science + computing

A Bull Group Company

C++11: Quo vadis?

science + computing ag
IT-Dienstleistungen und Software für anspruchsvolle Rechnernetze
Tübingen | München | Berlin | Düsseldorf

Bjarne Stroustrup über C++11

Bjarne Stroustrup:

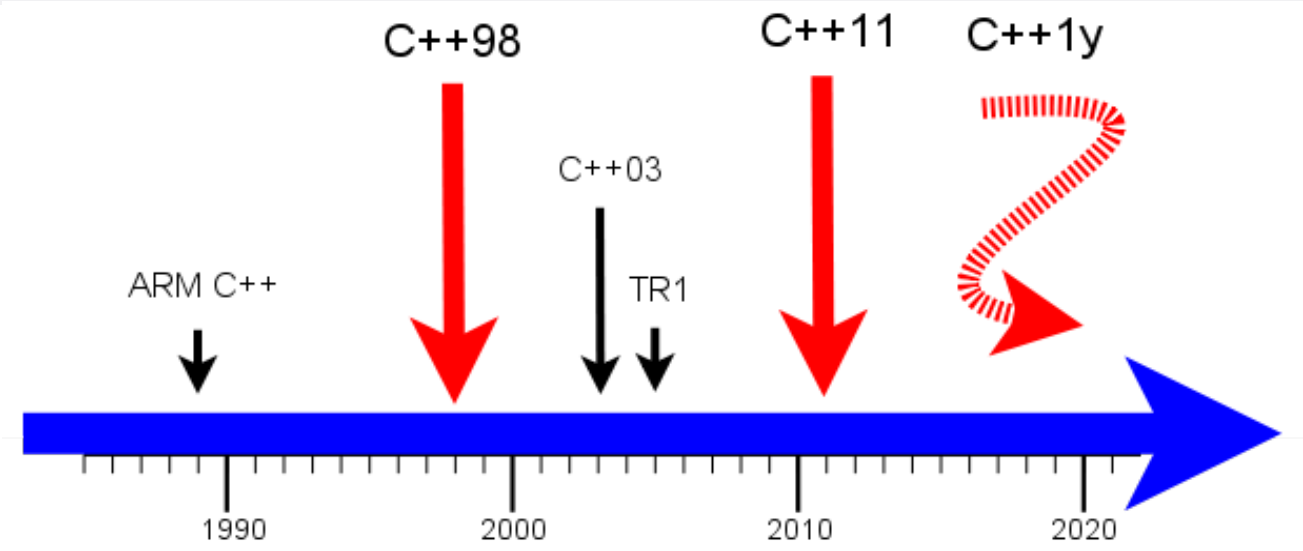
„Surprisingly, C++11 feels like a new language - the pieces just fit together better.“

Überblick

Quelle:http://www.wojcik.net; 2012-02-28

- The Past: C++98
- The Present: C++11
  - Kernsprache
  - Multithreading
  - Die Standardbibliothek
- The Future: C++1y

Zeitachse



  - ARM C++: “The Annotated C++ Reference Manual“
- **C++98:** erster ISO-Standard
  - C++03: technische Korrektur von C++98
  - TR1: Technical Report 1
- **C++11:** aktueller ISO-Standard
- **C++1y:** zukünftiger ISO-Standard

Prinzipien

- Prinzipien von C++:
  - Vertraue dem Programmierer.
  - Zahle nicht für etwas, das Du nicht nutzt.
  - Brich keinen funktionierenden Code.
  - Kontrolle zur Übersetzungszeit ist besser als zur Laufzeit.
- Neue Ziele von C++11:
  - Ist die bessere Programmiersprache
    - für die Systemprogrammierung.
    - für das Schreiben von Bibliotheken.
  - Ist einfacher zu lehren und zu lernen.

Automatische Typableitung mit auto

science + computing
A Bull Group Company

- Der Compiler bestimmt den Typ

```
auto myString= "my String";                    // C++11
auto myInt= 5;                                 // C++11
auto myFloat= 3.14;                            // C++11
```

- Erhalte einen Iterator auf das erste Element eines Vektors

```
vector<int> v;
vector<int>::iterator it1= v.begin();          // C++98
auto it2= v.begin();                           // C++11
```

- Definition eines Funktionszeigers

```
int add(int a,int b){ return a+b; };
int (*myAdd1)(int,int)= add;                   // C++98
auto myAdd2=add;                               // C++11
myAdd1(2,3) == myAdd2(2,3);
```

Automatische Typableitung mit decltype

science + computing
A Bull Group Company

- Der Compiler gibt den Typ eines Ausdruckes zurück

```
decltype("str") myString= "str";                    // C++11
decltype(5) myInt= 5;                               // C++11
decltype(3.14) myFloat= 3.14;                       // C++11
decltype(myInt) myNewInt= 2011;                     // C++11

int add(int a,int b){ return a+b; };
decltype(add) myAdd= add;  // (int)(*)(int, int)    // C++11
myAdd(2,3) == add(2,3);
```

Automatischer Rückgabetyp

science + computing
A Bull Group Company

- Beispiel für die neue, alternative Funktionssyntax

  func(Argumente) → Rückgabetyp { Funktionskörper }

- Eine generische add-Funktion durch auto und decltype

```
template <typename T1, typename T2>
auto add(T1 first, T2 second) -> decltype(first + second){
  return first + second;
}
add(1,1);
add(1,1.1);
add(1000LL,5);
```

