U4 4. Übung

U4-1 Überblick

- Aufgabe 2: qsort - Fortsetzung
- Infos zur Aufgabe 4: malloc-Implementierung

U4-2 Aufgabe 2: Sortieren mittels qsort (Fortsetzung)

1 wsort - Datenstrukturen (1. Möglichkeit)

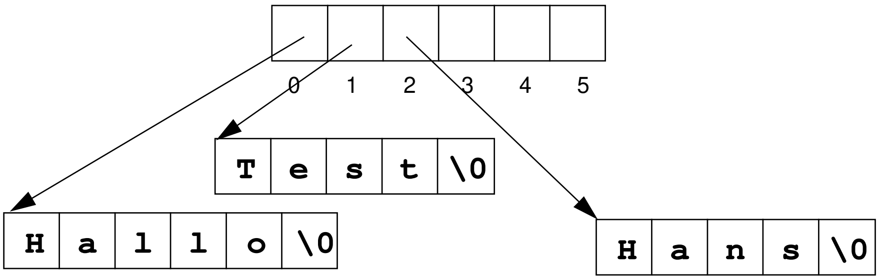
- Array von Zeichenketten

`H`	`a`	`l`	`l`	`o`	`\0`	`...`	`\0`	`T`	`e`	`s`	`t`	`\0`	`\0`	`...`	`\0`	`H`	`a`	`n`	`s`	`...`
0						...	100	101						...	201	202				

- Vorteile:
  - ◆ einfach
- Nachteile:
  - ◆ hoher Kopieraufwand
  - ◆ Maximale Länge der Worte muss bekannt sein
  - ◆ Verschwendung von Speicherplatz

2 wsort - Datenstrukturen (2. Möglichkeit)

- Array von Zeigern auf Zeichenketten



- Vorteile:
  - schnelles Sortieren, da nur Zeiger vertauscht werden müssen
  - Zeichenketten können beliebig lang sein
  - sparsame Speichernutzung

---

3 Speicherverwaltung

- Berechnung des Array-Speicherbedarfs
  - bei Lösung 1: Anzahl der Wörter * 101 * sizeof(char)
  - bei Lösung 2: Anzahl der Wörter * sizeof(char*)
- realloc:
  - Anzahl der zu lesenden Worte ist unbekannt
  - Array muß vergrößert werden: realloc
  - Bei Vergrößerung sollte man aus Effizienzgründen nicht nur Platz für ein neues Wort (Lösungsvariante 1) bzw. einen neuen Zeiger (Lösungsvariante 2) besorgen, sondern für mehrere.
  - Achtung: realloc kopiert möglicherweise das Array (teuer)
- Speicher sollte wieder freigegeben werden
  - bei Lösung 1: Array freigeben
  - bei Lösung 2: zuerst Wörter freigeben, dann Zeiger-Array freigeben

4 Vergleichsfunktion

- Problem: qsort erwartet folgenden Funktionszeigertyp:

```
int (*) (const void *, const void *)
```

- Lösung: "casten"
  - ◆ innerhalb der Funktion, z.B. (Feld vom Typ char **):

```
int compare(const void *a, const void *b) {
        return strcmp(*((char **)a), *((char **)b));
}
```

  - ◆ beim qsort-Aufruf:

```
int compare(char **a, char **b);
...
qsort(      field, nel, sizeof(char *),
            (int (*)(const void *, const void *))compare);
```

U4-3 Aufgabe 4: einfache malloc-Implementierung

1 Überblick

- erheblich vereinfachte Implementierung
  - ➤ nur einmal am Anfang Speicher vom Betriebssystem anfordern (1 MB)
  - ➤ freigegebener Speicher wird in einer einfachen verketteten Liste verwaltet (benachbarte freie Blöcke werden nicht mehr verschmolzen)
  - ➤ `realloc` verlängert den Speicher nicht, sondern wird grundsätzlich auf ein neues `malloc`, `memcpy` und `free` abgebildet

