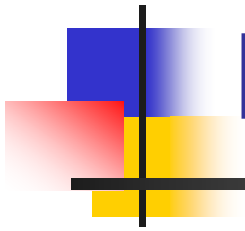
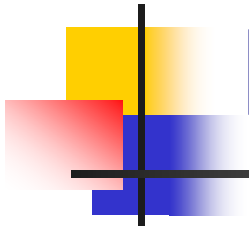


Einführung

Editor, Compiler, Computer,
Betriebssystem, Plattform

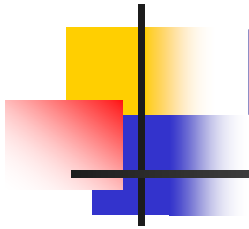


Editor

Programm zum

- Ändern
- Erfassen
- Speichern

von (Programm)-Text



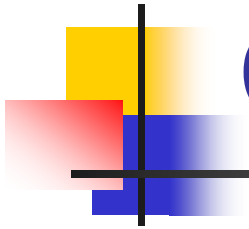
Editor

Programm zum

- Ändern
- Erfassen
- Speichern

von (Programm)-Text

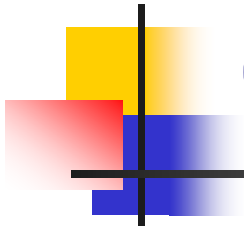
Beispiele:
Microsoft Word,
Emacs



Compiler

Motivation:

- Sprache, die der Computer versteht, ist sehr primitiv (Maschinensprache)
- Selbst einfache Operationen müssen in viele Einzelschritte aufgeteilt werden
- Verstandene Sprache variiert von Computer zu Computer



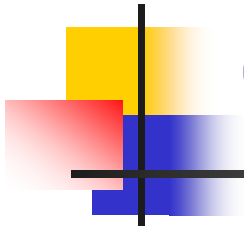
Compiler

Programm zur Übersetzung von

- visuell lesbarem
- computermodell-unabhängigem

Programmtext in Maschinensprache.

Idee der **höheren Programmiersprache**



Compiler

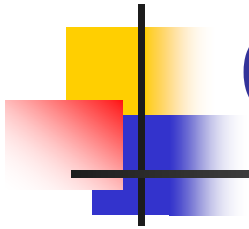
Programm zur Übersetzung von

- visuell lesbarem
- computermodell-unabhängigem

Programmtext in Maschinensprache.

Idee der **höheren Programmiersprache**

Beispiele: Pascal, Oberon, C++, Java



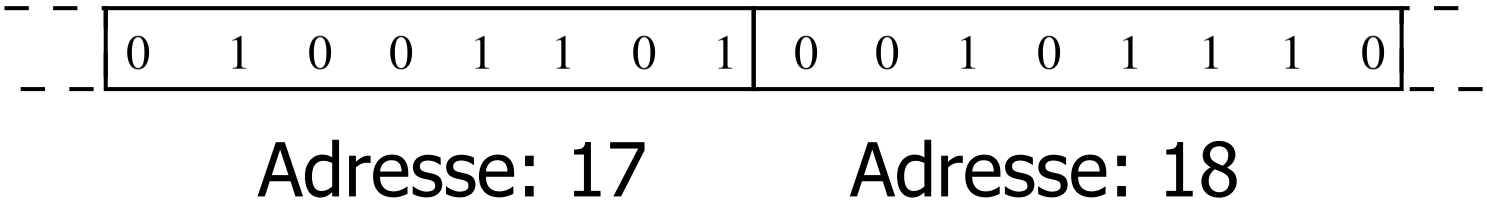
Computer

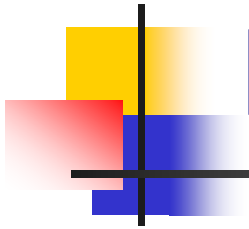
Zutaten der *von-Neumann-Architektur*:

- Hauptspeicher (RAM) für Programme *und* Daten
- Prozessor (CPU) zur Verarbeitung der Programme und Daten

Hauptspeicher

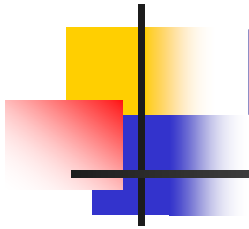
- Folge von *Bits* aus {0,1}
- Programmzustand: Werte aller Bits
- Zusammenfassung von Bits zu *Speicherzellen*
- Jede Speicherzelle hat eine *Adresse*
- *Random Access:* Zugriffszeit auf Speicherzelle unabhängig von ihrer Adresse





Prozessor

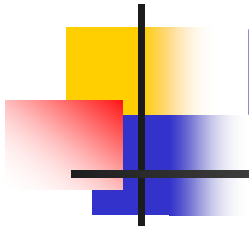
- führt Programminstruktionen in Maschinensprache aus
- hat eigenen “schnellen” Speicher (Register), kann vom Hauptspeicher lesen und in ihn schreiben
- beherrscht eine Menge einfachster Operationen (z.B. Addieren zweier Registerinhalte)



Betriebssystem

Programm fuer grundlegende Abläufe:

- Editor starten
- Programm erfassen und speichern
- Compiler aufrufen
- Übersetztes Programm starten

