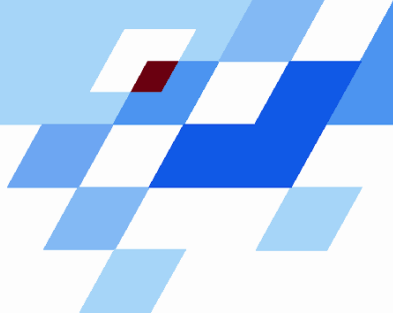


Wintersemester 2006/07

Einführung in die Informatik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

(alias **Einführung in die Programmierung)**

(Vorlesung)

Prof. Dr. Günter Rudolph

Fachbereich Informatik

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Inhalt

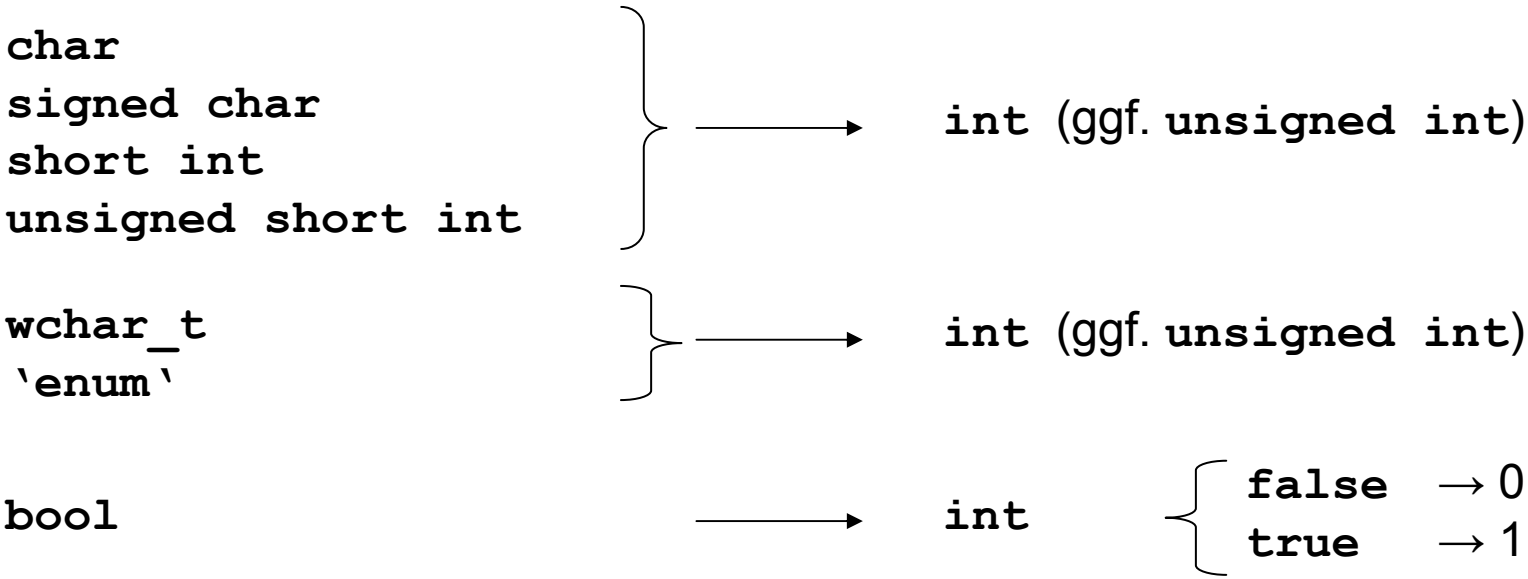
- Exkurs: Typumwandlung (cast)
- Sortieren: Mergesort (auch mit Schablonen)
- Matrixmultiplikation (Schablonen / Ausnahmen)

