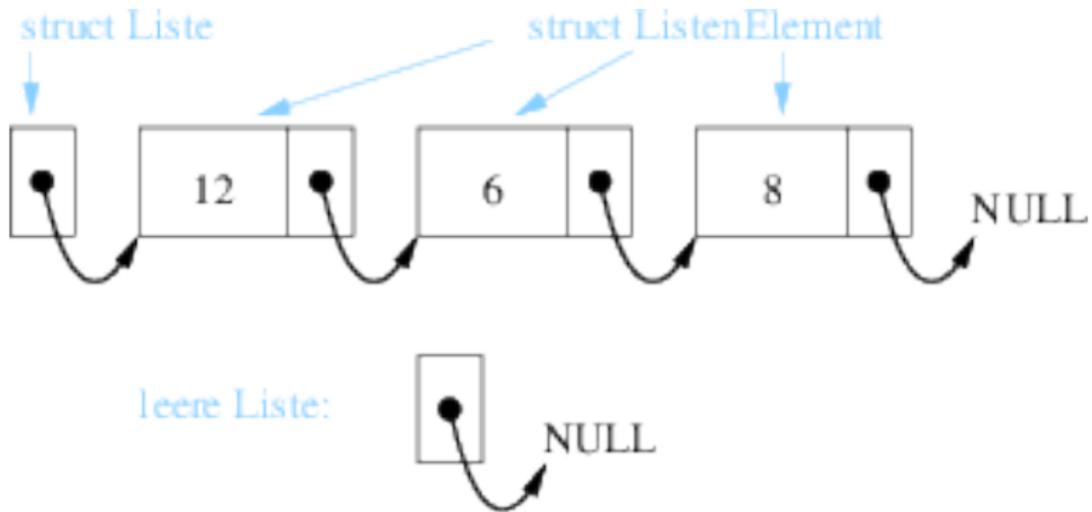


Header-Datei/Deklarationen

```
1 struct Liste;
2
3 /* Erzeugt eine neue Liste.
4  * Diese enthält zunächst keine Einträge. */
5 struct Liste * liste_erzeugen( void );
6
7 /* Lösche die Liste liste */
8 void liste_loeschen( struct Liste *liste );
9
10 /* Füge Element elem an die Liste liste vorne an */
11 void liste_voranstellen( struct Liste *liste, int elem );
12
13 /* Liste liste ausgeben */
14 void liste_ausgeben( struct Liste *liste );
```



Aufbau einer Liste





Implementierung Teil 1

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 #include "liste.h"
4
5 struct ListenElement
6 {
7     int datum;
8     struct ListenElement *naechstes;
9 };
10
11 struct Liste
12 {
13     struct ListenElement *start;
14 };
```



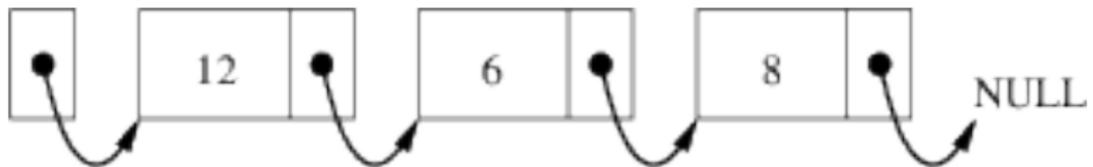
Implementierung Teil 2