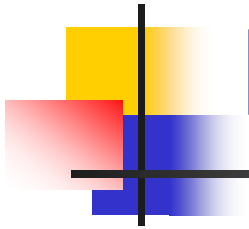


Betriebssystem

Programm fuer grundlegende Abläufe:

- Editor starten
- Programm erfassen und speichern
- Compiler aufrufen
- Übersetztes Programm starten

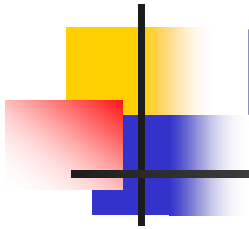
Beispiele:
Windows, Unix
Linux, MacOS



Plattform

Ideale Welt:

- Programm, das in einer höheren Programmiersprache geschrieben wurde, verhält sich überall gleich



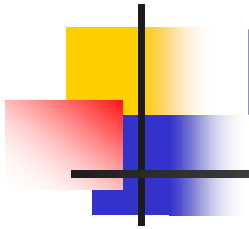
Plattform

Ideale Welt:

- Programm, das in einer höheren Programmiersprache geschrieben wurde, verhält sich überall gleich

Reale Welt (gerade bei C++):

- Verhalten *kann* von Compiler, Computer, Betriebssystem abhängen



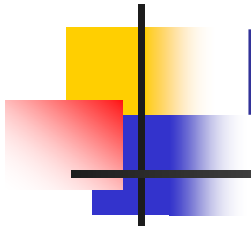
Plattform

Plattform:

- Compiler, Computer, Betriebssystem

Ziel für uns:

- Plattformunabhängige Programme
- Voraussetzung dafür: Verzicht auf maschinennahe Features von C++



Das erste C++ Programm

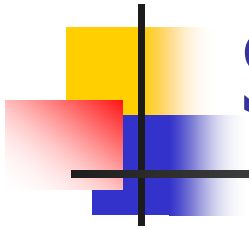
```
// Program: power8.C
// Raise a number to the eighth power.

#include <iostream>

int main()
{
  // input
  std::cout << "Compute a^8 for a =? ";
  int a;
  std::cin >> a;

   // computation
  int b = a * a; // b = a^2
  b = b * b;     // b = a^4

  // output b * b, i.e., a^8
  std::cout << a << "^8 = " << b * b << ".\n";
  return 0;
}
```



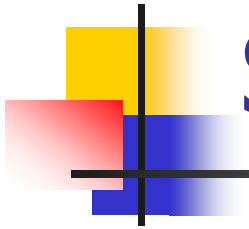
Syntax und Semantik

Syntax:

- Was *ist* ein C++ Programm?
- Ist es grammatikalisch korrekt?

Semantik:

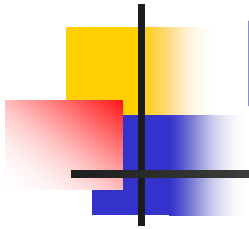
- Was *bedeutet* ein C++ Programm?
- Welchen Algorithmus realisiert es?



Syntax und Semantik

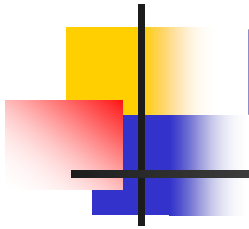
Der ISO/IEC Standard 14822 (1998)

- ist das “Gesetz” von C++
- legt Grammatik und Bedeutung von C++ Programmen fest
- wird weiterentwickelt: Neuauflage 2009



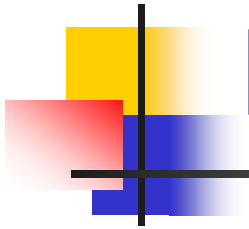
Beispiel: `power8.C`

- Kommentare/Layout
- Include-Direktiven
- Die main-Funktion
- Werte, Effekte
- Typen, Funktionalität
- Literale
- Variablen
- Bezeichner, Namen
- Objekte
- **Ausdrücke**
- L- und R-Werte
- Operatoren
- Anweisungen



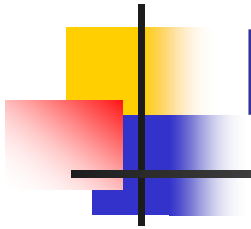
Kommentare

- hat jedes *gute* Programm
- // ab Doppel-Slash bis Zeilenende
- dokumentieren, *was* das Programm *wie* macht
- werden vom Compiler ignoriert



Layoutelemente

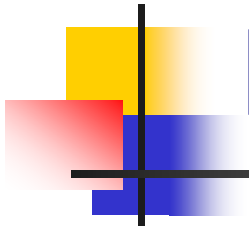
- Kommentare
- Leerzeilen, Leerschläge
- Einrückungen, die die Programmlogik widerspiegeln
- werden vom Compiler ignoriert



Kommentare und Layout

Dem Compiler ist’s egal…

```
#include<iostream> int
main(){std::cout<<"Compute a^8 for a =? ";
int a;std::cin>>a;int b=a*a;b=b*b;std::cout<<
a<<"^8 = "<<b*b<<".\n";return 0;}
```

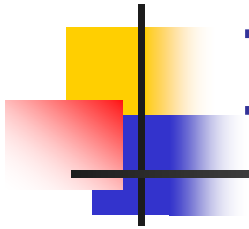


Kommentare und Layout

Dem Compiler ist's egal…

```
#include<iostream> int
main(){std::cout<<"Compute a^8 for a =? ";
int a;std::cin>>a;int b=a*a;b=b*b;std::cout<<
a<<"^8 = "<<b*b<<".\n";return 0;}
```

…aber uns nicht!



