

A Überblick über die 10. Übung

A Überblick über die 10. Übung

- Einführung in das .NET Framework
- Einführung in C#, speziell Unterschiede zu Java

A.1 Was ist .NET?

A.1 Was ist .NET?

- CLI: *Common Language Infrastructure*
 - ◆ legt die Infrastruktur fest, um .NET Anwendungen zu verwenden
 - ◆ CTS und CLR sind Teile der CLI
- CTS: *Common Type System*
 - ◆ Definiert die gemeinsamen Typen
- CLS: *Common Language System*
 - ◆ Untermenge des CTS
 - ◆ Definiert die minimalen Anforderungen an die Programmiersprache

A.1 Was ist .NET? (2)

A.1 Was ist .NET?

- CLR: *Common Language Runtime*
 - ◆ Implementierung des CTS
 - ◆ Definiert die gemeinsamen Typen
 - ◆ Ausführungsumgebung (VM) für Programme (managed code)
 - ◆ sicheres Laden und Ausführen
 - ◆ Garbage Collection
 - ◆ Sicherheitsüberprüfungen
 - ◆ Klassenbibliothek

A.2 .NET im CIP-Pool

A.2 .NET im CIP-Pool

- Mono von Ximian / Novell
 - ◆ Open-Source Implementierung des .NET Development Framework
 - ◆ unterstützt Linux, Unix und Windows
 - ◆ JIT für x86-Architektur, Interpreter für s390, SPARC und PowerPC
- Linuxversion im CIP-Pool:
 - ◆ **mcs**: C#-Compiler
 - ◆ **mono**: CLI Ausführungsumgebung

- Testen:

```
> cd /proj/i4mw/pub/net
> mcs Hello.cs
Compilation succeeded
> mono Hello.exe
Hello my name is Zaphod Beeblebrox
```

A.2 Beispiel: BankLibrary

A.2 .NET im CIP-Pool

- Die Bibliothek: **Bank.cs**

```
namespace BankLibrary {
    public class Bank {
        public static int deposit(Account account,
                                   int amount){
            return account.deposit(amount);
        }
    }

    public class Account {
        private int balance = 0;
        public int deposit(int amount) {
            balance += amount; return balance;
        }
        public int withdraw(int amount) {
            balance -= amount; return balance;
        }
    }
}
```

- Bibliothek erstellen (erzeugt wird: **Bank.dll**)

```
> mcs -target:library Bank.cs
```

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

A.5

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

A.2 Beispiel: BankClient

A.2 .NET im CIP-Pool

- Anwendung: **Customer.cs**

```
using System;
namespace Customer {
    class Customer {
        public static void Main(string[] args) {
            BankLibrary.Account account =
                new BankLibrary.Account();
            Console.WriteLine("deposit 3 -> account = {0}",
                BankLibrary.Bank.deposit(account, 3));
            Console.WriteLine("deposit 5 -> account = {0}",
                BankLibrary.Bank.deposit(account, 5));
        }
    }
}
```

- Anwendung erstellen (erzeugt wird: **Customer.exe**)

```
> mcs -r:Bank.dll Customer.cs
```

- Anwendung starten

```
> mono Customer.exe
```

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

A.6

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

B C# vs. Java

B.1 C# - Überblick

B.1 C# - Überblick

- Streng typisierte objekt-orientierte Programmiersprache
- wird übersetzt in *Intermediate Language* (IL): ähnlich Java-Bytecode
- wird ausgeführt von CLR – ähnlich JVM
- Anforderungen:
 - ◆ Architekturunabhängigkeit
 - ◆ Sprachunabhängigkeit!
- Vorbilder: Java und C++
- ECMA Standard 334

