## 1 EXPRESSIONS & OPERATORS

**Expressions**: repräsentieren Berechnungen, haben Typ und Wert, entweder primär oder zusammengesetzt (mit Operatoren).

**Literale**: konstanter Wert, fester Typ. `42u`, `3.14f`, `"bruh"`

| L-Wert | R-Wert |
|---|---|
| Identifiziert Speicherplatz (Adresse!) | Jeder L-Wert kann als R-Wert benutzt werden |
| Kann Wert ändern (z.B. Zuweisung) | Kann Wert nicht ändern |
| Bsp.: Variable | Bsp.: Literal |

Operators: `R*R`, `!R`, `L=R`, `L+=R`, `++L`, `L++`, `L>>L`, `L<<R`

| Operator | Prec. | A |
|---|---|---|
| `::` | 17 | L |
| `a++, f(), v[], o.m, p->n` | 16 | L |
| `--a, -a, !, ~, (cast), *p, &a, new, delete` | 15 | R |
| `*, /, %` | 13 | L |
| `a+b, a-b` | 12 | L |
| `<, <=, >, >=` | 9 | L |
| `==, !=` | 8 | L |
| `&, ^, \|` | 7, 6, 5 | L |
| `&&, \|\|` | 4, 3 | L |
| `=, +=, -=, *=, /=, %=, &=, ^=, \|=` | 2 | R |

Jede Expression kann eindeutig geklammert werden (→ Baum)

**Short-circuit evaluation**: Bei `&&` und `||` wird die rechte Seite nicht mehr ausgewertet, falls das Ergebnis schon nach der linken Auswertung feststeht. Bsp.: Division durch Null vermeiden:

```
b != 0 && a/b < c
```

**Richtlinie**: Vermeide das Verändern von Variablen, welche im selben Ausdruck noch einmal verändert werden! `(a*(a=2))`

**Modulo**: Es gelten $(-a)/b = -(a/b)$ und $(a/b) \cdot b + a\%b = a$.

## 2 ZAHLENSYSTEME/-TYPEN

» Conversion: `char/bool < int < uint < float < double`

» Conversion: `bool` → `int` ok; `int` → `bool` möglich, aber bad practice (alles ausser 0 entspricht `true`).

» Ein Overflow verursacht keine Warnung/Fehlermeldung!
Overflow detection von $a+b$: `a < (int_max - b)`

» Präfixe: `0b` binär; `0x` hexadec; `0` oktal(!)

```
std::cout << 077; // 63₁₀ (= 77₈)
```

**int**:

» signed = $[-2^{31}, 2^{31}-1]$; max = 2'147'483'647

» unsigned = $[0, 2^{32}-1]$; max = 4'294'967'295

» size = 4 Bytes = 32 Bits

» Zweierkomplement: 1 Vorzeichen-Bit (1 = negativ)
Umrechnung: Bits invertieren, dann 1 addieren
Bsp.: 6 → -6: 0110 → 1001 + 1 = 1010

**char**:

» signed = $[-2^7, 2^7-1]$; max = 127

» unsigned = $[0, 2^8-1]$; max = 255

» size = 1 Bytes = 8 Bits

» repräsentiert normalerweise Buchstaben (nach Ascii)

**float/doubles**:

» $F(\beta, p, e_{\min}, e_{\max})$ enthält die Zahlen $\pm d_0.d_1 \ldots d_{p-1} \cdot \beta^e$, wobei $d_i \in \{0, \ldots, \beta-1\}$ und $e \in \{e_{\max}, \ldots, e_{\min}\}$.

» $p$ = Stellenzahl inkl. Stelle vor Punkt! $p \geq 1$

» Menge der normalisierten Zahlen ($d_0 \neq 0$)
$|F^*(\beta, p, e_{\min}, e_{\max})| = 2 \cdot (\beta-1) \cdot \beta^{p-1} \cdot (e_{\max} - e_{\min} + 1)$

» Normalisierte Darstellung ist eindeutig!

» 0 sowie $x < \beta^{e_{\min}}$ haben keine normalisierte Darstellung

» Arithmetische Operatoren runden exaktes Ergebnis auf nächste darstellbare Zahl!