```
1 struct Liste * liste_erzeugen( void )
2 {
3     struct Liste *l =
4         (struct Liste *)malloc(sizeof(struct Liste));
5     if( l == NULL )
6     {
7         fprintf( stderr, "Fehler: kein Speicher mehr!\n" );
8         exit( EXIT_FAILURE );
9     }
10
11     /* Anfangs leere Liste -> erstes Element = NULL */
12     (*l).start = NULL;
13     return l;
14 }
```



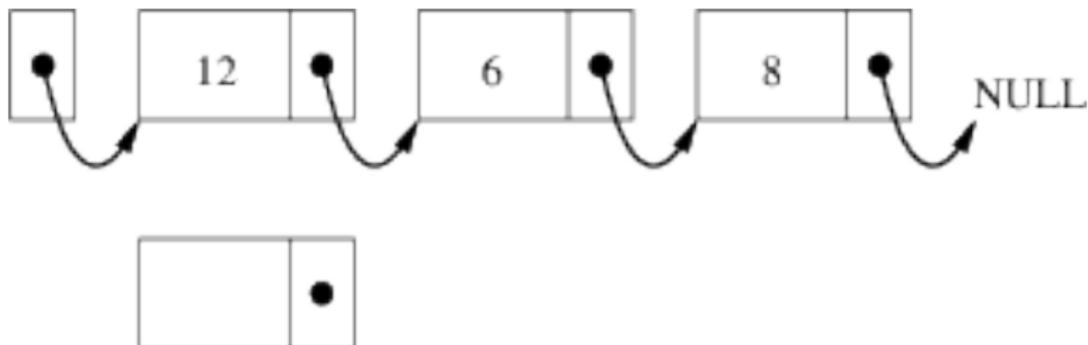
Anfügen an Liste

1. Gegeben



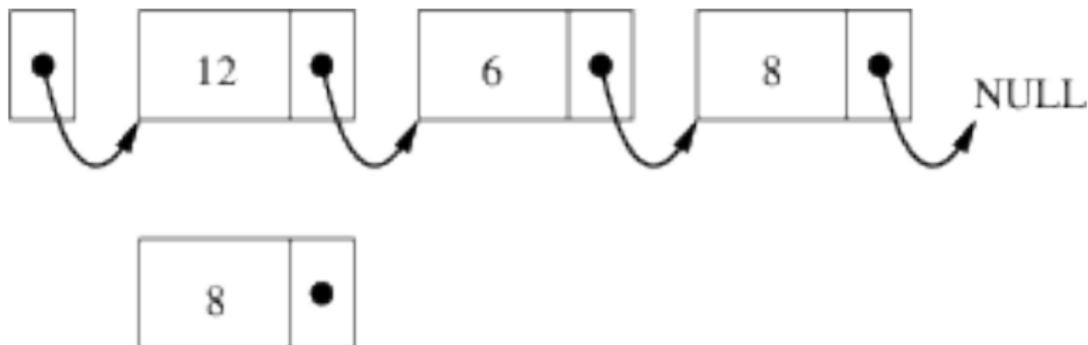


2. Neues ListenElement erzeugen





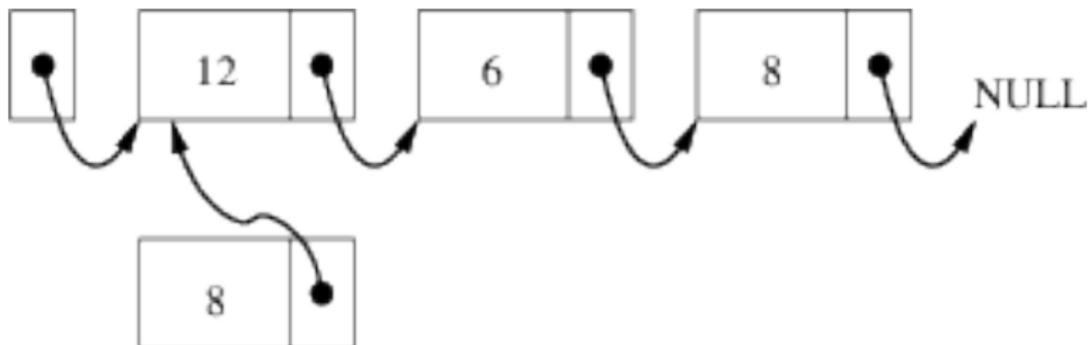
3. Wert in neues ListenElement schreiben





Anfügen an Liste

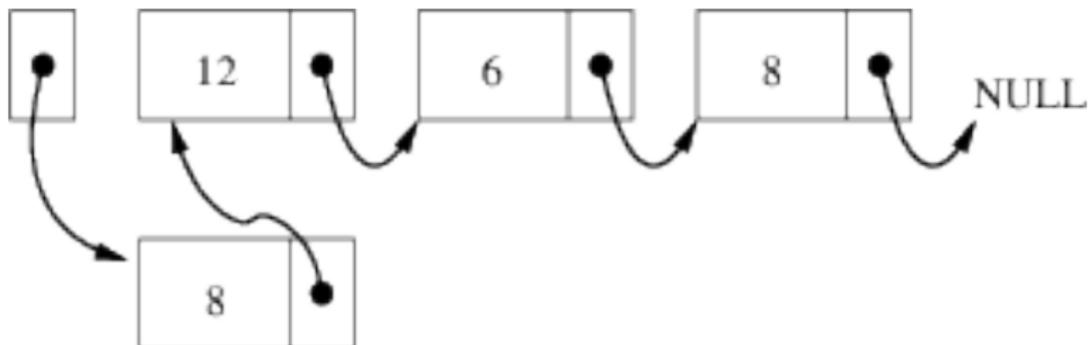
4. naechstes-Zeiger des neuen Listenelement auf Nachfolger setzen





Anfügen an Liste

5. naechstes-Zeiger des Vorgängers auf neues Listenelement setzen





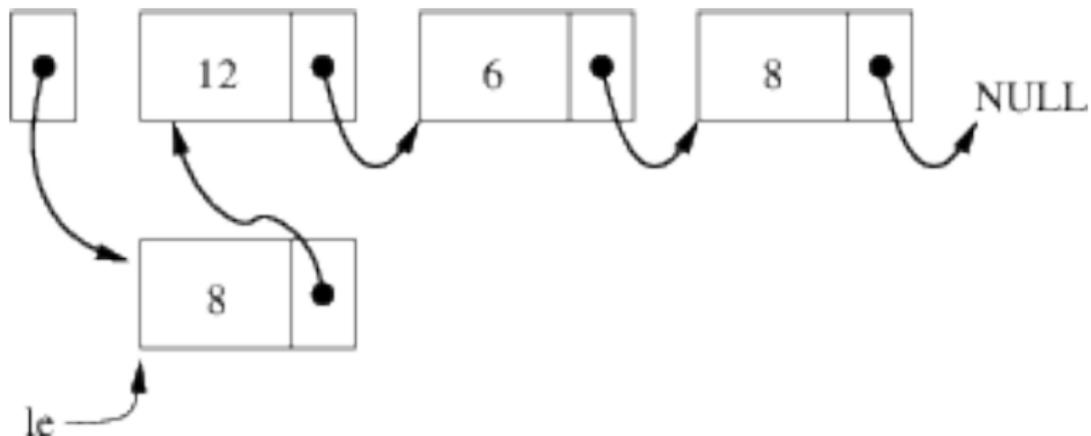
Implementierung Teil 3

