Programmierwerkstatt

Arrays, Pointer und Referenzen

Zum Inhalt

- Wir wollen Euch:
  - das Wesentliche vermitteln
  - Fehlerquellen verdeutlichen
  - Verständnis ist uns wichtig
  - „programming by coincidence“ vermeiden
- Themen dieses Vortrags sind:
  - Wozu braucht man Pointer?
  - Wie verwendet man das Schlüsselwort `const` richtig?
  - Wie arbeitet man korrekt mit Arrays?
  - Für was sind Referenzen gut?

Was ist ein Pointer?

- Variable mit Speicheradresse als Inhalt
- NULL-Pointer
- Variable => Pointer mit Adressoperator „&“

```
int  a   = 5;
int *p_a = &a;
```


Pointerarithmetik (1)

```
char c = 'D';
int i = 20;
int* pi = &i;
int j = *pi;

cout << pi << endl;
cout << j;
/*ergibt Ausgabe:
  14502
  20
*/
```

Adresse	Inhalt	Wert
0000000	01011010	?
0000001	11100001	?
0000002	00001110	?
0000003	11000100	?
⋮	⋮	
0014501	01000100	D
0014502	00000000	
0014503	00000000	
0014504	00000000	20
0014505	00010100	
0014506	00000000	
0014507	00000000	
0014508	00111000	14502
0014509	10100110	
0014510	00000000	
0014511	00000000	
0014512	00010100	20
0014513	11100001	
0014514	10111011	?

Warum sind Pointer so toll?

- einfacher und effizienter Zugriff auf Daten
- Pointerarithmetik ermöglicht Verwendung von Arrays
- dynamische Speicherverwaltung (Speicher zur Laufzeit reservieren und freigeben)

Wozu kann man Pointer benutzen?

- Pointer sind typisiert (wegen Pointerarithmetik) - Adresse allein reicht nicht aus

```
<Typ> *a;
a++; //Adressänderung per Postinkrement
--a; //Adressänderung per Predekrement
```

- dereferenzieren mit * entspricht: Inhalt/Wert der Speicherzelle auslesen

```
int a[] = {1,2,3,4,5,6,7,8,9};
int *b = a+5;
*b == 6 //liefert true
```


Pointerarithmetik (2)

```
char* wort  = „Bla“;
char* wort2 = wort + 2;

cout << wort  << endl;
cout << wort2 << endl;
cout << *wort;
/*ergibt Ausgabe:
  Bla
  a
  B
*/
```

Adresse	Inhalt	Wert
0001200	01000010	B
0001201	01101100	l
0001202	01100001	a
0001203	00000000	\0
⋮	⋮	
0014501	00000000	
0014502	00000000	1200
0014503	00000100	
0014504	10110000	
0014505	00000000	
0014506	00000000	1202
0014507	00000100	
0014508	10110000	
0014509	00001100	?
0014510	10000000	?
0014511	10101010	?
0014512	11111110	?
0014513	00000001	?

Pointerarithmetik (3)

```
short zahlen[2] = {0, 1};
short* pZahl = zahlen + 1;

cout << *pZahl << endl;
cout << pZahl;
/*ergibt Ausgabe:
  1
  14503
*/
```

Adresse	Inhalt	Wert
0000000	00010100	?
0000001	01000101	?
0000002	10011000	?
0000003	00100101	?
⋮	⋮	
0014501	00000000	
0014502	00000000	0
0014503	00000100	
0014504	10110000	1
0014505	00000000	
0014506	00000000	
0014507	00000100	14503
0014508	10110000	
0014509	10001001	?
0014510	00111000	?
0014511	11100000	?
0014512	10011111	?
0014513	10001111	?

Speicher für Pointer reservieren

- falsch:

```
char *zeichen;
*zeichen = 'A';
```

- Ganz böse! irgendein Speicherbereich wird überschrieben.

- richtig:

```
char *zeichen = NULL;
zeichen = new char;
*zeichen = 'A';
//sauber beenden:
delete zeichen;
```


Das Schlüsselwort const (1)

- `const` macht eine Variable beliebigen Typs konstant,
  d.h. der Wert kann nicht mehr verändert werden

- beide Zeilen sind äquivalent:

```
const <Typ> = wert;
<Typ> const = wert;
```

- bessere Schreibweise:

```
<Typ> const = wert; //(Erklärung später)
```


Das Schlüsselwort const (2)

- konstanter Inhalt:

```
<Typ> const * VarName;
```

- Erlaubte Operationen:
  - neuen Speicher zuweisen

```
char const* a = "Hallo";
a = new char[5];
a = "Test";
```


Das Schlüsselwort const (3)

- konstanter Pointer:

```
<Typ> * const VarName;
```

- Erlaubte Operationen:
  - Inhalt verändern

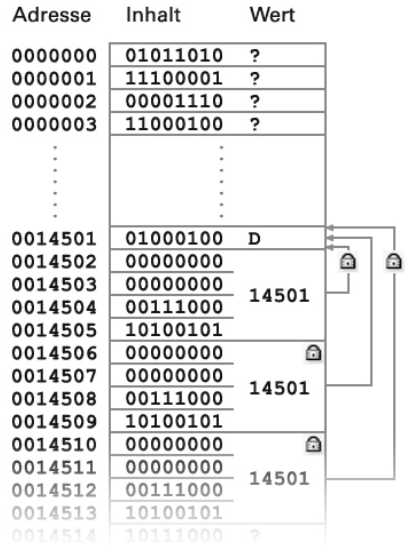
```
char * const a = "Wurst";
a[0] = 'D';
```