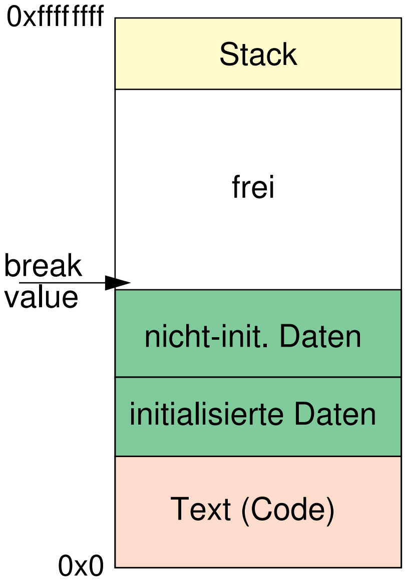
2 Ziele der Aufgabe

- Zusammenhang zwischen "nacktem Speicher" und typisierten Datenbereichen verstehen

- Beispiel für eine Funktion aus einer Standard-Bibliothek erstellen

3 Speicher vom Betriebssystem anfordern

- Speicher im Anschluss an das Datensegment kann vom Betriebssystem angefordert werden



- ◆ break value = Adresse direkt hinter dem Datensegment
- ◆ Systemaufruf erlaubt es, diese Adresse neu festzulegen
  - ➤ es entsteht zusätzlicher Speicher hinter den nicht-initialisierten Daten
- ◆ Schnittstellen:

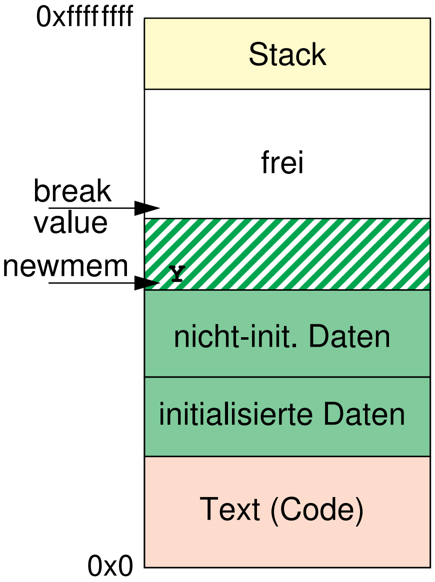
```
int brk(void *endds);
void *sbrk(intptr_t incr);
```

`brk` setzt den break value absolut neu fest
`sbrk` erhöht den break value um `incr` Bytes

---

3 Speicher vom Betriebssystem anfordern (2)

- Speicher im Anschluss an das Datensegment kann vom Betriebssystem angefordert werden



- ◆ Beispiel: 8 KB Speicher anfordern

```
...
char *newmem;
...
newmem = (char *)sbrk(8192);
newmem[0] = 'Y';
```

4 malloc-Funktion

- malloc verwaltet einen vom Betriebssystem angeforderten Speicherbereich
  - ➤ welche Bereiche (Position, Länge) wurden vergeben
  - ➤ welche Bereiche sind frei
- Informationen über freie und belegte Speicherbereiche werden in Verwaltungsdatenstrukturen gehalten

```
struct mblock {
    size_t size;
    struct mblock *next;
}
```

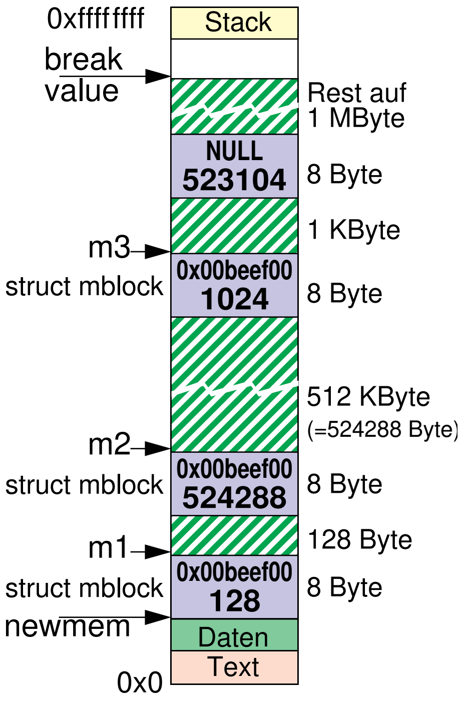
- Die Verwaltungsdatenstrukturen liegen jeweils vor dem zugehörigen Speicherbereich
- Die Verwaltungsdatenstrukturen der freien Speicherbereiche sind untereinander verkettet, bei vergebenen Speicherbereichen enthält `next` den Wert `0x00beef00`

---

4 malloc-Funktion

- Beispiel für die Situation nach 3 malloc-Aufrufen (32-Bit-Architektur!)

