Einführung in die Programmierung für Physiker

Die Programmiersprache C – Strukturen ("struct ...")

Marc Wagner

Institut für theoretische Physik
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

WS 2013/14

Strukturen

- Eine **Struktur** (**structure**) ist eine Gruppierung mehrerer Variablen zu einem neuen Datentyp; die Variablen können unterschiedlichen Datentyps sein.
- Strukturen dienen der Organisation konzeptionell zusammengehöriger Variablen; sie vereinfachen die Programmierung und erhöhen die Lesbarkeit von Programmcode.
- Syntax (Definition einer Struktur):
  - `struct tag { type1 name1; type2 name2; ... };`
  - *tag* bezeichnet den Namen der Struktur (**Etikett**, **structure tag**).
  - *type1 name1* bezeichnet Datentyp und Namen der ersten Variable der Struktur (**Komponente**, **member**).
  - *type2 name2* bezeichnet Datentyp und Namen der zweiten Variable der Struktur (**Komponente**, **member**).
  - ...
- Nach einer solchen Strukturdefinition bildet `struct tag` einen eigenen Datentyp, kann syntaktisch also analog zu `int`, `double`, etc. verwendet werden; z.B. kann mit
  `struct tag name;`
  eine Variable vom Datentyp `struct tag` und mit Namen *name* definiert werden.

- Auf die Komponenten einer Struktur kann mit `.` zugegriffen werden, z.B. *name*`.`*name1*, *name*`.`*name2*, ...
- **Beispiel:** Struktur für 2-komponentige Vektoren und einige zugehörige Funktionen ...

```
1. #include<stdio.h>
2.
3. // ********************
4.
5. // Definition einer Struktur fuer 2-komponentige Vektoren.
6. struct vec2d
7. {
8.   double x;
9.   double y;
10. };
11.
12. // ********************
13.
14. // Initialisieren eines 2-komponentigen Vektors.
15. struct vec2d vec2d_init(double x, double y)
16. {
17.   struct vec2d v;
18.   v.x = x;
19.   v.y = y;
20.   return v;
21. }
22.
```

```c
// ********************

// Ausgabe eines 2-komponentigen Vektors.
void vec2d_print(struct vec2d v)
{
  printf("( %+.2lf , %+.2lf )\n", v.x, v.y);
}

// ********************

// Addition zweier 2-komponentiger Vektoren.
struct vec2d vec2d_add(struct vec2d v1, struct vec2d v2)
{
  struct vec2d v;
  v.x = v1.x + v2.x;
  v.y = v1.y + v2.y;
  return v;
}

// ********************

// ... (Weitere Funktionen fuer 2-komponentige Vektoren.)

// ********************

int main(void)
{
```

```
50.   struct vec2d v1, v2;
51.
52.   v1 = vec2d_init(1.0, 2.0);
53.   v2 = vec2d_init(3.0, 4.0);
54.
55.   printf("v1 = ");
56.   vec2d_print(v1);
57.   printf("v2 = ");
58.   vec2d_print(v2);
59.
60.   struct vec2d v3 = vec2d_add(v1, v2);
61.   printf("v3 = v1 + v2 = ");
62.   vec2d_print(v3);
63. }
```

```
v1 = ( +1.00 , +2.00 )
v2 = ( +3.00 , +4.00 )
v3 = v1 + v2 = ( +4.00 , +6.00 )
```

- Strukturen können nicht mit Vergleichsoperatoren verglichen werden.

```
43. ...
44. int main(void)
45. {
46.   struct vec2d v1, v2;
47.
48.   v1 = vec2d_init(1.0, 2.0);
49.   v2 = vec2d_init(3.0, 4.0);
50.
```

```
51.   if(v1 == v2)  // Liefert einen Fehler beim Kompilieren.
52.     printf("v1 ist gleich v2.\n");
53.   else
54.     printf("v1 ist ungleich v2.\n");
55. }
```

```
mwagner@laptop-tigger:~/lecture_ProgPhys/slides/tmp$ g++ -o prog prog.c
prog.c: In Funktion "int main()":
prog.c:60:12: Fehler: keine Übereinstimmung für "operator==" in "v1 == v2"
mwagner@laptop-tigger:~/lecture_ProgPhys/slides/tmp$ gcc -o prog prog.c
prog.c: In Funktion "main":
prog.c:60:9: Fehler: Ungültige Operanden für binäres == (haben "struct vec2d" und "struct vec2d")
```

