U3 3. Übung

- Organisatorisches
- SP-Abgabesystem: Team-Arbeit
- Aufgabe 3: malloc-Implementierung

U3-1 Organisatorisches

- In der Woche vom 30.5. bis 3.6. finden **keine** Tafelübungen statt.

U3-2 Abgabesystem: Team-Arbeit

- Gemeinsame Bearbeitung im Repository eines Teammitglieds
  - Repository-Eigentümer: *alice*
  - Partner (nutzt Repository von *alice*): *bob*
- Abgabe erfolgt ebenfalls im Repository des Eigentümers
  - es ist nur eine Abgabe erforderlich
- Machen Sie sich frühzeitig mit dem Bearbeitungs-/Abgabeprozess vertraut
  - Arbeiten Sie von Beginn an in Ihrem Projektverzeichnis
  - Checken Sie auch Zwischenstände Ihrer Bearbeitung in das Repository ein
  - Sie können zu Beginn auch leere Dateien einchecken und abgeben
  - selbstverschuldet verspätete Abgaben werden nicht angenommen!
- **Hinweis**: bei Verständnis-Problemen zu Subversion empfiehlt sich die Lektüre zumindest der ersten beiden Kapitel des SVN-Buchs
  - http://svnbook.red-bean.com/

1 Ablauf für den Repository-Eigentümer

- Der Partner wird für jede Team-Aufgabe separat festgelegt

```
alice@faui01$ /proj/i4sp1/bin/set-partner aufgabe3 bob
```

- Hintergrund
  - Erzeugung und Commit einer Textdatei `partner` in `trunk/aufgabe3`
  - diese Datei enthält den Login-Namen (*bob*) des Partners für diese Aufgabe
  - Partner erhält Zugriff auf die relevanten Teile des Repositories
    - `trunk/aufgabe3`
    - `branches/aufgabe3`
- Abgabe funktioniert wie gewohnt:

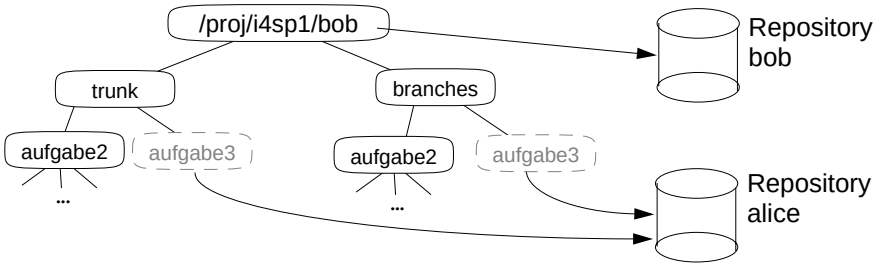
```
alice@faui01$ /proj/i4sp1/bin/submit aufgabe3
```

2 Ablauf für den Partner

- Partner setzt in seinem Repository einen Verweis auf Hauptrepository

```
bob@faui01$ /proj/i4sp1/bin/import-from-partner aufgabe3 alice
```

  - technisch: **`svn:externals`**-Property
    - irrelevant für Abgabe, unterstützt nur den Prozess der Teamarbeit
  - Achtung: Abgabe im eigenen Repository überlagert Partnerabgabe
    ➥ zum Umstieg auf Teamarbeit eigene Abgabe löschen (Übungsleiter hilft)



- Arbeit und Abgabe in der eigenen Arbeitskopie normal möglich

U3-3 Aufgabe 3: einfache malloc-Implementierung

- Ziele der Aufgabe
  - Zusammenhang zwischen "nacktem Speicher" und typisierten Datenbereichen verstehen
  - Funktion aus der C-Bibliothek selbst realisieren
- Vereinfachungen:
  - First-Fit ähnliche Allokationsstrategie
  - 1 MiB Speicher statisch allokiert
  - freier Speicher wird in einer einfach-verketteten Liste (unsortiert) verwaltet
  - benachbarte freie Blöcke werden nicht verschmolzen
  - **`realloc`** verlängert den Speicher nicht, sondern wird **grundsätzlich** auf ein neues **`malloc`**, **`memcpy`** und **`free`** abgebildet