```
1 void liste_vorstellen( struct Liste *liste, int elem )
2 {
3     struct ListenElement *le;
4     if( liste == NULL )
5     {
6         return;
7     }
8     le = (struct ListenElement *)
9         malloc(sizeof(struct ListenElement));
10    if( le == NULL )
11    {
12        fprintf( stderr, "Fehler: kein Speicher mehr!\n" );
13        exit( EXIT_FAILURE );
14    }
15    (*le).datum = elem;
16    (*le).naechstes = (*liste).start;
17    (*liste).start = le;
18 }
```



Traversieren einer Liste

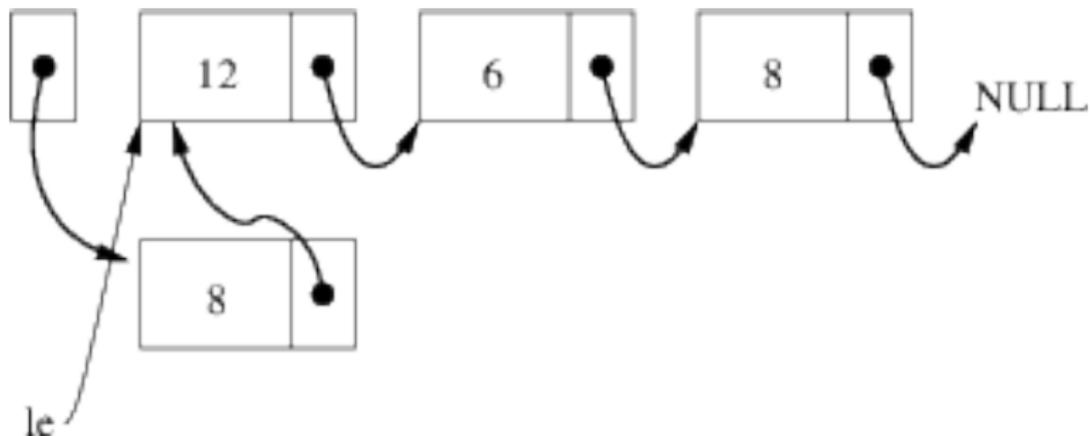
1. aktuelles Listenelement le ist start Pointer.





Traversieren einer Liste

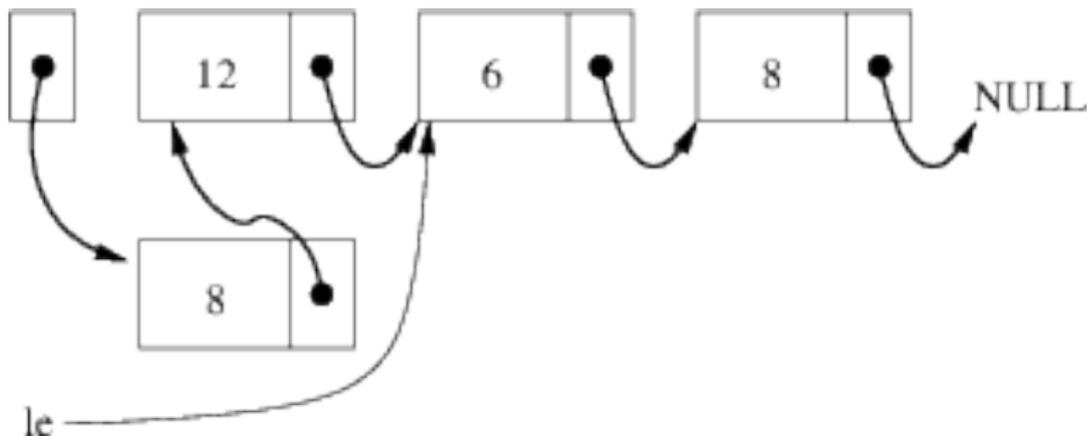
