

# Übungen zu Systemprogrammierung 1 (SP1)

## VL 3 – Sortieren und Tooling

**Jens Schedel, Christoph Erhardt, Jürgen Kleinöder**

Lehrstuhl für Informatik 4  
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

WS 2012/13 – 05. November bis 09. November 2012

[http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS12/V\\_SP1](http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS12/V_SP1)



# Agenda

---

- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren
- 3.5 Haupteingang nach Walhall
- 3.6 make
- 3.7 Aufgabe 2: wsort
- 3.8 Gelerntes Anwenden



- Macht euch **frühzeitig** mit dem Bearbeitungs-/Abgabeprozess vertraut
  - Arbeiten von Beginn an in Projektverzeichnis
  - Zwischenstände einchecken
  - Zu Beginn testweise 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-Buches
  - <http://svnbook.red-bean.com/>



# 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



# Ablauf für den Repository-Eigentümer

- Partner wird für jede Team-Aufgabe separat festgelegt

```
> /proj/i4sp1/bin/set-partner aufgabe2 bob
```

- Hintergrund

- Erzeugung und Commit einer Textdatei `partner` in `trunk/aufgabe2`
- diese Datei enthält den Login-Namen (*bob*) des Partners für diese Aufgabe
- Partner erhält Zugriff auf die relevanten Teile des Repositorys
  - `trunk/aufgabe2`
  - `branches/aufgabe2`

- Abgabe funktioniert wie gewohnt

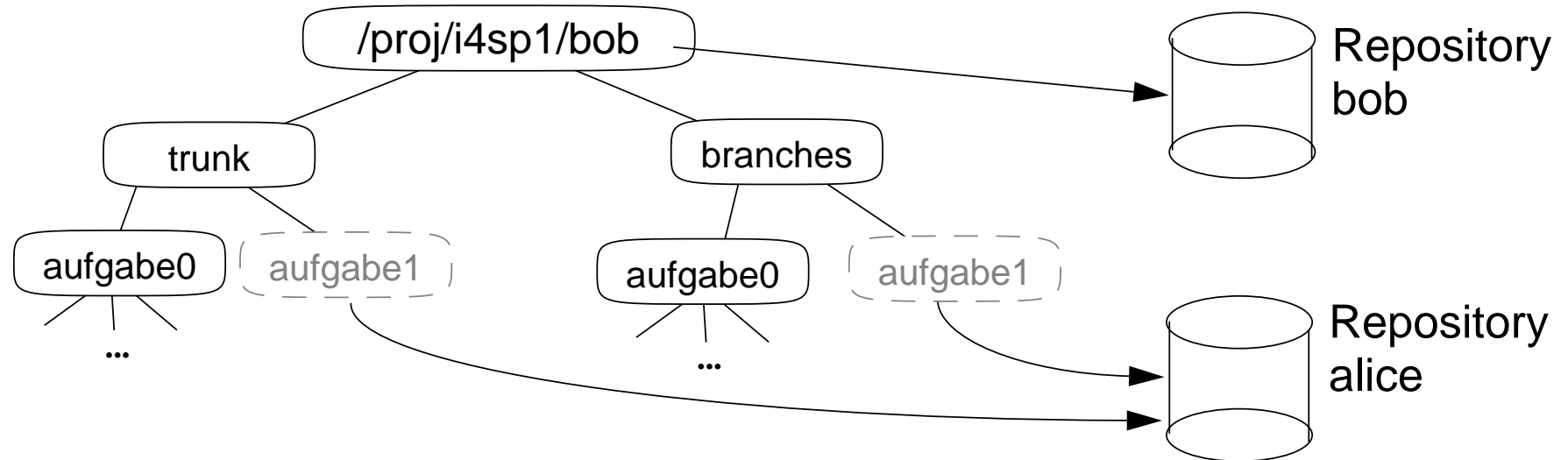
```
> /proj/i4sp1/bin/submit aufgabe2
```



# Ablauf für den Partner

- Partner setzt in seinem Repository einen Verweis auf Hauptrepository

```
> /proj/i4sp1/bin/import-from-partner aufgabe2 alice
```



- Nach Ausführung des Skriptes `svn update` ausführen
- Achtung: Abgabe im eigenen Repository überlagert Partnerabgabe
  - zum Umstieg auf Teamarbeit eigene Abgabe löschen (Übungsleiter hilft)