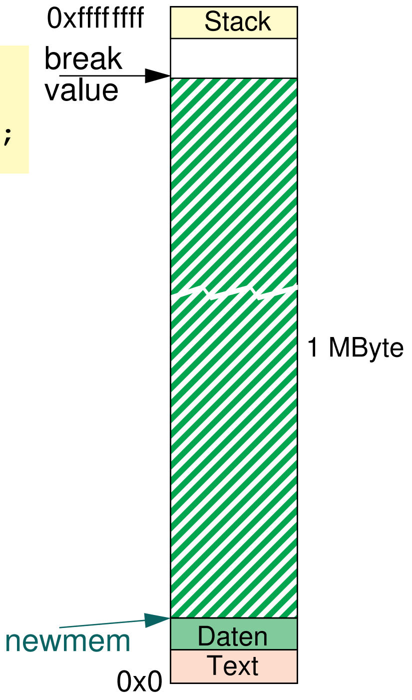
```
...
char *m1, *m2, *m3;
...
m1 = (char *)malloc(128);
m2 = (char *)malloc(512*1024);
m3 = (char *)malloc(1024);
```



5 malloc-Interna - Initialisierung

- initialer Zustand nach sbrk
  - ◆ Speicher mit sbrk anfordern

```
char *newmem;
...
newmem = (char *)sbrk(1024*1024);
```



---

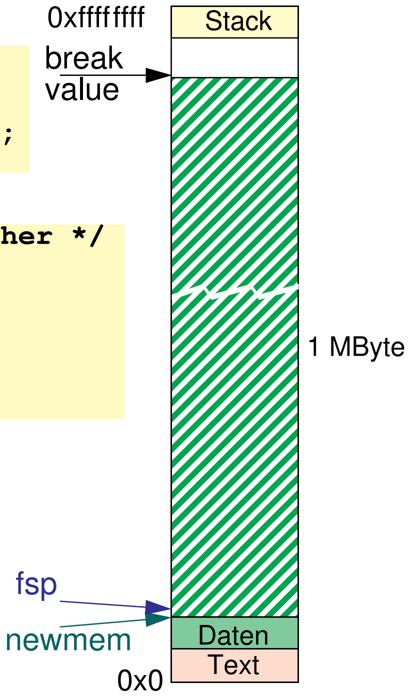
5 malloc-Interna - Initialisierung (2)

- initialer Zustand nach sbrk
  - ◆ Speicher mit sbrk anfordern

```
char *newmem;
...
newmem = (char *)sbrk(1024*1024);
```

  - ◆ struct mblock "hineinlegen"

```
struct mblock *fsp; /* Freispeicher */
...
fsp = (struct mblock *)newmem;
```



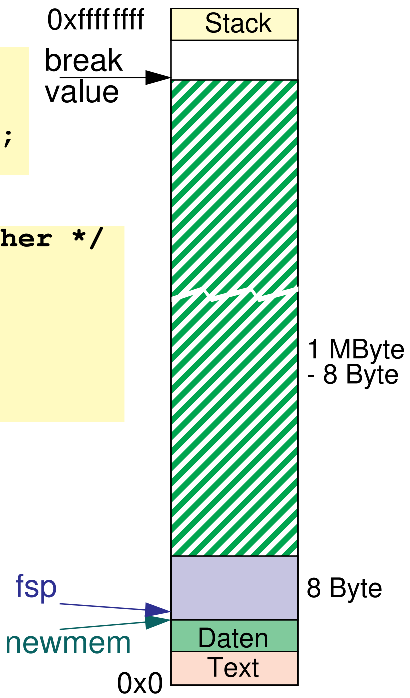
5 malloc-Interna - Initialisierung (3)

- initialer Zustand nach sbrk
  - ◆ Speicher mit sbrk anfordern

```
char *newmem;
...
newmem = (char *)sbrk(1024*1024);
```

  - ◆ struct mblock "hineinlegen"

```
struct mblock *fsp; /* Freispeicher */
...
fsp = (struct mblock *)newmem;
```