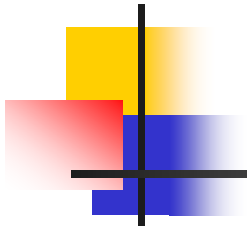
Include-Direktiven

C++ besteht aus

- Kernsprache
- Standardbibliothek
  - Ein/Ausgabe (Header **`iostream`**)
  - Mathematische Funktionen (**`cmath`**)
  - …

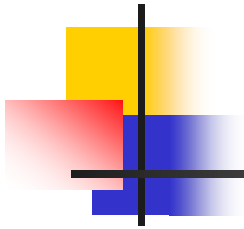
```
#include <iostream>
```

- macht Ein/Ausgabe verfügbar



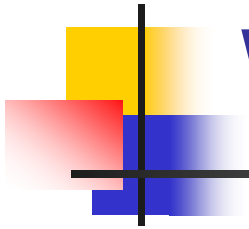
Die `main`-Funktion

- hat jedes C++ Programm
- wird vom Betriebssystem aufgerufen
- wie mathematische Funktion…
  - Argumente (bei `power8.C`: keine)
  - Rückgabe**wert** (bei `power8.C`: 0)



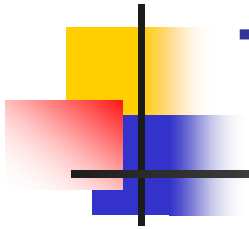
Die `main`-Funktion

- hat jedes C++ Programm
- wird vom Betriebssystem aufgerufen
- wie mathematische Funktion…
  - Argumente (bei `power8.C`: keine)
  - Rückgabe**wert** (bei `power8.C`: 0)
- …aber mit zusätzlichem **Effekt**!
  - Lies Zahl ein und gib 8-te Potenz aus



Werte und Effekte

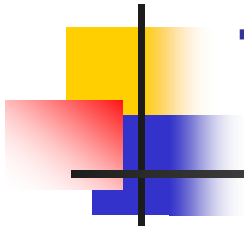
- bestimmen, was das Programm macht
- Sind rein semantische Konzepte:
  - Zeichen `'0'` *bedeutet* Wert 0 ϵ **Z**
  - `std::cin >> a;` *bedeutet* Effekt "Einlesen einer Zahl"
- hängen vom *Programmzustand* (Speicherinhalte / Eingaben) ab



Typen und Funktionalität

`int` :

- C++ Typ für ganze Zahlen
- entspricht $(\mathbb{Z}, +, \times)$ in der Mathematik



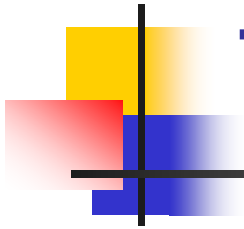
Typen und Funktionalität

`int` :

- C++ Typ für ganze Zahlen
- entspricht ($\mathbb{Z}$, +, ×) in der Mathematik

In C++ hat jeder Typ einen Namen sowie

- Wertebereich (z.B. ganze Zahlen)



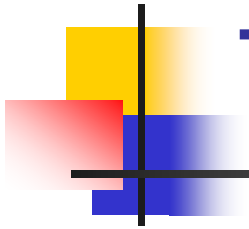
Typen und Funktionalität

`int` :

- C++ Typ für ganze Zahlen
- entspricht $(\mathbb{Z}, +, \times)$ in der Mathematik

In C++ hat jeder Typ einen Namen sowie

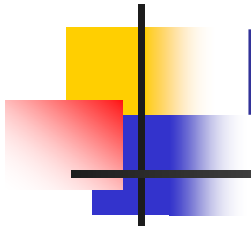
- Wertebereich (z.B. ganze Zahlen)
- Funktionalität (z.B. Addition/Multiplikation)



Typen und Funktionalität

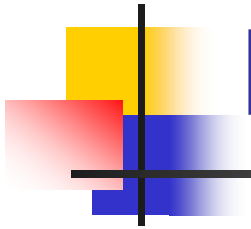
C++ enthält *fundamentale* Typen für

- Ganze Zahlen (`int`)
- Natürliche Zahlen (`unsigned int`)
- Reelle Zahlen (`float,double`)
- Wahrheitswerte (`bool`)
- ...



