Zeiger und Iteratoren

`const` (Zeiger)	**kein Schreibzugriff** auf das Objekt

```
int a = 5;
int b = 8;

const int* ptr = &a;
*ptr = 3; // NOT valid (write to object)
ptr = &b; // valid (write to pointer (i.e. switch object))
```

Iterator (auf Vektor)	**Iterieren** über einen Vektor.

Im Folgenden wird nur auf die Unterschiede zum Zeiger (auf Array) eingegangen. Die restliche Bedienung erfolgt gleich.

Erfordert: `#include <vector>`

Wichtige Befehle (gelte `std::vector<int> a (6);`):

Definition: `std::vector<int>::iterator itr = ...;`
Iterator auf `a[0]`**:** `a.begin()`
Past-the-End-Iterator: `a.end()`

Anstelle des `...` in der Definition eines Iterators müssen andere Iteratoren stehen (z.B. `a.begin()`).

Vektoren unterstützen **keine *automatische* Konvertierung** zu einem Iterator auf das Element mit Index `0`:

```
int* ptr = arr; // Works ONLY if arr is ARRAY!
std::vector<int>::iterator itr = vec.begin(); // for VECTORS
```

Dafür haben Vektoren im Gegensatz zu Pointern einen bequemen Schnellzugriff auf den Past-the-End-Iterator: `a.end()`

(...)

(...)

```
// Same example as for arrays, but now for vectors.
// To avoid the lengthy lines see entry on typedef.

// Read 6 values into a vector
std::cout << "Enter 6 numbers:\n";
std::vector<int> a (6);
for (std::vector<int>::iterator i = a.begin(); i < a.end(); ++i)
    std::cin >> *i; // read into object of iterator

// Output:   a[0]+a[3],  a[1]+a[4],  a[2]+a[5]
for (std::vector<int>::iterator i = a.begin(); i < a.begin()+3; ++i) {
    assert(i+3 < a.end()); // Assert that i+3 stays inside.
    const int sum = *i + *(i+3);
    std::cout << sum << ",  ";
}
```

`const` (Iterator)	**kein Schreibzugriff** auf das Objekt

Vorsicht: Einen `const`-Iterator erzeugt man mittels
`std::vector<int>::const_iterator ...`
und **nicht** mittels
`const std::vector<int>::iterator ...`

Die zweite Version erzeugt einen Iterator, den man nicht herumschieben kann. In dieser Vorlesung gehen wir aber nur auf die Iteratoren näher ein, welche den Schreibzugriff auf das Objekt verbieten (erste Variante oben).

```
std::vector<int> a (6, -8); // a is: -8 -8 -8 -8 -8 -8

std::vector<int>::const_iterator itr = a.begin() + 3;
*itr = 4;        // NOT valid
itr = a.begin(); // valid (itr now points to a[0])
```

Datentypen

`typedef old new;`	Lange **Datentyp-Namen verkürzen**.

```
// Same example as for vectors, but now using typedef:
typedef std::vector<int> Vec;
typedef std::vector<int>::iterator Vit;

// Read 6 values into a vector
std::cout << "Enter 6 numbers:\n";
Vec a (6);
for (Vit i = a.begin(); i < a.end(); ++i)
    std::cin >> *i; // read into object of iterator

// Output:   a[0]+a[3],  a[1]+a[4],  a[2]+a[5]
for (Vit i = a.begin(); i < a.begin()+3; ++i) {
    assert(i+3 < a.end()); // Assert that i+3 stays inside.
    const int sum = *i + *(i+3);
    std::cout << sum << ",  ";
}
```

`set`	Datentyp für **Mengen** (jedes Element kommt nur einmal vor).

Erfordert: `#include <set>`

Wichtige Befehle (Sei `b = some_vec.begin(); e = some_vec.end();`):

Definition: `std::set<int> my_set (b, e);`
(Initialisiert `my_set` mit den Werten im Bereich `[b,e)`.)

