Programmieren in C
für Elektrotechniker

Kapitel 8: Dynamischer Speicher

Dynamische Speicherzuweisung

- **Statische Variablen** *(→ nicht mit* `static` *in C verwechseln)*
  - Variablen, die in einem Programm vereinbart werden.
  - Sind über einen Bezeichner ansprechbar.
  - Lebensdauer ist durch die statische Programmstruktur bestimmt
    - global: während des gesamten Programmlaufs *(→ globaler Datenbereich),*
    - lokal: während der Ausführung eines Blocks *(→ Stack).*
- **Dynamische Variablen**
  - Während des Programmlaufs allokiert/angelegt.
  - Sind nicht über einen Namen ansprechbar (nur über einen Pointer).
  - Lebensdauer ist nicht durch die Programmstruktur bestimmt.
  - Liegen auf dem Heap.
- **Heap: Dynamischer Speicherbereich**
  - Variablen werden durch Funktionsaufrufe angelegt und gelöscht (in C: `malloc()`, `free()`).
  - Zugriff nur über Pointer möglich.
  - Probleme: - Überlauf, falls zu viel Speicher angefordert.
    - Zerstückelung bei wechselndem Anlegen und Löschen.

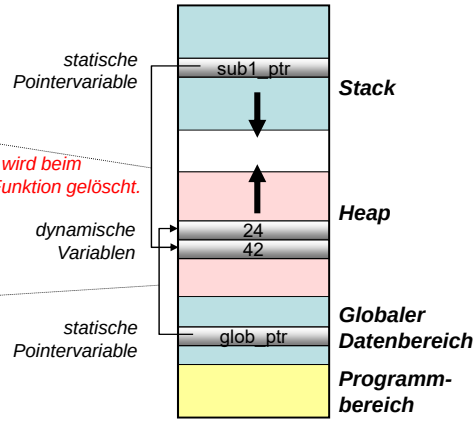
Dynamische Speicherzuweisung

```
int * sub1 (void) {
    int * sub1_ptr;
    sub1_ptr = malloc (…);
    *sub1_ptr = 42;
    return sub1_ptr;
}

int * glob_ptr;

int main (void) {
    sub1();
    glob_ptr = malloc (…);
    *glob_ptr = 24;
    free(glob_ptr);
}
```

Nur der Pointer wird beim Verlassen der Funktion gelöscht.



- **Reservierung von dynamischem Speicher**

```
#include <stdlib.h>
void * malloc (size_t size);
```

- malloc → memory allocation
- Reserviert einen Speicherblock der Größe **`size`** auf dem Heap
  *(bis er über **`free()`** wieder frei gegeben wird).*
- Rückgabe:
  - Pointer auf den angelegten Speicherblock
    (wird bei Zuweisung in einen Pointer auf einen Datentyp gewandelt)
  - **`NULL`**, falls Allokation nicht erfolgreich.
- Beispiel:

```
int main (void) {
    int * pointer;
    if ((pointer = malloc (sizeof (int))) != NULL) {
        *pointer = 3;
        printf ("pointer zeigt auf Wert %d\n", *pointer);
        free (pointer);  /* s.u. */
    }
    else
        printf ("Nicht genuegend Speicher verfuegbar\n");
}
```

Änderung der Größe eines dynamischen Speicherblocks

```
#include <stdlib.h>
void * realloc (void * memblock, size_t size);
```

- **memblock**: Pointer auf bisher reservierten Speicherblock.
- **size**: neue Speicherblockgröße.
- Rückgabe:
  - Pointer auf den Block geänderter Größe.
  - **NULL**, falls Größenänderung nicht erfolgreich.
- Beispiel:

```
int main (void) {
    int * pointer;
    if ((pointer = malloc (sizeof (int))) != NULL) {
        *pointer = 3;
    }
    else {
        printf ("Nicht genuegend Speicher verfuegbar\n");
        return (-1);
    }
    pointer = realloc ((void *)pointer, 2 * (sizeof(int)));
    if (pointer == NULL) {
        printf ("Nicht genuegend Speicher verfuegbar\n");
        return (-1);
    }
    pointer[1] = 6;
    free (pointer);
}
```