» Float: $F^*(2, 24, -126, 127)$ (4 Bytes)

» Double: $F^*(2, 53, -1022, 1023)$ (8 Bytes)

» Konvertiere Dezimalzahl in die normalisierte Darstellung, runde auf die nächste darstellbare Zahl (p Bits), setze Exponenten (innerhalb des erlaubten Intervalls)
Sei $F^*(2, 4, -3, 3)$ und $|F^*| = 112$
$3.1416_{10} \Rightarrow 1.101_2 \cdot 2^1 \Rightarrow 3.25_{10}$ (Rundungsfehler: 0.1084)

| hex | bin | dec | hex | bin | dec |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0000 | 0 | 8 | 1000 | 8 |
| 1 | 0001 | 1 | 9 | 1001 | 9 |
| 2 | 0010 | 2 | a | 1010 | 10 |
| 3 | 0011 | 3 | b | 1011 | 11 |
| 4 | 0100 | 4 | c | 1100 | 12 |
| 5 | 0101 | 5 | d | 1101 | 13 |
| 6 | 0110 | 6 | e | 1110 | 14 |
| 7 | 0111 | 7 | f | 1111 | 15 |

**Primzahltest** (n = Input):

```
unsigned int d;
for(d = 2; n%d != 0; ++d);
bool is_prime = (n == d);
```

**Dec2bin** (x ganze Zahl)

```
for (p = 1; p <= x / 2; p *= 2); // 2^p <= x
for (; p != 0; p /= 2) {
 if (x >= p) {
  std::cout << "1";
  x -= p; }
 else std::cout << "0"; }
```

**Dec2bin** ($0 < x < 2$; float/double)

```
for (int b_0; x != 0; x = 2 * (x - b_0)) {
 b_0 = (x >= 1);
 std::cout << b_0; } // d₀.d₁-dₙ
```

| | | |
|---|---|---|
| 1.25 | − 1 | $d_0 = 1$ |
| $0.25 \cdot 2 = 0.5$ | − 0 | $d_1 = 0$ |
| $0.5 \cdot 2 = 1$ | − 1 | $d_2 = 1$ |
| 0 | | $\Rightarrow 1.25_{10} = 1.01_2$ |

**Regeln**:

» Teste keine gerundeten Fliesskommazahlen auf Gleichheit!

```
if ((x - y) > 0) return ((x - y) < tol);
else return ((y - x) < tol);
```

» Addiere keine zwei Zahlen sehr unterschiedlicher Grösse!

» Subtrahiere keine zwei Zahlen sehr ähnlicher Grösse!

## 3 Variablen & andere Datentypen

**Scopes** {…}: Deklaration einer Variable nach aussen unsichtbar.

**Shadowing**: Variable in einem inneren Scope kann gleich heissen wie eine ausserhalb und wird nicht «verwechselt».

```
int i = 2;
for (int i = 0; i < 4; ++i) cout << i; // 0123
cout << i; // 2
```

**Referenztypen `T&`**

» Gleicher Wertebereich, gleiche Funktionalität, aber andere Initialisierung (&L = L) und Zuweisung (Synonym/Alias)

» const-Referenz: Read-only Reference auf ein Objekt

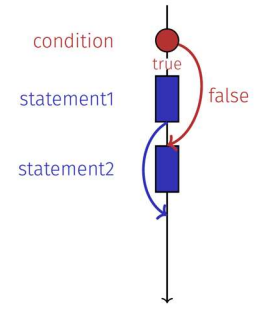
```
int n = 5; // original
int& rw = n; // read-write alias
const int& r = n; // read-only alias
```

**Richtlinien**:

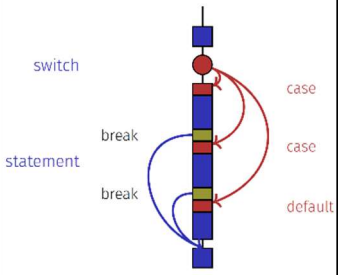
» Wo überall möglich `const` verwenden. Ein Programm, das diese Regel befolgt, heisst `const`-korrekt.