---

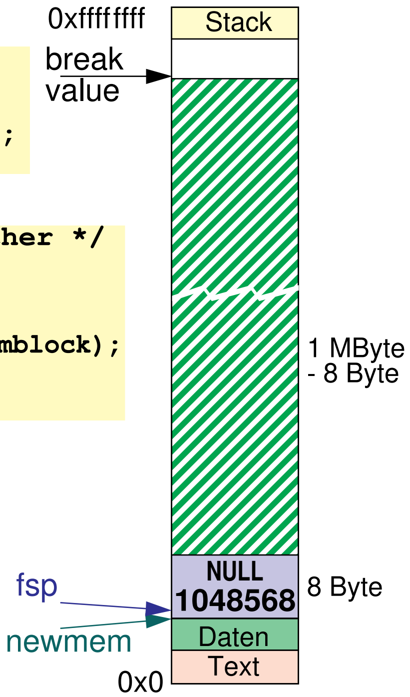
5 malloc-Interna - Initialisierung (4)

- initialer Zustand nach sbrk
  - ◆ Speicher mit sbrk anfordern

```
char *newmem;
...
newmem = (char *)sbrk(1024*1024);
```

  - ◆ struct mblock "hineinlegen"

```
struct mblock *fsp; /* Freispeicher */
...
fsp = (struct mblock *)newmem;
fsp->size = 1024*1024-sizeof(struct mblock);
fsp->next = NULL;
```



5 malloc-Interna - Initialisierung (5)

- initialer Zustand nach sbrk
  - ◆ Speicher mit sbrk anfordern

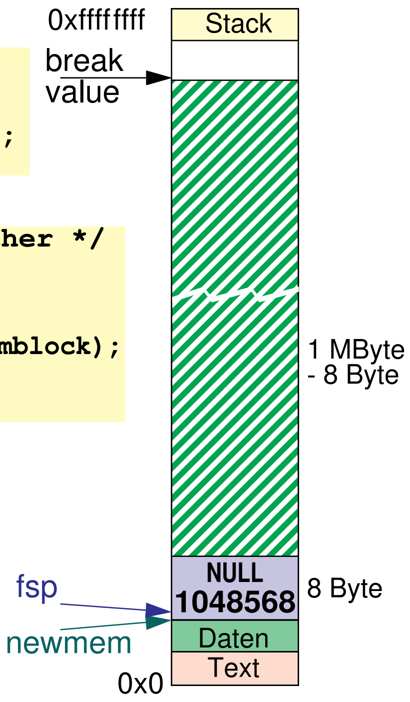
```
    char *newmem;
    ...
    newmem = (char *)sbrk(1024*1024);
```

  - ◆ struct mblock "hineinlegen"

```
    struct mblock *fsp; /* Freispeicher */
    ...
    fsp = (struct mblock *)newmem;
    fsp->size = 1024*1024-sizeof(struct mblock);
    fsp->next = NULL;
```

➥ zwei Zeiger mit unterschiedlichem Typ zeigen auf den gleichen Speicherbereich

- ➤ unterschiedliche Semantik beim Zugriff (Zeigerarithmetik, Strukturkomponentenzugriffe)

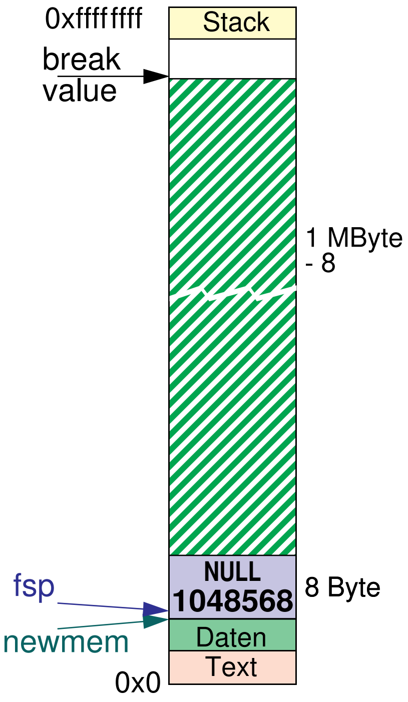


---

6 malloc-Interna - Speicheranforderung

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

```
    char *m1;
    m1 = (char *)malloc(128);
```

