bbv
MAKING VISIONS WORK.

BOOKLET

DIE NEUEN C++-STANDARDS – C++11 BIS C++17

PROFITIEREN SIE VON UNSERER ERFAHRUNG!

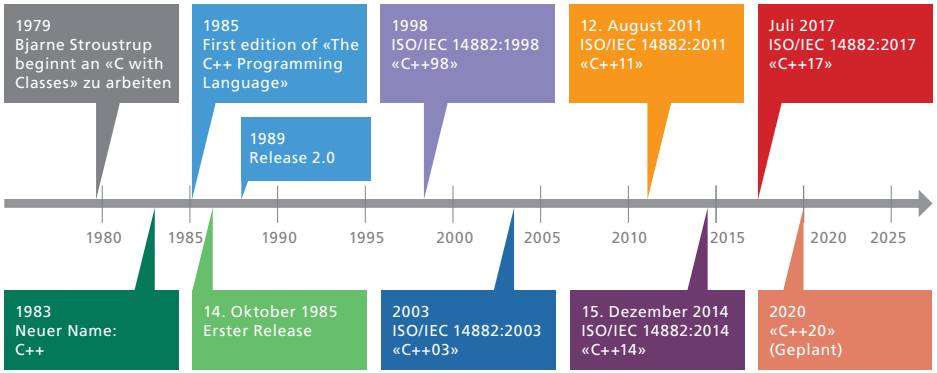
Kontakt Schweiz
bbv Software Services AG
Blumenrain 10
6002 Luzern
Telefon: +41 41 429 01 11
E-Mail: info@bbv.ch

Kontakt Deutschland
bbv Software Services GmbH
Agnes-Pockels-Bogen 1
80992 München
Telefon: +49 89 452 438 30
E-Mail: info@bbv.eu

INHALT

1 EINLEITUNG

C++ wurde von 1979 an von Bjarne Stroustrup als Erweiterung der Programmiersprache C mit dem Namen «C with Classes» entwickelt. Wie der Name schon sagt, war die erste und wichtigste Erweiterung das Klassenkonzept mit Datenkapselung. Im Jahre 1983 wurde dann der Name C++ eingeführt. Die erste Referenzversion von C++ erschien 1985, die aber noch nicht standardisiert war. Kurz darauf erschien 1989 die Version 2.0 von C++ mit den Neuerungen: Mehrfachvererbung, abstrakte Klassen, statische Elementfunktionen usw. Die endgültige Fassung der Sprache C++ nach ISO/IEC 14882:1998 wurde 1998 genormt. 2003 verabschiedete man eine Nachbesserung der Norm von 1998 als «C++03» nach ISO/IEC 14882:2003. Seit 2011 werden die C++ als Sprache sowie der ISO/IEC-14882-Standard alle vier Jahre erweitert. Aktuell ist C++17 der gültige Standard, während die Features für C++20 nach und nach erarbeitet und als Proposal aufgestellt werden.



Die wichtigsten Elemente dieser Fassung werden im Kapitel «Spracherweiterungen» anhand einer kurzen Beschreibung und der Syntax mit entsprechenden Beispielen erläutert. Im folgenden Kapitel wird die Standard Library nur kurz erwähnt, da es den Rahmen des Booklets übersteigen würde, und dafür auf Online-Informationen verwiesen.

Dieses Booklet ist für Softwareentwickler gedacht, die sich mit den neuen C++-Standards auseinandersetzen wollen. Es gibt einen Überblick über die neuen, modernen Funktionen und Spracherweiterungen, die dem Softwareentwickler das Leben erleichtern können bzw. sollen.

2 SPRACHERWEITERUNGEN

2.1 VEREINHEITLICHTE INITIALISIERUNG C++11

Der neue Standard vereinheitlicht die Benutzung der geschweiften Klammern bei der Initialisierung, das heisst, sie ist frei von Mehrdeutigkeiten, und bei gleichem Aussehen bedeutet es auch das Gleiche. Alle bisherigen Initialisierungskonstrukte bleiben gültig.

Syntax: `expression { expression };` oder
`expression = { expression };`

Beispiel:

```
// simple initializing using {}
Klass k{123, "b"};
int x{42};

std::vector<int> v{1, 2, 3, 4}; // list initialisation
std::vector<int> y = {0, 1, 2, 3, 4};

int fail{7.5f}; // fails because of narrowing down from float to int
```

Vereinheitlichte Initialisierung von Aggregates:

- Members werden in der Reihenfolge der Deklaration copy initialized
- Implizite Konvertierungen sind erlaubt
- Leere Initialisierungslisten bedeuten value initialized
- Initialisierungslisten können weniger Elemente haben als benötigt werden

Beispiel:

```
// initializing of aggregates
  struct Data {
    int a{0};
    double b{0};
    std::string c;
};
Data data{7, 3.14, "Seven Pies!"};
// Error narrowing from double to int
Data data2{7.0, 3.14, "Seven Pies!"};
```

Initialisierung von Non-aggregates:

- Argumente von Initialisierungslisten werden dem Konstruktor übergeben
- Implizite Konvertierungen sind erlaubt, aber narrowing-Konvertierungen nicht

Beispiel:

```
  struct MyType {
    // the constructor makes a non-aggregate out of this struct
    MyType(const std::string &msg, int x) : m_a(x), m_c(msg) {}
    int m_a;
    double m_b;
    std::string m_c;
};
MyType myType{"Fortytwo!", 42};
```

Initialisieren von Container-Typen:

- Argumente von Initialisierungslisten müssen alle vom selben Typ sein, implizite Konvertierungen sind erlaubt, aber keine narrowing-Konvertierungen
- Funktioniert für Container mit statischer oder dynamischer Grösse

Container-Typen definieren einen Konstruktor mit `std::initializer_list<T>`

Beispiel:

```
  // Example for a container-type with explicit list
initialisation
struct Bar {
  explicit Bar(std::initializer_list<std::string> in) {
    for (auto &s : in)
      m_data.push_back("Bar " + s);
  }
  std::vector<std::string> m_data;
};
Bar bar{"A", "B", "C", "D"};
```


Initialisierung von nicht statischen Data-Membern:

- Nicht statische Data Members können jetzt zum Zeitpunkt der Deklaration initialisiert werden
- PODs werden dadurch in C++14 zu non PODs

Beispiel:

```
struct Klass {
public:
  Klass(int x, const std::string &s) : _x(x), _s(s) {}

private:
  // initialisation can be specified at the time of declaration

  int _x{999};   // Value assignment through construction
  int _y = 1000; // value assignment
  std::string _s;
};
```


2.2 TYPENINFERENZ C++11

2.2.1 Keyword auto

Mit dem Keyword `auto` bestimmt der Compiler automatisch den optimalen Typ für den Ausdruck. Verwendung zur expliziten Initialisierung und bei Templates für bessere Lesbarkeit. Bemerkung: Das Keyword `auto` existierte bereits bei C++03, allerdings als storage-specifier wie `extern`, `register` oder `static` und ist somit nicht abwärtskompatibel.

Syntax: `auto expression;`

Beispiele:

```
auto x = 42; // x is an int
x = "fortytwo"; // Error, because x is already an int
std::vector<int> vec{1000, 1001, 1002, 1003};
auto it0 = vec.begin();  // it0 is a vector<T>::iterator
auto st0(vec[4]);        // st0 is an int
auto &st1 = vec[4];      // st1 is an int&
const auto &s1 = vec[4]; // s1 const int&
auto it1 = vec.cbegin(); // it1 is a vector<int>::const_iterator
auto sil{vec[4]};        // sil is a std:initializer_list<int>
```


2.2.2 Decltype-Operator

Der `decltype`-Operator kann dazu verwendet werden, um Variablen abhängig von einem Ausdruck ohne explizite Initialisierung zu deklarieren. Zum Beispiel, wenn Funktionen mit einem unbekannten Rückgabetyp definiert sind.