» Wenn man eine Referenz erzeugt, muss das Objekt, auf das sie verweist, mind. so lange leben wie die Referenz selbst. *Besonders aufpassen bei return-by-reference-Funktionen.*

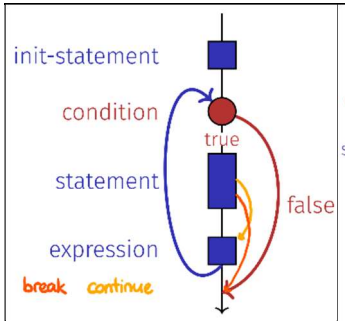
## 4 Strukturierung: Loops und Verzweigungen



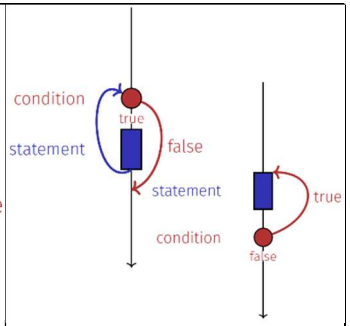

```
if(cond) stmt;
else stmt;
```




```
switch(expr) {
 case x: stmt; break;
 default: stmt; }
```




```
for(init; cond; expr)
 stmt;
```




```
while(cond) stmt;
do{stmt} while(cond);
```

Achtung: `switch` führt alle Statements bis zum nächsten `break` aus («Durchfallen»).

## 5 Funktionen

» **Precondition** so offen wie möglich formuliert, "$\mathbb{D}$"

» **Postcondition** so stark wie möglich formuliert, "$\mathbb{W}$"

» Pre-/Postconditions können mit **assertions** überprüft werden. (`#include<cassert>`, dann `assert(cond);`)

» Non-void Funktion müssen immer ein return-Stmt. erreichen!

» Mit `return;` kann man eine void-Funktion abbrechen.

» Funktionsaufruf ist ein R-Wert, ausser bei `T&`-Funktionen

» **Pass by value**: Argument wird mit Wert initialisiert → Kopie

» **Pass by reference**: Argument wird mit Adresse (als L-Wert) initialisiert → Alias

» **Return by reference**: Aufpassen mit Lebensdauer (→ Richtlinie Kapitel 3)

» **Const**: const-Objekte dürfen nur const-Funktionen aufrufen.

  » `int getX() const { return x; }` Memberfunktion verändert das Objekt (implizites Argument 'this') nicht.

  » `void f(const T& arg) { ... }` Funktion verändert Argument nicht

**Overloading**:

Funktion ist bestimmt durch Namen, Typen, Anzahl und Reihenfolge der Argumente.

```
int pow(int b, int e) {…}
int pow(int e) { return pow(2, e); }
```

Der Compiler wählt beim Aufruf die am besten passende Funktion.

**Operator-Overloading**:

```
rational operator+ (rational a, rational b)
 { return {a.n*b.d + a.d*b.n, a.d*b.d}; }
rational operator- (rational a)
 { a.n = -a.n; return a; }
bool operator== (rational a, rational b)
 { return a.n * b.d == a.d * b.n; }
rational& operator+= (rational& a, rational b)
 { a = a+b; return a; }
std::ostream& operator<< (std::ostream& out,
 rational r)
 { return out << r.n << "/" << r.d; }
std::istream& operator>> (std::istream& in,
 rational& r) // Input format: "n/d"
 { char c; return in >> r.n >> c >> r.d; }
rational& rational::operator++ () // pre-inc
 { n += d; return *this; }
rational rational::operator++ (int dummy)
 { rational tmp = *this; ++*this;
   return tmp; // return old value }
```

Achtung: Increment-Operatoren müssen Memberfunktionen der Klasse sein! Andere Operatoren können auch Member sein.

## 6 Rekursion & EBNF

**Rekursion**:

» Voraussetzung für Terminierung

  » Base case (Abbruchbedingung)

  » Fortschritt der Variable in Richtung base case pro Iteration

Beispiel:

```
int gcd(int a, int b) {
 if(b == 0) return a; // base case
 return gcd(b, a%b); }
```

**EBNF**:

Definiert Gültigkeit einer formalen Grammatik

| | |
|---|---|
| `... \| ...` | Alternative (OR) |
| `{...}` | Repetition (beliebig oft oder gar nie) |
| `[...]` | Repetition (max. 1x) |
| `... = ...` | Definition (endet mit `.`) |
| `"..."` | Enthält terminales Symbol |

Beispiel:

```
digit  = "0" | "1" | ... | "9".
number = digit { digit }.
factor = number | "(" expr ")" | "-" factor.
term   = factor { "*" factor | "/" factor }.
expr   = term { "+" term | "-" term }.
```

Parsing:

» Regeln werden zu Funktionen
» Alternativen/Optionen werden zu if-Statements
» Nichtterminale Symbole auf der rechten Seite werden zu Funktionsaufrufen
» Optionale Repetitionen werden zu while Anweisungen

EBNF Helpers:

» `peek(is)`: returns next char of stream without consuming it.
» `lookahead(is)`: returns next non-whitespace char of stream without consuming it.
» `consume(is, c)`: consumes next char of stream and returns true if said char is equal to c.