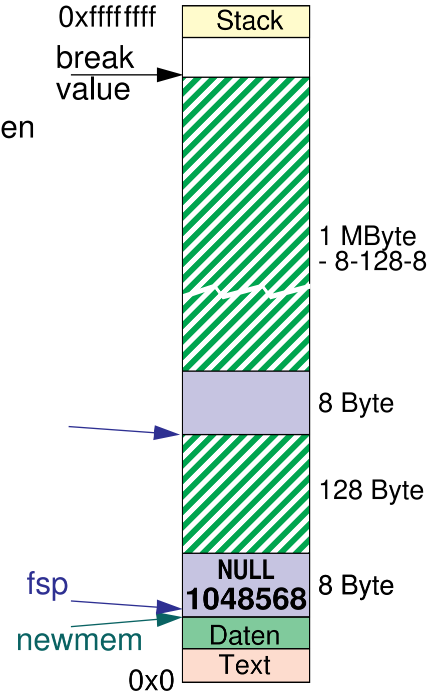


6 malloc-Interna - Speicheranforderung (2)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

```
   char *m1;
   m1 = (char *)malloc(128);
```

- ◆ 128 Byte hinter dem fsp-mblock reservieren
- ◆ neuen mblock dahinter anlegen



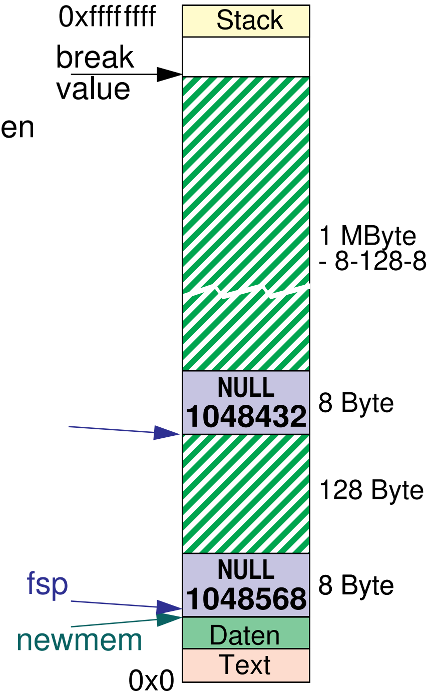
---

6 malloc-Interna - Speicheranforderung (3)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

```
   char *m1;
   m1 = (char *)malloc(128);
```

- ◆ 128 Byte hinter dem fsp-mblock reservieren
- ◆ neuen mblock dahinter anlegen und initialisieren

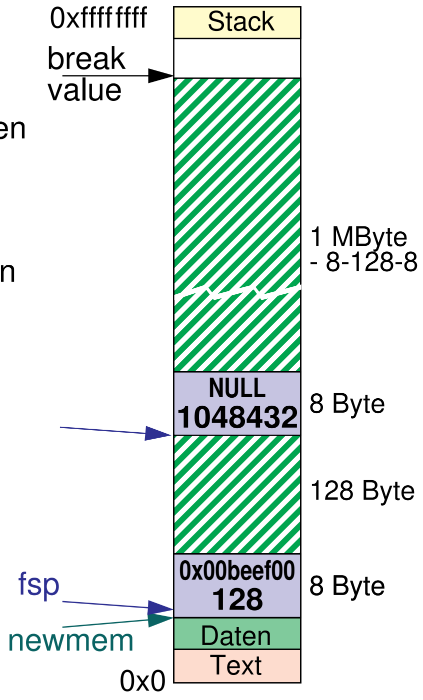


6 malloc-Interna - Speicheranforderung (4)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

```
    char *m1;
    m1 = (char *)malloc(128);
```

  - ◆ 128 Byte hinter dem fsp-mblock reservieren
  - ◆ neuen mblock dahinter anlegen und initialisieren
  - ◆ bisherigen fsp-mblock als belegt markieren