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.7

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

B.2 Gemeinsamkeiten von C# und Java

B.2 Gemeinsamkeiten von C# und Java

- keine Header-Dateien
- Mehrfachvererbung von Schnittstellen (nicht von Implementierungen)
- keine globalen Funktionen oder Konstanten (alles in Klassen)
- Arrays und Strings mit festen Längen und Zugriffskontrolle
- Alle Variablen müssen vor der ersten Verwendung initialisiert werden
- alle Objekte erben von **Object**-Klasse
- Objekte werden auf dem Heap erzeugt (mit dem Schlüsselwort **new**)
- Garbage Collector, Reflection
- Thread Unterstützung, Synchronisation
- neu: Generics

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.8

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

B.3 Erste Schritte

B.3 Erste Schritte

■ Hello World

```
using System;

public class Hello {
    public static void Main() {
        Console.WriteLine("Hello World");
    }
}
```

■ alle Klassen der .NET-Architektur im **System**-Namespace (using-Anweisung)

■ Main-Methode als Einstiegspunkt:

```
public static void Main(string[] args) { ... }
```

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

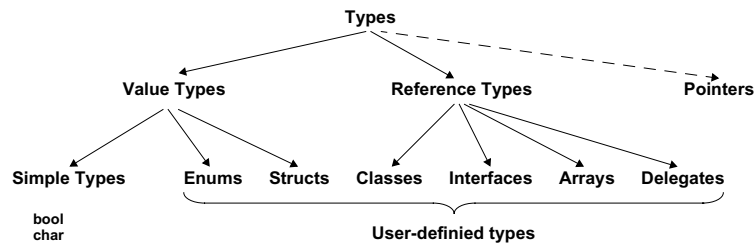
Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.9

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

B.4 Typsystem

B.4 Typsystem



■ Value Types

- ◆ werden auf dem Stack erzeugt
- ◆ bei einer Zuweisung wird der Wert kopiert

■ Reference Types

- ◆ werden auf dem Heap erzeugt
- ◆ bei einer Zuweisung wird die Referenz kopiert

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.10

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Primitive Typen

B.4 Typsystem

■ sbyte, short, int, long, float, double, bool, char (Unicode)

- ◆ wie in Java

■ vorzeichenlose Typen: byte, ushort, uint, ulong

■ decimal: 128 Bit Zahl

■ Konstanten: wie in C/C++

```
const int var = 3;
```

2 Enums

■ Liste von Konstanten mit Namen

```
public enum Farbe { Gelb=1, Rot=2, Gruen=4 };
```

```
Farbe farbe = Farbe.Rot | Farbe.Gelb;
if ((farbe & Farbe.Rot) != 0) { ... }
```

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.11

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Arrays

B.4 Typsystem

■ Eindimensionale Arrays: wie in Java

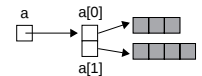
```
int[] array = new int[3];
int[] array = new int[] { 1, 2, 3 };
int[] array = { 1, 2, 3 };

int len = array.Length;
```

■ Mehrdimensionale Arrays

◆ "Jagged": Arrayelemente zeigen auf weitere Arrays

```
int[,] 2D_array = new int[2][];
a[0] = new int[3]; a[1] = new int[4];
```



◆ "Rectangular": Abbildung auf eindimensionales Array

```
int[,] 2D_array = new int[2,3];
len = 2D_array.Length; // 6
len = 2D_array.GetLength(0); // 2
len = 2D_array.GetLength(1); // 3
```



Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.12

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Strings

- Objekte der Klasse **string** sind konstante, invariante Objekte
 - ◆ bei Modifikationen wird neues **string**-Objekt als Rückgabewert geliefert
 - ◆ Aneinanderhängen mit "+"
 - ◆ Indizierung: **s[i]**, Länge der Zeichenkette: **s.Length**

- Vergleich von **string**-Objekten

```
string s1 = "Hello";
string s2 = string.Copy(s1);

if (s1 == s2) { ... }           // true (1)
if ((Object)s1 == (Object)s2) { ... } // false (2)
if (s1.Equals(s2)) { ... }     // true (3)
```