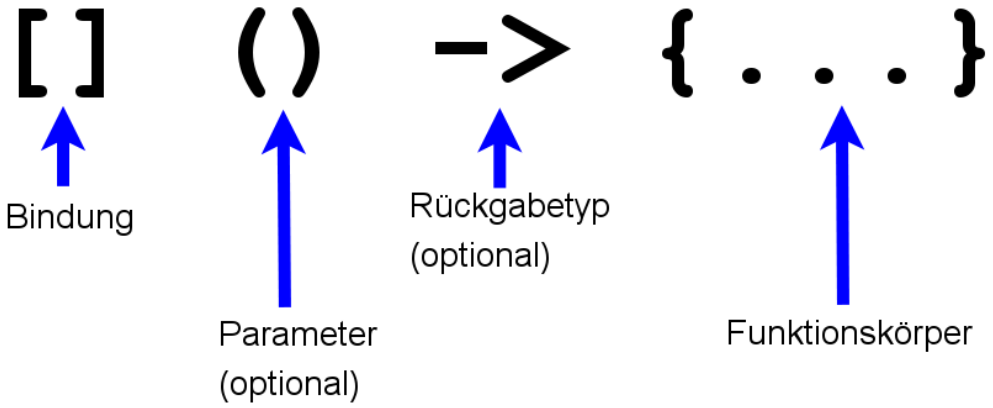
- Das Ergebnis ist vom Typ

```
int
double
long long int
```

Lambda-Funktionen

- Lambda-Funktionen sind
  - Funktionen ohne Namen
  - definieren ihre Funktionalität an Ort und Stelle
  - können wie Daten kopiert werden
- Lambda-Funktionen sollen
  - kurz und knackig sein
  - selbsterklärend sein

Lambda-Funktionen: Syntax



- `[]`: Bindung der verwendeten Variablen per Copy oder per Referenz möglich
- `()`: bei Parametern notwendig
- `->`: bei komplexeren Lambda-Funktionen notwendig
- `{}`: kann mehrere Ausdrücke und Statements enthalten

Lambda-Funktionen

science + computing
A Bull Group Company

- Sortiere die Elemente eines Vektors

```
vector<int> vec={3,2,1,5,4};
```

  - in C++98 mit einem Funktionsobjekt

```
class MySort{
public:
   bool operator()(int v, int w){ return v > w; }
};
// a lot of code
sort(vec.begin(),vec.end(),MySort());
```

  - in C++11 mit einer Lambda-Funktion

```
sort(vec.begin(),vec.end(),
[](int v,int w){
   return v > w;
});
sort(vec.begin(),vec.end(),[](int v,int w){return v>w;});
```

Lambda-Funktionen

- Lambda-Funktionen können noch viel mehr
  - Starten eines Threads

```
thread t1([]{cout << this_thread::get_id() << endl;});
thread t2([]{veryExpensiveFunction();});
```

  - Lambda-Funktionen als first-class functions
    - Argument einer Funktion

```
auto myLambda= []{return "lambda function";};
getLambda(myLambda);
```

    - Rückgabewert einer Funktion

```
function< string() > makeLambda{
  return []{return "2011";};
};
```

Vereinfachte und vereinheitlichte Initialisierung

science + computing
A Bull Group Company

- Einfache Datentypen

```
int i{2011};
string st= {"Stroustrup"};
```

- Container

```
vector<string> vec= {"Scott",st,"Sutter"};
unordered_map<string,int> um= {{"C++98",1998},{"C++11",i}};
```

- Array als Datenelement einer Klasse

```
struct MyArray{
  MyArray(): myData{1,2,3,4,5} {}
  int myData[5];
}
```

- konstantes Heap-Array

```
const float* pData= new const float[5]{1,2,3,4,5};
```

Die Range-basierte For-Schleife

science + computing
A Bull Group Company

- Einfaches Iterieren über einen Container

```
vector<int> vec={1,2,3,4,5};
for (auto v: vec) cout << v << ",";       // 1,2,3,4,5,

unordered_map<string,int> um= {{"C++98",1998},{"C++11",2011}};
for (auto u:um) cout << u->first << ":" << u->second << "   ";
   // "C++11":2011  "C++98":1998
```

- Modifizieren der Containerelemente durch auto&

```
for (auto& v: vec) v *= 2;
for (auto v: vec) cout << v << " ,";       // 2,4,6,8,10,

string testStr{"Only for Testing."};
for (auto& c: testStr) c= toupper(c);
for (auto c: testStr) cout << c;  // "ONLY FOR TESTING."
```

Konstruktor: Delegation

```
class MyHour{
  int myHour_;
  public:
    MyHour(int h){                                          // #1
      if (0 <= h and h <= 23 ) myHour_= h;
      else myHour_= 0;
    }
    MyHour(): MyHour(0){};                                  // #2
    MyHour(double h): MyHour(static_cast<int>(ceil(h))){};// #3
};
```

- die Konstruktoren #2 und #3 rufen den Konstruktor #1 auf

Konstruktor: Vererbung (using)

science + computing
A Bull Group Company

```
struct Base{
  Base(int){}
  Base(string){}
};
struct Derived: public Base{
  using Base::Base;
  Derived(double){}
};
int main(){
  Derived(2011);          // Base::Base(2011)
  Derived("C++11");       // Base::Base(C++11)
  Derived(0.33);          // Derived::Derived(0.33)
}
```