1 malloc-Funktion

- verwaltet folgende Informationen über einen Speicherbereich
  - ➤ welche Bereiche wurden vergeben
  - ➤ welche Bereiche sind frei
- Informationen über freie und belegte Speicherbereiche werden in Verwaltungsdatenstrukturen gehalten

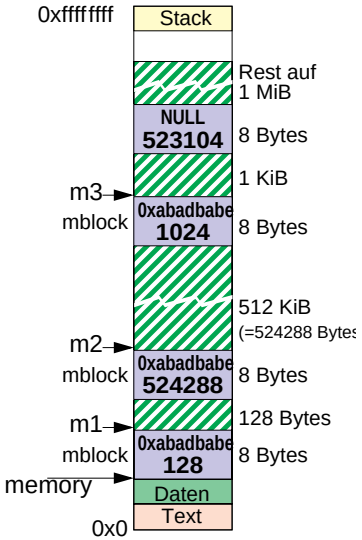
```
typedef struct mblock {
    size_t size;          // Größe des anhängenden Bereichs
    struct mblock *next; // Verkettung freier Bereiche
} mblock;
```

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

1 malloc-Funktion

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

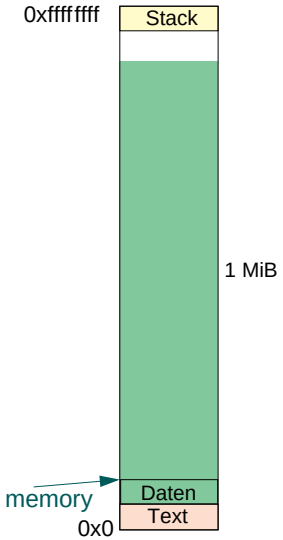
```
...
char *m1, *m2, *m3;
...
m1 = (char *) malloc(128);
m2 = (char *) malloc(512*1024);
m3 = (char *) malloc(1024);
```



2 malloc-Interna - Initialisierung

- initialer Zustand
  - Speicher statisch allokiert

```
static char memory[1048576];
```



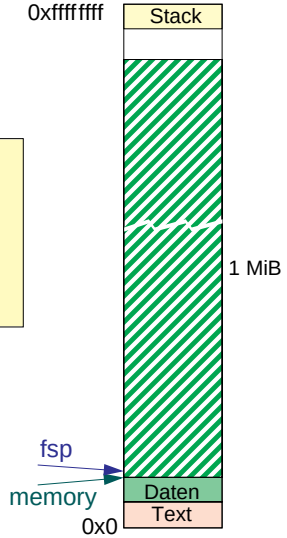
2 malloc-Interna - Initialisierung (2)

- initialer Zustand
  - Speicher statisch allokiert

```
static char memory[1048576];
```

  - struct mblock "hineinlegen"

```
// Kopfzeiger der Freispeicherliste
mblock *fsp;
...
fsp = (mblock *) memory;
```



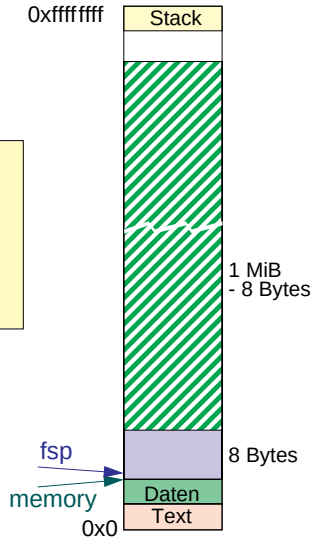
2 malloc-Interna - Initialisierung (3)

- initialer Zustand
  - ◆ Speicher statisch allokiert

```
static char memory[1048576];
```