- ◆ (1) Die Klasse **string** überlädt den ==-Operator: Vergleich der Zeichenketten (string ist *reference type*)
- ◆ (2) ==-Operator der **Object**-Klasse: Vergleich von Referenzen
- ◆ (3) Vergleich der Zeichenketten

4 Strings

- Strings parsen

```
char[] trennzeichen = { ' ', ',', '.', ':' };
// oder:
string s_trennzeichen = " ,.: ";
char[] trennzeichen = s_trennzeichen.ToCharArray();

string test = "Vorname,Nachname Strasse:PLZ,Ort";
string[] parts = test.Split(trennzeichen);
```

- Ein-/Ausgabe (Console)

```
using System;

Console.Write("kein Newline am Ende");
Console.WriteLine("diesmal mit Newline");
Console.WriteLine("Heute ist der {0}. {1}", 22, "Januar");
string input = Console.ReadLine();
```

5 Strukturen

- C# unterstützt Strukturen:

```
public struct Account {
    public int balance;
    public Account(int amount) { balance = amount; }
    public void Withdraw(int amount) { balance -= amount; }
}
```

- ◆ ähnlich C/C++, aber auch Konstruktoren und Methoden möglich

- Strukturen werden in C# auf dem Stack angelegt (*value type*)

- ◆ Klassen (**class**) werden immer auf dem Heap erzeugt

- Keine Vererbung möglich, Strukturen können aber Interfaces implementieren

6 Typunifizierung / Boxing

- Value types (primitive Type, Strukturen, Enums) können in ein Objekt (*Boxing*) und wieder zurück gewandelt werden (*Unboxing*):

```
Object obj = 333;           // boxing (explizit)
int i = (int) obj;          // unboxing

Stack stack = new Stack();  // Stack enthält Objekte
stack.Push(i);              // boxing (implizit)
int j = (int) stack.Pop();  // unboxing
```

- Nachteile:

- ◆ Wrapper-Objekt muss (auf dem Heap) erzeugt werden
- ◆ Man erkennt nicht auf Anhieb, dass das Verfahren teuer ist

- alle primitiven Typen sind als Strukturen definiert

- ◆ z.B. **int** als Alias für **System.Int32**
- ◆ definiert als **public struct Int32 { ... }**
- ◆ spezielle Behandlung durch den Compiler

7 Zeigerarithmetik

- Zeiger können in C# verwendet werden

- ◆ wie in C/C++

```
int i = 5;

unsafe void inc(int *i) { *i = *i + 1; }

inc(&i);
```

- Methoden, die Zeiger enthalten, müssen mit **unsafe** markiert werden

- ◆ Diese Kennzeichnung soll den Gebrauch von Zeigern minimieren
- ◆ Der Garbage Collector ignoriert die entsprechenden Objekte
- ◆ kann diese aber immer noch im Speicher verschieben (beim Kompaktifizieren)

- Schlüsselwort **fixed**

- ◆ Objekt wird im Speicher "gepinnt": kann nicht mehr verschoben werden

2 Collections, foreach-Anweisung

- In Java oder C++:

```
while (! collection.isEmpty()) {
    Object o = collection.get();
    collection.next();
    ...
}

for (int i = 0; i < array.length; i++) { ... }
```

- C#:

```
foreach (Object o in collection) { ... }
foreach (int i in array) { ... }
```

- ◆ **foreach**-Anweisung arbeitet auf allen Objekten, die das Interface **System.Collections.IEnumerable** implementieren.
- ◆ Auch Arrays implementieren dieses Interface

B.5 Anweisungen

1 Switch-Anweisung

- Kontrollfluss muss explizit festgelegt werden

- ◆ **break** (oder **return**, **goto**, **throw**) muss am Ende jeder **case**-Anweisung stehen
- ◆ falls kein **case** zutrifft: **default**-Label

- als Switch-Typ ist auch ein String erlaubt:

```
switch(name) {
    case "Zaphod Beeblebrox":
        Console.WriteLine( "Hello Zaphod" );
        break;
    case "Ford Prefect":
        Console.WriteLine( "Hi" );
        break;
}
```

B.6 Assemblies, Namespaces und Zugriffslevel

- Namensräume (namespaces) wie in Java: Trennung mit "."