Die **Iteratoren** der `set`s funktionieren wie die Iteratoren der Vektoren, **aber:**

Keine: `[], +, -, <, >, <=, >=, +=, -=`
Zum **Verschieben** nur: `++..., ...++, --..., ...--, =`
Zum **Vergleichen** nur: `==, !=`

(...)

(...)

```
// Determine All Occurring Numbers
std::cout << "Enter 100 numbers:\n";
std::vector<int> nbrs (100);
for (int i = 0; i < 100; ++i)
    std::cin >> nbrs[i];

std::set<int> uniques (nbrs.begin(), nbrs.end());

// Output
typedef std::set<int>::iterator Sit;
for (Sit i = uniques.begin(); i != uniques.end(); ++i)
    std::cout << *i << "  ";

// This does not work:
for (int i = 0; i < uniques.end() - uniques.begin(); ++i)
    std::cout << uniques[i];
```

Standard-Funktionen auf Arrays, Vektoren, Sets, Strings, ...

`std::fill(b, p, val)`	Wert `val` in einen **Bereich** `[b,p)` **einlesen**

Erfordert: `#include <algorithm>`

```
// Goal: Generate vector: 4 4 4 2 2
std::vector<int> vec (5, 4);              // vec: 4 4 4 4 4
std::fill(vec.begin()+3, vec.end(), 2);   // vec: 4 4 4 2 2
```

`std::find(b, p, val)`	`val` **suchen** im Bereich `[b,p)`

Erfordert: `#include <algorithm>`

Zurückgegeben wird ein **Iterator** auf das *erste* gefundene Vorkommnis.

Wenn `std::find` nicht fündig wird, gibt es den Past-the-End-Iterator `p` zurück. (Beachte: Past-the-End ist bezüglich Bereich `[b,p)` gemeint.)

(...)

(...)

```
typedef std::vector<int>::iterator Vit;
std::vector<int> vec = {8, 1, 0, -7, 7};

// Goal: Find index of -7 in vec: 8 1 0 -7 7
Vit pos_itr = std::find(vec.begin(), vec.end(), -7);
std::cout << (pos_itr - vec.begin()) << "\n"; // Output: 3
```

`std::min_element(b, p)`	**Iterator auf Minimum** im Bereich `[b,p)`

Erfordert: `#include <algorithm>`

Wenn das Minimum nicht eindeutig ist, so wird ein Iterator auf das erste Vorkommnis zurückgegeben.

```
// Goal: Make sure that all inputs are > 0
std::vector<int> vec (10);
for (int i = 0; i < 10; ++i)
    std::cin >> vec[i];

assert( *std::min_element(vec.begin(), vec.end()) > 0 );
    // Note: We have to dereference the (r-value-)iterator.
```

Operatoren

`&`	**Adressoperator** siehe: Adresse auslesen (unter `Zeiger (generell)`)

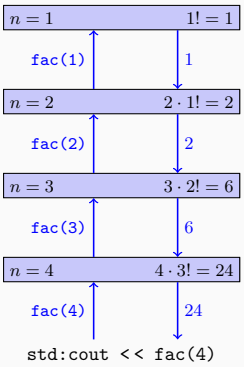
Präzedenz: 16 und Assoziativität: `rechts`

`*`	**Dereferenz-Operator** siehe: Zugriff auf Objekt (unter `Zeiger (generell)`)
Präzedenz: 16 und Assoziativität: `rechts`	

Funktionen

`Rekursion`	**Selbstaufruf** einer Funktion

Jeder rekursive Funktionsaufruf hat seine eigenen, unabhängigen Variablen und Argumente. Dies kann man sich sehr gut anhand des in der Vorlesung gezeigten Stacks vorstellen (`fac` ist im Beispiel unten definiert):




```
// POST: return value is n!
unsigned int fac (const unsigned int n)
{
    if (n <= 1) return 1;
    return n * fac(n-1); // n > 1
}
```