

## Programmieren C:

### Array-Parameter: Alle Permutationen eines Arrays erzeugen (einfache Version ohne Pointer-Schleifen usw.)

#### *Klaus Kusche*

Wir wollen uns heute einem uralten Problem der Kombinatorik widmen:

Dem Erzeugen aller möglichen Permutationen (Vertauschungen, Anordnungen) einer Menge von Objekten. In unserem Fall sind die Objekte einfach die ganzen Zahlen von 1 bis n. Für n=3 wären alle Permutationen beispielsweise 1 2 3, 1 3 2, 2 1 3, 2 3 1, 3 1 2 und 3 2 1.

Wir wollen dazu eine Funktion **perm** schreiben, die in einem übergebenen und schon befüllten Array bei jedem Aufruf die nächste Permutation der im Array enthaltenen Werte erzeugt, und zwar in sortierter Reihenfolge.

Die Funktion soll ein Wahr/Falsch-Ergebnis zurückliefern:

“Wahr”, wenn sie die nächste Permutation erfolgreich erzeugt hat, und “Falsch”, wenn das Array beim Aufruf schon die letzte Permutation (verkehrt sortierte Zahlen) enthält.

Das folgende Verfahren dazu war schon im 14. Jahrhundert bekannt:

- Suche von hinten die erste Zahl, die kleiner als die Zahl dahinter ist.  
Wenn du keine findest, dann enthält das Array schon die letzte Permutation, und du kannst sofort erfolglos zurückkehren.  
Merk dir die Position (Index) dieser Zahl als “links”.
- Suche von hinten die erste Zahl, die größer als die Zahl an der Stelle “links” ist.  
Eine solche Zahl findest du immer.  
Merk dir die Position dieser Zahl als “rechts”.
- Vertausche die Zahlen an den Positionen “links” und “rechts”.
- Drehe die Reihenfolge aller Zahlen zwischen der Position “links + 1” und dem Ende des Arrays um.
- Kehre erfolgreich zurück: Das Array enthält die nächste Permutation.

Da wir Funktionen üben wollen, teilen wir das Programm gemäß der Programm-Idee in möglichst viele kleine Funktionen auf:

- Eine Funktion **swap**: Sie bekommt das Array und zwei Positionen übergeben und vertauscht die Array-Elemente an den beiden angegebenen Positionen. Die Funktion hat keinen Returnwert.
- Eine Funktion **reverse**: Sie bekommt das Array und zwei Positionen übergeben und bringt die Array-Elemente zwischen diesen beiden Positionen (jeweils einschließlich!) in umgekehrte Reihenfolge. Auch **reverse** hat keinen Returnwert.

Gehe dazu wie folgt vor:

Solange die linke Position kleiner als die rechte Position ist, vertausche die Elemente an diesen beiden Positionen mittels **swap** und gehe dann mit der linken Position eins nach rechts und mit der rechten Position eins nach links.

- Eine Funktion **find\_smaller**, die mit einem Array und der Anzahl der Elemente im Array aufgerufen wird und das Array von hinten nach vorne durchläuft, bis sie eine Zahl findet, die kleiner als die Zahl dahinter (an der nächsten Position) ist.  
**Achtung:** Bei welcher Position beginnt deine Schleife, wenn du mit der Zahl dahinter vergleichen musst?  
Ist die Suche erfolgreich, wird die Position der gefundenen Zahl zurückgeliefert, gibt es keine solche Zahl, soll das Ergebnis **-1** sein.
- Eine Funktion **find\_larger**, die mit einem Array, der Anzahl der Elemente im Array und einem Zahlenwert aufgerufen wird und das Array von hinten nach vorne durchläuft, bis sie eine Zahl findet, die größer als die angegebene Zahl ist. Die Funktion liefert die Position der gefundenen Zahl als Ergebnis zurück.  
Obwohl die Funktion bei unserem Permutationsprogramm immer so aufgerufen wird, dass eine solche Zahl gefunden wird, sind wir vorsichtig und geben **-1** zurück, wenn wir bis zum Array-Anfang keine größere Zahl gefunden haben.
- Unsere oben beschriebene Funktion perm (Array und Anzahl der Elemente als Parameter, Erfolg/Misserfolg als Returnwert) lässt sich unter Verwendung der vier soeben beschriebenen Funktionen ganz einfach programmieren:
  - **find\_smaller** liefert uns die Position "links" (bei **-1** sind wir erfolglos fertig)
  - **find\_larger** (mit dem Array-Wert an der Stelle "links" als Suchwert) liefert uns die Position "rechts"
  - **swap** vertauscht die beiden Elemente "links" und "rechts"
  - **reverse** dreht die Elemente von "links + 1" bis incl. letztem Element um
- Für das Hauptprogramm schreiben wir noch eine Funktion **fill** (ohne Returnwert), die ein übergebenes Array von vorne mit den Zahlen von 1 bis n in aufsteigender Reihenfolge füllt (n wird der Funktion ebenfalls übergeben).  
**Achtung:** Die Zahlen gehen von 1 bis n, die Positionen von 0 bis n-1 !
- Weiters schreiben wir noch eine Funktion **print** (auch ohne Returnwert), die mit einem Array und der Anzahl der Elemente aufgerufen wird und die Elemente des Arrays in einer Zeile ausgibt.

Schreib dazu ein **Hauptprogramm**, das mit einer Zahl n auf der Befehlszeile aufgerufen wird (bei fehlender Zahl,  $n < 1$  oder  $n > 30$  soll eine Fehlermeldung kommen!) und alle Permutationen der Zahlen von 1 bis n ausgibt.

Mache dazu Folgendes:

- Lege ein Array der Größe n an und fülle es mittels **fill** mit den Zahlen von 1 bis n in aufsteigender Reihenfolge.
- Gib es mit **print** aus.
- Ruf in einer Schleife immer wieder **perm** mit dem Array auf:
  - Wenn **perm** "Falsch" geliefert hat: Beende die Schleife und das Programm.
  - Sonst:  
Gib das Array mit **print** aus und mach den nächsten Schleifendurchlauf.

**Achtung:**

Für Studenten gibt es eine alternative Angabe, in der die Array-Indices bei den Parametern, Returnwerten und Schleifen durch Pointer ersetzt sind!