- ◆ "syntactic sugar" für lange Klassennamen
- ◆ Namensräume importieren mit **using**-Schlüsselwort

- Eine Assembly besteht aus mehreren Dateien (einem Projekt), die zu einer .exe- (Executable) oder .dll-Datei (Bibliothek) kompiliert werden

- ◆ definieren einen eigenen Namensraum
- ◆ verschiedene Versionen einer Assembly können parallel existieren

- Fünf Zugriffslevel:

- ◆ **private** (Zugriff nur innerhalb der Klasse, wie in Java)
- ◆ **internal** (Zugriff innerhalb der Assembly)
- ◆ **protected** (Zugriff innerhalb der Klasse und abgeleiteter Klassen)
- ◆ **internal protected** (wie **protected**, zusätzlich im Assembly)
- ◆ **public** (Zugriff immer erlaubt)

B.7 Methoden

B.7 Methoden

1 Aufrufsemantik

- Standardmäßig wird "call by value" verwendet
- out-Parameter: "call by reference"
 - ◆ übergebene Variable braucht nicht initialisiert worden sein
 - ◆ schreibender Zugriff auf Variablen des Aufrufers notwendig

```
class Test
{
    public static void Main() {
        int zufallszahl;
        random (out zufallszahl);
        ...
    }

    public static void random(out int r) {
        r = ...;
    }
}
```

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.21

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Beliebige Anzahl von Parametern

B.7 Methoden

- Das Schlüsselwort **params** ermöglicht eine variable Anzahl von Parametern:

```
class Test
{
    public static void Main() {
        int ergebnis = add(1, 2, 3, 4);
        ...
    }

    public static int add(params int[] array) {
        int sum = 0;
        foreach (int i in array)
            sum += i;
        return sum;
    }
}
```

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.23

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Aufrufsemantik

B.7 Methoden

- ref-Parameter: ebenfalls "call by reference"
 - ◆ übergebene Variable muss zuvor vom Aufrufer initialisiert worden sein ("in-out"-Parameter)

```
class Test
{
    public static void Main() {
        int a = 1, b = 2;
        swap (ref a, ref b);
    }

    public static void swap(ref int a, ref int b) {
        int temp = a;
        a = b;
        b = temp;
    }
}
```

- in Java kein "call by reference" für primitive Typen möglich (Verwendung einer Holder-Klasse (s. CORBA) oder eines Arrays notwendig)

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.22

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Überladen von Operatoren

B.7 Methoden

- Beispiel:

```
class Score : IComparable {
    int value;

    public static bool operator == (Score x, Score y) {
        return x.value == y.value;
    }
    public static bool operator != (Score x, Score y) {
        return x.value != y.value;
    }
    public int CompareTo(Object o) {
        return value - ((Score)o).value;
    }
}

Score a = new Score(5);
Score b = new Score(5);
Object c = a, d = b;

if (a == b) { ... } // true
if (c == d) { ... } // false
if ((Object)a == (Object)b) { ... } // false
if (((IComparable)c).CompareTo(d) == 0) { ... } // true
```

Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.24

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Properties

- Properties werden wie Variablen angesprochen
 - ◆ Zugriffe werden in Methodenaufrufe von Get- und Set-Funktionen umgesetzt
 - ◆ "virtuelle Variablen": existieren nicht, werden semantisch vorgetäuscht

```
class C {
    private string s = "(not defined)";

    public string S {
        get { return this.s; }
        set {
            if (value == null) throw new Exception("null");
            this.s = value.ToUpper();
        }
    }

    public static void Main(string[] args) {
        C c = new C();
        c.S = "Hello World";
        Console.WriteLine(c.S);
    }
}
```