Methoden anfordern (default)

science + computing
A Bull Group Company

- fordere spezielle Methoden und Operatoren vom Compiler an
  - Beispiele: Standard-, Kopierkonstruktor und Destruktor; Zuweisungsoperator, operator new

```
class MyType{
  public:
    MyType(int val) {}                          // #1
    MyType()= default;                          // #2
    virtual ~MyType();
    MyType& operator= (MyType&)
};
MyType::~MyType()= default;
MyType& MyType::operator(MyType&)= default;
```

- #1 verhindert das automatische Erzeugen von #2

Funktionsaufrufe unterdrücken (`delete`)

science + computing
A Bull Group Company

- eine nicht kopierbare Klasse

```
class NonCopyClass{
  public:
    NonCopyClass()= default;
    NonCopyClass& operator =(const NonCopyClass&)= delete;
    NonCopyClass (const NonCopyClass&)= delete;
};
```

- eine Funktion, die nur `double` annimmt

```
void onlyDouble(double){}
template <typename T> void onlyDouble(T)= delete;
int main(){
  onlyDouble(3);
};
```

  - Fehler: use of deleted function »void onlyDouble(T) [mit T = int]«

Explizites Überschreiben (override)

science + computing
A Bull Group Company

- Kontrolle durch den Compiler

```
class Base {
  virtual void func1();
  virtual void func2(float);
  virtual void func3() const;
  virtual long func4(int);
};
class Derived: public Base {
  virtual void fun1() override;                  // ERROR
  virtual void func2(double) override;           // ERROR
  virtual void func3() override;                 // ERROR
  virtual int func4(int) override;               // ERROR
  virtual long func4(int) override;              // OK
};
```

Überschreiben unterbinden (`final`)

science + computing
A Bull Group Company

- für Methoden

```
class Base {
  virtual void h(int) final;
};
class Derived: public Base {
  virtual void h(int);                    // ERROR
  virtual void h(double);                 // OK
};
```

- für Klassen

```
struct Base final{};
struct Derived: Base{};                   // ERROR
```

Rvalue-Referenzen

science + computing
A Bull Group Company

- sind spezielle Referenzen, an die nur ein Rvalue gebunden werden kann
- Rvalues sind
  - temporäre Objekte
  - Objekte ohne Namen
  - Objekte, von denen keine Adresse bestimmt werden kann
- werden durch zwei und-Symbole (&&) erklärt

```
MyData myData;

MyData& myDataLvalue= myData;

MyData&& myDataRvalue( MyData());
```

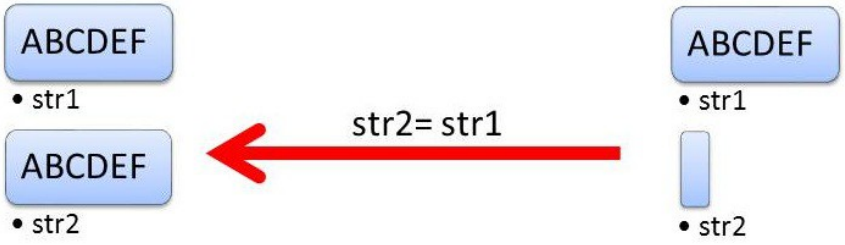
- der Compiler bildet Lvalues auf Lvalue-Referenzen, Rvalues auf Rvalue-Referenzen ab
  - spezielle Aktionen können für Rvalues hinterlegt werden
- Anwendungsfälle: Move-Semantik und Perfect Forwarding

Move-Semantik (move)

science + computing
A Bull Group Company

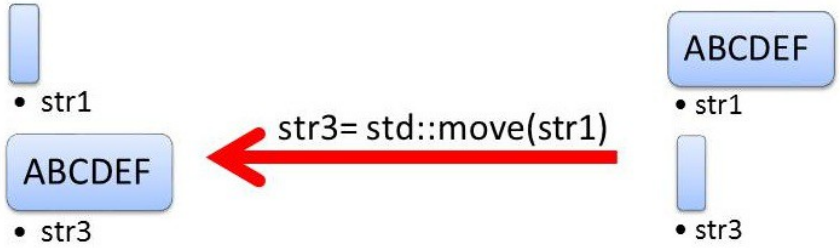
Copy

```
string str1("ABCDEF");
string str2;
str2= str1;
```



Move

```
string str1{"ABCDEF"};
string str3;
str3= std::move(str1);
```



Move-Semantik

science + computing
A Bull Group Company

- Vorteile
  - billiges Verschieben einer Ressource statt teurem Kopieren

```
vector<int> myBigVector;
....
vector<int> myBigVector2(move(myBigVector));
```

  - nicht kopierbare aber verschiebbare (*moveable*) Objekte können *by value* einer Funktion übergeben oder von einer Funktion zurückgegeben werden
    - Beispiele: unique_ptr, Dateien, Mutexe, Promise und Future

```
mutex m;
unique_lock<mutex> uniqueLock(m);
unique_lock<mutex> uniqueLock2(move(m));
```

Perfect Forwarding (`forward`)

science + computing
A Bull Group Company

- ermöglicht Funktionstemplates zu schreiben, die ihre Argumente an eine weitere Funktion übergeben können, so dass deren Lvalue/Rvalue Eigenschaften beibehalten werden.
  - Stroustrup: *„ . . . a heretofore unsolved problem in C++.“*
- Anwendungsfälle: Fabrikfunktionen oder auch Konstruktoren
- Beispiel: Fabrikfunktion mit einem Argument

```
template <typename T, typename T1>
T createObject(T1&& t1){
  return T(forward<T1>(t1));
}
int myFive2= createObject<int>(5);                    // Rvalue
int five=5;
int myFive= createObject<int>(five);                  // Lvalue
```