} heute

Typumwandlung

- ***Automatisch (Promotionen)***

  → das Rechenwerk braucht gleiche Typen für Rechenoperation



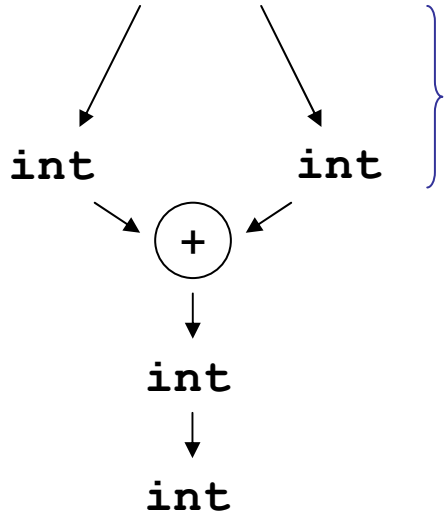
Typumwandlung

- ***Automatisch (Promotionen)***

  → das Rechenwerk braucht gleiche Typen für Rechenoperation

Bsp:

```
char c = 3;
short s = 1024;
int i = c + s;
```



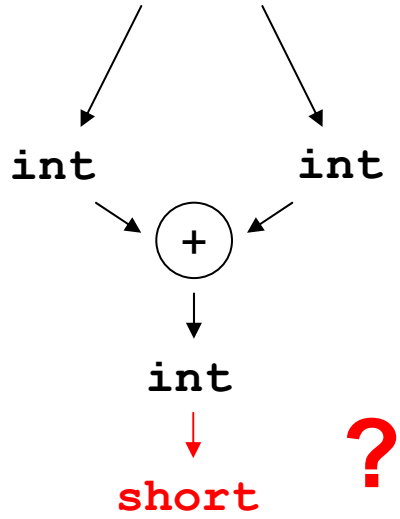
Umwandlung zu `int`

`int` -Addition

Ergebnis: `int`

Zuweisung

```
char c = 3;
short s = 1024;
short i = c + s;
```



?

Typumwandlung

- ***Umwandlungen***
  - Ganze Zahlen
    - Zieltyp **`unsigned`**

      → alle Bits aus der Quelle, die ins Ziel passen, werden kopiert
      → der Rest (höherwertige Bits) wird ggf. ignoriert

```
unsigned char uc = 1023; // binär 11 1111 1111
```

8 bit 10 bit ⇒ **`uc = 255`**

    - Zieltyp **`signed`**

      → Wertübernahme, wenn im Ziel darstellbar; sonst undefiniert!

```
signed char sc = 1023; // plausible Resultate 127 oder -1
```

Typumwandlung

- ***Umwandlungen***
  - Fließkommazahlen
    - **`float`** → **`double`**

      ⇒ passt immer ☑

    - **`double`** → **`float`**

      ⇒ Wertübernahme, wenn im Ziel darstellbar; sonst undefiniert!

    - **`float/double`** → Ganzzahl

      ⇒ Ungenauigkeiten und möglicher Datenverlust

      `int i = 2.6;` → i = 2; `char c = 2.3e8;` → c = -128;

Der Compiler **warnt** vor möglichem Datenverlust!

Warnungen des Compiler **nicht ignorieren**!

Typumwandlung

Trauen Sie nicht **vorbehaltslos** den Ergebnissen des Rechners!

Bsp:

$$333.75\,y^6 + x^2\,(11\,x^2y^2 - y^6 - 121\,y^4 - 2) + 5.5\,y^8 + \frac{x}{2\,y}$$

für $x = 77617\,, \quad y = 33096$

Resultat bei doppelter Genauigkeit (double): -1.18059e+021

→ exakt: ***-54767 / 66192 = -0.827396...***

Typumwandlung

Vorbemerkung:
Die Regeln von C++ garantieren, dass Typfehler unmöglich sind.
Theorie: Wenn Programm sauber kompiliert, dann keine Durchführung von ungültigen / unsauberen Operationen an Objekten.

→ Wertvolle Garantie! → nicht leichtfertig aufgeben!

Aber: explizite Typumwandlung (cast) untergräbt das Typsystem!

explizite Typumwandlung:

C Stil:

```
(T) Ausdruck  // wandelt Ausdruck in den Typ T um
```

mißbilligt (deprecated)

```
T(Ausdruck)   // wandelt Ausdruck in den Typ T um
```

Nicht verwenden!