Beispiel:

```
Hamburger = Bun { Onions } Patties [Salad] Bun
Salad = "S" "A".
Patties = "P" { "P" }.
Onions = "O" "O" "O" { Onions }.
Bun = "B".

bool Bun(std::istream& is) {
 return consume(is, 'B'); }
bool Patties(std::istream& is) {
 if (consume(is, 'P')) {
  while (lookahead(is) == 'P' &&
   consume(is, 'P'));
  return true; }
 return false; }
bool Onions(std::istream& is) {
 if (consume(is, 'O')) {
  unsigned int count = 1;
  while (lookahead(is) == 'O'
   && consume(is, 'O')) ++count;
  return count % 3 == 0; }
 return false; }
bool Salad(std::istream& is) {
 if(lookahead(is) == 'S' && consume(is, 'S')
  return (lookahead(is) == 'A' &&
   consume(is, 'A');
 return true; }
bool Hamburger(std::istream& is) {
 if (Bun(is)) {
  if (lookahead(is) == 'O' && !Onions(is))
   return false;
  if (!(Patties(is) && Bun(is)))
   return false;
  return !lookahead(is); }
 return false; }
```

## 7 Pointer

» `T* ptr = &var;`

```
int  i = 5;
int* p = &i; // Adresse von i
int  j = *p; // j = 5
```

» `*` zeigt an, dass es sich um einen Pointer handelt, und ist zugleich auch Dereferenzierungsoperator
» `&var` gibt die Adresse von `var`.
» `v[i]` Index-Operator, retourniert L-Wert
» `p->n == (*p).n`

**Const-Madness**:

» `const T var` ⇔ `T const var` (gilt auch für `T&`)
» Deklaration von rechts nach links lesen:

| | |
|---|---|
| `int const p1;` | p1 konstanter Int |
| `int const* p2;` | p2 Pointer auf konst. Int |
| `int* const p3;` | p3 konst. Pointer auf Int |
| `int const* const p4;` | p4 konst. Pointer auf konst. Int |

» `const` ist nicht absolut:

```
int a = 5;
const int* p1 = &a; int* p2 = &a;
*p1 = 2; // Fehler
*p2 = 2; // ok, obwohl *p1 verändert wird
```

## 8 Vektoren, Arrays, Linked Lists etc.

**std::vector**:

» `#include <vector>`
» `std::vector<T> name(length, init_val);`
» `std::vector<T> name = {1, 2, 3};`
» Wahlfreier Zugriff
  » `vec[i]` gibt L-Wert zurück, deshalb ist eine Zuweisung `v[i] = 2;` möglich.
  » `vec[i]` gibt keine Warnung bei out of border
  » `vec.at(i)` gibt Warnung bei out of border
  » Iteration: `for(int i = 0; i < 3; ++i) cout << v[i];` Ineffizient: erfordert pro Zugriff Multiplikation + Addition
» Sequenzieller Zugriff
  » `for(int* it = p; it != p+3; ++it) cout << *it;` Effizient: erfordert nur eine Addition pro Zugriff
» Matrix/Multidimensionaler Vektor ist ein Vektor vom Typ Vektor: `std::vector<std::vector<T>>`
  » Zugriff mit `v[i][j]` oder `v.at(i).at(j)`
  » Jede Zeile ist ein separater Vektor ⇒ nicht jede Zeile hat gleich viele Spalten, Zeilen können auch 0 Spalten haben!
  » Datentyp abkürzen:
  `using imat = std::vector<std::vector<int>>;`
» Memberfunktionen: size, push_back, begin, end, pop_back, insert, reverse, swap

**std::string**:

» `#include <string>`
» Statt `std::vector<char>` gibt es `std::string`
» `std::string s(n, 'a')` s wird mit $n$ a's gefüllt
» Zeichen auslesen mit `s[i]` oder `s.at(i)`, `s[0] = 'a';`

» Operationen:
```
s+= "asdf";
s = s1 + s2; // geht nur mit Variablen, nicht mit Literalen
```
» `.length()` statt `.size()` möglich

**Dynamisches Array**:
» `T* p = new T[n];`
» `int* p = new int[3]{1, 2, 3};`
» Zugriff auf Elemente mit Index-Operator
» Konvention: Übergabe eines Arrays durch zwei Pointer: `begin` zeigt auf erstes Element, `end` zeigt hinter das letzte Element (past-the-end). Array ist leer, falls `begin == end`.