Freigabe von dynamischem Speicher

```
#include <stdlib.h>
void free (void * pointer);
```

- **pointer**: Referenz auf den freizugebenden Speicherblock.
  Der aktuelle Parameter kann von beliebigem Pointertyp sein.
  → von **malloc()** bzw. **realloc()** gelieferter Pointer
  (sonst ist die Funktion undefiniert).
- Achtung: Wird ein Pointer auf ein gültiges Objekt im Heap überschrieben
  (→ keine Referenz mehr auf dieses Objekt),
  kann auf das Objekt nicht mehr zugegriffen werden.
  → Speicher wird erst zum Programmende durch Betriebssystem frei.
  → C besitzt keinen „Garbage Collector".
- Beispiel:

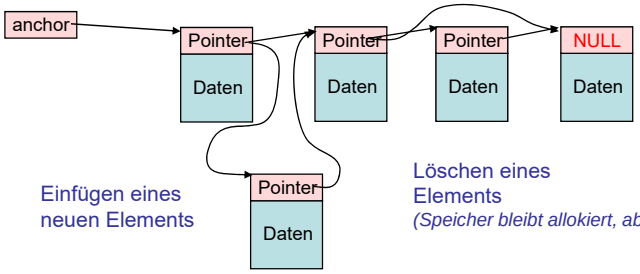
```
int main (void) {
    char * ptr;
    char string[] = "Ab in den Heap";
    if ((ptr = malloc(strlen(string)+1)) != NULL) {
        strcpy (ptr, string);
        printf ("String im Heap: %s\n", ptr);
        free (ptr);
    }
    else
        printf ("Nicht genuegend Speicher verfuegbar\n");
}
```

- **Tipp zu Speicherlecks**
  - Häufig wird vergessen, Speicher wieder freizugeben.
    → Speicherlecks (memory leaks)
  - Desktop-Betriebssysteme
    → nicht ganz so tragisch, da Speicher zu Programmende durch Betriebssystem wieder freigegeben wird.
  - Eingebettete Systeme
    → besitzen oft eingeschränktes Betriebssystem, so dass der Speicher erst beim „Kaltstart“ wieder frei wird.
  - Speicheranforderung und Freigabe immer paarweise programmieren.
    → mit jedem **`malloc()`** auch gleich **`free()`** ins Programm einsetzen
    (zumindest die Notwendigkeit notieren).

- **Beispiel 1: Array beliebiger Größe anlegen**
  - Größe eines Array zur Übersetzungszeit meist noch nicht bekannt.
    → meist werden zur Vorsicht viel zu große Arrays angelegt.
  - Sinnvoller: Array zur Laufzeit auf dem Heap anlegen, wenn dessen Größe bekannt ist.
  - Beispiel:

```
int main (void) {
   int * ptrArray = NULL;
   int anzahl = 0, i;
   printf ("Anzahl der Array-Elemente: ");
   scanf ("%d",&anzahl);
   ptrArray = malloc (sizeof (int) * anzahl);
   for (i = 0; i < anzahl; i++) {
      ptrArray[i] = i;
      printf ("Array[%d]: %d\n", i, ptrArray[index]);
   }
   free (ptrArray);
   return 0;
}
```

- **Beispiel 2: Verkettete Listen**
  - Lineare Liste beliebiger Größe.
  - Elemente liegen nicht hintereinander im Speicher *(nicht wie beim Array)*.
  - Es können jederzeit beliebig viele neue Elemente angelegt werden.



Einfügen eines neuen Elements

Löschen eines Elements
(Speicher bleibt allokiert, aber nicht mehr zugreifbar)