Literale

- repräsentieren konkrete Werte
- haben einen festen Typ
- sind “syntaktische Werte”

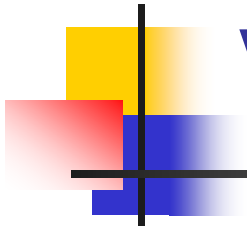


Literale

- repräsentieren konstante Werte
- haben einen festen Typ
- sind “syntaktische Werte”

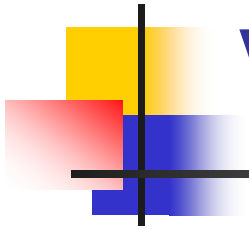
Beispiele:

- `0` hat Typ **`int`**, Wert 0
- **`1.2e5`** hat Typ **`double`**, Wert 1.2×10^5



Variablen

- repräsentieren wechselnde Werte
- haben
  - Namen
  - Typ
  - Wert
  - Adresse
- sind im Programmtext “sichtbar”

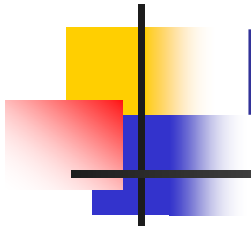


Variablen

- repräsentieren (wechselnde) Werte
- haben
  - Namen
  - Typ
  - Wert
  - Adresse
- sind im Programmtext “sichtbar”

`int a;` definiert Variable mit

- Namen: `a`
- Typ: `int`
- Wert: undefiniert
- Adresse: durch Compiler bestimmt



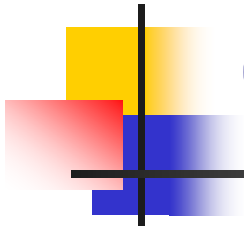
Bezeichner und Namen

(Variablen-)Namen sind Bezeichner:

- erlaubt: A,…,Z ; a,..,z ; 0,…,9 ; _
- erstes Zeichen ist Buchstabe

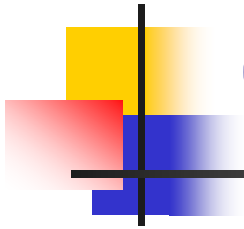
Es gibt noch andere Namen:

- `std::cin` (qualifizierter Name)



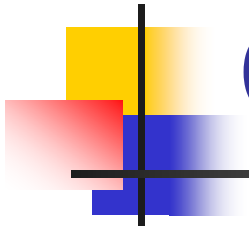
Objekte

- repräsentieren Werte im Hauptspeicher
- haben
  - Typ
  - Adresse
  - Wert (Speicherinhalt an der Adresse)



Objekte

- repräsentieren Werte im Hauptspeicher
- haben
  - Typ
  - Adresse
  - Wert (Speicherinhalt an der Adresse)
- können benannt werden (Variable)...
- ...aber auch anonym sein.

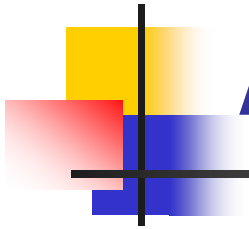


Objekte

- repräsentieren Werte im Hauptspeicher
- haben
  - Typ
  - Adresse
  - Wert (Speicherinhalt an der Adresse)
- können benannt werden (Variable)...
- ...aber auch anonym sein.

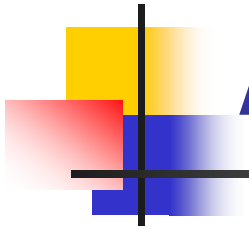
Ein Programm hat eine *feste* Anzahl von Variablen.

Um eine grössere Anzahl von Werten behandeln zu können, braucht es "anonyme" Adressen, die über temporäre Namen angesprochen werden können.



Ausdrücke (Expressions)

- repräsentieren *Berechnungen*
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken)

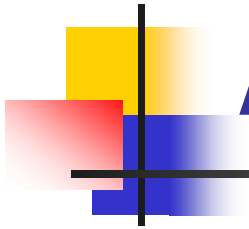


Ausdrücke (Expressions)

- repräsentieren *Berechnungen*
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken und Operationen)

```
a * a
```

zusammengesetzter Ausdruck:



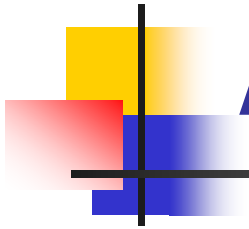
Ausdrücke (Expressions)

- repräsentieren *Berechnungen*
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken und Operationen)

```
a * a
```

zusammengesetzter Ausdruck:

Variablenname



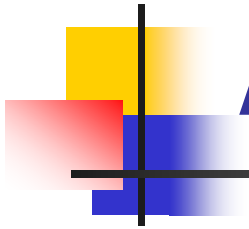
Ausdrücke (Expressions)

- repräsentieren *Berechnungen*
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken und Operationen)

```
a * a
```

zusammengesetzter Ausdruck:

Variablenname, Operatorsymbol



Ausdrücke (Expressions)

- repräsentieren *Berechnungen*
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken und Operationen)

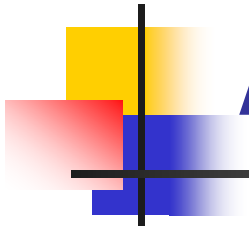
```
a * a
```

zusammengesetzter Ausdruck:

Variablenname, Operatorsymbol,

Variablenname

Ausdrücke (Expressions)



- repräsentieren *Berechnungen*
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken und Operationen)

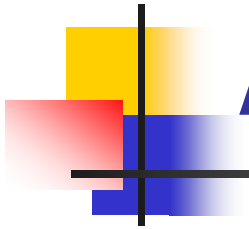
```
a * a
```

zusammengesetzter Ausdruck:

Primäre Ausdrücke

- Variablenname, Operatorsymbol, Variablenname
- Variablenname

Ausdrücke (Expressions)



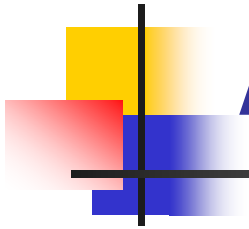
- repräsentieren *Berechnungen*
- sind *primär* oder *zusammengesetzt* (aus anderen Ausdrücken und Operationen)

Klammern erlaubt: `a * a` "=" `(a * a)`

zusammengesetzter Ausdruck:

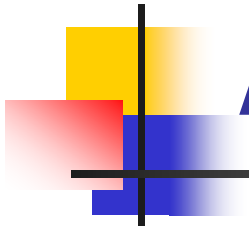
Primäre Ausdrücke

- Variablenname, Operatorsymbol,
- Variablenname



Ausdrücke (Expressions)

- haben
  - Typ
  - Wert
  - Effekt (potentiell)

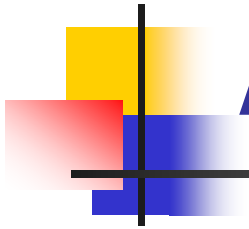


Ausdrücke (Expressions)

- haben
  - Typ
  - Wert
  - Effekt (potentiell)

`a * a`

- Typ: `int` (Typ der Operanden)
- Wert: Produkt von `a` und `a`
- Effekt: keiner

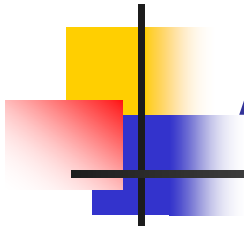


Ausdrücke (Expressions)

- haben
  - Typ
  - Wert
  - Effekt (potentiell)

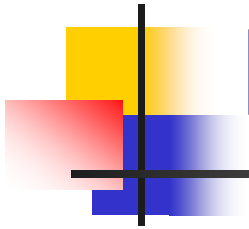
```
b = b * b
```

- Typ: `int` (Typ der Operanden)
- Wert: Produkt von `b` und `b`
- Effekt: Weise `b` diesen Wert zu



Ausdrücke (Expressions)

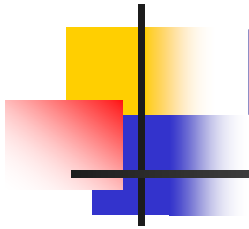
- haben
  - Typ
  - Wert
  - Effekt (potentiell)
- Typ eines Ausdrucks ist fest, aber Wert und Effekt werden durch *Auswertung* des Ausdrucks bestimmt



L-Werte und R-Werte

L-Wert:

- Ausdruck mit Adresse
- Wert ist der Wert des Objekts an dieser Adresse
- gibt Objekt einen (temporären) Namen

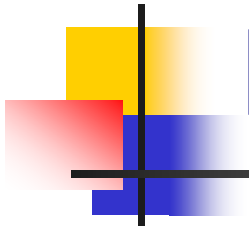


L-Werte und R-Werte

L-Wert:

- Ausdruck mit Adresse
- Wert ist der Wert des Objekts an dieser Adresse
- gibt Objekt einen (temporären) Namen

Beispiel: Variablenname



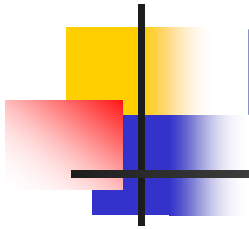
L-Werte und R-Werte

L-Wert:

- Ausdruck mit Adresse
- Wert ist der Wert des Objekts an dieser Adresse
- gibt Objekt einen (temporären) Namen

Beispiel: Variablenname

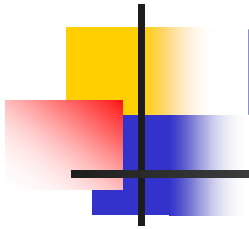
Andere Beispiele: etwas später...



L-Werte und R-Werte

R-Wert:

- Ausdruck, der kein L-Wert ist

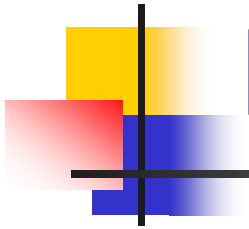


L-Werte und R-Werte

R-Wert:

- Ausdruck, der kein L-Wert ist

Beispiel: Literal



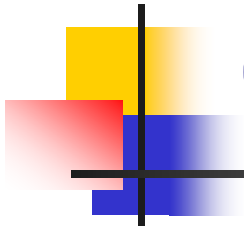
L-Werte und R-Werte

R-Wert:

- Ausdruck, der kein L-Wert ist

Beispiel: Literal

- Jeder L-Wert kann als R-Wert benutzt werden, aber nicht umgekehrt!
- R-Wert kann seinen Wert *nicht* ändern