- Ausweg: Benutze eine selbstgeschriebene "Vergleichsfunktion" an Stelle des Vergleichsoperators **==**.

```
43. ...
44. // Vergleich (==) zweier 2-komponentiger Vektoren.
45. int vec2d_is_eq(struct vec2d v1, struct vec2d v2)
46. {
47.   return (v1.x == v2.x) && (v1.y == v2.y);
48. }
49.
50. // ********************
51.
52. int main(void)
53. {
54.   struct vec2d v1, v2;
55.
56.   v1 = vec2d_init(1.0, 2.0);
```

```
57.   v2 = vec2d_init(3.0, 4.0);
58.
59.   if(vec2d_is_eq(v1, v2))
60.     printf("v1 ist gleich v2.\n");
61.   else
62.     printf("v1 ist ungleich v2.\n");
63. }
```

```
v1 ist ungleich v2.
```

- Werden Zeiger auf Strukturen verwendet, kann auch mit **->** auf die Komponenten zugegriffen werden.

```
51. ...
52. // Vertauschen zweier 2-komponentiger Vektoren.
53. void vec2d_swap(struct vec2d *pv1, struct vec2d *pv2)
54. {
55.   double tmp;
56.
57.   tmp = pv1->x;  // Aequivalent zu "tmp = (*pv1).x;", nicht aber zu "tmp = *pv1.x;".
58.   pv1->x = pv2->x;
59.   pv2->x = tmp;
60.
61.   tmp = pv1->y;
62.   pv1->y = pv2->y;
63.   pv2->y = tmp;
64. }
65.
```

```c
// ********************

int main(void)
{
  struct vec2d v1, v2;

  v1 = vec2d_init(1.0, 2.0);
  v2 = vec2d_init(3.0, 4.0);

  vec2d_swap(&v1, &v2);

  printf("v1 = ");
  vec2d_print(v1);
  printf("v2 = ");
  vec2d_print(v2);
}
```

```
v1 = ( +3.00 , +4.00 )
v2 = ( +1.00 , +2.00 )
```

- Mit **`typedef`** *`type name`*`;` kann dem Datentyp *type* der neue Datentypname *name* zugewiesen werden; besonders bei Strukturen bietet sich die Definition eines kürzeren äquivalenten Dateitypnamens an.

```c
#include<stdio.h>

// ********************

```

```c
// Definition einer Struktur fuer einen 2-komponentigen Vektor.
struct vec2d
{
  double x;
  double y;
};

typedef struct vec2d VEC2D;  // VEC2D ist nun aequivalent zu struct vec2d.

// ********************

// Initialisieren eines 2-komponentigen Vektors.
VEC2D vec2d_init(double x, double y)
{
  VEC2D v;
  v.x = x;
  v.y = y;
  return v;
}

// ********************

// Ausgabe eines 2-komponentigen Vektors.
void vec2d_print(VEC2D v)
{
  printf("( %+.2lf , %+.2lf )\n", v.x, v.y);
}
```