Variadic Templates . . .

science + computing
A Bull Group Company

- Templates, die beliebig viele Argumente annehmen können
- die Ellipse . . . bezeichnet das Template Parameter Pack, das gepackt oder entpackt werden kann
- Anwendung: std::tuple, std::thread
- Beispiel: eine vollkommen generische Fabrikfunktion

```
template <typename T, typename ... Args>
T createObject(Args&& ... args){
  return T(forward<Args>(args)...);
}
string st= createObject<string>("Rainer");
struct MyStruct{
  MyStruct(int i,double d,string s){}
};
MyStruct myStr= createObject<MyStruct>(2011,3.14,"Rainer");
```

Mehr Kontrolle zur Übersetzungszeit (static_assert)

science + computing
A Bull Group Company

- besitzt keinen Einfluss auf die Laufzeit des Programmes
- static_assert lässt sich ideal mit der neuen Type-Traits-Bibliothek kombinieren
- stelle sicher,
  - dass eine 64-bit Architektur vorliegt

```
static_assert(sizeof(long) >= 8,"no 64-bit code");
```

  - dass ein arithmetischer Typ vorliegt

```
template< typename T >
struct Add{
  static_assert(is_arithmetic<T>::value,"T is not arith");
} ;
```

Konstante Ausdrücke (constexpr)

science + computing
A Bull Group Company

- stellen ein Optimierungspotential für den Compiler dar
  - können zur Übersetzungszeit ausgewertet werden
  - Compiler erhält einen tiefen Einblick in den evaluierten Code
- Drei Typen
  - Variablen

```
constexpr double myDouble= 5.2;
```

  - Funktionen

```
constexpr fact (int n){return n > 0 ? n * fact(n-1) : 1;}
```

  - Benutzerdefinierte Typen

```
struct MyDouble{
  double myVal;
  constexpr MyDouble(double v): myVal(v){}
};
```

Raw-String-Literale (r“(raw string)“)

science + computing
A Bull Group Company

- unterdrücken das Interpretieren des Strings
- werden durch r“(raw string)“ oder R“(Raw String)“ definiert
- sind praktische Helferlein bei
  - Pfadangaben

```
string pathOld= "C:\\temp\\newFile.txt";
string pathRaw= r"(C:\temp\newFile.txt)";
```

  - regulären Ausdrücken

```
string regOld= "c\\+\\+";
string regRaw= r"(c\+\+)";
```

Was ich noch sagen wollte

- Entwurf von Klassen
  - Direktes Initialisieren von Klassenelementen

```
class MyClass{
  const static int oldX= 5;
  int newX= 5;
  vector<int> myVec{1,2,3,4,5};
};
```

- Erweiterte Datenkonzepte
  - Unicode-Unterstützung: UTF-16 und UTF-32
  - Benutzerdefinierte Literale: `63_s; 123.45_km; "Hallo"_i18n`
  - das Nullzeiger-Literal nullptr

science + computing
A Bull Group Company

C++11's Antwort auf die Anforderungen der Multicore-Architekturen

Quelle: http://www.livingroutes.org, 2012-02-28

- eine standardisierte Threading-Schnittstelle
- ein definiertes Speichermodell

Thread versus Task

science + computing
A Bull Group Company

- Thread

```
int res;
thread t([&]{res= 3+4;});
t.join();
cout << res << endl;
```

- Task

```
auto fut=async([]{return 3+4;});
cout << fut.get() << endl;
```

	Thread	Task
Kommunikation	gemeinsame Variable	Kommunikationskanal
Threaderzeugung	verbindlich	optional
Synchronisation	der Vater wartet durch den `join`-Aufruf auf das Kind	der `get`-Aufruf ist blockierend
Ausnahme im neuen Thread	Kind- und Erzeugerthread terminieren	Rückgabewert des `get`-Aufrufes

Threads (thread)

science + computing
A Bull Group Company

- ein Thread wird über sein Arbeitspaket parametrisiert und startet sofort
- der Vater-Thread

```
thread t([]{ cout << "I'm running." << endl;});
```

  - muss auf sein Kind warten

```
t.join();
```

  - muss sich von seinem Kind trennen (Daemon-Thread)

```
t.detach();
```

- Daten sollen per Default in einen Thread kopiert werden

```
string s{"undefined behavior"};
thread t([&]{ cout << s << endl;});
t.detach();
```

Thread-lokale Daten (thread_local)

science + computing
A Bull Group Company

- gehören exklusiv einem Thread
- verhalten sich wie statische Variablen

```
void addThreadLocal(string const& s){
  thread_local threadLocalStr("Hello from ");
  threadLocalStr += s;
  cout << threadLocalStr << endl;
}

thread t1(addThreadLocal,"t1");
thread t2(addThreadLocal,"t2");
```

- Ergebnis: Hello from t1
  Hello from t2

Schutz von Daten (mutex)

science + computing
A Bull Group Company

- gemeinsam von Threads verwendete Daten müssen geschützt werden um eine Race Condition zu vermeiden
- **race condition**: mindestens zwei Threads verwenden eine gemeinsame Variable, wobei mindestens ein Thread diese modifiziert
- ein Mutex (**mut**ual **ex**clusion)
  - stellt den gegenseitigen Ausschluss sicher
  - gibt es
    - rekursiv und nicht rekursiv,
    - ohne und mit relativer oder absoluter Zeitangabe