Syntax: `decltype(expression) name;`

Beispiele:

```
const std::string &other{"Abracadabra"};
const std::string &name();

// using decltype to "copy" the type from an existing object
decltype(name()) n1(other); // n1 contains the type 'const std::string&'

std::string s1;
decltype(s1) s2; // s2 contains the type std::string
struct Foo {
  int i;
};
Foo foo;
decltype(foo.i) j;      // j contains type int
decltype((foo.i)) k(j); // k contains type int&, because
                        // (foo.i) is an expression which has an adress
```

2.3 ENUMS

C++11

Ein `enum` in Verbindung mit `class` ist komplett typensicher und seine Elemente werden nicht mehr automatisch von und nach `int` konvertiert. Ein weiterer Vorteil ist, dass spezifiziert werden kann, welcher `int`–Typ dem `enum` zugrunde liegt (default ist `int`). Da die Elemente eines `enums` nicht mehr im äusseren `namespace` angesiedelt sind, verursachen sie deshalb keine Namenskonflikte mehr und müssen über ihren Klassennamen angesprochen werden.

Syntax: `enum class expression;`

Die Elemente von «alten» `enums` können nun zusätzlich über ihren vollen Namen angesprochen werden.

Beispiel:

```
// non scoped enum
enum Color { Cyan, Magenta, Yellow, Black };
enum Sound { Beep, Bop, Boing };

// the keyword 'class' following 'enum' declares a scoped enum
enum class RGB { Red, Green, Blue, Black };
enum class CMY { Cyan, Magenta, Yello, Black };

// scoped enum with explicit type specifier
enum class Fruits : unsigned int { Apples, Pears };

  CMY cmy = CMY::Black; // CMY scope
  RGB rgb = RGB::Black; // RGB scope

  Color c1 = Cyan;        // ok
  Color c2 = Color::Cyan; // also ok
  RGB red = Red; // Error unscoped assignment

  // Error, cross-scope comparison
  if (rgb == cmy) {
  }

  // Compiles with only a warning but is semantically incorrect
  if (Sound::Boing == Color::Yellow) {
  }
```

2.4 KEYWORDS FÜR KLASSEN & KLASSENMEMBER

C++11

2.4.1 default

Eine sehr nützliche Erweiterung von C++11 ist `default`. Damit kann der Compiler angewiesen werden, eine Default-Implementation eines Konstruktors oder Zuweisungsoperators sowie von trivialen Destruktoren zu generieren.

Beispiel:

```
struct Dummy {
  Dummy() = default;
  // specify destructor as virtual but use default implementation
  virtual ~Dummy() = default;

  Dummy(int x) = default; // error this is not a default constructor

protected:
  // protect move, but use default implementation
  Dummy(Dummy &&other) = default;
  Dummy &operator=(Dummy &&other) = default;

  // protect copy, but use default implementation
  Dummy(const Dummy &other) = default;
  // also protect assignment operator
  Dummy &operator=(const Dummy &rhs) = default;
};
```


2.4.2 delete

Mit `delete` können Funktionen und Konstruktoren von Klassen entfernt werden. Dies vereinfacht die Definition von Klassen, denen der Compiler automatisch die `default`-Implementierungen hinzufügt.

Beispiel:

```
struct DummyNonCopyable {
  DummyNonCopyable() = default;
  // disables copying the object through construction
  DummyNonCopyable(const Dummy &) = delete;
  // disables copying the object through assignment
  DummyNonCopyable &operator=(const Dummy &rhs) = delete;
};

struct NonDefaultConstructible {
  // this struct can only be constructed through a move or copy
  NonDefaultConstructible() = delete;
};
struct NonContstructableByValue {
  void f(int){};
  void f(double) = delete; // prevents f.foo(3.14)
};
```


2.4.3 final

Mit `final` werden Methoden und Klassen vor weiteren Ableitungen geschützt.

Beispiel:

```
struct NonDeriveable final {};

// Error cannot derive from Base because of final
struct Derived : NonDeriveable {};

struct BaseWithFinalMembers {
  virtual void foo(int) final;
  virtual void bar();
  void nonVirtual();
};
struct Derived2 : public BaseWithFinalMembers {

  void foo(int) override; // error because of foo() being 'final' in base class
}
```


2.4.4 override

Mit `override` muss eine Methode der Basisklasse überschrieben werden. Es schützt davor, eine Methode zu definieren, die aus Versehen nichts überschreibt. Dabei muss die ganze Methodensignatur übereinstimmen. Fehler werden nun bereits durch den Compiler angezeigt.

Beispiel:

```
struct Derived3 : public BaseWithFinalMembers {}

  // error does not override any function of base class
  void nonexistant() override;

  // error nonVirtual is not marked virtual in the base class
  void nonVirtual() override;
  void bar() override; // explicitely override bar

};
```


2.4.5 Konstruktorenweiterleitung C++17

Seit C++17 können Konstruktoren definiert werden, die andere Konstruktoren aufrufen – die Initialisierung also delegieren. Durch das Delegieren an andere Konstruktoren können viele Codeduplikationen vermieden werden.

Beispiel:

```
class DelegatingCtor {
  int m_number;

public:
  DelegatingCtor(int new_number) : m_number(new_number) {}
  DelegatingCtor()
      : DelegatingCtor(42) {} // constructor delegates to
DelegatingCtor(int)
};
```


2.4.6 Inheriting constructors

Normalerweise erbt eine Klasse die Konstruktoren von ihrem Vorgänger nicht. Mit `using` können die Konstruktoren des Vorgängers zu den eigenen hinzugefügt werden.

Beispiel:

```
struct Base {

  Base() = default;
  // explicit to avoid implicit conversion from ptr-types
  explicit Base(int z){};
};
struct InheritingCtor : public Base {
  using Base::Base;               // Inherit all ctors from Base
  InheritingCtor(int x, int y){}; // Additional Ctor
};
  InheritingCtor d1(5, 10); // Uses additional ctor
  InheritingCtor d2(42);    // Uses inherited ctor
```


2.5 EXPLICIT-OPERATOR

C++11

Implizite Konvertierungen sind nicht immer erwünscht, deshalb lässt sich die implizite Konvertierung mit `explicit` unterbinden. Mit C++98 war dies nur für Konstruktoren möglich. Neu kann mit C++11 auch der Konvertierungsoperator `explicit` deklariert werden.

Syntax: `explicit expression`

Beispiel:

```
struct ExplicitConversion {
  // Conversion to bool overwritten
  explicit operator bool() { return true; }
};

  ExplicitConversion myBool;
  if (myBool) {
  }                          // OK
  int a = (myBool) ? 3 : 4; // OK
  int b = myBool + a; // Error, only conversion allowed
```


2.6 STATIC ASSERTIONS

C++11

`static_assert` überprüft konstante Ausdrücke zur Übersetzungszeit. Wenn die Auswertung des Ausdrucks nicht `true` ergibt, bricht der Compiler mit der angegebenen Fehlermeldung ab. Static assertions sind bei der Programmierung von Templates sehr hilfreich.

Syntax: `static_assert(bool const expression, error message);`

Beispiele:

```
static_assert((sizeof(long) == 8), "64 bit code not supported!");

template <typename T> struct Dummy {
  static_assert(sizeof(int) >= sizeof(T), "Dummy<T>: T is too small!");
};
  Dummy<int> di; // OK

  Dummy<short> ds; // Assert on compile tile
```


2.7 NOEXCEPT OPERATOR

C++11

Das keyword noexcept ist einerseits als Specifier für Funktionen benutzbar, um anzuzeigen, ob eine Funktion exceptions werfen kann oder nicht, andererseits als Operator, um dieses Verhalten zur Übersetzungszeit zu überprüfen.

Der Specifier überprüft zur Übersetzungszeit nicht, ob eine markierte Funktion tatsächlich keine throw-Direktive enthält. Fehlt der Specifier wird immer noexcept(false) angenommen. Standard-Konstruktoren und Destruktoren sind immer noexcept(true).