Explizite Typumwandlung (C++)

- **`const_cast<T>(Ausdruck)`**

  → beseitigt Konstanz von Objekten

- **`dynamic_cast<T>(Ausdruck)`**

  → zum „Downcasten“ bei polymorphen Quelltypen
  → umwandeln in einen abgeleiteten Typ
  → Fehlschlag bei `*` ergibt Nullpointer, bei `&` Ausnahme **`bad_cast`**

- **`reinterpret_cast<T>(Ausdruck)`**

  → verwendet auf niedriger Ebene (Uminterpretation des Bitmusters)
  → Ziel muss mindestens soviele Bits wie Quelle haben, sonst … 💣☠☹

- **`static_cast<T>(Ausdruck)`**

  → zum Erzwingen von impliziten Typumwandlungen

Typumwandlung

Wenn im Code viele Casts notwendig sind,

dann stimmt meistens etwas mit dem Design des Programms nicht!

Wenn im Code ein Cast notwendig ist,

dann die Cast-Operation von C++ verwenden, weil

1. minimale automatische Typprüfung möglich (statisch / dynamisch);
2. man sich mehr Gedanken darüber macht, was man eigentlich tut;
3. für Außenstehende präziser angezeigt wird, was Sie tun.

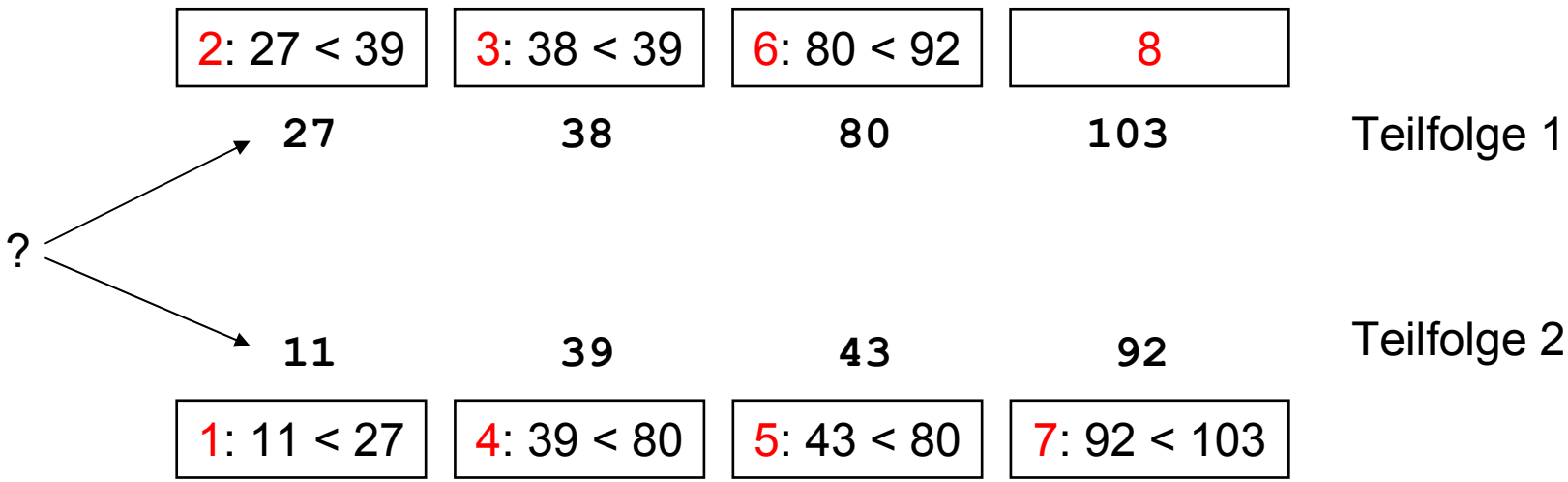
Wenn im Code ein Cast notwendig ist,

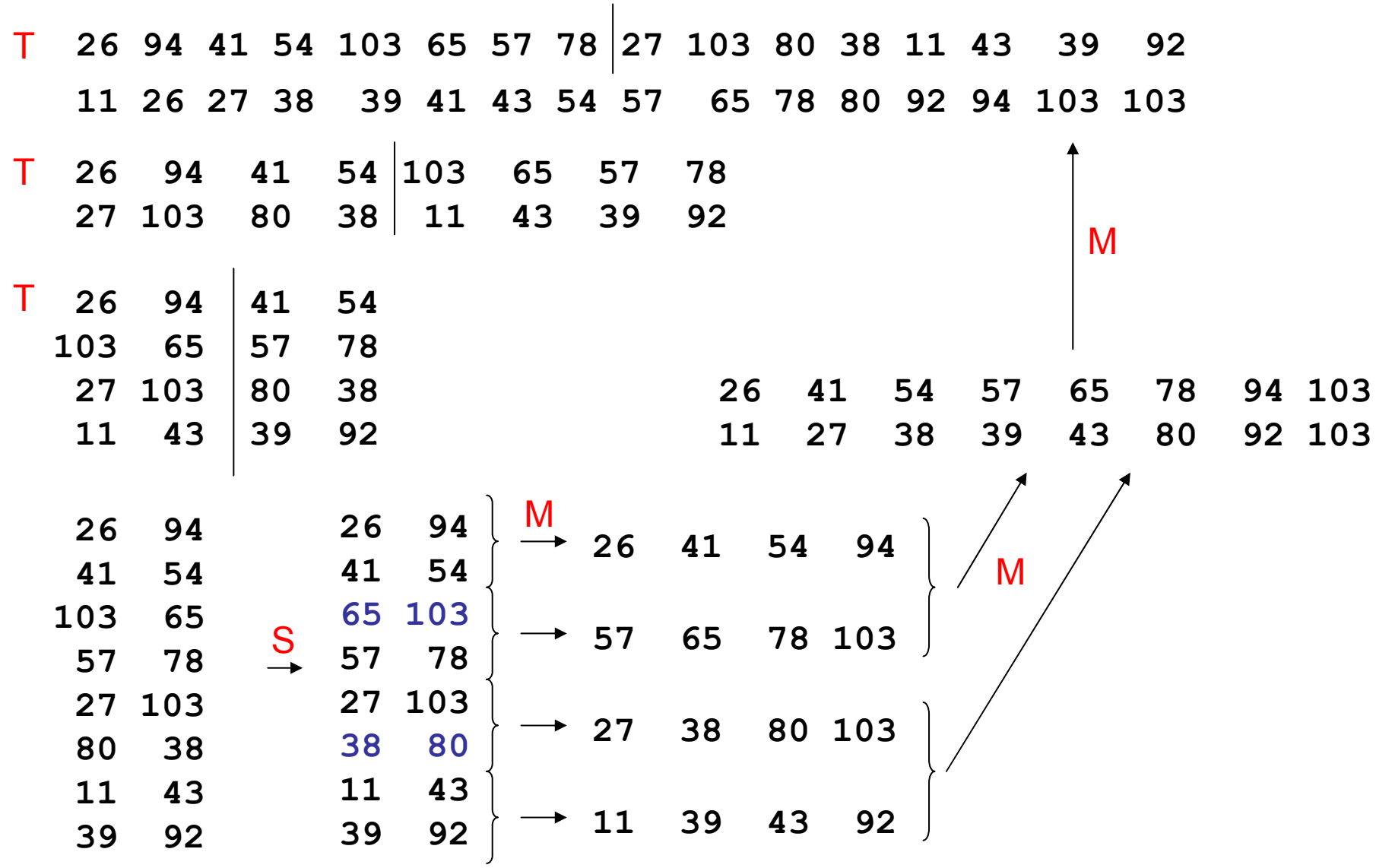
dann die Cast-Operation in einer Funktion verbergen.

Mergesort

Beobachtung:

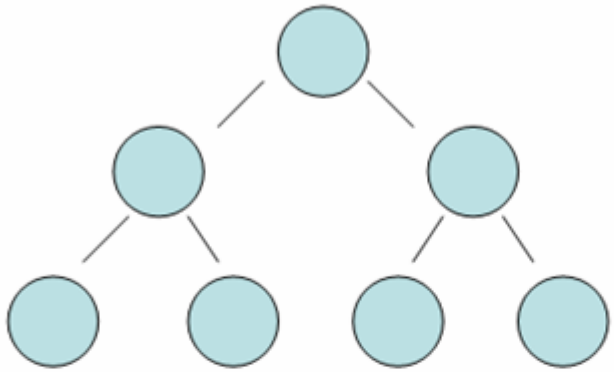
Sortieren ist einfach, wenn man zwei sortierte Teilfolgen hat.