Deadlocks mit Mutexen

science + computing
A Bull Group Company

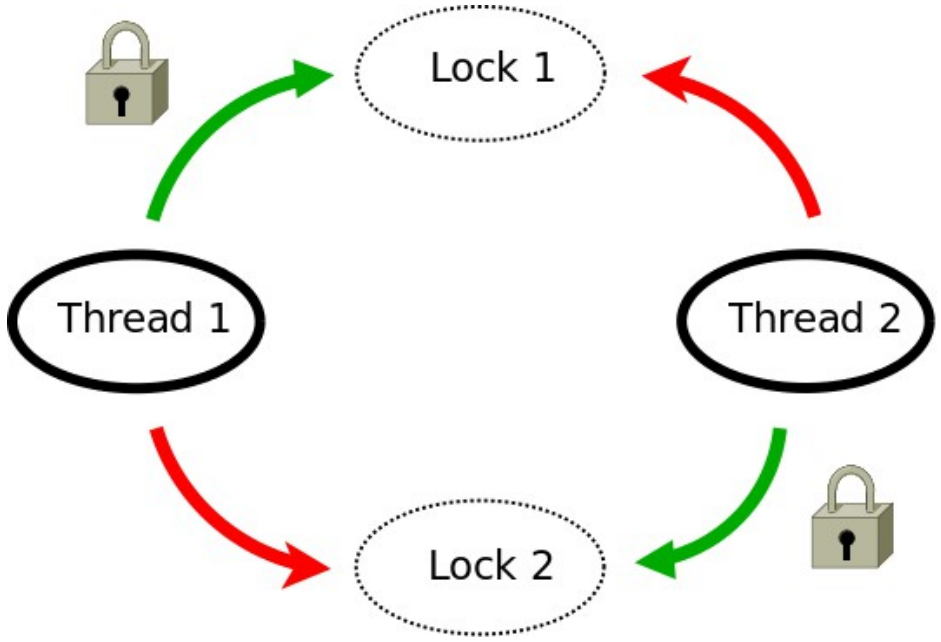
Ausnahmesituation

- Mutex im Einsatz:

```
mutex m;
m.lock();
sharedVar= getVar();
m.unlock();
```

- Problem: Eine Ausnahme in getVar() kann zu einem Deadlock führen.

Locken in verschiedener Reihenfolge



- Verwenden Sie lock_guard und unique_lock

RAII mit lock_guard und unique_lock

science + computing
A Bull Group Company

- lock_guard und unique_lock verwalten die Lebenszeit ihres Mutex automatisch nach dem RAII-Idiom
- lock_guard

```
mutex mapMutex;
{
  lock_guard<mutex> mapLock(mapMutex);
  addToMap("white",0);
}
```

- unique_lock für den anspruchsvolleren Anwendungsbereich
  - Explizite Setzen oder Freigeben eines Locks
  - Verschieben oder Austauschen von Locks
  - Versuchsweise oder verzögertes Locken

Initialisieren gemeinsamer Variablen

science + computing
A Bull Group Company

- Lesend verwendete Daten müssen nur sicher initialisiert werden
  - das teure Locken der Variable ist nicht notwendig
- C++11 bietet drei Möglichkeiten an

  1) konstante Ausdrücke

```
constexpr MyDouble myDouble;
```

  2) call_once und once_flag

```
void onlyOnceFunction(){ .... };
once_flag= onceFlag;
call_once(onceFlag,onlyOnceFunction)
```

  3) statische Variablen mit Blockgültigkeit

```
void func(){ ... static int a=2011; ...}
```

Bedingungsvariablen (notify_one, wait)

science + computing
A Bull Group Company

- Ein Sender - ein Empfänger

```
mutex protVarMutex;
condition_variable condVar;
bool dataReady;
```

Thread 1: Sender

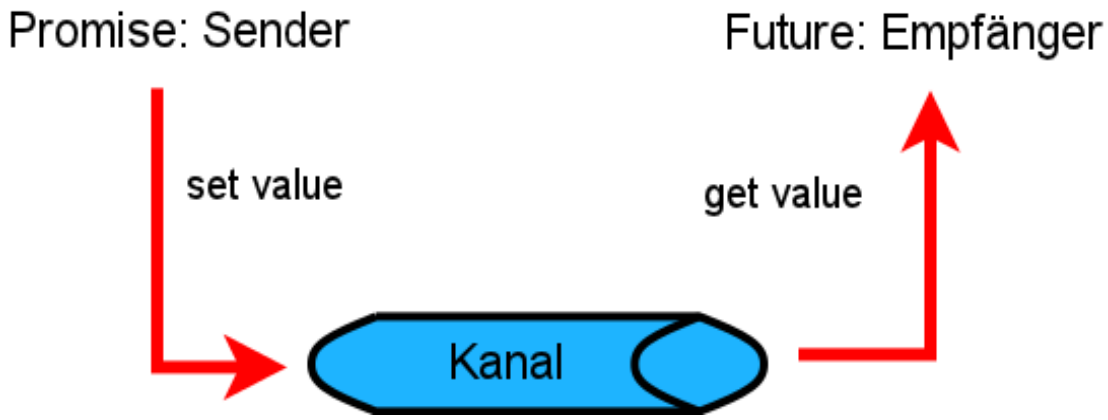
```
lock_guard<mutex> sender_lock(protVarMutex);
protectedVar= 2000;
dataReady= true;
condVar.notify_one();
```

Thread 2 : Empfänger

```
unique_lock<mutex> receiver_lock(protVarMutex);
condVar.wait(receiver_lock,[]{return dataReady;});
protectedVar += 11;
```