Der throw()-Specifier wurde mit C++11 als überholt markiert, wird aber in den meisten Compilern noch für noexcept-Abfragen unterstützt.

Dynamische Typenspezifikation mit throw(type) ist seit C++17 nicht mehr erlaubt und führt zu einem Fehlschlag der Kompilierung. Der Operator noexcept(funktion) führt die Funktion nicht aus, sondern überprüft nur die Spezifikation des exceptions-Verhaltens.

Beispiel:

```
class A {
public:
  void throwing_function() noexcept(false) { // marked as possibly throwing
    if (_a < 500) {
      throw myException();
    }
  }
  void exceptionless_func() noexcept {}
  void bad_func() noexcept {
    // putting a throw-statement here will NOT break compilation
    // even if it violates the noexcept specifier
    throw myException();
  }
  // the same as noexcept(false)
  void unspecified_func() {}

  // deprecated since C++11 but the same as noexcept
  void old_syntax_func() throw() {}

  // deprecated since C++11 but the same as noexcept(false)
  // dynamic exception specifications are no longer allowed in C++17
  // void old_syntax_throwing_func() throw(myException) { throw
     myException(); }

private:
  int _a{1000};};int main(int argc, char **argv) {
  A a;
  static_assert(noexcept(a.exceptionless_func()), "not throwing");
  static_assert(!noexcept(a.throwing_function()), "not throwing");
  static_assert(!noexcept(a.unspecified_func()), "possibly throwing");
  static_assert(noexcept(a.bad_func()), "bad func pretends to be not
  throwing");
  static_assert(noexcept(a.old_syntax_func()), "not throwing");
  static_assert(!noexcept(a.old_syntax_throwing_func()), "possibly
  throwing");
}
```


DIE NEUEN C++-STANDARDS – C++11 BIS C++17

2.8 KEYWORD NULLPTR

C++11

Das Schlüsselwort `nullptr` ist die typensichere Variante von NULL. Im Normalfall ist die Verwendung identisch mit der von NULL. `nullptr` konvertiert implizit zu jedem Pointer, Pointer-to-Member-Typ sowie dem bool-Typ.

Beispiel:

```
// this is how NULL used to be defined. NULL was never a language keyword, but
// always a predefined macro
#define NULL 0

void foo(const char *dummy) {

  if (dummy == nullptr) {
    // do something
  }
}
void foo(int i) {}

void bar(const char *c) {}
void bar(const float *f) {}

int main(int, char **) {

  const char *dummy = nullptr; // OK
  // error, except if direct initialisation enabled during compilation
  bool valid = nullptr;
  int value = nullptr; // Error, assigning a pointer type to int
  int anInt{42};
  int *ptrTo_anInt = &anInt;
  ptrTo_anInt = nullptr; // OK

  foo(NULL);    // calls foo(int)
  foo(nullptr); // calls foo(const char*), because it matches the ptr type

  bar(nullptr); // ambiguous call to bar(const int*) or bar(const float*)
  bar(static_cast<const float *>(nullptr)); // force pointer type
}
```


2.9 RIGHT ANGLE BRACKETS

C++11

Bis C++03 wurde >> in allen Fällen als «right shift»-Operator interpretiert. C++11 verbessert die Spezifikation der Parser, sodass mehrfache right angle brackets als Abschluss der Template-Argumente interpretiert werden, wo es begründet ist.

Beispiele:

```
template<bool T>
class SomeType
{

};
//OK before and after C++11. Note the space between the  >>
std::vector<std::pair<int, int> > vec0;

//OK only after C++11
std::vector<std::pair<int, int>> vec1;

//OK after C++11: interpreted as std::vector<SomeType<false>>
std::vector<SomeType<(1>2)>> vec3;
```

2.10 RANGE BASED FOR LOOPS C++11

Die neue Syntax erlaubt das Schreiben von `for` loops über alle seine Elemente in kürzerer Form. Die Syntax steht für folgende Sprachelemente zur Verfügung:

- Arrays bekannter Grösse
- Initialisierungslisten mit vereinheitlichter Klammersyntax
- Standard-Container inklusive `string` mit deren Methoden `begin()` und `end()`
- eigene Klassen mit Methoden `begin()` und `end()`
- Überladungen der freien Funktionen `begin()` und `end()`

Syntax: `for (expression) { … }`

Beispiel:

```
int iArray[]{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 0};

// access the elements by value
for (int i : iArray) {
  // do something
};

std::vector<int> v{1, 2, 3, 4};

// access the elements as references
for (const auto &i : v) {
  // do something
}
```


2.11 NESTED NAMESPACE DEFINITIONS C++17

Seit C++17 können verschachtelte Namespaces in einer kürzeren Variante definiert werden.

Beispiel:

```
namespace A::B::C {
void doMagic() {
}
}

int main(int argc, char **argv) {
  A::B::C::doMagic();

  return 0;
}
```


2.12 TRAILING RETURN TYPES C++11

Trailing return types sind eine alternative Syntax für Funktionsdeklarationen. Sie sind ein sehr leistungsfähiges Instrument bei Template-Funktionsdeklarationen. Der Rückgabetyp wird anhand eines Ausdrucks abhängig von den Typen der Argumente einer Funktion ermittelt (siehe dazu auch das Folgekapitel Lambda-Funktionen).

Syntax: `auto function(T1 a, T2 b)->T3`

Beispiel:

```
struct A {
  struct B {
    struct C {
      struct D {};

      D foo(const C &); // returns an instance of A::B::C::D
      D bar(const C &); // returns an instance of A::B::C::D
    };
  };
};

// Standard, the scope of D has to be specified
A::B::C::D
A::B::C::foo(const C &) { return D(); };

// Trailing return type, D is in scope of A::B::C
auto A::B::C::bar(const C &) -> D { return D(); };

// automatic computation of the return type
template <typename A, typename B> auto add(A a, B b) -> decltype(a + b) {
  return a + b;
}
```


DIE NEUEN C++-STANDARDS – C++11 BIS C++17

2.13 LAMBDA-FUNKTIONEN C++11

Lambda-Funktionen sind anonyme Funktionen und können dort definiert werden, wo sie gerade gebraucht werden.

Syntax: `[Capture Clause] (Parameter) -> Type {Function Body}`

[] umschliesst die Zugriffsdeklaration; definiert wird, auf welche Variablen der Umgebung im Lambda-Funktionskörper zugegriffen werden kann. Seit C++17 kann innerhalb von Klassenmembern auch `this` als capture übergeben werden.

(...) ist die Deklaration der Argumente; hat die Lambda-Funktion keine Argumente, kann dies weggelassen werden. Seit C++14 sind auch generische Lambdas mit 'auto' als Parameter-Typ zugelassen.

-> ... ist optional und dient zur Angabe des Rückgabetyps; wird dieser weggelassen, ermittelt der Compiler den Typ automatisch.

{ ... } enthält den eigentlichen Funktionskörper; es ist alles erlaubt, was auch innerhalb von normalen Funktionen erlaubt ist.