# Ablauf für den Partner

- Arbeit in der eigenen Arbeitskopie fest normal möglich
  - Der Befehl `svn commit` übermittelt nur Änderungen an das Repository das für den aktuellen Pfad zuständig ist

```
> svn status
X      aufgabe2
M      aufgabe2/wsort.c
> svn commit
# Es erfolgt kein Commit
> svn status
X      aufgabe2
M      aufgabe2/wsort.c
> cd aufgabe2
> svn commit -m bla
Committed revision 5.
```

- Abgabe funktioniert wie gewohnt

```
> /proj/i4sp1/bin/submit aufgabe2
```



# Agenda

---

- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren
- 3.5 Haupteingang nach Walhall
- 3.6 make
- 3.7 Aufgabe 2: wsort
- 3.8 Gelerntes Anwenden





- Fehler können aus unterschiedlichsten Gründen im Programm auftreten
  - Systemressourcen erschöpft: `malloc(3)` schlägt fehl
  - Fehlerhafte Benutzereingaben: `fopen(3)` schlägt fehl
  - Transiente Fehler: z.B. nicht erreichbarer Server
  - ...
- Gute Software **erkennt Fehler**, führt eine **angebrachte Behandlung** durch und gibt eine **aussagekräftige Fehlermeldung** aus
- Kann das Programm trotz des Fehlers sinnvoll weiterlaufen?
  - Beispiel 1: Benutzer gibt ungültige URL in den Browser ein
    - Fehlerbehandlung: Fehlermeldung anzeigen, Programm läuft weiter
  - Beispiel 2: Kopierprogramm: Öffnen der Quelldatei schlägt fehl
    - Fehlerbehandlung: Fehlermeldung anzeigen, Kopieren nicht möglich, Programm beenden



# Fehlerbehandlung: Beendigung des Programms

- Tritt ein Fehler auf, der ein sinnvolles Weiterarbeiten verhindert, muss das Programm beendet werden (`exit(2)`) und einen Programmabbruch anzeigen.
- Signalisierung des Fehlers an Aufrufer des Programms über den Exitstatus
  - Exitstatus 0 zeigt erfolgreiche Programmausführung an
  - Werte ungleich 0 zeigen einen Fehler bei der Ausführung an
    - Die Bedeutung des entsprechenden Wertes ist nicht standardisiert
    - Manchmal enthält die Manpage Informationen über die Bedeutung des Exitstatus
- libc bietet vordefinierte Makros für den Exitstatus an:
  - `EXIT_SUCCESS`
  - `EXIT_FAILURE`
- Exitstatus des letzten Befehls ist in der Shell-Variable `$?` gespeichert



# Erkennung und Ausgabe von Fehlern

- Fehler treten häufig in Funktionen der C-Bibliothek auf
  - erkennbar i.d.R. am Rückgabewert (Manpage, **RETURN VALUES**)
- Die Fehlerursache wird über die globale Variable `errno` übermittelt
  - Der Wert `errno=0` ist reserviert, alles andere ist ein Fehlercode
  - Bibliotheksfunktionen setzen `errno` im Fehlerfall (sonst nicht zwingend)
  - Bekanntmachung im Programm durch Einbinden von `errno.h`
- Fehlercodes als lesbare Strings ausgegeben mit `perror(3)`

```
char *mem = malloc(...);           // malloc gibt im Fehlerfall
if(NULL == mem) {                  // NULL zurück
    perror("malloc");               // Ausgabe der Fehlerursache
    exit(EXIT_FAILURE);             // Programm mit Fehlercode beenden
}
```

- `perror(3)` nur verwenden, wenn die `errno` gesetzt wurde
- sonst mit Hilfe von `fprintf(3)` eigene Fehlermeldung ausgeben



# Agenda

---

- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren
- 3.5 Haupteingang nach Walhall
- 3.6 make
- 3.7 Aufgabe 2: wsort
- 3.8 Gelerntes Anwenden



- Verändern der Größe von Feldern, die durch `malloc(3)` bzw. `calloc(3)` erzeugt wurden:

```
int* numbers = malloc( n*sizeof(int) );  
if ( numbers == NULL ) { ... }  
... // Speicherbedarf gestiegen  
int* neu = realloc( numbers, (n+10) * sizeof(int));  
if(neu == NULL) { ... free(numbers); ...}  
numbers = neu;
```

- Neuer Speicherbereich enthält die Daten des ursprünglichen Speicherbereichs (wird automatisch kopiert; aufwändig)
- Sollte `realloc(3)` fehlschlagen, wird der ursprüngliche Speicherbereich nicht freigegeben
  - Explizite Freigabe mit `free(3)` notwendig.