- Ein Sender - viele Empfänger (notify_all und wait)

Promise und Future als Datenkanal



- der Promise
  - ist der Datensender
  - kann mehrere Futures bedienen
  - kann Werte, Ausnahmen und Benachrichtigungen schicken
- der Future
  - ist der Datenempfänger
  - der `get`-Aufruf ist blockierend

Promise und Future in Aktion

science + computing
A Bull Group Company

```
a=2000;
b=11;
```

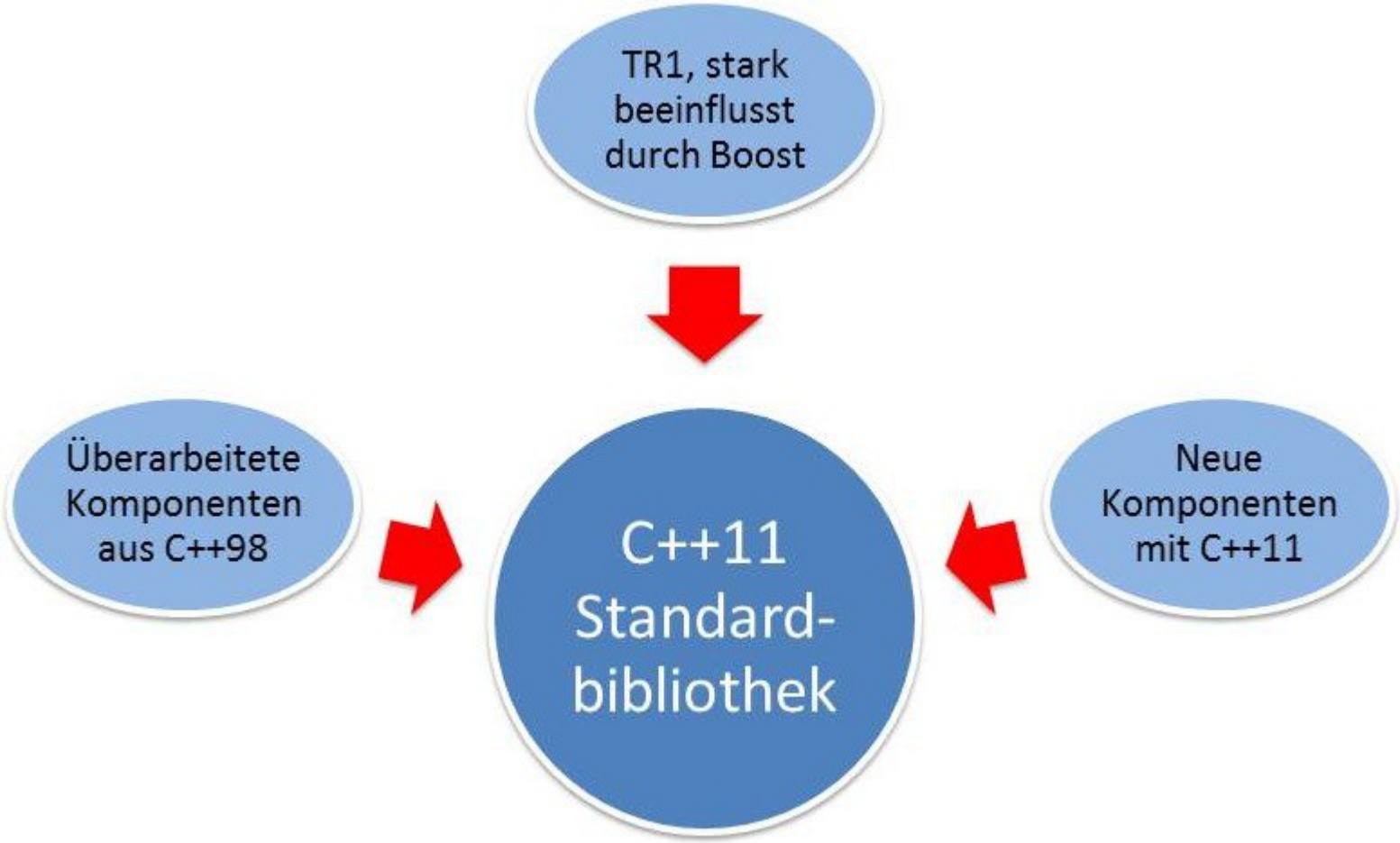
- implizit durch async

```
future<int> sum= async([=]{ return a+b; });
sum.get()
```

- explizit durch future und promise

```
void sum(promise<int>&& intProm,int x,int y){
  intProm.set_value(x+y);
}
promise<int> sumPromise;
future<int> futRes= sumPromise.get_future();
thread sumThread(&sum,move(sumPromise),a,b);
futRes.get();
```

Einflüsse auf die neue Standardbibliothek



Reguläre Ausdrücke

- ist die Beschreibungssprache für Zeichenmuster
- ist das Werkzeug für Textmanipulation:
  - entspricht der Text dem Zeichenmuster
  - suche ein Zeichenmuster in dem Text
  - ersetze ein Zeichenmuster in dem Text
  - iteriere über alle Zeichenmuster in dem Text

Reguläre Ausdrücke

- Suche die erste Zahl in einem Text

```
string text("abc1234def");
string regExNumber(r"(\d+)");                          // 1
smatch holdResult;                                     // 2
if ( regex_search(text,holdResult,regExNumber) )       // 3
    cout << holdResult[0]  << endl;
    cout << holdResult.prefix() << endl;
    cout << holdResult.suffix() << endl;
```