  - ◆ struct mblock "hineinlegen"

```
// Kopfzeiger der Freispeicherliste
mblock *fsp;
...
fsp = (mblock *) memory;
```



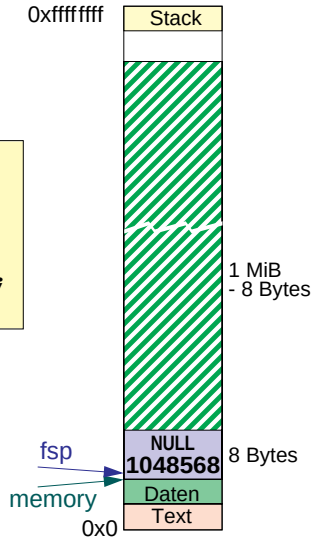
2 malloc-Interna - Initialisierung (4)

- initialer Zustand
  - ◆ Speicher statisch allokiert

```
static char memory[1048576];
```

  - ◆ struct mblock "hineinlegen"

```
// Kopfzeiger der Freispeicherliste
mblock *fsp;
...
fsp = (mblock *) memory;
fsp->size = sizeof(memory)-sizeof(mblock);
fsp->next = NULL;
```

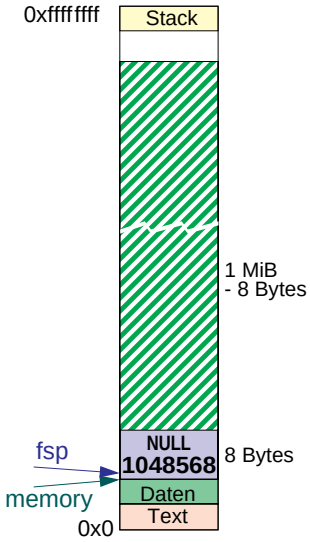


2 malloc-Interna - Initialisierung (5)

- initialer Zustand

➥ zwei Zeiger mit unterschiedlichem Typ zeigen auf den gleichen Speicherbereich

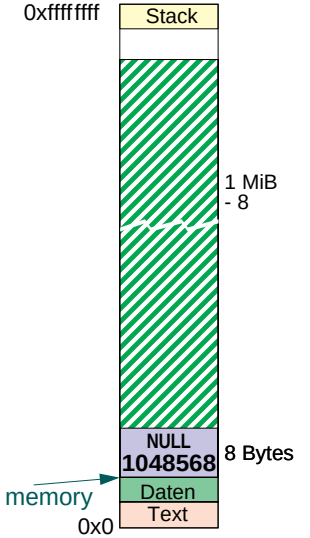
➤ unterschiedliche Semantik beim Zugriff (Zeigerarithmetik, Strukturkomponentenzugriffe)



3 malloc-Interna - Speicheranforderung

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

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

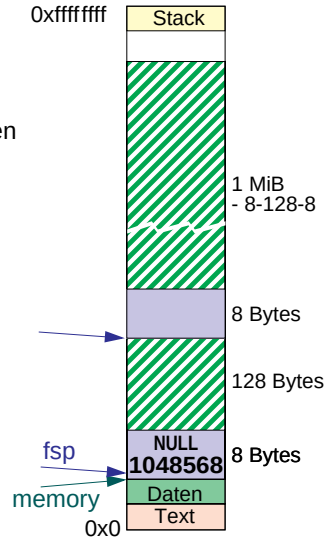


3 malloc-Interna - Speicheranforderung (2)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

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

- 128 Bytes hinter dem fsp-mblock reservieren
- neuen mblock dahinter anlegen

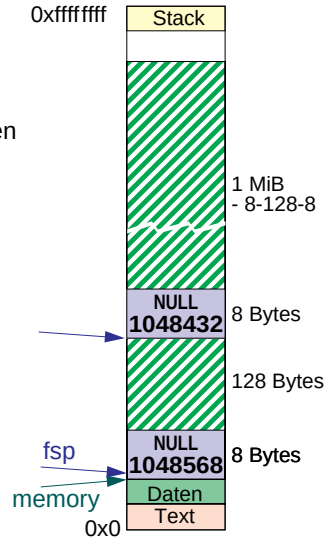


3 malloc-Interna - Speicheranforderung (3)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