Beispiele:

```
// declaration of a lambda function
const auto square = [](int x) { return x * x; };
// execution of the lambda above
const auto r = square(4);

// the parameter brackes () can be omitted if  empty set
const auto abbreviated = [] { return 55; };

// using auto a parameter types for even more generic programming
const auto auto_param_function = [](const auto &a, const auto &b) {
  return a * b;
};
```

Verschiedene Zugriffsdeklarationen auf Variablen von Lambda-Funktionen:

```
int x, y, z;
const auto no_capture = []() {};           // No variables are captured
const auto capture_by_value = [x, y]() {}; // x and y are captured by value
const auto capture_by_ref = [&x, &y]() {
}; // x and y are captured by reference
const auto mixed_capture = [x, &y, &z]() {}; // mixed captures

// captures all variables in scope by value (square, r, x,y,z)
const auto capture_all_by_value = [=]() {};
// all variables in scope by reference
const auto capture_all_by_ref = [&]() {};

// all variables in scope by value, except x which is captured by
reference
const auto capture_all_by_value_except = [=, &x]() {};
```



```
// capture all by reference except x
const auto capture_all_by_ref_except = [&, x]() {};

// initialized lambda captures
auto init_function = [&r = x, x = x + 1 ]()->int {
  r += 2;    return x + 2;
};
```

```
  // using lambda with std::-functions
  std::vector<int> a1{1, 2, 3, 4, 5};
  std::vector<int> a2(a1.size());
  // fills a vector with the squares of the values of another vector
  std::transform(a1.begin(), a1.end(), a2.begin(), square);

  // same but with explicit trailing return type
  std::transform(a1.begin(), a1.end(), a2.begin(),
                 [](int x) -> int { return x * x; });
  std::vector<int> v{1, 2, 3, 4, 5};  int sum{0};
  // sums up the values of vector v using pass by reference for sum
  std::for_each(v.begin(), v.end(), [&sum](int i) { sum += i; });
```

Zusammenfassung:

- Die anonymen Lambda-Funktionen vereinfachen die Programmierung von Standard-Library-Algorithmen und Funktoren
- In Fällen, wo der return-Typ spezifiziert werden muss, ist die trailing-return-type-Syntax anzuwenden
- Es gibt keine Beschränkungen für die Komplexität von Lambda-Funktionen. Sie sollten trotzdem einfach gehalten werden, da komplexe Lambdas schwer zu debuggen sind und komplexe Zugriffsdeklarationen viele Probleme verursachen können

2.13.1 Initialisierung von Lambda Captures C++14

Lambda-Funktionen bzw. -Captures können seit C++14 ebenfalls initialisiert werden. Im Beispiel des entsprechenden Proposals «initialized Lambda Captures» ist r eine Referenz auf ::x, und x eine Kopie von ::x. Durch die Lambda-Operation wird die Referenz ::x zu 6 und das aus der Kopie resultierende y zu 7.

Die Anpassungen zu Generic Lambda Expression erlauben nun in C++14 Lambdas mit auto als Type Specifier in der Parameterdeklaration.

```
int x = 4;
auto y = [&r = x, x = x + 1]()->int
{
       r += 2;
       return x + 2;
}();
```

2.14 KONSTANTE AUSDRÜCKE C++11

C++11 führt das Keyword `constexpr` ein, um die Limitation für konstante Ausdrücke von C++98 zu beheben. Das `constexpr`-Keyword ermöglicht die Evaluation eines Funktionswertes zur Übersetzungszeit. Seit C++17 ist constexpr auch in if-statements erlaubt, wodurch Code bereits zur Compilezeit ausgewertet und optimiert werden kann.

Regeln für `constexpr`

- Der Rückgabetyp darf nicht `void` sein
- In einer `constexpr`-Funktion dürfen keine Variablen deklariert und keine neuen Typen definiert werden
- Die Parameter einer Funktion, die für einen `return`-Ausdruck verwendet werden, müssen so «einfach» sein, dass der Ausdruck `constexpr` bleibt

DIE NEUEN C++-STANDARDS – C++11 BIS C++17

```
constexpr double pi{
    3.1416}; // const floating point instead of a #define PI 3.1416
constexpr int square(int x) { return x * x; }

// constant expressions and functions can be used in arrays and
similar
float fArray[square(5)];

// constant expressions can be used as template arguments
std::array<int, square(10)> arr;
struct Dummy {
  constexpr Dummy(int a, int b) : m_a(a), m_b(b) {}
  int m_a, m_b;
};

// fails because 'new' is a non-const operation
constexpr Dummy *construct(int x, int y) { return new Dummy(x, y); }

constexpr Dummy d{3, 4};
// d.m_a is transformed to a constant expression 3
int iArray[d.m_a];
```


Beispiel:

```
// Here Constexpr is used to facilitate template specialisation 'in-place'
template <typename T> class NameByType {
public:
  std::string to_string() {
    if
      constexpr(std::is_pointer<T>::value) { return "Pointer"; }
    else if
      constexpr(std::is_integral<T>::value) { return "Integral"; }
    else if
      constexpr(std::is_same<T, float>::value) { return "Float"; }
    else {
      return "Unknown";
    }
  }
};

// A fixed size storage class that can return different types by using auto and
// constexpr if (only available since C++17)
class MixedStorage {
public:
  template <std::size_t N> auto access() {
    if
      constexpr(N == 0) { return a; } // int
    if
      constexpr(N == 1) { return b; } // char
    if
      constexpr(N == 2) { return c; } // string
    if
      constexpr(N == 3) { return d; } // vector
    else if                          // return a fixed size array of size N
      constexpr(N > 3) { // Condition needs explicit specification or else
                         // return type cannot be deducted correctly
        std::array<int, N> r;
        return std::move(r);
      }

    else {
      return 123;
    }
  }
private:
  int a = 1000;
  char b = 64;
  std::string c{"Hello world"};
  std::vector<char> d{'a', 'b', 'c', 'd'};
};
```

2.14.1 Lambdaausdrücke mit constexpr & mutable C++17

Seit C++17 können auch Lambda-Funktionen mit constexpr markiert werden. Falls der Call-Operator der Funktion alle Voraussetzungen für einen konstanten Ausdruck erfüllt, ist dies jedoch auch in Abwesenheit des Keywords constexpr der Fall, falls sowohl der Capture als auch die Funktionsparameter die Bedingungen für einen konstanten Ausdruck erfüllen. Das Gegenteil davon ist die Markierung mit mutable. Ist dies der Fall, kann der Funktionskörper die By-Copy-Parameter im Capture verändern und deren non-const-Funktionen aufrufen.

Beispiel:

```
class MutableClass {
public:
  int &non_const_a() { return _a; }
  const int &const_a() const { return _a; }

private:
  int _a{1000};
};
  constexpr int c{1000};
  // explicitely constexpr lambda
  const auto constexpr_func = [&c](int v) constexpr { return c + v; };

  // implicitely constexpr, no warning if no longer constexpr
  const auto const_func = [&c](int v) { return c + v; };

  MutableClass obj;
  // an explicitely non-constexpr lambda that takes obj by value and modifies it
  // Needs mutable keyword to access non_const_a()
  auto non_const_func = [obj](int v) mutable { obj.non_const_a() += v; };

  // if obj is passed by reference the mutable keyword is no longer needed
  auto non_const_func_with_ref = [&obj](int v) { obj.non_const_a() += v; };
```

2.15 ALIGNMENT

C++11

In C++11 kann das Memory-Alignment eines Objekttyps gelesen und gesteuert werden. Das Alignment eines Objekts gibt an, wie viele Bytes zwischen den Adressen von zwei hintereinanderliegenden Objekten dieses Typs reserviert werden müssen.

2.15.1 Alignof Operator

Gibt einen Wert vom Typ `size_t` zurück mit der Anzahl Bytes, die für das Alignment dieses Typs oder des Objekts verwendet wird. Dies entspricht üblicherweise dem Alignment des grössten internen Elements.

Syntax: `alignof(Type)`

Beispiel:

```
struct C {
  char a; // size: 1, alignment: 1, offset 0
  char b; // size: 1, alignment: 1, offset 1
};        // sizeof(C): 2, alignof(C): 1

struct I {
  int n;  // size: 4, alignment: 4, offset 0
  char c; // size: 1, alignment: 1, offset 4
  // + three bytes padding because of alignment 4 of in n
}; // sizeof(I): 8, alignof(I): 4
struct S {
  int a; // size: 4, alignment: 4, offset 0
  int b; // size: 4, alignment: 4, offset 4
  int c; // size: 4, alignment: 4, offset 8
};       // sizeof(S): 12, alignof(S): 4
  std::cout << "sizeof(C) = " << sizeof(C) << " alignof(C) = " << alignof(C)
            << std::endl;
  std::cout << "sizeof(I) = " << sizeof(I) << " alignof(I) = " << alignof(I)
            << std::endl;
  // > sizeof(C) = 2 alignof(C) = 1
  // > sizeof(I) = 8 alignof(I) = 4

  std::cout << "sizeof(S) = " << sizeof(S) << " alignof(S) = " << alignof(S)
            << std::endl;
  std::cout << "offsetof(S,b) = " << offsetof(S, b)
            << " offsetof(S,c) = " << offsetof(S, c) << std::endl;
```

2.15.2 Alignas Operator

Setzt das Alignment des Objekts auf die stärkste angegebene Expression, die grösser ist als Null, ausser das natürliche Alignment des Objekttyps wäre grösser. Der Compiler platziert Objekte in der Regel optimal, aber in seltenen Fällen können durch `alignas()` Performanceverbesserungen erreicht werden (z. B. Objekt überlappt eine Cacheline oder Memorypage). Andere Einsatzzwecke sind z. B. das Abbilden von Hardwareabhängigkeiten.