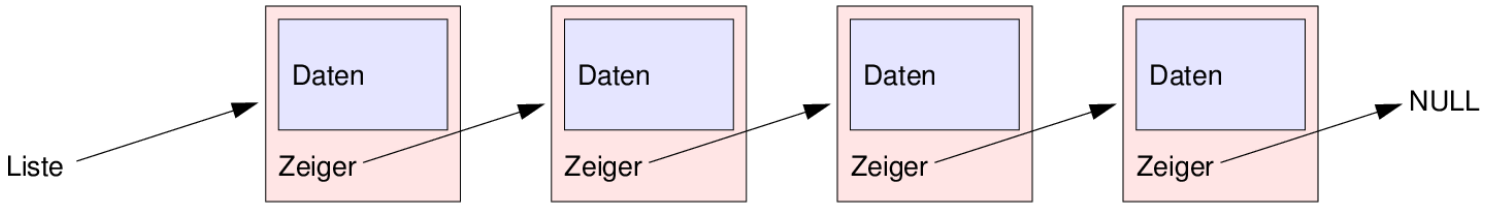
```
32.
33. // ********************
34.
35. // Addition zweier 2-komponentiger Vektoren.
36. VEC2D vec2d_add(VEC2D v1, VEC2D v2)
37. {
38.   VEC2D v;
39.   v.x = v1.x + v2.x;
40.   v.y = v1.y + v2.y;
41.   return v;
42. }
43.
44. // ********************
45.
46. // Vergleich (==) zweier 2-komponentiger Vektoren.
47. int vec2d_is_eq(VEC2D v1, VEC2D v2)
48. {
49.   return (v1.x == v2.x) && (v1.y == v2.y);
50. }
51.
52. // ********************
53.
54. // Vertauschen zweier 2-komponentiger Vektoren.
55. void vec2d_swap(VEC2D *pv1, VEC2D *pv2)
56. {
57.   double tmp;
58.
```

```
59.   tmp = pv1->x;  // Aequivalent zu "tmp = (*pv1).x;", nicht aber zu "tmp = *pv1.x;".
60.   pv1->x = pv2->x;
61.   pv2->x = tmp;
62.
63.   tmp = pv1->y;
64.   pv1->y = pv2->y;
65.   pv2->y = tmp;
66. }
67.
68. // ********************
69.
70. int main(void)
71. {
72.   VEC2D v1, v2;
73.
74.   v1 = vec2d_init(1.0, 2.0);
75.   v2 = vec2d_init(3.0, 4.0);
76.
77.   vec2d_swap(&v1, &v2);
78.
79.   printf("v1 = ");
80.   vec2d_print(v1);
81.   printf("v2 = ");
82.   vec2d_print(v2);
83. }
```

Anwendung: Einfach verkettete Listen

- Zur Verwaltung einer zunächst unbekannten Menge von Daten (z.B. Namen, Messergebnisse, etc.) ist ein statisches Array ungeeignet.
- Auch ein dynamisch angelegtes Array ist nicht ideal, wenn z.B. häufig Daten hinzugefügt werden; dann müsste jedes Mal ein entsprechend vergrößerter Speicherbereich angelegt werden und die existierenden Daten müssten in diesen neuen Speicherbereich kopiert werden (**sehr ineffizient**).
- Häufig werden für solche Probleme Listen eingesetzt.
- **Einfach verkettet Liste**:
  - Jedes Listenelement entspricht einer Struktur, die die Daten eines Elements (z.B. bei einem Messergebnis den Messwert, das Datum, eine Bemerkung, etc.) enthält, sowie einen Zeiger auf das nächste Listenelement.
  - Der Zeiger des letzten Listenelements besitzt den Wert `NULL`.
  - Die Liste entspricht einem Zeiger auf deren erstes Element; über den Zeiger des ersten Elements kann dann auf das Zweite zugegriffen werden, über den Zeiger des zweiten Elements kann dann auf das Dritte zugegriffen werden, etc.
  - Eine leere Liste ist ein Zeiger auf ein Listenelement, der den Wert `NULL` besitzt.