T 26 94 41 54 103 65 57 78 | 27 103 80 38 11 43 39 92
11 26 27 38 39 41 43 54 57 65 78 80 92 94 103 103
T 26 94 41 54 | 103 65 57 78
27 103 80 38 | 11 43 39 92
T 26 94 | 41 54
103 65 | 57 78
27 103 | 80 38
11 43 | 39 92
M
26 41 54 57 65 78 94 103
11 27 38 39 43 80 92 103
26 94
41 54
103 65
57 78
27 103
80 38
11 43
39 92
S
26 94
41 54
65 103
57 78
27 103
38 80
11 43
39 92
M
26 41 54 94
57 65 78 103
27 38 80 103
11 39 43 92
M

Laufzeitanalyse

Annahme: Anzahl Objekte $n = 2^k \Leftrightarrow k = \log_2 n$



2^0 Teilsequenzen	2^k Objekte je Teilsequenz
2^1 Teilsequenzen	2^{k-1} Objekte je Teilsequenz
2^2 Teilsequenzen	2^{k-2} Objekte je Teilsequenz
⋮	⋮
2^{k-1} Teilsequenzen	$\underbrace{2^{k-(k-1)}}_{=2}$ Objekte je Teilsequenz

(a) 2^{k-1} Vergleiche zum Sortieren der 2^{k-1} Paare

(b) auf Ebene e: $(2^{k-e}-1)$ Vergleiche zum Mischen von 2 der 2^e Sequenzen

$\Rightarrow (2^{k-e}-1) * 2^{e-1} = 2^{k-1} - 2^{e-1}$ Vergleiche auf Ebene e = 1, …, k-1

$\Rightarrow 2^{k-1} + (k-1)*2^{k-1} - \text{Summe}(2^{e-1}; 1..k-1) = (k-1)*2^{k-1}+1 < k*2^k = n \log_2 n$

Mergesort

- Eingabe: unsortiertes Feld von Zahlen
- Ausgabe: sortiertes Feld
- Algorithmisches Konzept: „Teile und herrsche“ (*divide and conquer*)
  - Zerlege Problem solange in Teilprobleme bis Teilprobleme lösbar
  - Löse Teilprobleme
  - Füge Teilprobleme zur Gesamtlösung zusammen

Hier:

1. Zerteile Feld in Teilfelder bis Teilproblem lösbar (→ bis Feldgröße = 2)
2. Sortiere Felder der Größe 2 (→ einfacher Vergleich zweier Zahlen)
3. Füge sortierte Teilfelder durch Mischen zu sortierten Feldern zusammen

Mergesort

- Programmentwurf

Annahme:

Feldgröße ist Potenz von 2

1. Teilen eines Feldes → einfach!

2. Sortieren

   a) eines Feldes der Größe 2 → einfach!

   b) eines Feldes der Größe > 2 → rekursiv durch Teilen & Mischen

3. Mischen → nicht schwer!

Mergesort: Version 1

```
void Msort(const int size, int a[]) {
  if (size == 2) {  // sortieren
    if (a[0] > a[1]) Swap(a[0], a[1]);
    return;
  }
  // teilen
  int k = size / 2;
  Msort(k, &a[0]);
  Msort(k, &a[k]);
  // mischen
  Merge(k, &a[0], &a[k]);
}
```

sortieren (einfach)

sortieren durch Teilen & Mischen

```
void Swap(int& a, int& b) {
      int c = b; b = a; a = c;
}
```