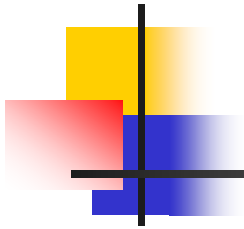


Operatoren

* : Multiplikationsoperator

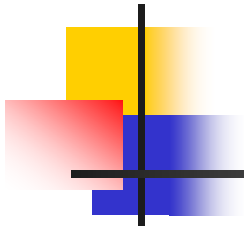
Operatoren

- machen aus Ausdrücken (*Operanden*) neue zusammengesetzte Ausdrücke
- spezifizieren für die Operanden und das Ergebnis die Typen, und ob sie L- oder R-Werte sein müssen
- haben eine *Stelligkeit* (hier immer 2)



Multiplikationsoperator *

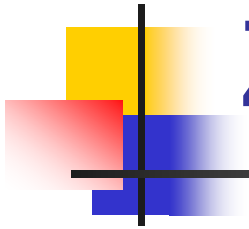
- erwartet zwei R-Werte vom gleichen arithmetischem Typ als Operanden
- “gibt Produkt als R-Wert des gleichen Typs zurück”:
  - Der zusammengesetzte Ausdruck ist ein R-Wert; sein Wert ist das Produkt der Werte der beiden Operanden



Multiplikationsoperator *

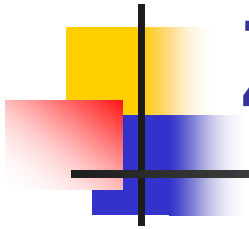
- erwartet zwei R-Werte vom gleichen arithmetischem Typ als Operanden
- “gibt Produkt als R-Wert des gleichen Typs zurück”:
  - Der zusammengesetzte Ausdruck ist ein R-Wert; sein Wert ist das Produkt der Werte der beiden Operanden

Beispiele: `a * a,  b * b`



Zuweisungsoperator =

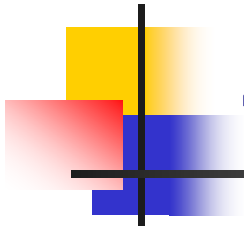
- linker Operand ist L-Wert
- rechter Operand ist R-Wert des gleichen Typs
- Weist linkem Operanden den Wert des rechten Operanden zu und gibt den linken Operanden als L-Wert zurück



Zuweisungsoperator =

- linker Operand ist L-Wert
- rechter Operand ist R-Wert des gleichen Typs
- Weist linkem Operanden den Wert des rechten Operanden zu und gibt den linken Operanden als L-Wert zurück

Beispiel: `b = b * b`

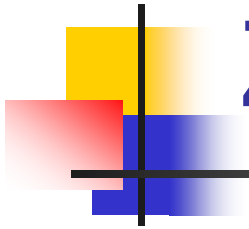


Zuweisungsoperator =

`:=` in Mathe

- linker Operand ist L-Wert
- rechter Operand ist R-Wert des gleichen Typs
- Weist linkem Operanden den Wert des rechten Operanden zu und gibt den linken Operanden als L-Wert zurück

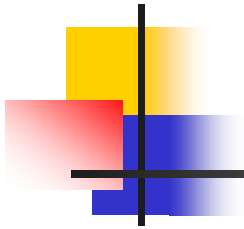
Beispiel: `b = b * b`



Zuweisungsoperator =

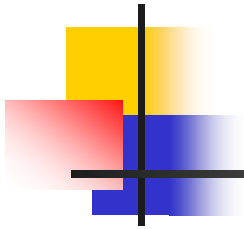
- linker Operand ist L-Wert
- rechter Operand ist R-Wert des gleichen Typs
- Weist linkem Operanden den Wert des rechten Operanden zu und gibt den linken Operanden als L-Wert zurück

Beispiel: `b = b * b`



Eingabeoperator >>

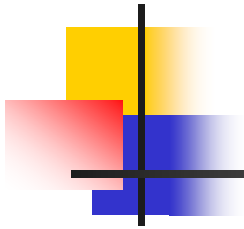
- linker Operand ist L-Wert (*Eingabestrom*)
- rechter Operand ist L-Wert
- weist dem rechten Operanden den nächsten Wert aus der Eingabe zu, entfernt ihn aus der Eingabe und gibt den Eingabestrom als L-Wert zurück



Eingabeoperator >>

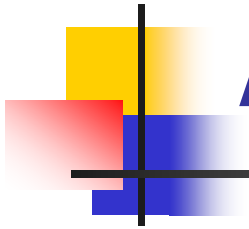
- linker Operand ist L-Wert (*Eingabestrom*)
- rechter Operand ist L-Wert
- weist dem rechten Operanden den nächsten Wert aus der Eingabe zu, entfernt ihn aus der Eingabe und gibt den Eingabestrom als L-Wert zurück

Beispiel: `std::cin >> a` (meist Tastatureingabe)



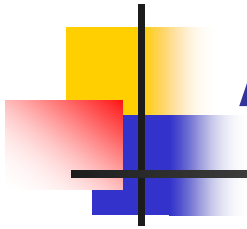
Eingabeoperator >>

- linker Operand ist L-Wert (*Eingabestrom*)
- rechter Operand ist L-Wert
- weist dem rechten Operanden den nächsten Wert aus der Eingabe zu, entfernt ihn aus der Eingabe und gibt den Eingabestrom als L-Wert zurück
- Eingabestrom muss ein L-Wert sein!