# Agenda

---

- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren**
- 3.5 Haupteingang nach Walhall
- 3.6 make
- 3.7 Aufgabe 2: wsort
- 3.8 Gelerntes Anwenden



# Generisches Sortieren mit qsort

- Vergleich nahezu beliebiger Daten
  - alle Daten müssen die gleiche Größe haben
- qsort weiß nicht, was es sortiert (wie der Vergleich zu bewerkstelligen ist)
  - Aufrufer stellt Routine zum Vergleich zweier Elemente zur Verfügung
- Prototyp aus `stdlib.h`:

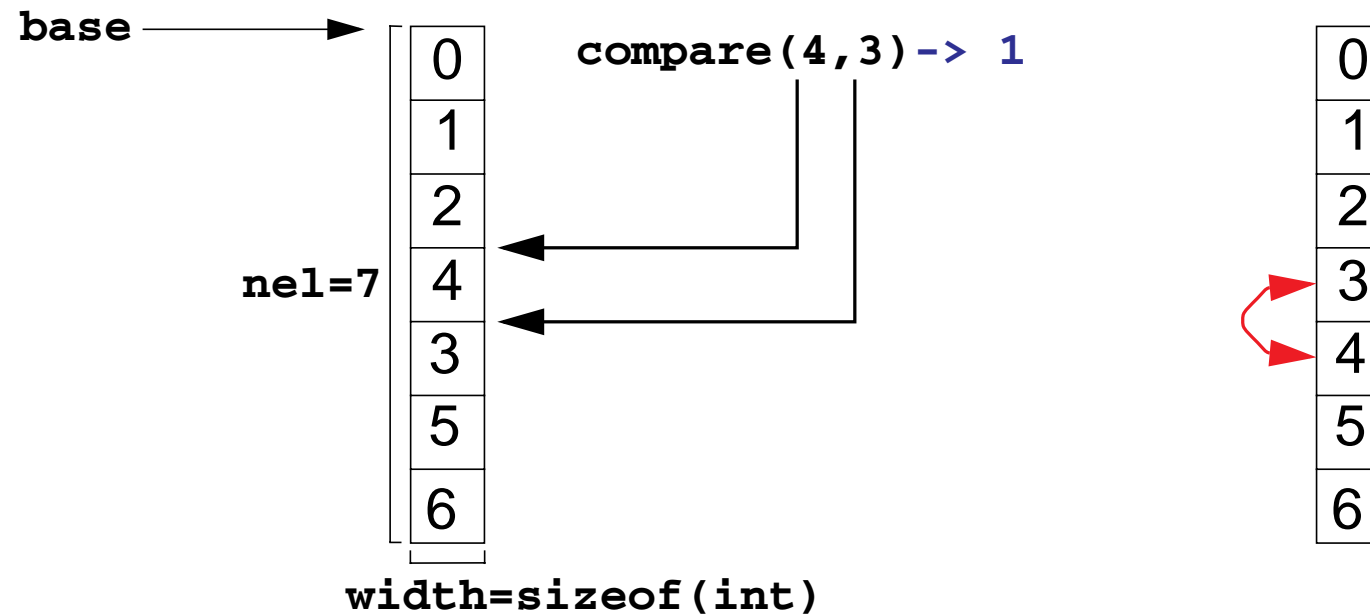
```
void qsort(void *base,  
size_t nel,  
size_t width,  
int (*compare) (const void *, const void *));
```

- `base`: Zeiger auf das erste Element des zu sortierenden Feldes
- `nel`: Anzahl der Elemente im zu sortierenden Feld
- `width`: Größe eines Elements
- `compare`: Vergleichsfunktion



# Arbeitsweise von qsort

- qsort vergleicht je zwei Elemente mit Hilfe der Vergleichsfunktion



- Die Funktion vergleicht die beiden Elemente und liefert:
  - < 0 falls Element 1 kleiner gewertet wird als Element 2
  - 0 falls Element 1 und Element 2 gleich gewertet werden
  - > 0 falls Element 1 größer gewertet wird als Element 2





# Vergleichsfunktion

- Die Vergleichsfunktion erhält Zeiger auf Feldelemente

- Beispiel: Vergleichsfunktion für int

```
int intCompare(const int *, const int *);
```

- const-Zusicherung: Funktion ändert die verglichenen Werte nicht

- qsort(3) kennt den tatsächlichen Datentyp nicht

- Prototyp ist generisch mit void-Zeigern parametrisiert

```
void qsort(..., int (*compare) (const void *, const void *));
```

- Cast erforderlich

- entweder innerhalb einer Funktion wrapintCompare()

- oder bei der Übergabe des Funktionszeigers an qsort(3) (schöner!)