  - Ergebnis: 1234
    abc
    def

Reguläre Ausdrücke

science + computing
A Bull Group Company

- Iteriere über alle Zahlen eines Texts

```
string text="Der bisherige Standard C++98 ist nach 13
Jahren am 12. August 2011 durch den neuen Standard C++11
abgelöst worden."
regex regNumb(r"(\d+)");
sregex_token_iterator it(text.begin(),text.end(),regNumb);
sregex_token_iterator end;
while (it != end) cout << *it++ << " ";
```

- Ergebnis: 98 13 12 2011 11

Type Traits

science + computing
A Bull Group Company

- ermöglichen zur Übersetzungszeit
  - Typabfragen (`is_integral<T>,is_same<T,U>`)

```
template <typename T>
T gcd(T a, T b){
  static_assert(is_integral<T>::value,"T != integral");
  if( b==0 ) return a;
  else return gcd(b, a % b);
}
```

  - Typtransformationen (`add_const<T>`)

```
typedef add_const<int>::type myConstInt;
cout << is_same<const int,myConstInt>::value << endl;
```

  - Ergebnis: true
- Code, der sich selber optimiert

Zufallszahlen

science + computing
A Bull Group Company

- kombiniert einen Zufallszahlenerzeuger mit einer -verteilung
  - Zufallszahlenerzeuger
    - erzeugt einen Zahlenstrom zwischen einem Minimum- und Maximumwert
    - Beispiel: Mersenne Twister, random_device (*/dev/urandom*)
  - Zufallszahlenverteilung
    - bildet die Zufallszahlen auf die Verteilung ab
    - Beispiele: Gleich-, Normal-, Poisson- und Gammaverteilung
- Simulieren eines Würfels:

```
random_device seed;
mt19337 numberGenerator(seed());
uniform_int_distribution<int> six(1,6);
cout << six(numberGenerator)  << endl;              // 3
```

Zeitbibliothek

- elementarer Bestandteil der neuen Multithreading-Funktionalität
- Beispiele:
  - lege den aktuellen Thread für 100 Millisekunden schlafen

```
this_thread::sleep_for( chrono::millisecond(100) );
```

  - Performancemessung in Sekunden

```
auto begin= chrono::system_clock::now();
//  a lot to do
auto end= chrono::system_clock::now() - begin;
auto timeInSeconds= chrono::duration<double>(end).count();
```

Referenz-Wrapper (reference_wrapper)

- reference_wrapper<T> ist ein kopierkonstruierbarer und zuweisbarer Wrapper um ein Objekt vom Typ T&
  - verhält sich wie eine Referenz, kann aber kopiert werden
- Neue Anwendungsfälle
  1. Klassen, die Referenzen enthalten, können kopiert werden

```
struct Copyable{
  Copyable(string& s): name(s){}
  // string& badName; will not compile
  reference_wrapper<string> name;
};
```

  2. Referenzen können in Containern der STL verwendet werden

```
int a=1, b=2, c=4;
vector<reference_wrapper<int>> vec={ref(a),ref(b),ref(c)};
c = 3;
```

  - Ergebnis: vec[2] == 3

Smart Pointer: Lebenszyklus verwalten

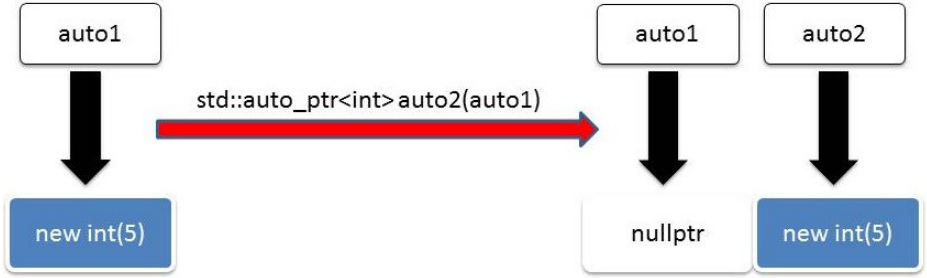
science + computing
A Bull Group Company

Name	Im C++-Standard	Beschreibung
auto_ptr	C++98	• Besitzt die Ressource exklusiv. • Transferiert beim Kopieren heimlich die Ressource.
unique_ptr	C++11	• Besitzt die Ressource exklusiv. • Kann nicht kopiert werden. • Verwaltet nicht kopierbare Objekte (Threads, Locks, Dateien ...).
shared_ptr	C++11	• Bietet einen Referenzzähler auf die gemeinsame Variable an. • Verwaltet automatisch den Referenzzähler. • Löscht die Ressource, sobald der Referenzzähler 0 ist.