**Linked List**:
» Vorteil: Dynamisches Speichermanagement: Elemente können überall eingefügt/gelöscht werden, Grösse veränderbar
» Nachteil: Kein zusammenhängender Speicherbereich, kein wahlfreier Zugriff
» Einzelne Komponenten sind nodes mit value und Pointer zum nächsten Element (`struct llnode`) (muss mit `new` alloziert werden, damit ein node nicht direkt wieder gelöscht wird!)
» Gesamter Vektor (`class llvec`, s.u.) besteht aus einem Pointer zum ersten Element und versch. Memberfunktionen (Konstruktoren, push_front/push_back, pop, insert, size, print, versch. Operatoren etc.)

**Container**:
» `std::unordered_set<T>`: ungeordnete, duplikatfreie Menge
» `std::set<T>`: geordnete (z.B. alphabetisch, wenn T = std::string), duplikatfreie Menge (Rot-Schwarz-Baum)

**Iterator**:
» Sollten für jeden Container implementiert werden
» Container `c`:
  » `it = c.begin()`: Iterator auf 1. Element
  » `it = c.end()`: Past-the-end Iterator
  » `*it`: Zugriff auf akutelles Element
  » `++it`: Iterator um ein Element verschieben
» C++-Standardfunktionen (find, fill, sort etc.) funktionieren so auf beliebigen Containern, die Iterator implentiert haben.
» Eigener Iterator muss Operatoren `*`, `++`, `!=` implementiert und Funktionen `begin()` und `end()` implementiert haben.
  » `iterator`: public subclass des Containers

Implementierung:
```
class llvec {
public:
 class iterator {
  llnode* node;
 public:
  iterator(llnode* n) : node(n) {}
  iterator& operator++() {
   this->node = this->node->next;
   return *this; }
  int& operator*() const {
   return this->node->value; }
  bool operator!=(const iterator& it2) const {
   return this->node != it2.node; }
 };
 iterator begin() {
  return iterator(this->head); }
 iterator end() {
  return iterator(nullptr); } };
```

## 9 Structs/Classes

» Class: standardmässig alles private
» Struct: standardmässig alles public
» Memberfunktionen: Deklaration innerhalb Klasse, Definition ausserhalb: `T className::funcName(...) {...}`
  » Zugriff: `obj.memberfunc()`
» **Konstrukor `T()`**
  » Spezielle Memberfunktion, wird bei Variablendeklaration aufgerufen, hat denselben Namen wie die Klasse
  » Muss public sein!
  » Default-Konstruktor: Verhindert undefiniertes Verhalten, indem er jeder Variable bei der Deklaration einen (neutralen) Wert zuweist (z.B. 0). Alternative: Default-Konstruktor löschen, so dass keine Variable uninitialisiert bleiben darf (`rational() = delete;`).
» **Destruktor `~T()`**
  » Eindeutige Memberfunktion, wird automatisch aufgerufen, wenn die Lebensdauer eines Klassenobjekts endet, z.B. bei delete oder am Ende eines Scopes.
  » Falls kein Destruktor deklariert ist, wird er automatisch erzeugt und ruft die Destruktoren für Membervariablen auf. Im Fall von Pointern kann das zu memory leaks führen!
» **Copy-Konstruktor `T(const T& x)`**
  » Eindeutiger Konstruktor, wird aufgerufen, wenn Werte vom Typ T mit Werten vom Typ T initialisiert werden.
    » `T x = t;` (t vom Typ T)
    » `T x (t);`
    » Geht nicht: `T x; x = t;` (op= müsste überladen werden)
  » Falls kein Copy-Konstruktor deklariert ist, wird er automatisch erzeugt und initialisiert memberweise, was bei Pointern zu Problemen führen kann!
  » Überladung `operator=` als Memberfunktion *copy and swap idiom* (siehe unten)
» Mindestfunkionalität eines dynamischen Datentyps
  » Konstruktor(en)
  » Destruktor
  » Copy-Konstruktor
  » Zuweisungsoperator
» **Dreierregel**: Definiert eine Klasse eines davon, muss sie auch die anderen zwei definieren!