# Agenda

---

- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren
- 3.5 Haupteingang nach Walhall**
- 3.6 make
- 3.7 Aufgabe 2: wsort
- 3.8 Gelerntes Anwenden



- Baukasten von Debugging- und Profiling-Werkzeugen
- Für uns relevant: *memcheck*
  - Erkennt Speicherzugriff-Probleme:
    - Nutzung von nicht-initialisiertem Speicher
    - Zugriff auf freigegeben Speicher
    - Zugriff über das Ende von allokierten Speicherbereichen



## ■ Zugriffe auf nicht allokierten Speicher finden

```
=711= Invalid read of size 4
=711=      at 0x804841B: main (test.c:19)
=711= Address 0x0 is not stack'd, malloc'd or (recently) free'd
=711=
=711= Process terminating with default action of signal 11 (SIGSEGV)
=711= Access not within mapped region at address 0x0
```

- In Zeile 19 wird lesend auf die Adresse 0x0 zugegriffen
- Der Prozess wird auf Grund einer Speicherzugriffsverletzung (SIGSEGV) beendet

```
=787= Invalid write of size 1
=787=      at 0x48DC9EC: memcpy (mc_replace_strmem.c:497)
=787=      by 0x80485A2: test_malloc (test.c:57)
=787=      by 0x80484A8: main (test.c:22)
=787= Address 0x6d1f02d is 0 bytes after a block of size 5 alloc'd
```

- In Zeile 57 wird `memcpy` aufgerufen, welches ein Byte an eine *ungültige* Adresse schreibt



## ■ Auffinden von nicht freigegebenem Speicher

```
=787= HEAP SUMMARY:
```

```
=787=      in use at exit: 5 bytes in 1 blocks
```

```
=787=    total heap usage: 1 allocs, 0 frees, 5 bytes allocated
```

- Bei Programmende sind noch ein Speicherbereich (Blöcke) belegt
- Während der Programmausführung wurde einmal `malloc()` und kein mal `free()` aufgerufen
- Mit Hilfe der Option `-leak-check=full -show-reachable=yes` wird angezeigt, wo der Speicher angelegt wurde, der nicht freigegeben wurde.

```
=799= 5 bytes in 1 blocks are definitely lost in loss record 1
```

```
=799=    at 0x48DAF50: malloc (vg_replace_malloc.c:236)
```

```
=799=    by 0x8048576: test_malloc (test.c:52)
```

```
=799=    by 0x80484A8: main (test.c:22)
```

- In Zeile 52 wurde der Speicher angefordert
- Im Quellcode stellen identifizieren, an denen `free()`-Aufrufe fehlen



## ■ Auffinden uninitialisierten Speichers

```
=799= Use of uninitialised value of size 4
=799=   at 0x4964316: _itoa_word (_itoa.c:195)
=799=   by 0x4967C59: vfprintf (vfprintf.c:1616)
=799=   by 0x496F3DF: printf (printf.c:35)
=799=   by 0x8048562: test_int (test.c:48)
=799=   by 0x8048484: main (test.c:15)
```

- In Zeile 48 wird auf uninitialisierten Speicher zugegriffen
- Mit Hilfe der Option `-track-origins=yes` wird angezeigt, wo der uninitialisierte Speicher angelegt wurde

```
=683= Use of uninitialised value of size 4
=683=   at 0x4964316: _itoa_word (_itoa.c:195)
=683=   by 0x4967C59: vfprintf (vfprintf.c:1616)
=683=   by 0x496F3DF: printf (printf.c:35)
=683=   by 0x8048562: test_int (test.c:48)
=683=   by 0x8048484: main (test.c:15)
=683=   Uninitialised value was created by a stack allocation
=683=   at 0x804846A: main (test.c:10)
```



- Spezialfall: Zugriff auf uninitialisierten Speicher bei Bedingungsprüfungen

```
=683= Conditional jump or move depends on uninitialised value(s)
=683=   at 0x48DC0E7: __GI_strlen (mc_replace_strmem.c:284)
=683=   by 0x496886E: vfprintf (vfprintf.c:1617)
=683=   by 0x496F3DF: printf (printf.c:35)
=683=   by 0x8048562: test_int (test.c:48)
=683=   by 0x8048484: main (test.c:15)
```