Syntax: `alignas(expression)`

Beispiel:

```
struct X {
  int a;              // size: 4, alignment: 4, offset 0
  alignas(16) int b; // size: 4, alignment: 16, offset 4
  int c;              // size: 4, alignment: 4, offset 20
  // + 8 bytes padding because the forced alignment of b
}; // sizeof(X): 32, alignof(X): 16 (forced by alignas of b)
  std::cout << "sizeof(X) = " << sizeof(X) << " alignof(X) = " << alignof(X)
            << std::endl;
  std::cout << "offsetof(X,b) = " << offsetof(X, b)
            << " offsetof(X,c) = " << offsetof(X, c) << std::endl;
```


2.16 MOVE SEMANTICS

C++11

Das neue Move-Semantics-Konzept wurde hauptsächlich eingeführt, um unnötige Kopien von temporären Objekten zu vermeiden. Um die Move-Funktionalität in Klassen verwenden zu können, müssen der Move Constructor und der Move Assignment Operator definiert werden.

Move Constructor: Erzeugen eines neuen Objekts aus einem anderen heraus (other), dessen Daten entnommen werden sollen.
Signatur: `T::T(T&& other)`

Move Assignment Operator: Überschreiben eines bestehenden Objekts mit den Daten eines anderen (other), dessen Daten entnommen werden sollen.
Signatur: `T& T::operator=(T&& other)`

Move Semantics in Containern:
Die Move-Funktionalität ist in Standard-Library-Containern weit verbreitet. Das heisst, alle Standard-Container unterstützen den Move Constructor und den Move Assignment Operator.

Beispiel:

```
struct Dummy {
  Dummy() : data(nullptr) {}
  Dummy(int myInt) : data(new int) { *data = myInt; };

  ~Dummy() { delete data; }

  // Move constructor, Object can be moved without new allocation of data
  Dummy(Dummy &&other) : data(other.data) { other.data = nullptr; }
  // move-assignement. Note that internal deletion of data first
```

```
  Dummy &operator=(Dummy &&other) {
    if (data)
      delete data;
    data = other.data;
    other.data = nullptr;
    return *this;
  }

  // prevent copying, because of the internal allocation of 'data'
  Dummy(const Dummy &) = delete;
  Dummy &operator=(const Dummy &) = delete;

  int *data;
};

int main(int, char **) {

  // Examples of moveable objects used in standard containers

  std::vector<Dummy> vd1;

  // move a temporary object into the vector
  // Since C++17 this guaranteed to be a move, see 'guaranteed copy elision'
  vd1.push_back(Dummy(100));

  vd1.emplace_back(200); // emplace without the temporary object

  Dummy di1(300);
  // Move di1 into the vector. that 'di1' is no longer accessible after the call
  vd1.push_back(std::move(di1));

  std::vector<Dummy> vd2[3]; // three empty vectors in an array
  vd2[0].push_back(Dummy(500));
  vd2[1] = std::move(vd2[0]); // move the whole vector
```



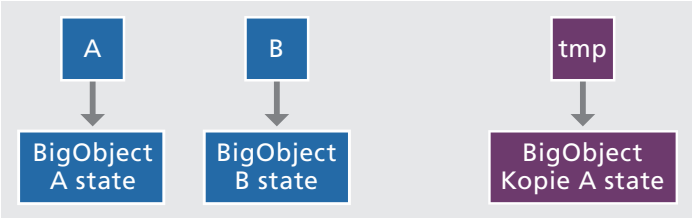
```
  std::swap(vd2[1], vd2[2]);  // swap two vectors

  // retrieve an element. the vector does not change its size
  std::vector<Dummy> result = std::move(vd2[2]);
}
```

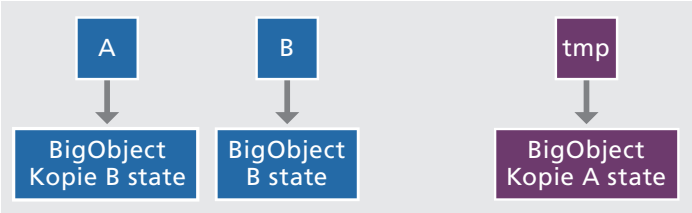

Anwendungsbeispiel: Swap

Klassische Variante (C++03):

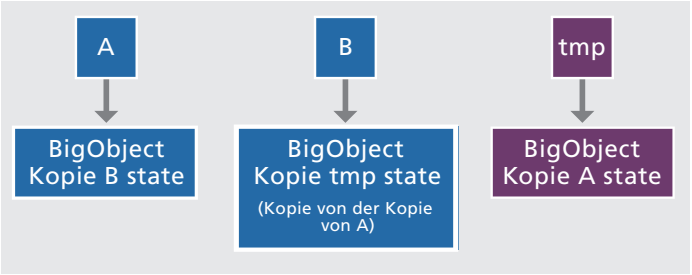
1. BigObject tmp, die erste Kopie



2. A kopiert den State von B, eine weitere Kopie



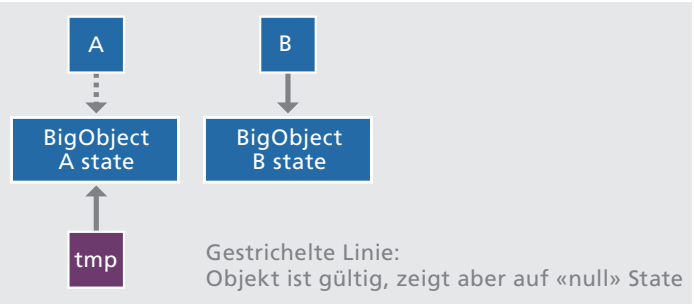
3. B kopiert tmp's Kopie (A's State), eine weitere Kopie



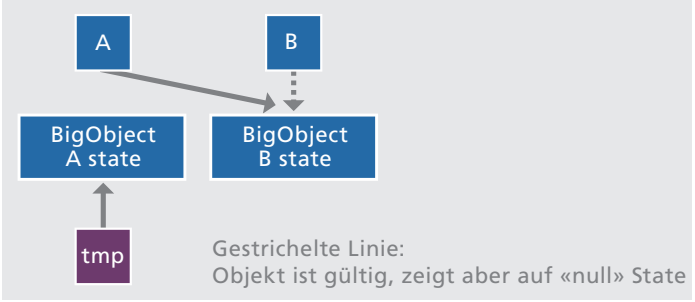
Alles in allem, drei Kopien für die Swap-Operation!

Variante mit C++11:

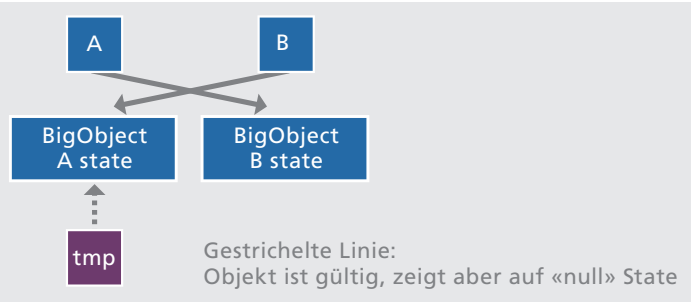
1. A's State nach tmp verschieben



2. B's State nach A verschieben



3. tmp's State nach B verschieben



Alles in allem, KEINE Kopien!