Das Schlüsselwort const (4)

- konstanter Pointer und konstanter Inhalt
  `<Typ> const * const VarName;`
- Es kann weder Inhalt noch Pointer verändert werden
- Eselsbrücke:
  Das was vor „const“ steht ist konstant.
- DEMOPROGRAMM (pointer.cpp)

const Pointer

```
char c = 'D';
char const * pcC = &c;
char * const cpC = &c;
char const * const cpcC = &c;
```



Arrays und Pointer

- Arrays haben feste Startadressen
- Der Laufindex geht immer von 0 bis N-1

```
<Typ> Varname[N];
for (i=0; i<N; i++) {   //nicht „<=“
  cout << Varname[i];
  // Alternative
  cout << *(Varname+i);
}
```

- Für zweidimensionale Arrays gilt folgende Gleichheit:

```
c[2][3] == *((*c+2)+3);  //liefert true
```


Das geht mit Arrays nicht (so einfach)

```
int a[2][3] = {{0,1,2},{3,4,5}};
int b[2][3];
a++;   // 1)
b = a; // 2)
```

- 1) + 2) funktionieren nicht, da Arrays *feste* Startadressen haben
- Zuweisung 2) geht
  - mit dem Befehl: `memcpy(b,a,sizeof(a));`
  - oder wirklich mit einem Pointer auf ein Array:

```
int (*b)[3] = a; // Klammern sind wichtig
int *b[3]; //erstellt: {int*, int*, int*}
```

Speicher für dynamische Arrays

- Der Speicherplatz kann mit dem Befehl `new[size]` bereitgestellt werden
  - geht nur wenn noch genügend freier Speicher da ist
- nicht mehr benötigter Speicher muss mit `delete[]` wieder freigegeben werden
  - Der Speicher könnte sonst evtl. volllaufen
- Beispiel:

```
int *a = new int[20];
// Auf Array arbeiten...
a[4] = 5;
delete [] a;
```


Arrays - häufige Fehler

- falsch:

```
char a[6];   //5 Zeichen + 1 Nullbyte
a = "Hallo"; //geht nicht !!!
```

- richtig:
  - per Funktion: `strcpy(a, "Hallo");`
  - Oder direkt mit Pointer arbeiten:

```
char *c = "Hallo";
c = "Test";        //=> das geht!!!
```


Binärbaum

- Linksseitige, n-äre Bäume sind als Array darstellbar (siehe Vorlesung)
- Array hat Größe max. Knotenanzahl (N = 2d – 1)
- erstes Element speichert Größe des Arrays
  - wird sowieso nicht genutzt
  - spart die separate Übergabe dieses Wertes
- Baumstruktur kann über einen Breitendurchlauf (breadth-first) in ein Array linearisiert werden
- DEMOPROGRAMM (main.cpp + Tree.h)

Referenzen

- Alle Bezeichnernamen sind implizit Referenzen
- explizite Referenzen dienen als alternative Namen für bereits bestehende Variablen

```
<Typ> var = value;
<Typ> &ref = var;
```

- var und ref zeigen nun auf den selben Wert im Speicher
- Wertänderung bei einer der Variablen wirkt sich auf alle anderen gleichermaßen aus

```
ref = newValue; //var ist nun auch newValue
```

Referenzen – häufige Fehler

- eine Variable, die referenziert werden soll muss schon deklariert und initialisiert sein!

```
int b;
int &a = b;
```

- nicht zu verwechseln mit dem Adressoperator „&“
- Zweck: Einfachheit und Zugriffssicherheit (erst später in C++ eingeführt)

Call by Value

- Gängigste Parameterübergabe an Funktionen

```
<Typ> funkName(<Typ> var) {…}
```

- übergebene Ausdrücke werden zuerst ausgewertet
  - Beispiele: `(i + 1)`, `(2 != 5)`
- Zuweisung an die im Funktionenkopf deklarierten (neuzuerstellenden!) Variablen
  - entsprechende Speicherbereiche werden kopiert
  - häufige Aufrufe bremsen Geschwindigkeit
- Berechnungen auf den Variablen gehen verloren
- es sind keine Seiteneffekte möglich

Call by Reference

- Verwendung von Referenzen eigentlich nur bei Funktionsaufrufen sinnvoll (oft in APIs verwendet)

```
<Typ> funkName(<Typ>& var) {…}
```

- übergebene Variablen werden direkt manipuliert
- es können keine Ausdrücke übergeben werden
- Seiteneffekte sind mittels `const` vermeidbar
- Zweck: Effizienz
  - große Datentypen (z.B. Klassen) müssen nicht kopiert werden
- DEMOPROGRAMM (main.cpp)

Fragerunde

FRAGEN?

Zum Schluss...

- Es ist noch kein Meister vom Himmel gefallen!
- Am Anfang ist es immer schwer in eine Programmiersprache einzusteigen
- Stellt daher bitte Fragen wenn euch etwas unklar ist
  → Wir werden schließlich dafür bezahlt!
- Erreichbar sind wir
  - persönlich in den Pools oder
  - über die Mailingliste
    progwerkstatt@informatik.uni-ulm.de
- Gebt bitte auch denen Bescheid die nicht da sind

...Danke für die Aufmerksamkeit!

- Wir wünschen allen frohe Weihnachten und einen guten Rutsch ins neue Jahr!