# Agenda

---

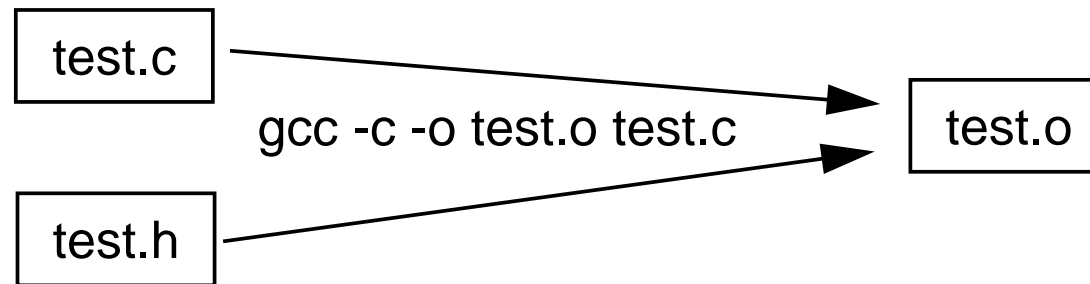
- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren
- 3.5 Haupteingang nach Walhall
- 3.6 make**
- 3.7 Aufgabe 2: wsort
- 3.8 Gelerntes Anwenden





# Make – Teil 1

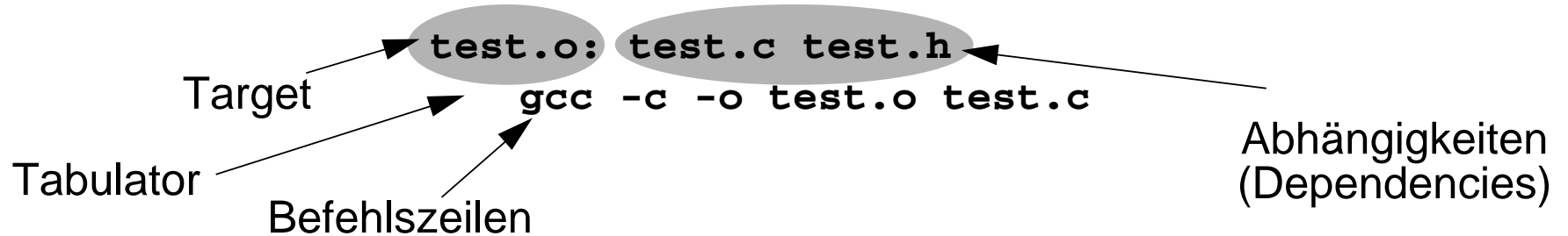
- Grundsätzlich: Erzeugung von Dateien aus anderen Dateien
  - für uns interessant: Erzeugung einer .o-Datei aus einer .c-Datei



- Ausführung von *Update*-Operationen (auf Basis der Modifikationszeit)



- Regeldatei mit dem Namen Makefile



- Target (was wird erzeugt?)
    - erzeugt gleichnamige Datei
  - Abhängigkeiten (woraus?)
    - kann auch ein Target sein
  - Befehlszeilen (wie?)
- zu erstellendes Target bei make-Aufruf angeben: `make test.o`
    - ohne Target-Abgabe bearbeitet make das erste Target im Makefile



- In einem Makefile können Makros definiert werden

```
SOURCE = test.c func.c
```

- Verwendung der Makros mit `$(NAME)` oder `${NAME}`

```
test: $(SOURCE)  
    gcc -o test $(SOURCE)
```

- Erzeugung neuer Makros durch Konkatination

```
ALLOBSJS = $(OBSJS) hallo.o
```

- Gängige Makros:

- `CC` C-Compiler-Befehl
- `CFLAGS` Optionen für den C-Compiler



# Agenda

---

- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren
- 3.5 Haupteingang nach Walhall
- 3.6 make
- 3.7 Aufgabe 2: wsort**
- 3.8 Gelerntes Anwenden



# Aufgabe 2: wsort

---

- Lernziele
  - Gemeinsames Arbeiten mit SVN
  - Einlesen von der Standardeingabe (`stdin`)
  - Umgang mit dynamischer Speicherverwaltung (`realloc(3)`)
  - Verwendung von Debug-Werkzeugen
- Ausprobieren eures Programmes
  - Beispiel-Eingabedateien in `/proj/i4sp1/pub/aufgabe2`
  - Vergleichen der Ausgabe mit vorgegebenem Binary (→ Gelerntes Anwenden)



# Agenda

---

- 3.1 Subversion – Teil 3
- 3.2 Fehlerbehandlung
- 3.3 Dyn. Speicherverwaltung
- 3.4 Generisches Sortieren
- 3.5 Haupteingang nach Walhall
- 3.6 make
- 3.7 Aufgabe 2: wsort
- 3.8 Gelerntes Anwenden**



## „Aufgabenstellung“

- Makefile zum Testen der Aufgabe 2 (wsort)
- `isort` Programm, welches als Argumente übergebene Zahlen sortiert