Aber Achtung: Im Prinzip ist es eine gefährliche Operation und kann dann verwendet werden, wenn der State nie mehr gebraucht wird. Es muss sichergestellt werden, dass die Variablen nicht referenziert sind!

Implementation der zuvor dargestellten Swap-Funktion mit explizitem Aufruf von `std::move` in C++11:

Beispiel:

```
// swaps two variables using move semantics
template <typename T> void swap(T &a, T &b) {
  T tmp(std::move(a));
  a = std::move(b);
  b = std::move(tmp);
}
```

2.17 VARIADIC TEMPLATES

C++11

Mit C++11 ist es neu möglich, Templates mit variabler Argumentanzahl zu erstellen. Solche Templates sind auch unter dem Namen variadic Templates bekannt. Dabei müssen nicht alle Argumente variabel sein, und es ist auch möglich, die Liste der Argumente leer zu lassen. Implementierungen von variadic Templates sind eher für die Erstellung von Bibliotheken gedacht.

Syntax:
```
template<typename …Args>
      void aFunction(Args…args) { f(args…); }
```


…Args deklariert das Template Parameter-Pack (keine oder mehrere Argumente). Die « … » dienen bei der Implementierung als Wiederholungsoperator des Parameter-Packs.

…args ist das Funktions-Parameter-Pack (keine oder mehrere Funktionsargumente).

args… ist das Entpacken des Parameter-Packs und ist eine der wenigen Operationen, die auf das Parameter-Pack angewendet werden können.

Beispiele:

```
// variadic template function definition
template <typename... Args> void aFunction(Args... args) {}
  aFunction(42, 1.14159, "Hello", Dummy());
  aFunction(1, 2, 3, 4, 5);
```

```
// variadic template class definition
template <typename... Args> class aClass {};
  aClass<std::string, int> ac1;
  aClass<char, char, double, std::string> ac2;
  aClass<> ac3;
```

```
std::string reorder_and_concat() { return std::string(); } // End of recursion

// recursion popping the first template argument and concatenating
template <typename T, typename... Args>
std::string reorder_and_concat(T t, Args... args) {
  std::string to_be_sorted(t);
```



```
  std::sort(to_be_sorted.begin(), to_be_sorted.end());
  return to_be_sorted + reorder_and_concat(args...);
}
  // returns "ABC"
  std::cout << reorder_and_concat("CBA") << "\n";

  // returns ABCJKL
  std::cout << reorder_and_concat("CBA", "KLJ") << "\n";

  // returns ABCJKLXYZ
  std::cout << reorder_and_concat("CBA", std::string("KLJ"), "ZYX") << "\n";
```

2.17.1 Fold Expressions

C++17

Mit C++17 können Parameter-Packs für Variadic Templates mittels sogenannten Fold Expressions direkt angewandt werden, falls nur einfach Operatoren benötigt werden.

Unterstützt sind:

- boolsche Operatoren (`&&`, `||`, `<`, `>`, `==`, `!=`)
- mathematische Operatoren (`+`, `-`, `*`, `/`, `%`)
- bitweise Operatoren (`&`, `|`, `^`, `>>`, `<<`)
- Zuweisungsoperatoren auch in Kombination mit anderen Operatoren (`=`, `/=`, `&=...`)

Spezielle Operatoren sind zudem die Verknüpfungs- und Dereferenzierungsoperatoren, welche es erlauben, das Argument-Pack zu dereferenzieren, falls es sich um Pointer-Typen handelt

Ein weiterer spezieller Operator ist der Komma-Operator, der verwendet werden kann, um das Parameter-Pack an normale Funktionen weiterzuleiten.

Fold Expressions können sowohl links- als auch rechtsassoziativ geschrieben werden und unterstützen unäre und binäre Operationen.

```
template <typename... Args> auto binary_left_fold(Args &&... args) {
  return (10 + ... + args);
}

template <typename... Args> auto unary_left_fold(Args &&... args) {
  return (... - args);
}

template <typename... Args> auto unary_right_fold(Args &&... args) {
  return (args - ...);
}
  std::cout << binary_left_fold(1) << "\n";       // 11 (10 + 1)
  std::cout << binary_left_fold(1, 2, 3) << "\n"; // 16 (10 + 1 + 2 +3)
  // 115.499L (internal cast to double) (10 + 1+ 4.5f + 99.9999L)
  std::cout << binary_left_fold(1, 4.5f, 99.999L) << "\n";

  std::cout << unary_left_fold(10, 3, 2) << "\n";  // (10 - 3) -2 = 5
  std::cout << unary_right_fold(10, 3, 2) << "\n"; // 10 - (3 -2) = 9
```

2.18 RETURN TYPE DEDUCTION & DECLTYPE(AUTO)

C++14

Die C++14-Erweiterung der Return Type Deduction wirkt sich auf `decltype(auto)` aus. Return Type Deduction tritt auf, wenn eine Funktion ihren Returnwert als `auto` definiert und der Compiler dann den passenden Typ aus der Funktionsimplementierung finden muss.

```
template <typename T, typename U> auto add(T t, U u) {
  // return type deducted from operator+(T, U)
  return t + u;
}
```

Zu Problemen kann es bei Verwendung von Rekursion kommen, oder wenn tatsächlich verschiedene Rückgabetypen möglich sind. Returntyp `auto` deduziert niemals auf eine Referenz, die Universalreferenz `auto&&` jedoch immer. Die Änderung in C++14 richtet sich hier an `decltype(auto)`, welches bspw. implizit auch bei Klammerung des Returnwertes zu einer Referenz führt.

DIE NEUEN C++-STANDARDS – C++11 BIS C++17

Beispiel:

```
// C++11 Version
template <typename Container, typename Index>
auto assignValue11(Container &&cont, Index idx)
    -> decltype(std::forward<Container>(cont)[idx]) {

  return std::forward<Container>(cont)[idx];
}

// C++14 Version
template <typename Container, typename Index>
decltype(auto) assignValue14(Container &&cont, Index idx) {

  return std::forward<Container>(cont)[idx];
}
  // this allowes the following initialisation,
  // note the missing template arguments
  std::vector<int> vec;
  assignValue14(std::vector<int>(), 1) = 10;
```


2.19 STRUCTURED BINDINGS C++17

Mit C++17 wurde das vereinfachte Entpacken von Strukturen mit zur Compiletime bekannter Grösse eingeführt. Die zu entpackenden Daten müssen dabei nicht zwingend vom selben Typ sein.

```
struct Packed {
  int x;
  char y;
  float z;
};

class cls {
public:
  int m;
  float n;
};
  auto tuple = std::make_tuple(1, 'a', 2.3);
  std::array<int, 3> a{1, 2, 3};
  Packed p;
  cls cl;

  // unpack the tuple into individual variables declared above
  const auto[i, c, d] = tuple;
  // also works with references
  auto & [ ref_i, ref_c, ref_d ] = tuple;

  // fixed size array also works
  auto[j, k, l] = a;

  // structs and classes can also be bound
  auto & [ x, y, z ] = p;
  auto[m, n] = cl;

  // extracting key & value at the same time from a map
```



```
std::map<int, float> map;
for (auto && [ k, v ] : map) {
  // do something
}
```

2.20 SELECTION STATEMENTS MIT INITIALIZER C++17

Seit C++17 können Verzweigungen `(If, Switch)` mit Anweisungen zur Initialisierung versehen werden. Dies hilft Variablen explizit auf einen kleineren Scope zu begrenzen.