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

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

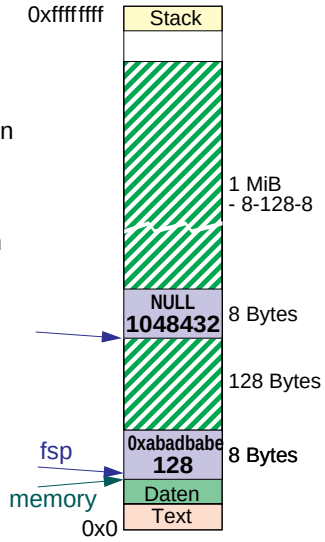


3 malloc-Interna - Speicheranforderung (4)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

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

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

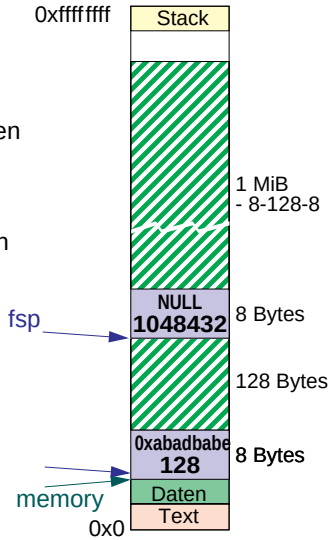


3 malloc-Interna - Speicheranforderung (5)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

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

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

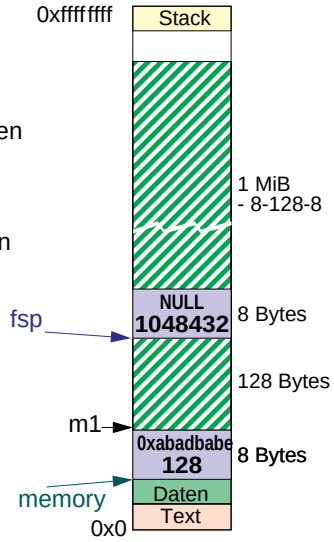


3 malloc-Interna - Speicheranforderung (6)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

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

- 128 Bytes 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 Bytes zurückgeben



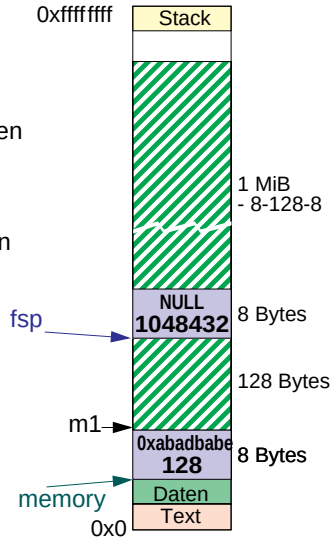
3 malloc-Interna - Speicheranforderung (7)

- Aufgaben bei einer Speicheranforderung

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

- 128 Bytes 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 Bytes zurückgeben

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



4 malloc-Interna - Zeigerarithmetik

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

```
void *malloc(size_t size) {

    mblock *fsp_neu, *fsp_alt;
    fsp_alt = fsp;
    ...
    fsp_neu = (mblock *)
      ((char *) fsp_alt + sizeof(mblock) + size);
```


4 malloc-Interna - Zeigerarithmetik (2)