Ausgabeoperator <<

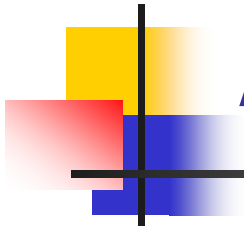
- linker Operand ist L-Wert (*Ausgabestrom*)
- rechter Operand ist R-Wert
- gibt den Wert des rechten Operanden aus, fügt ihn dem Ausgabestrom hinzu und gibt den Ausgabestrom als L-Wert zurück



Ausgabeoperator <<

- linker Operand ist L-Wert (*Ausgabestrom*)
- rechter Operand ist R-Wert
- gibt den Wert des rechten Operanden aus, fügt ihn dem Ausgabestrom hinzu und gibt den Ausgabestrom als L-Wert zurück

Beispiel: `std::cout << a` (meist Bildschirmausgabe)



Ausgabeoperator <<

- linker Operand ist L-Wert (*Ausgabestrom*)
- rechter Operand ist R-Wert
- gibt den Wert des rechten Operanden aus, fügt ihn dem Ausgabestrom hinzu und gibt den Ausgabestrom als L-Wert zurück
- Ausgabestrom muss L-Wert sein!

Ausgabeoperator <<

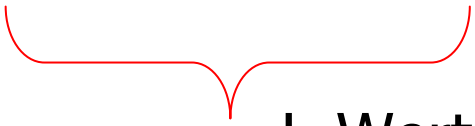
Warum Rückgabe des Ausgabestroms?

- erlaubt Bündelung von Ausgaben:

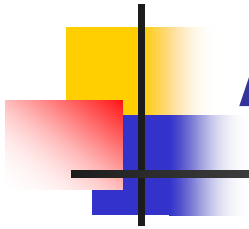
```
std::cout << a << "^8 = " << b * b << ".\n"
```

ist wie folgt logisch geklammert:

```
((((std::cout << a) << "^8 = ") << b * b) << ".\n")
```



L-Wert (Ausgabestrom)



Ausgabeoperator <<

Warum Rückgabe des Ausgabestroms?

- erlaubt Bündelung von Ausgaben:

```
std::cout << a << "^8 = " << b * b << ".\n"
```

ist wie folgt logisch geklammert:

```
((((std::cout << a) << "^8 = ") << b * b) << ".\n")
```

L-Wert, der *kein* Variablenname ist!

Ausgabeoperator <<

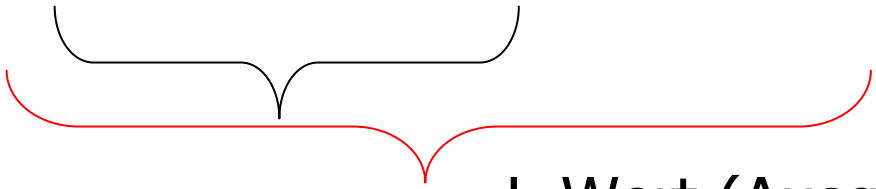
Warum Rückgabe des Ausgabestroms?

- erlaubt Bündelung von Ausgaben:

```
std::cout << a << "^8 = " << b * b << ".\n"
```

ist wie folgt logisch geklammert:

```
((((std::cout << a) << "^8 = ") << b * b) << ".\n")
```



L-Wert (Ausgabestrom)

Ausgabeoperator <<

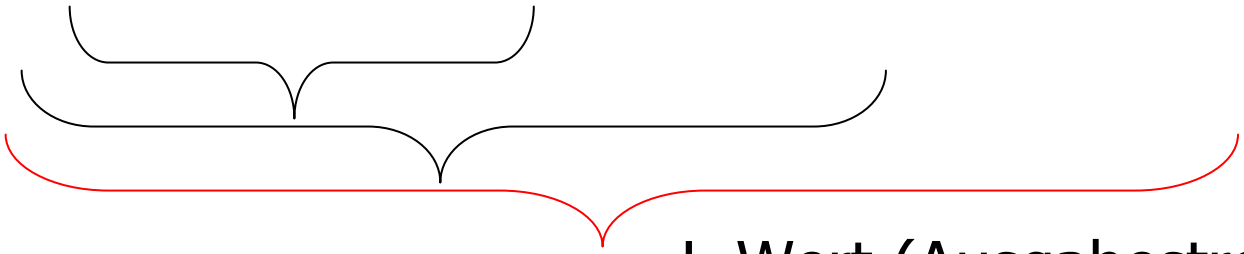
Warum Rückgabe des Ausgabestroms?