Syntax: `if(initialization; condition)`
bzw: `switch(initialization; condition)`

```
// initialize i rand ()(); then perform the check the if
if (int i = std::rand(); i % 2 == 0) {
  std::cout << "i is even" << std::endl;
} else {
  std::cout << "i is odd" << std::endl;
}

// initialize i with rand(); then perform the switch
switch (int i = std::rand(); i % 3) {
case 0:
  std::cout << "i is a multiple of 3" << std::endl;
  break;
case 1:
  std::cout << "i is not a multiple of 3" << std::endl;
  break;
case 2:
  std::cout << "i is almost a multiple of 3" << std::endl;
  break;
}
```

2.21 STANDARDATTRIBUTE UND ANNOTATIONS

C++14 C++17

Verschiedene Standardattribute wurden seit der Einführung von C++11 hinzugefügt. Seit C++17 können Attribute für Namespaces und Enums verwendet werden, dies macht insbesondere bei [[deprecated]] Sinn. Es können mehrere Attribute miteinander spezifiziert werden.

[[noreturn]]

C++17

[[noreturn]] zeigt an, dass die Funktion nicht zurückkehrt und das Programm in einem undefinierten Zustand ist, falls dies trotzdem geschieht. Dies ist üblicherweise der Fall bei Funktionen, die zwingend eine Exception werfen, bei Funktionen, die einen programm-exit vornehmen oder bei Endlosschlaufen.

```
// indicates that this function never returns
[[noreturn]] void always_throw() { throw 123; };
```

[[deprecated]]

C++14

[[deprecated]] oder [[deprecated(«reason»)]] zeigt an, dass eine Funktion nicht mehr benutzt werden sollte, optional durch Angabe eines Grundes. Ist ein Symbol einmal als deprecated markiert, lässt sich diese Markierung innerhalb der compile-unit nicht mehr aufheben. Wird ein als deprecated markiertes Symbol verwendet, wird eine Warnung vom Compiler ausgegeben.

```
// generates a compiler warning if called
[[deprecated("black magic is no longer used")]] void black_magic(){};

// generates a compiler warning if called
[[deprecated]] void ancient_magic() {}
```


[[fallthrough]]

C++17

`[[fallthrough]]` wird in einem switch-Statement als eigene Zeile unmittelbar vor einem case-Statement verwendet. Das Attribut zeigt an, dass absichtlich kein break; gesetzt wurde und der Compiler keine Warnung anzeigen soll. Folgen mehrere case-Statements unmittelbar aufeinander ohne Code dazwischen, wird automatisch `[[fallthrough]]` angenommen.

```
void fall_through(int i) {
  switch (i) {
  case 0:
  case 1:
  case 2: // until here implicit [[fallthrough]]
    foo();
    [[fallthrough]]; // don't forget the semicolon
  case 3:
    bar();
  default: // compiler might issue a warning, depending on the flags set
    break;
  }
}
```


[[nodiscard]] C++17

`[[nodiscard]]` kann auf die Deklaration von Enums oder von Datenstrukturen angewendet werden. So zeigt der Compiler eine Warnung an, falls der Rückgabewert einer Funktion dieses Typs unmittelbar nach dem Aufruf nicht mehr weiterverwendet wird. Wird eine Funktion mit `[[nodiscard]]` markiert, darf der Rückgabewert nicht verworfen werden, unabhängig vom Typ.

```
struct[[nodiscard]] demon{}; // Demons need to be kept and named
struct ghost {};             // Ghosts can be free

demon summon_demon() { return demon(); }

// summoned ghosts need to be kept
[[nodiscard]] ghost summon_ghost() { return ghost(); }

void summon() {
  auto d = summon_demon(); // OK
  auto g = summon_ghost(); // OK

  // Compiler Warning, because returned demon is not kept
  summon_demon();

  // Compiler Warning, because the function of summoning is nodiscard
  summon_ghost();}
```


[[maybe_unused]] C++17

`[[maybe_unused]]` unterdrückt Compiler-Warnungen für Variablen, typedefs und nicht statische Data Members einer Klasse, falls diese nicht verwendet werden. Häufig ist dies der Fall bei Hilfsvariablen im Zusammenhang mit Debug-Code, der im Release nicht mehr dazu kompiliert wird wie z. B. Asserts.

```
// omit compiler warning if thing1 on thing2 is not used
[[maybe_unused]] void f([[maybe_unused]] bool thing1,
                        [[maybe_unused]] bool thing2) {
  [[maybe_unused]] bool b = thing1 && thing2;

  assert(b); // in release mode, assert is compiled out, and b is unused
             // no warning because it is declared [[maybe_unused]]
assert(thing1 &&
       thing2); // parameters thing1 and thing2 are not used, no warning
}
```

[[carries_dependency]] C++17

`[[carries_dependency]]` zeigt im Zusammenhang mit std::atomic an, dass eine Abhängigkeitskette eines Release Consume Memory Order durch eine Funktion hindurchpropagiert wird. Dies erlaubt dem Compiler, eine Funktion als «transparent», was das Memory Ordering betrifft, zu behandeln, ohne dass der Code inline-compiled sein muss. Allein die Anwesenheit des Attributes garantiert jedoch nicht, dass der Code in der Funktion auch tatsächlich die Bedingungen für eine solch transparente Behandlung der Memory-Struktur erfüllt.


```
void opaque_func(int *p){/* do something with p */};

[[carries_dependency]] void transparent_func(int *p) {
  /* do something with p */
}

void illustrate_carries_dependency() {
  std::atomic<int *> p;
  int *atomic = p.load(std::memory_order_consume);

  if (atomic)
    std::cout << *atomic << std::endl; // transparent for the
                                          compiler

  if (atomic)
    opaque_func(atomic); // if from another compile unit and not
                            inline the
                         // compiler might construct a memory fence
                            here

  if (atomic)
    transparent_func(atomic); // marked as to work in the same
                                 memory-dependency
                              // tree, compiler can omit the memory
                                 fence}
```

2.22 EINFÜHRUNG WEITERER SYNTAX-ERWEITERUNGEN

C++14

Verschiedene kleinere Erweiterungen, die in C++14 hinzukommen, ermöglichen eine komfortablere Benutzung der Sprache. Binary Literals erlauben nun, eine Zahl als binär zu kennzeichnen, genau gleich dem `0x` Prefix für hexadezimale Schreibweise.


```
//binary literal
int i = 0b1000;
```

Seit C++17 können auch float und double als hexadezimale Zahlen geschrieben werden. Bei hexadezimalen Zahlen muss zwingend der Exponent spezifiziert werden. Der Exponent wird jeweils als `2^x` angegeben.

```
// implicitly cast to float
float f = 0x1.2p3; // = decimal 1.125  or 1. + 1/16 * 2 * 2^3;

// with f (or F) suffix to explicitly state it as a float
float f1 = 0xA.1p3f;

// = decimal 0.5 omitting value in front of decimal separator
float f2 = 0x.1p3;

// = decimal 80 omitting value after decimal separator
float f3 = 0xA.p3;

double d = 0xDEAD.D0D0p2;
double d2 = 0xDEAD.D0D0p2l; // explicitly stating double
```

Hochkommata werden nun vom Compiler als Digit-Separatoren interpretiert.

Beispiel: Single Quotation Mark as Digit Separator, die Stelle der Hochkommata ist dabei irrelevant, d. h., 1'2'22'333 kompiliert genauso in C++14.

```
// single quotation mark as digit separator. Has no effect on
   the interpretation
int x = 1'222'333;
```

2.23 LOCKERUNGEN KONTEXT BEZOGENER C++-UMWANDLUNGEN

C++14

Implizite Umwandlung bei new, delete, array-bounds und switch sind neu erlaubt. Literale können zu constexpr umgewandelt werden. Einige Spezialfälle werden dadurch nun besser geregelt, ansonsten ist die Erweiterung minimal.

Sizeof Operator

C++11

Der `sizeof` Operator funktioniert bei C++11 neu auch für Klassen-Members.