Initialisierung:
```
rational s; // Member-Variablen unintialisiert
rational t = {1, 5}; // Memberweise Init.
rational u = t; // Memberweise Kopie
t = u; // Memberweise Kopie
rational v = u + t; // Memberweise Kopie
```

**new/delete**:
» Mit `new` erzeugte Objekte haben eine dynamische Lebensdauer: Sie leben, bis sie explizit mit `delete` gelöscht werden.
» `delete` ohne `new` verursacht einen Laufzeitfehler:
```
int* n = &var;
delete n; // Laufzeitfehler
```
» `delete[] expr;` deallociert ein mit new erzeugtes Array sein. expr muss ein `T*` sein, der auf das Array zeigt.

**Richtlinie**: Zu jedem `new` gibt es ein passendes `delete`!

**Achtung**: Dereferenzieren eines «dangling pointers»:

```
rational* t = new rational;
rational* s = t;
delete s;
int n = t->n; // t zeigt auf freigegebenen Speicher!
```

Mehrfaches Deallozieren eines Objekts mit `delete` ist ein ähnlich schwerer Fehler!

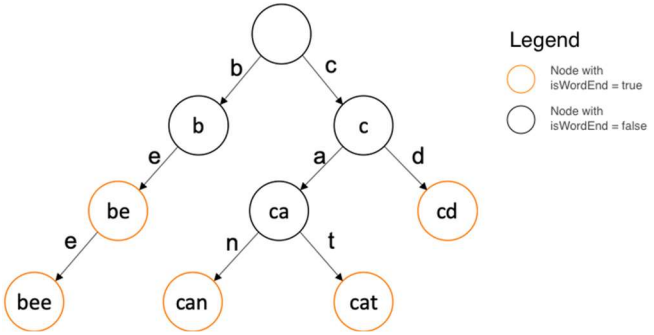
Implementierung `llvec`:

```
struct llnode {
 int value;
 llnode* next;
 llnode(int v, llnode* n) : value(v),
  next(n) {} };
class llvec {
 llnode* head;
public:
 // default constructor
 llvec() : head(nullptr) {}
 // constructor
 llvec(unsigned int i) {
  this->head = nullptr;
  for(; 0 < i; --i) this->push_front(0); }
 // copy constructor
 llvec(const llvec& vec) {
  this->head = nullptr;
  for(llnode* it = vec.head; it != nullptr;
   it = it->next) push_back(it->value); }
 // destructor
 ~llvec() {
  llnode* it = this->head;
  llnode* n = nullptr;
  while(it != nullptr) {
   n = it->next;
   delete it;
   it = n; } }
 // copy and swap idiom
 llvec& operator=(const llvec& vec) {
  // no self-assignment
  if(this->head != vec.head) {
   llvec copy = vec; // uses copy constructor
   std::swap(head, copy.head);
   } // swapped copy is destructed here
 }
 // member functions
 void push_front(int e) {
  this->head = new llnode{e, this->head}; }
 int& operator[](unsigned int i) {
  llnode* n = this->head;
  for(; 0 < i; --i) n = n->next;
  return n->value; }
 void pop(unsigned int n) {
  unsigned int s = this->size();
  llnode* it = this->head;
  llnode* prev = nullptr;
  for(uint i = 0; i < n && i < s; ++i) {
   prev = it;
   it = it->next; }
  prev->next = it->next;
  delete it; } };
```

**Bäume**:

Linked List, wo ein Node zu mehreren Nodes zeigen kann.

Beispiel Trie (Präfixbaum): Jeder Node hat 26 children.




```
struct TrieNode {
    TrieNode* children[26] = {};
    bool isWordEnd = false;
};
// add to tree
void insertWord(TrieNode* root,
 std::string word) {
 TrieNode *node = root;
 for (char c : word) {
  unsigned int index = charToIndex(c);
  if (node->children[index] == nullptr)
   node->children[index] = new TrieNode();
  node = node->children[index]; }
 node->isWordEnd = true; }
// search tree
bool containsWord(TrieNode* root,
 std::string word) {
 TrieNode *node = root;
 for (char c : word) {
  unsigned int index = charToIndex(c);
  if (node->children[index] == nullptr)
   return false;
  node = node->children[index]; }
 return node->isWordEnd; }
// print tree
void traverseAndPrint(TrieNode* node,
 std::string prefix) {
 if (node->isWordEnd)
  std::cout << prefix << "\n";
 for (unsigned int i = 0; i < 26; ++i) {
  if (node->children[i] != nullptr) {
   traverseAndPrint(node->children[i],
    prefix + indexToChar(i)); } } }
```

