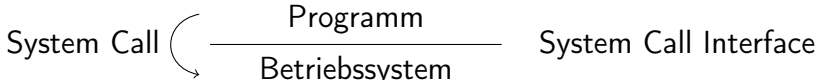
System Calls

- Aus Sicherheitsgründen: Programme unterliegen Restriktionen
  - Beispiel: Lesen/Schreiben von Dateien
- Zugriff geregelt über Anfragen an das Betriebssystem – *System Calls*
  - Interface zwischen Programm und Betriebssystem
  - System Call $\hat{=}$ Funktionsaufruf
  - Werden eindeutig über System Call Numbers identifiziert



System Calls auf x86-64 Linux Systemen

- Instruktion `syscall`
- Übergibt Kontrolle an den Kernel des Betriebssystems
- Danach wird normale Programmausführung fortgesetzt

Wichtige Referenzen:

- System V ABI
- Intel Software Developer's Manual: `syscall`

Quiz: System Calls (1)

In welchen Registern und in welcher Reihenfolge werden Argumente an System Calls übergeben?

- ☐ `rdi`, `rsi`, `rdx`, `rcx`, `r8` und `r9`
- ☐ `rdi`, `rsi`, `rdx`, `r8`, `r9` und `r10`
- ☐ `rdi`, `rsi`, `rcx`, `r10`, `r8` und `r9`
- ☐ `rdi`, `rsi`, `rdx`, `r10`, `r8` und `r9`

Quiz: System Calls (2)

Wo wird die Nummer des auszuführenden System Calls übergeben?

- ☐ Im Register `rax`
- ☐ Im Register `rcx`
- ☐ Im Register `r11`
- ☐ Auf dem Stack

Quiz: System Calls (3)

In welchem Register steht der Rückgabewert eines System Calls?

- ☐ `rdi`
- ☐ `rax`
- ☐ `rcx`
- ☐ `r11`

Quiz: System Calls (4)

Welche der folgenden System Call Rückgabewerte zeigen an, dass beim Ausführen eines System Calls mit der `syscall` Instruktion ein Fehler aufgetreten ist?

- ☐ 0
- ☐ -1
- ☐ -4095
- ☐ -4096
- ☐ 0x7FFF FFFF FFFF FFFF $(2^{64} - 1)$
- ☐ 0x8000 0000 0000 0000 (-2^{64})

Quiz: System Calls (5)

Welche Register können durch einen System Call verändert werden?

Hinweis: Bedenken Sie, dass auch die Instruktion `syscall` selbst Register verändern kann.

- ☐ `rax`
- ☐ `rbx`
- ☐ `rcx`
- ☐ `rdx`
- ☐ `r10`
- ☐ `r11`

Quiz: System Calls (6)

Welcher Wert wird von der Instruktion `syscall` in das Register rcx geschrieben?

- ☐ Die UID des Nutzers, der das Programm ausführt
- ☐ Die Adresse, an der die Programmausführung i.A. nach dem System Call fortgesetzt wird
- ☐ Das Privilege Level des Programms
- ☐ Der Wert von `rflags` vor dem System Call

Layout einer Programmbinary

- Programme liegen als ELF (**E**xecutable and **L**inkable **F**ormat) Datei vor
- Enthält: Programmcode, und Programm- und Metadaten

Wichtige Informationen:

- Adressen an welche Segmente geladen werden sollen → Program-Header
- Startadresse der Programmausführung (`_start`) → Datei-Header

Layout einer Programmbinary

```
$ readelf -hlW testprog
ELF Header:
  ...
  Machine:                           Advanced Micro Devices X86-64
  ...
  Entry point address:               0x401000
  ...

Program Headers:
  Type           Offset   VirtAddr           PhysAddr           FileSiz  MemSiz   Flg Align
  LOAD           0x000000 0x0000000000400000 0x0000000000400000 0x00017c 0x00017c R   0x1000
  LOAD           0x001000 0x0000000000401000 0x0000000000401000 0x00000b 0x00000b R E 0x1000
  LOAD           0x002000 0x0000000000402000 0x0000000000402000 0x000038 0x000038 R   0x1000
  NOTE           0x000158 0x0000000000400158 0x0000000000400158 0x000024 0x000024 R   0x4
  GNU_STACK      0x000000 0x0000000000000000 0x0000000000000000 0x000000 0x000000 RW  0x10
```

Start eines Programms

- Mittels System Call: `execve`
- Bei erfolgreicher Ausführung: Kein Rückgabewert
- Aktuelles Programm wird durch neues "ersetzt"
- Binary wird in Speicher geladen und Stack initialisiert

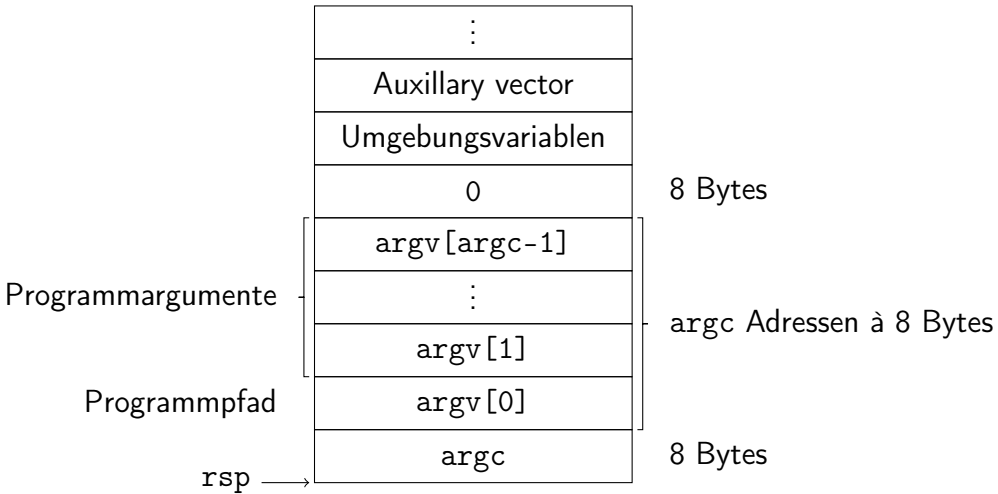
Start eines Programms

Daten zu Programmstart (auf dem Stack):

- Programmargumente
- Umgebungsvariablen
- Auxilliary Vector

```
$ ./testprog arg1 arg2
```

Start eines Programms



Textausgabe auf der Konsole

Mit dem System Call `write`, und `stdout`.

Hilfreiche Referenzen:

- `man 2 write`
- `man 3 stdout`
- Eine System Call Number Referenz

Quiz: `write` (1)

Was ist die System Call Number des `write` System Calls auf x86-64?

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ `0xFFFF0001`

Quiz: `write` (2)

Wie viele Parameter erwartet der `write` System Call?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3
- ☐ 4

Quiz: `write` (3)

Welcher File Descriptor entspricht standardmäßig dem Stream `stdout`?

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ `0xFFFF 0001`

Quiz: `write` (4)

Welchen Rückgabewert hat der System Call `write(1,buf,15)`, sofern dieser erfolgreich ausgeführt wurde?

- ☐ 0
- ☐ 1
- ☐ Einen Wert zwischen 1 und 15
- ☐ 15

Beenden eines Programms

- Nicht einfach mit `ret`
- Nicht einfach "ohne weitere Instruktion"

- Stattdessen: System Call `_exit` (60) oder `exit_group` (231)
  - Jeweils 1 Parameter: Exit Code zw. 0–255
  - Kein Rückgabewert