Syntax: `sizeof(expression)`

2.24 __HAS_INCLUDE PRÄPROZESSOR DIREKTIVE

C++17

Seit C++17 kann bereits zur Compilezeit die Verfügbarkeit eines Headers evaluiert werden. Dies erleichtert das Schreiben von Plattform- oder Compiler abhängigem Code.

```
#if __has_include(<unistd.h>)
#define OPEN_SHARED dlopen
#elif __has_include(<windows.h>)
#define OPEN_SHARED LoadLibrary
#else#pragma error("loading shared libraries not supported");
```


2.24.1 Guaranteed Copy elision C++17

Vor C++17 war es für Compiler optional, ob bei Funktionen, die Objekte by Value zurückgeben, Copy- bzw. Move-Konstruktoren aufgerufen werden oder nicht (Return Value Optimization). Mit dem neuen Standard ist eine solche Optimierung zwingend, z. B. das Schreiben von Factory-Methoden auch für Klassen mit gelöschten Konstruktoren.

```
class A
 {public:
  A() = default;
  A(const A &rhs) = delete;
  A(const A &&rhs) = delete;
  ~A() = default;

};

// Without elision this is illegal, as it performs a copy/move of A which has
// deleted copy/move ctors
A f() { return A{}; }
  // OK, because of copy elision. Copy/Move constructing an anonymous A is not
  // neccessary
  A a = f();
```

Nach Klassen- und Funktionstemplates bekommt C++14 nun auch Variablentemplates. Konstanten können somit bspw. mal als Zahl für Berechnungen und mal direkt als String behandelt werden. Ein manchmal nicht ganz einleuchtendes Beispiel benutzt die Zahl Pi.

Beispiel:

```
template<typename T>
constexpr T pi = T(3.1415926535897932385);

auto two_pi = pi<float> * 2;
```

2.25 ANPASSUNG ZUR CODEOPTIMIERUNG C++14

Die `Clarifying Memory Allocations` erlauben dem Compiler, beim Allozieren/Deallozieren mehrere Aufrufe zusammenzufassen, sofern die maximale Grösse dadurch nicht zunimmt.

Bei der `Sized Deallocation` wird es in C++14 nun möglich, dem `delete`-Operator einen Parameter mitzugeben. Mit C++11 können Programmierer einen statischen Memberfunktions-Operator `delete` definieren, der einen Grössenparameter nimmt, der die Grösse des zu löschenden Objekts angibt. Der äquivalente globale Operator `delete` ist in C++11 noch nicht verfügbar. Dieses Fehlen hat negative Konsequenzen für die Performance. Moderne Memory-Allokatoren allozieren oft in Grössenklassen und speichern aus Speicherplatzeffizienzgründen nicht die Grösse eines Objekts neben dem Objekt selbst. Die Deallokation erfordert dann die Suche nach dem Platz der abgelegten Grössenklasse, die das Objekt beschreibt. Diese Suche kann teuer sein, insbesondere da sich die gesuchten Datenstrukturen oft nicht im Cache-Memory befinden. Auch hier geht es um Umformulierungen einiger Passagen des C++11-Standards. Auch diese Änderung betrifft kaum einen Entwickler. Der interessierte Leser sei an den ISO-Standard auf isocpp.org verwiesen.

3 STANDARD-LIBRARY-ERWEITERUNGEN

Da es den Rahmen des Booklets sprengen würde (siehe Einleitung), kann hier auf die Standard-Library-Erweiterung nicht eingegangen werden. Zu diesem Thema gibt es Bücher und Online-Informationen. Weitergehende Informationen finden Sie zum Beispiel im Buch «The C++ Standard Library Second Edition» [3] oder auf der Webseite http://en.cppreference.com.

DIE NEUEN C++-STANDARDS – C++11 BIS C++17

4 FAZIT

Linguistische Sprachen entwickeln und verändern sich im Laufe der Zeit, diesem Prozess sind auch Programmiersprachen unterworfen. Nach einer langen Wartezeit entwickelt sich C++ erfreulicherweise wieder stetig weiter.

Und was bringen die neuen Standards? Zum einen ist C++ typensicherer geworden und Limitationen der früheren Standards wurden behoben. Zum anderen wurde die Sprache mit neuen Funktionen erweitert, welche bei anderen Sprachen bereits umgesetzt sind. Um ein paar zu nennen: vereinheitlichte Initialisierung, Multithreading-Unterstützung, allgemeine Programmierunterstützung und Performanceverbesserungen. Wie die Kernsprache wurde auch die Standard Library überarbeitet, erweitert und verbessert. Alles in allem sind die neuen Standards weitere Schritte weiter weg von «C mit Klassen» hin zu einer modernen und starken Programmiersprache.

Wir denken, der neue Standard ist eine gelungene Erweiterung, die dem Softwareentwickler bei seiner täglichen Arbeit hilft, besseren und effizienteren Code zu entwickeln.

5 ANHANG

5.1 AUTOREN

Dieses Booklet wurde durch das Kompetenzzentrum C++ der bbv erarbeitet. Ganz besonders möchten wir uns bei Alain Baumeler für die erste Fassung zum C++11-Standard bedanken, ohne seine Grundarbeit wäre dieses Booklet nie zum Druck gelangt.

Für die Updates auf C++14 und 17 möchten wir den folgenden Personen danken. Silvan Wegmann, Thomas Meister, Jürgen Messerer, Raphael Meyer, Michel Estermann, Lothar Rubusch und Dominik Berner. Weiter möchten wir dem Korrektorat der bbv und Michael Zentner für die visuelle Gestaltung danken.

5.2 HINWEIS ZUR KOMPILIERFÄHIGKEIT DER BEISPIELE

Die angegebenen Codebeispiele wurden erfolgreich kompiliert und getestet mit dem Microsoft Visual Studio 2015, clang-3.9, g++-7.1. Die neuesten Versionen der meisten Compiler unterstützen den ISO/IEC-14882:2011-Standard umfänglich. Der Standard ISO/IEC 14882:2017 ist heute (Juli 2017) jedoch erst in Compilern der Unstable Distributionen (Ubuntu/Debian) umgesetzt bzw. dem ViStu 2017.

Sollten sich trotz Überprüfung auf korrekte Syntax Fehler eingeschlichen haben, bitten wir dies zu entschuldigen.

Alle Beispiele sind hier verfügbar:
https://github.com/bbvch/CPP_Booklet

5.3 QUELLENVERZEICHNIS

C++ ISO Standards von https://isocpp.org

C++ Reference http://en.cppreference.com.

Wikipedia http://www.wikipedia.org.

C++11 programmieren, Torsten T. Will
ISBN: 978-3-8362-1732-3

Effective Modern C++, Scott Meyers
ISBN: 978-1-491-900399-5

C++ Standards Support in GCC
https://gcc.gnu.org/projects/cxx-status.html

Barteks Coding Blog
http://www.bfilipek.com/2017/01/cpp17features.html

5.4 LITERATUR

[1] C++11, Der Leitfaden für Programmierer zum neuen Standard, Rainer Grimm, ISBN: 978-3-8273-3088-8

[2] C++11 programmieren, Torsten T. Will,
ISBN: 978-3-8362-1732-3

[3] The C++ Standard Library Second Edition, Nicolai M. Josuttis,
ISBN: 978-0-321-62321-8

[4] Presentation Materials: Overview of the New C++ (C++11), Scott Meyers [PDF]
http://www.artima.com/shop/overview_of_the_new_cpp/

[5] The C++ Programming Language (4th Edition),
Bjarne Stroustrup, ISBN: 978-0321563842

bbv Software Services AG ist ein Schweizer Software- und Beratungsunternehmen, das Kunden bei der Realisierung ihrer Visionen und Projekte unterstützt. Wir entwickeln individuelle Softwarelösungen und begleiten Kunden mit fundierter Beratung, erstklassigem Software Engineering und langjähriger Branchenerfahrung auf dem Weg zur erfolgreichen Lösung.

Unsere Booklets und vieles mehr finden Sie unter
www.bbv.ch/publikationen

MAKING VISIONS WORK.

www.bbv.ch · info@bbv.ch