2. Nimm naechstes-Pointer des aktuellen Elements als aktuelles Element.
3. Gib Wert aus und wiederhole ab Schritt 2 bis ...





Traversieren einer Liste

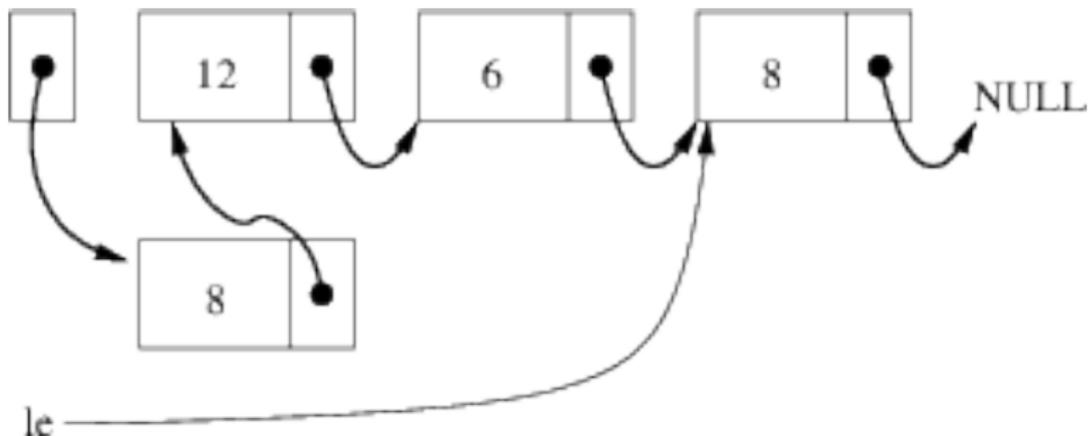
2. Nimm naechstes-Pointer des aktuellen Elements als aktuelles Element.
3. Gib Wert aus und wiederhole ab Schritt 2 bis ...





Traversieren einer Liste

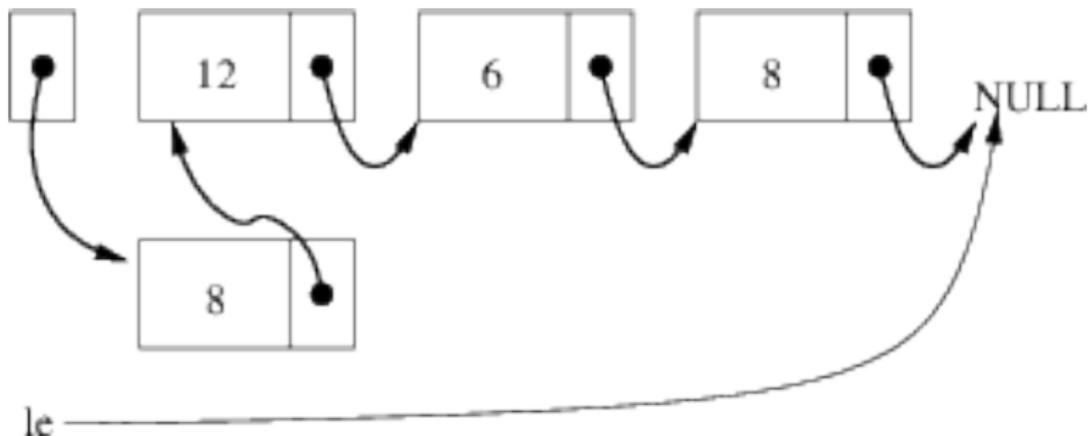
2. Nimm naechstes-Pointer des aktuellen Elements als aktuelles Element.
3. Gib Wert aus und wiederhole ab Schritt 2 bis ...





Traversieren einer Liste

4. Wiederhole bis der naechstes-Zeiger auf NULL zeigt.





Implementierung Teil 4