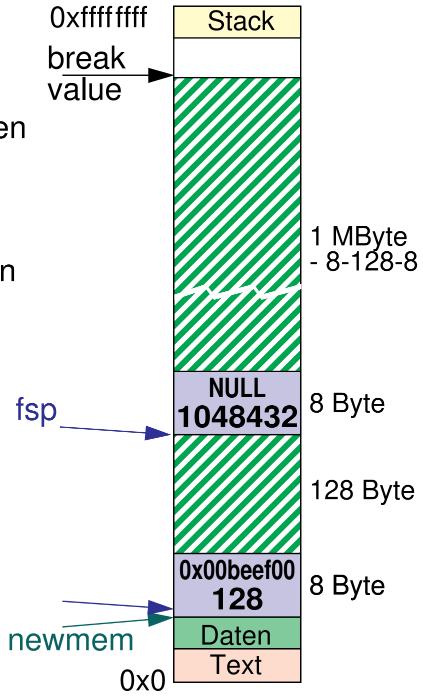
---

6 malloc-Interna - Speicheranforderung (5)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

```
    char *m1;
    m1 = (char *)malloc(128);
```

  - ◆ 128 Byte hinter dem fsp-mblock reservieren
  - ◆ neuen mblock dahinter anlegen und initialisieren
  - ◆ bisherigen fsp-mblock als belegt markieren
  - ◆ fsp-Zeiger auf neuen mblock setzen

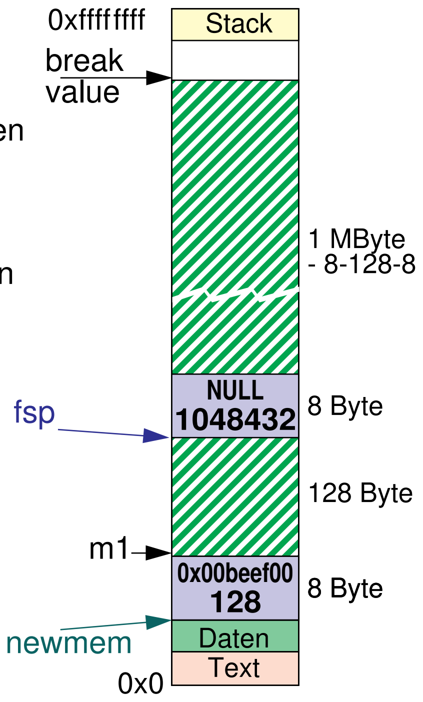


6 malloc-Interna - Speicheranforderung (6)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

```
  char *m1;
  m1 = (char *)malloc(128);
```

- ◆ 128 Byte hinter dem fsp-mblock reservieren
- ◆ neuen mblock dahinter anlegen und initialisieren
- ◆ bisherigen fsp-mblock als belegt markieren
- ◆ fsp-Zeiger auf neuen mblock setzen
- ◆ Zeiger auf die reservierten 128 Byte zurückgeben



---

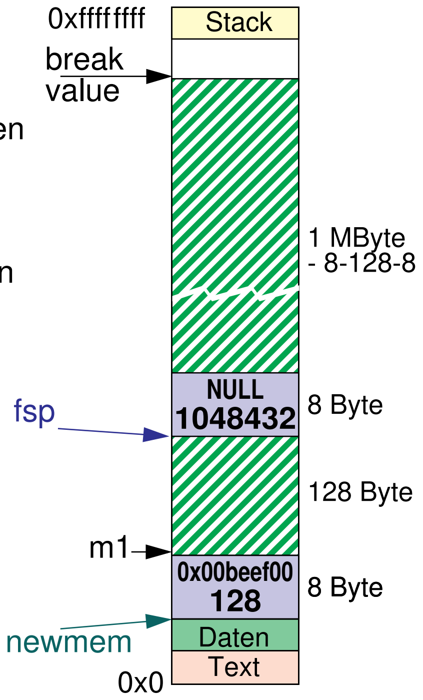
6 malloc-Interna - Speicheranforderung (7)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

```
  char *m1;
  m1 = (char *)malloc(128);
```

- ◆ 128 Byte hinter dem fsp-mblock reservieren
- ◆ neuen mblock dahinter anlegen und initialisieren
- ◆ bisherigen fsp-mblock als belegt markieren
- ◆ fsp-Zeiger auf neuen mblock setzen
- ◆ Zeiger auf die reservierten 128 Byte zurückgeben

- Frage:
  wie rechnet man auf dem Speicher?
  - ➤ in char * ?
  - ➤ in struct mblock * ?