- Variante 2: Berechnungen in mblock-Einheiten

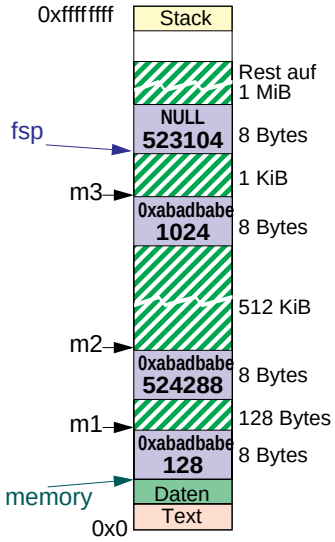
```
void *malloc(size_t size) {

    mblock *fsp_neu, *fsp_alt;
    int units;
    fsp_alt = fsp;
    ...
    units = ( (size-1) / sizeof(mblock) ) + 1;
    fsp_neu = fsp + 1 + units;
```

  - ◆ Unterschied: Aufrundung von size auf Vielfaches von sizeof(mblock)
  - ◆ Vorteil: die mblock-Strukturen liegen nach einer Anforderung von "krummen" Speichermengen nicht auf "ungeraden" Speichergrenzen
    - ➤ manche Prozessoren fordern, dass int-Werte immer auf Wortgrenzen (z.B. 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!

5 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);
...
free(m2);
```

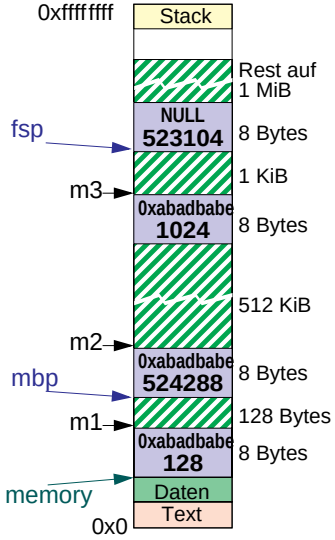


5 malloc-Interna - Speicher freigeben (2)

- 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 (0xabadbabe)

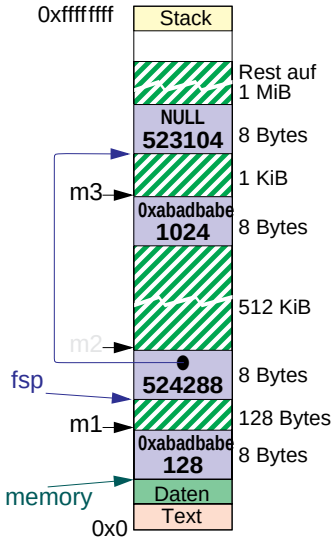


5 malloc-Interna - Speicher freigeben (3)

- 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 (0xabadbabe)
- `fsp` auf freigegebenen Block setzen, bisherigen fsp-mblock verketten

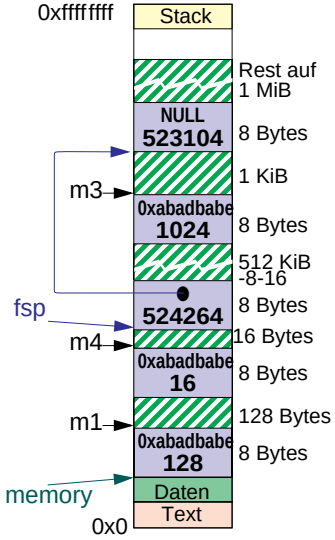


6 malloc-Interna - erneut Speicher anfordern

- neue Anforderung von 10 Bytes

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

- Annahme: Zeigerberechnung in struct mblock-Einheiten (mit Aufrunden => 16 Bytes)
- neuen mblock danach anlegen



7 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
    - ➤ evtl. keine passende Lücke mehr zu finden, obwohl insgesamt genug Speicher frei
    - ➤ Lösung: Verschmelzung benachbarter freigegebener Blöcke
- sinnvolle Implementierung erfordert geeignete Speichervergabestrategie
  - Implementierung erheblich aufwändiger - Resultat aber entsprechend effizienter
  - Strategien werden im Abschnitt Speicherverwaltung in der Vorlesung behandelt
    (z. B. First-Fit, Best-Fit, Worst-Fit oder Buddy-Verfahren)