```
1 void liste_ausgeben( struct Liste *liste )
2 {
3     struct ListenElement *le;
4     if( liste == NULL )
5     {
6         return;
7     }
8     le = (*liste).start;
9     while( le != NULL )
10    {
11        printf( "%d ", (*le).datum );
12        le = (*le).naechstes;
13    }
14 }
```



Hauptprogramm

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 #include "liste.h"
4
5 int main( int argc, char *argv[] )
6 {
7     int i;
8     struct Liste *liste = liste_erzeugen();
9     for( i = 3; i < 12; i++ )
10    {
11        liste_vorstellen( liste, i );
12    }
13    liste_ausgeben( liste );
14    return EXIT_SUCCESS;
15 }
```



- Zur Erinnerung an erstes C-Übungsseminar:
- Kombiniert (für kleine Programme):

```
$ gcc -o listemain liste.c listemain.c
```
- Modularisiert:

```
$ gcc -c liste.c  
$ gcc -c listemain.c  
$ gcc -o listemain liste.o listemain.o
```



Kommandozeilenargumente, Rückgabewert

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 int main( int argc, char *argv[] )
4 {
5     if( argc == 1 )
6     {
7         printf( "keine Parameter gegeben!\n" );
8         return EXIT_FAILURE;
9     }
10    else
11    {
12        int i;
13        for( i = 1; i < argc; i++ )
14        {
15            printf( "%s\n", argv[i] );
16        }
17        return EXIT_SUCCESS;
18    }
19 }
```