7 malloc-Interna - Zeigerarithmetik

- Problem: Verwaltungsdatenstrukturen sind mblock-Strukturen, angeforderte Datenbereiche sind Byte-Felder
  - ➤ Zeigerarithmetik muss teilweise mit struct mblock-Einheiten, teilweise mit char-Einheiten operieren
- Variante 1: Berechnungen von fsp_neu in Byte-/char-Einheiten

```
    void *malloc(size_t size) {
        struct mblock *fsp_neu, *fsp_alt;
        fsp_alt = fsp;
        ...
        fsp_neu = (struct mblock *) ((char *)fsp_alt
                                     + sizeof(struct mblock) + size);
        ...
        return((void *)(fsp_alt + 1));
```

---

7 malloc-Interna - Zeigerarithmetik (2)

- Variante 2: Berechnungen in struct mblock-Einheiten

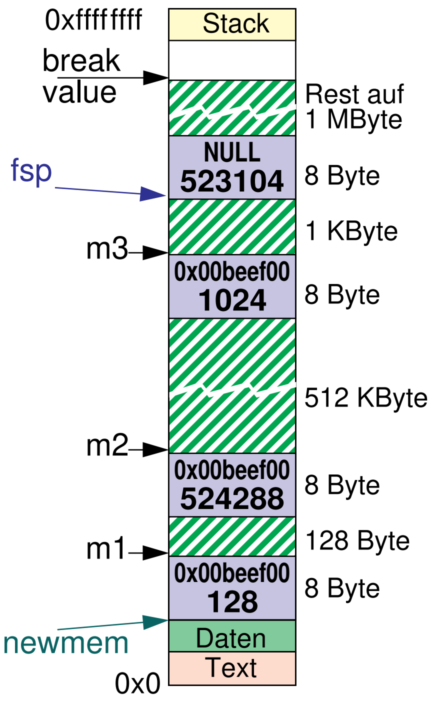
```
    void *malloc(size_t size) {
        struct mblock *fsp_neu, *fsp_alt;
        int units;
        fsp_alt = fsp;
        ...
        units = ( (size-1) / sizeof(struct mblock) ) + 1;
        fsp_neu = fsp + 1 + units;
        ...
        return((void *)(fsp_alt + 1));
```

- ◆ Unterschied: bei der Umrechnung von size auf units wird auf die nächste ganze struct mblock-Einheit aufgerundet
- ◆ Vorteil: die mblock-Strukturen liegen nach einer Anforderung von "krummen" Speichermengen nicht auf "ungeraden" Speichergrenzen
  - ➤ manche Prozessoren fordern, dass int-Werte immer auf Wortgrenzen (durch 4 teilbar) liegen (sonst Trap: Bus error beim Speicherzugriff)
  - ➤ bei Intel-Prozessoren: ungerade Positionen zwar erlaubt, aber ineffizient
  - ➤ aber: veränderte Größe in den Verwaltungsstrukturen beachten!

8 malloc-Interna - Speicher freigeben

- Situation nach 3 malloc-Aufrufen

```
    ...
    char *m1, *m2, *m3;
    ...
    m1 = (char *)malloc(128);
    m2 = (char *)malloc(512*1024);
    m3 = (char *)malloc(1024);
```



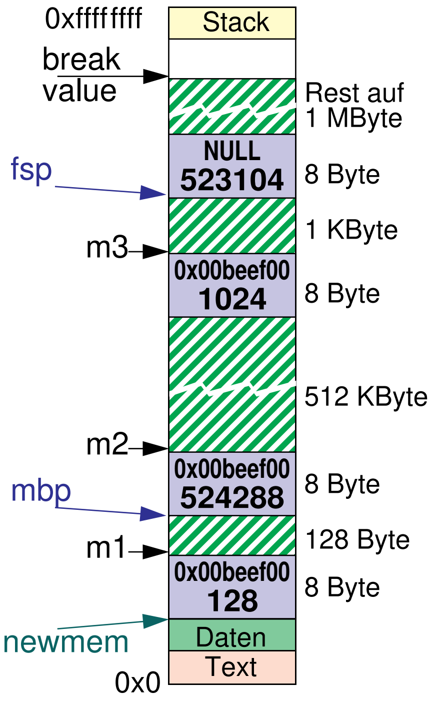
---

8 malloc-Interna - Speicher freigeben (2)

- Freigabe von m2 - Aufgaben

```
    ...
    char *m1, *m2, *m3;
    ...
    m1 = (char *)malloc(128);
    m2 = (char *)malloc(512*1024);
    m3 = (char *)malloc(1024);
    ...
    free(m2);
```

- ◆ Zeiger `mbp` auf zugehörigen mblock ermitteln
- ◆ überprüfen, ob ein gültiger, belegter mblock vorliegt (0x00beef00!)