- erlaubt Bündelung von Ausgaben:

```
std::cout << a << "^8 = " << b * b << ".\n"
```

ist wie folgt logisch geklammert:

```
((((std::cout << a) << "^8 = ") << b * b) << ".\n")
```



L-Wert (Ausgabestrom)

Ausgabeoperator <<

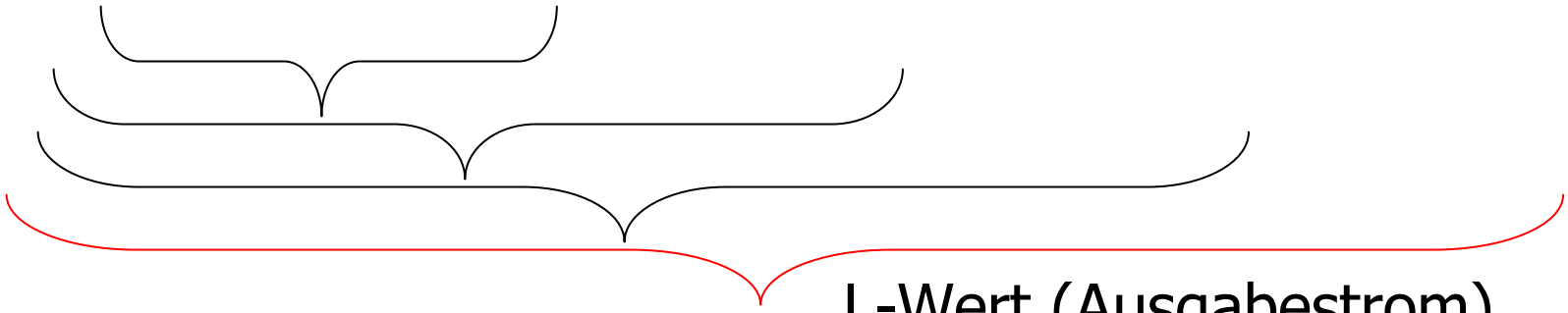
Warum Rückgabe des Ausgabestroms?

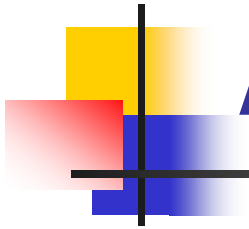
- erlaubt Bündelung von Ausgaben:

```
std::cout << a << "^8 = " << b * b << ".\n"
```

ist wie folgt logisch geklammert:

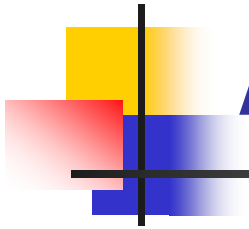
```
((((std::cout << a) << "^8 = ") << b * b) << ".\n")
```





Anweisungen

- Bausteine eines C++ Programms
- werden (von oben nach unten) *ausgeführt* und haben *Effekt*e
- enden mit einem Semikolon

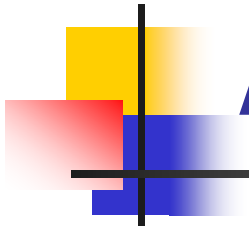


Ausdrucksanweisungen

- haben die Form

  expr ;

  wobei *expr* ein Ausdruck ist
- Effekt ist der Effekt von *expr,* der Wert von *expr* wird ignoriert



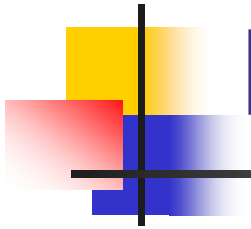
Ausdrucksanweisungen

- haben die Form

  expr ;

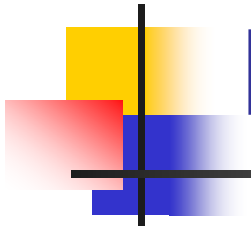
  wobei *expr* ein Ausdruck ist
- Effekt ist der Effekt von *expr,* der Wert von *expr* wird ignoriert

Beispiel: `b = b * b;`



Deklarationsanweisungen

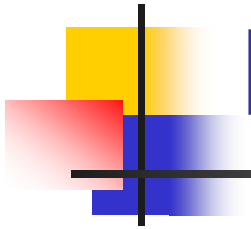
- führen neue Namen im Programm ein
- bestehen aus Deklaration + Semikolon



Deklarationsanweisungen

- führen neue Namen im Programm ein
- bestehen aus Deklaration + Semikolon

Beispiel: `int a;`

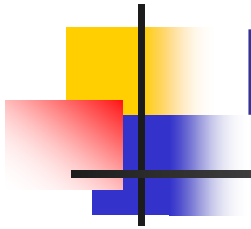


Deklarationsanweisungen

- führen neue Namen im Programm ein
- bestehen aus Deklaration + Semikolon

Beispiel: `int a;`

- können Variablen auch initialisieren



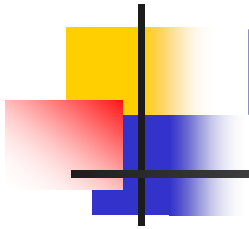
Deklarationsanweisungen

- führen neue Namen im Programm ein
- bestehen aus Deklaration + Semikolon

Beispiel: `int a;`

- können Variablen auch initialisieren

Beispiel: `int b = a * a;`

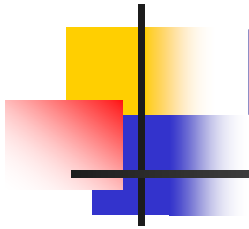


Rückgabeanweisungen

- treten nur in Funktionen auf und sind von der Form

  `return` *expr* `;`

  wobei *expr* ein Ausdruck ist
- spezifizieren Rückgabewert der Funktion



Rückgabeanweisungen

- treten nur in Funktionen auf und sind von der Form

  `return` *expr* **`;`**

  wobei *expr* ein Ausdruck ist
- spezifizieren Rückgabewert der Funktion

Beispiel: **`return 0;`**