Anderer Baum (bel. viele children, in Vektor gespeichert):

```
struct Node {
 unsigned int value; // leaf: value != 0
 std::vector<Node*> children; //only inner nds
 // Default constructor
 Node() : value(0), children(0) {}
 // Construct a leaf node
 Node(unsigned int value) : value(value),
  children(0) {}
 // Construct an inner node
 Node(std::vector<Node*> children) : value(0),
  children(children) {}
 // Destructor
 ~Node() {
  for (Node* child : children)
   delete child; } };

unsigned int findMax(const Node* root) {
 unsigned int max = 0;
 // If the tree is empty, return 0
 if (root == nullptr) return 0;
 // If current node is a leaf, return value
 if (root->isLeaf()) return root->value;
 // Otherwise, search max recursively
 for (Node* child : root->children) {
  unsigned int childMax = findMax(child);
  if (childMax > max) max = childMax; }
 return max; }
```

```cpp
bool deleteLeaf(Node* root,
 unsigned int value) { //del node mit geg. val
 if (root == nullptr) return false;
 if (root->isLeaf() && root->value == value ){
  delete root;
  return true; }
 for (unsigned int i = 0;
  i < root->children.size(); ++i) {
  if (deleteLeaf(root->children[i], value)) {
  root->removeFromChildren(root->children[i]);
   if (root->children.size() == 0) {
    delete root;
    return true; } } }
 return false; }
```

## 10 Rest: Streams and other stuff

» Komplexe Funktionen und Klassen sollten in andere Files ausgelagert werden.
  » Funktions*definitionen* in .cpp-Files
  » Funktions*deklarationen* in .h-Files

**Streams**:

Immer als Referenz übergeben, da sie sich verändern!

Generic stream: `std::istream`, `std::ostream`

```cpp
#include <iostream>
std::cin
std::cout
#include <fstream>
std::ifstream is_f("in.txt");
std::ofstream os_f("out.txt");
#include <sstream>
std::string in_str = "yeah boi";
std::istringstream is_s(in_str);
std::ostringstream os_s;
std::string out_str = os_s.str();
void f(std::istream& is, std::ostream& os){
 is >> std::noskipws; // Leerzeichen beachten
 char c;
 while(is >> c) os << c; }
f(std::cin, is_f); // bel. Kombination möglich
```

Leerzeichen

```cpp
is >> std::ws; // Leerzeichen überspringen
is >> std::noskipws; // Leerzeichen beachten
```

Einlesen verschiedener Typen:

```cpp
// Input format: [a,b], e.g. [2,-5] = 2-5i
bool read_input(std::istream& in, Complex& a){
 unsigned char c;
  if(!(in >> c) || c != '['
   || !(in >> a.real)
   || !(in >> c) || c != ','
   || !(in >> a.imag)
   || !(in >> c) || c != ']')
   return false;
  else return true; }
```

**Hex-Table**:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 0 | 40 | 64 | 80 | 128 | c0 | 192 |
| 10 | 16 | 50 | 80 | 90 | 144 | d0 | 208 |
| 20 | 32 | 60 | 96 | a0 | 160 | e0 | 224 |
| 30 | 48 | 70 | 112 | b0 | 176 | f0 | 240 |