8 malloc-Interna - Speicher freigeben (3)

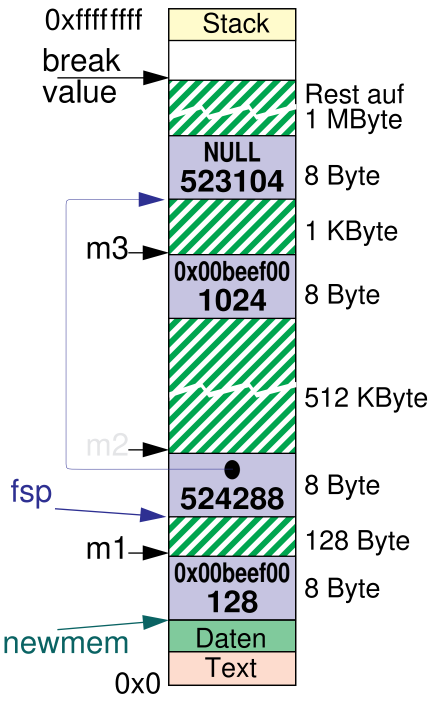
- Freigabe von m2 - Aufgaben

```
...
char *m1, *m2, *m3;
...
m1 = (char *)malloc(128);
m2 = (char *)malloc(512*1024);
m3 = (char *)malloc(1024);
...
free(m2);
```

◆ Zeiger `mbp` auf zugehörigen mblock ermitteln

◆ überprüfen, ob ein gültiger, belegter mblock vorliegt (0x00beef00!)

◆ `fsp` auf freigegebenen Block setzen, bisherigen fsp-mblock verketten



---

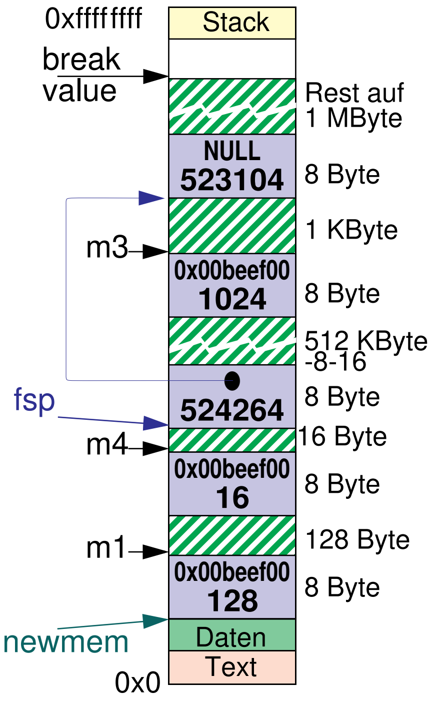
9 malloc-Interna - erneut Speicher anfordern

- neue Anforderung von 10 Byte

```
...
char *m4
...
m4 = (char *)malloc(10);
```

◆ Annahme: Zeigerberechnung in struct mblock-Einheiten (mit Aufrunden => 16 Byte)

◆ neuen mblock danach anlegen



10 malloc - abschließende Bemerkungen

- sehr einfache Implementierung - in der Praxis problematisch
  - ◆ Speicher wird im Laufe der Zeit stark fragmentiert
    - ➤ Suche nach passender Lücke dauert zunehmend länger
    - ➤ es kann passieren, dass keine passende Lücke mehr zu finden ist, obwohl insgesamt genug Speicher frei wäre
    - ➤ Verschmelzung von benachbarten freigegebenen Bereichen wäre notwendig
- sinnvolle Implementierung erfordert geeignete Speichervergabestrategie
  - ➤ Implementierung erheblich aufwändiger - Resultat aber entsprechend effizienter
  - ➤ Strategien werden im Abschnitt Speicherverwaltung in der Vorlesung behandelt
    (z. B. best fit, worst fit oder Buddy-Verfahren)