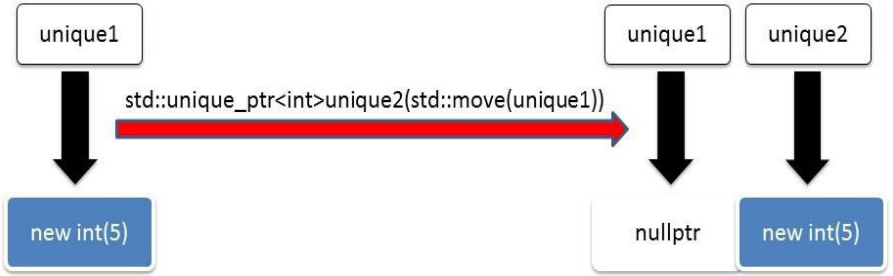
Smart Pointer: *Kopieren*

science + computing
A Bull Group Company

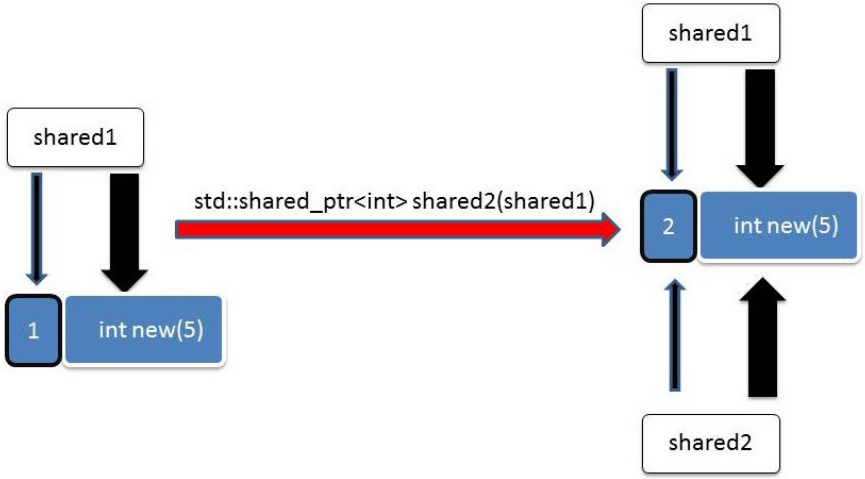
auto_ptr



unique_ptr



shared_ptr



Smart Pointer im Einsatz

science + computing
A Bull Group Company

```
shared_ptr<int> sharedPtr(new int(5));              // refcount == 1
{
    shared_ptr<int> localSharedPtr(sharedPtr);      // refcount == 2
}                                                   // refcount == 1
shared_ptr<int> globalSharedPtr= sharedPtr;         // refcount == 2
globalSharedPtr.reset();                            // refcount == 1
```

```
unique_ptr<int> uniqueInt(new int(2011));
unique_ptr<int> uniqueInt2(uniqueInt);              // error !!!
unique_pttr<ptr> uniqueInt2(move(uniqueInt));
vector<unique_ptr<int>> myIntVec;
myIntVec.push_back(move(uniqueInt2));
```

Neue Container (tuple und array)

science + computing
A Bull Group Company

- Tupel
  - heterogener Container fester Länge
  - Erweiterung von pair aus C++98

```
tuple<string,int,float> tup=("first",1998,3.14);
auto tup2= make_tuple("second",2011,'c');
get<1>(tup)= get<1>(tup2);
```

- Array
  - homogener Container fester Länge
  - verbindet die Performance des c-Arrays mit dem Interface eines C++-Vektors

```
array<int,8> arr{{1,2,3,4,5,6,7,8}};
int sum= 0;
for_each(arr.begin(),arr.end(),[&sum](int v){sum += v;});
```

Neue Container: Hashtabellen

science + computing
A Bull Group Company

- besteht aus (Schlüssel,Wert)-Paaren
- auch bekannt als Dictionary oder assoziatives Array
- ungeordnete Varianten der C++-Container map, set, multimap und multiset
- 4 Variationen

Name	Wert zugeordnet	mehrere gleiche Schlüssel
unordered_map	ja	nein
unordered_set	nein	nein
unordered_multimap	ja	ja
unordered_multiset	nein	ja

- Vergleich der C++11 Hashtabellen mit den C++98 Containern
  - sehr ähnliches Interface
  - Schlüssel nicht geordnet
  - konstante Zugriffszeit

Neue Container: Hashtabellen

```
map<string,int> m {{"Dijkstra",1972},{"Scott",1976}};
m["Ritchie"] = 1983;
for(auto p : m) cout << '{' << p.first << ',' << p.second << '}';

cout << endl;

unordered_map<string,int> um { {"Dijkstra",1972},{"Scott",1976}};
um["Ritchie"] = 1983;
for(auto p : um) cout << '{' << p.first << ',' << p.second << '}';
```

- Ergebnis: {Dijkstra,1972}{Ritchie,1983}{Scott,1976}
  {Ritchie,1983}{Dijkstra,1972}{Scott,1976}

bind und function

science + computing
A Bull Group Company

- Feature für die funktionale Programmierung
  - `bind` erlaubt einfach Funktionsobjekte zu erzeugen
  - `function` bindet die Funktionsobjekte von bind

```
int add(int a, int b){ return a+b;};
function< int(int)> myAdd= bind(add,2000,_1);
add(2000,11) == myAdd(11);
```

- beide Bibliotheken werden durch die Erweiterung der Kernsprache nahezu überflüssig
  - bind kann durch Lambda-Funktionen ausgedrückt werden
  - function kann durch auto ersetzt werden

```
auto myAddLambda= [](int v){ return add(2000,v); };
add(2000,11) == myAddLambda(11);
```

C++1y

Vorhersagen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen.

Quelle: www.nato.int; 2012-02-28

- Zeitrahmen für C++1y: 2017
- Bibliothekserweiterung:
  - Technical Report für Dateisystem
- Inhalt
  - constrained templates (2022)
  - Multithreading
    - STM (2022)
    - asynchron IO
  - Module
  - Bibliotheken

C++11: Quo vadis?

science + computing

A Bull Group Company

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Rainer Grimm
science + computing ag
www.science-computing.de

Telefon 07071 9457-253
r.grimm@science-computing.de