**ASCII**:

| dec | hex | bin | char | dec | hex | bin | char |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | NUL | 64 | 40 | 1000000 | @ |
| 1 | 1 | 1 | SOH | 65 | 41 | 1000001 | A |
| 2 | 2 | 10 | STX | 66 | 42 | 1000010 | B |
| 3 | 3 | 11 | ETX | 67 | 43 | 1000011 | C |
| 4 | 4 | 100 | EOT | 68 | 44 | 1000100 | D |
| 5 | 5 | 101 | ENQ | 69 | 45 | 1000101 | E |
| 6 | 6 | 110 | ACK | 70 | 46 | 1000110 | F |
| 7 | 7 | 111 | BEL | 71 | 47 | 1000111 | G |
| 8 | 8 | 1000 | BS | 72 | 48 | 1001000 | H |
| 9 | 9 | 1001 | HT | 73 | 49 | 1001001 | I |
| 10 | 0A | 1010 | LF | 74 | 4A | 1001010 | J |
| 11 | 0B | 1011 | VT | 75 | 4B | 1001011 | K |
| 12 | 0C | 1100 | FF | 76 | 4C | 1001100 | L |
| 13 | 0D | 1101 | CR | 77 | 4D | 1001101 | M |
| 14 | 0E | 1110 | SO | 78 | 4E | 1001110 | N |
| 15 | 0F | 1111 | SI | 79 | 4F | 1001111 | O |
| 16 | 10 | 10000 | DLE | 80 | 50 | 1010000 | P |
| 17 | 11 | 10001 | DC1 | 81 | 51 | 1010001 | Q |
| 18 | 12 | 10010 | DC2 | 82 | 52 | 1010010 | R |
| 19 | 13 | 10011 | DC3 | 83 | 53 | 1010011 | S |
| 20 | 14 | 10100 | DC4 | 84 | 54 | 1010100 | T |
| 21 | 15 | 10101 | NAK | 85 | 55 | 1010101 | U |
| 22 | 16 | 10110 | SYN | 86 | 56 | 1010110 | V |
| 23 | 17 | 10111 | ETB | 87 | 57 | 1010111 | W |
| 24 | 18 | 11000 | CAN | 88 | 58 | 1011000 | X |
| 25 | 19 | 11001 | EM | 89 | 59 | 1011001 | Y |
| 26 | 1A | 11010 | SUB | 90 | 5A | 1011010 | Z |
| 27 | 1B | 11011 | ESC | 91 | 5B | 1011011 | [ |
| 28 | 1C | 11100 | FS | 92 | 5C | 1011100 | \ |
| 29 | 1D | 11101 | GS | 93 | 5D | 1011101 | ] |
| 30 | 1E | 11110 | RS | 94 | 5E | 1011110 | ^ |
| 31 | 1F | 11111 | US | 95 | 5F | 1011111 | _ |
| 32 | 20 | 100000 | space | 96 | 60 | 1100000 | ` |
| 33 | 21 | 100001 | ! | 97 | 61 | 1100001 | a |
| 34 | 22 | 100010 | " | 98 | 62 | 1100010 | b |
| 35 | 23 | 100011 | # | 99 | 63 | 1100011 | c |
| 36 | 24 | 100100 | $ | 100 | 64 | 1100100 | d |
| 37 | 25 | 100101 | % | 101 | 65 | 1100101 | e |
| 38 | 26 | 100110 | & | 102 | 66 | 1100110 | f |
| 39 | 27 | 100111 | ' | 103 | 67 | 1100111 | g |
| 40 | 28 | 101000 | ( | 104 | 68 | 1101000 | h |
| 41 | 29 | 101001 | ) | 105 | 69 | 1101001 | i |
| 42 | 2A | 101010 | * | 106 | 6A | 1101010 | j |
| 43 | 2B | 101011 | + | 107 | 6B | 1101011 | k |
| 44 | 2C | 101100 | , | 108 | 6C | 1101100 | l |
| 45 | 2D | 101101 | - | 109 | 6D | 1101101 | m |
| 46 | 2E | 101110 | . | 110 | 6E | 1101110 | n |
| 47 | 2F | 101111 | / | 111 | 6F | 1101111 | o |
| 48 | 30 | 110000 | 0 | 112 | 70 | 1110000 | p |
| 49 | 31 | 110001 | 1 | 113 | 71 | 1110001 | q |
| 50 | 32 | 110010 | 2 | 114 | 72 | 1110010 | r |
| 51 | 33 | 110011 | 3 | 115 | 73 | 1110011 | s |
| 52 | 34 | 110100 | 4 | 116 | 74 | 1110100 | t |
| 53 | 35 | 110101 | 5 | 117 | 75 | 1110101 | u |
| 54 | 36 | 110110 | 6 | 118 | 76 | 1110110 | v |
| 55 | 37 | 110111 | 7 | 119 | 77 | 1110111 | w |
| 56 | 38 | 111000 | 8 | 120 | 78 | 1111000 | x |
| 57 | 39 | 111001 | 9 | 121 | 79 | 1111001 | y |
| 58 | 3A | 111010 | : | 122 | 7A | 1111010 | z |
| 59 | 3B | 111011 | ; | 123 | 7B | 1111011 | { |
| 60 | 3C | 111100 | < | 124 | 7C | 1111100 | \| |
| 61 | 3D | 111101 | = | 125 | 7D | 1111101 | } |
| 62 | 3E | 111110 | > | 126 | 7E | 1111110 | ~ |
| 63 | 3F | 111111 | ? | 127 | 7F | 1111111 | DEL |