Werte vertauschen per Referenz

Mergesort: Version 1

```
void Merge(const int size, int a[], int b[]) {
  int* c = new int[2*size];

  // mischen
  int i = 0, j = 0;
  for (int k = 0; k < 2 * size; k++)
    if ((j == size) || (i < size && a[i] < b[j]))
      c[k] = a[i++];
    else
      c[k] = b[j++];

  // umkopieren
  for (int k = 0; k < size; k++) {
    a[k] = c[k];
    b[k] = c[k+size];
  }
  delete[] c;
}
```

dynamischen Speicher anfordern

dynamischen Speicher freigeben

Mergesort: Version 1

```
void Print(const int size, int a[]) {
  for (int i = 0; i < size; i++) {
    cout << a[i] << "\t";
    if ((i+1) % 8 == 0) cout << endl;
  }
  cout << endl;
}

int main() {
  const int size = 32;
  int a[size];

  for (int k = 0; k < size; k++) a[k] = rand();

  Print(size, a);
  Msort(size, a);
  Print(size, a);
}
```

Hilfsfunktion für Testprogramm

Programm zum Testen

Mergesort: Version 1

Ausgabe:

```
41      18467   6334    26500   19169   15724   11478   29358
26962   24464   5705    28145   23281   16827   9961    491
2995    11942   4827    5436    32391   14604   3902    153
292     12382   17421   18716   19718   19895   5447    21726

41      153     292     491     2995    3902    4827    5436
5447    5705    6334    9961    11478   11942   12382   14604
15724   16827   17421   18467   18716   19169   19718   19895
21726   23281   24464   26500   26962   28145   29358   32391
```

OK, funktioniert für **`int`** … was ist mit **`char, float, double`** … ?

⇒ **Idee:** Schablonen!

Mergesort: Version 2

```
template <class T> void Msort(const int size, T a[]) {
  if (size == 2) {  // sortieren
    if (a[0] > a[1]) Swap<T>(a[0], a[1]);
    return;
  }
  // teilen
  int k = size / 2;
  Msort<T>(k, &a[0]);
  Msort<T>(k, &a[k]);
  // mischen
  Merge<T>(k, &a[0], &a[k]);
}
```

```
template <class T> void Swap(T& a, T& b) {
      T c = b; b = a; a = c;
}
```

Mergesort: Version 2

```
template <class T> void Merge(const int size, T a[], T b[]) {
  T* c = new T[2*size];

  // mischen
  int i = 0, j = 0;
  for (int k = 0; k < 2 * size; k++) {
    if ((j == size) || (i < size && a[i] < b[j]))
      c[k] = a[i++];
    else
      c[k] = b[j++];

  // umkopieren
  for (int k = 0; k < size; k++) {
    a[k] = c[k];
    b[k] = c[k+size];
  }
  delete[] c;
}
```

Mergesort: Version 2

```
template <class T> void Print(const int size, T a[]) { … }
```

```
int main() {
  const int size = 32;

  int a[size];
  for (int k = 0; k < size; k++) a[k] = rand();
  Print<int>(size, a);
  Msort<int>(size, a);
  Print<int>(size, a);

  float b[size];
  for (int k = 0; k < size; k++) b[k] = rand() * 0.01f;
  Print<float>(size, b);
  Msort<float>(size, b);
  Print<float>(size, b);
}
```

Konstante vom Typ `float` (nicht `double`)

Mergesort: Version 2

Ausgabe:

```
41      18467   6334    26500   19169   15724   11478   29358
26962   24464   5705    28145   23281   16827   9961    491
2995    11942   4827    5436    32391   14604   3902    153
292     12382   17421   18716   19718   19895   5447    21726

41      153     292     491     2995    3902    4827    5436
5447    5705    6334    9961    11478   11942   12382   14604
15724   16827   17421   18467   18716   19169   19718   19895
21726   23281   24464   26500   26962   28145   29358   32391

147.71  115.38  18.69   199.12  256.67  262.99  170.35  98.94
287.03  238.11  313.22  303.33  176.73  46.64   151.41  77.11
282.53  68.68   255.47  276.44  326.62  327.57  200.37  128.59
87.23   97.41   275.29  7.78    123.16  30.35   221.9   18.42

7.78    18.42   18.69   30.35   46.64   68.68   77.11   87.23
97.41   98.94   115.38  123.16  128.59  147.71  151.41  170.35
176.73  199.12  200.37  221.9   238.11  255.47  256.67  262.99
275.29  276.44  282.53  287.03  303.33  313.22  326.62  327.57
```