- Das Einfügen eines neuen bzw. Löschen eines existierenden Listenelements ist sehr effizient; lediglich Speicherplatz für ein Element muss dynamisch angefordert bzw. freigegeben werden.




```c
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<string.h>

// ********************

// Definition einer Struktur fuer ein Listenelement (enthaelt einen Namen).
struct l_elem
{
  char name[100];
  struct l_elem *next;  // Zeiger auf das naechste Listenelement.
};

typedef struct l_elem L_ELEM;

// ********************
```

```
17.
18. // Haengt ein neues Listenelement am Ende der Liste *p_list an; initialisiert
19. // das neue Listenelement mit name.
20. void l_append(L_ELEM **p_list, const char name[])
21. {
22.   // Dynamisches Anlegen des neuen Listenelements.
23.
24.   L_ELEM *p_new_elem;
25.
26.   if((p_new_elem = (L_ELEM *)malloc(sizeof(L_ELEM))) == NULL)
27.     {
28.       printf("Fehler in void l_append(...\n");
29.       exit(0);
30.     }
31.
32.   strcpy(p_new_elem->name, name);
33.   p_new_elem->next = NULL;
34.
35.   // *****
36.
37.   // Anhaengen des neuen Listenelements an die bestehende Liste.
38.
39.   if(*p_list == NULL)
40.     // Die bestehende Liste ist leer
41.     // --> setze die Liste gleich dem neuen Element.
42.     {
43.       *p_list = p_new_elem;
```

```
44.       return;
45.     }
46.
47.   // Die bestehende Liste ist nicht leer
48.   // --> suche das Ende der Liste und haenge das neue Element an.
49.
50.   L_ELEM *p_tmp = *p_list;
51.
52.   while(p_tmp->next != NULL)
53.     p_tmp = p_tmp->next;
54.
55.   p_tmp->next = p_new_elem;
56. }
57.
58. // ********************
59.
60. // Ausgabe der Liste p_list.
61. void l_print(L_ELEM *p_list)
62. {
63.   if(p_list == NULL)
64.     return;
65.
66.   printf("%s\n", p_list->name);
67.   l_print(p_list->next);
68. }
69.
70. // ********************
```

```
71.
72. // Loescht das index-te Element aus der Liste.
73. void l_delete(L_ELEM **p_list, int index)
74. {
75.   int i1;
76.
77.   if(index == 0)
78.     // Loeschen des 0-ten Listenelements (index == 0).
79.     {
80.       if(*p_list == NULL)
81.         {
82.           printf("Fehler in void l_delete(...\n");
83.           exit(0);
84.         }
85.
86.       L_ELEM *p_del = *p_list;  // Das zu loeschende Element.
87.       *p_list = (*p_list)->next;  // Die Liste wird zu einem Zeiger auf das 1-te Listenelement.
88.       free(p_del);  // Freigeben des Speichers.
89.     }
90.   else
91.     // Loeschen eines Listenelements, das nicht am Anfang der Liste steht (index >= 1).
92.     {
93.       L_ELEM *p_tmp = *p_list;
94.
95.       for(i1 = 0; i1 < index-1; i1++)
96.         {
97.           if(p_tmp == NULL)
```

```
 98.             {
 99.               printf("Fehler in void l_delete(...\n");
100.               exit(0);
101.             }
102.
103.           p_tmp = p_tmp->next;
104.         }
105.
106.       // p_tmp zeigt jetzt auf das Listenelement vor dem zu loeschenden Element.
107.
108.       if(p_tmp->next == NULL)
109.         {
110.           printf("Fehler in void l_delete(...\n");
111.           exit(0);
112.         }
113.
114.       L_ELEM *p_del = p_tmp->next;  // Das zu loeschende Element.
115.       p_tmp->next = p_tmp->next->next;  // Das zu loeschende Element wird "uebersprungen".
116.       free(p_del);  // Freigeben des Speichers.
117.     }
118. }
119.
120. // ********************
121.
122. int main(void)
123. {
124.   L_ELEM *list = NULL;  // Legt eine leere Liste an.
```

```
125.
126.   l_append(&list, "Donald");
127.   l_append(&list, "Dagobert");
128.   l_append(&list, "Tick");
129.   l_append(&list, "Trick");
130.   l_append(&list, "Track");
131.   l_print(list);
132.   printf("**********\n");
133.
134.   l_delete(&list, 3);
135.   l_print(list);
136.   printf("**********\n");
137.
138.   l_delete(&list, 0);
139.   l_print(list);
140.   printf("**********\n");
141.
142.   l_delete(&list, 2);
143.   l_print(list);
144.   printf("**********\n");
145.
146.   l_append(&list, "Pluto");
147.   l_append(&list, "Goofy");
148.   l_print(list);
149.   printf("**********\n");
150.
151.   l_delete(&list, 4);
```

```
152. }
```

```
Donald
Dagobert
Tick
Trick
Track
**********
Donald
Dagobert
Tick
Track
**********
Dagobert
Tick
Track
**********
Dagobert
Tick
**********
Dagobert
Tick
Pluto
Goofy
**********
Fehler in void l_delete(...
```

- **Hausaufgabe:** Schreibe weitere Funktionen für einfach verkettete Listen, z.B.
  - Einfügen eines neuen Elements an einer bestimmten Position,
  - Kopieren einer Liste,
  - Umdrehen einer Liste,
  - ...