- ◆ **get** oder **set** kann auch weggelassen werden, die Operation ist dann nicht erlaubt

4 Properties

- Der Compiler erzeugt daraus die beiden folgenden Methoden:

```
public string get_S() { return this.s; }
public void set_S(string value) {
    if (value == null)
        throw new Exception("null");
    this.s = value.ToUpper();
}

C c = new C();
c.set_S("Hello World");
Console.WriteLine ( c.get_S() );
```

- Innerhalb des **set**-Abschnitts kann der Parameter, welcher der Set-Methode übergeben wird, als **value** angesprochen werden

- Vorteil: bessere Lesbarkeit

```
// Java:
window.setSize (getSize() + 1);
// C#:
window.Size++;
```

4 Properties: Indexer

- Objekte wie Arrays behandeln
- jedes Element wird über get/set-Methoden angesprochen

```
class Skyscraper {
    Story[] stories;

    public Story this [int index] {
        get { return stories [index]; }
        set {
            if (value != null)
                stories [index] = value;
        }
    }
    ...
}

Skyscraper empireState = new Skyscraper(...);
empireState[102] = new Story ("The Top One", ...);
```

- Mehrere Argumente pro Indexer und auch mehrere Indexer pro Klasse möglich

5 Konstruktoren & Destruktoren

- Konstruktoren wie in Java
 - ◆ statische Konstruktoren möglich ("**static Klassenname()**")
 - ◆ Überladen von Konstruktoren möglich
- Destruktoren werden vom Garbage Collector aufgerufen (kein delete!)
 - ◆ Zeitpunkt des Aufrufs kann nicht vorhergesagt werden
 - ◆ Es ist nicht garantiert, dass der Destruktor überhaupt aufgerufen wird
 - ◆ **dispose()**-Methode für Aufräumarbeiten empfohlen (**IDisposable**), s. Garbage Collector

6 Events und Delegates

- Delegates sind eine Art typsicherer objekt-orientierter Funktionszeiger
- können mehrere Methoden (Handler) enthalten
- Sprachunterstützung für Event-Verarbeitung:

```
// Typ-Definition
delegate void MouseEventHandler(int x, int y);

// Event-Erzeuger
class Window {
    public event MouseEventHandler mouseChange;
}

// Event-Verbraucher
class MouseControl {
    public MouseControl(Window window) {
        window.mouseChange +=
            new MouseEventHandler(myhandler);
    }
    private void myhandler(int x, int y) {...}
}

Window.mouseChange(4,25); // -> MouseControl.myhandler()
```

2 Die Klasse Object

- Wurzelklasse, von der alle anderen Klassen abgeleitet sind

```
class C { ... }
// bedeutet implizit
class C : Object { ... }
```

- Mit **GetType()** kann der Typ der Klasse abgefragt werden (Reflection)

```
Object obj = new C();
Type type = obj.GetType();
Console.WriteLine (type.Name);
```

- Virtuelle Methoden **ToString()** und **Equals()**

```
class Object {
    ...
    public virtual string ToString() { return GetType.Name; }
    public virtual bool Equals (Object other) {
        return this == other;
    }
}
```

B.8 Klassen, Interfaces, Vererbung

1 Syntax

- Übernommen von C++; Syntax identisch für Klassen und Interfaces
- ```
class D : B, C {...}
```
- Jedoch keine Vererbung unter Angabe von Zugriffsrechten
  - Eine Klasse kann max. von *einer* anderen Klasse erben, aber *mehrere* Interfaces implementieren

### 3 Interfaces

- Explizite Implementierung eines Interface:

```
public interface ITeller {
 void Next();
}
public interface IIterator {
 void Next();
}

public class Clark : ITeller, IIterator {
 void ITeller.Next() { }
 void IIterator.Next() { }
}
```

- Vermeidung von Namenskonflikten bei mehreren Interfaces:

```
Clark clark = new Clark();
((ITeller)clark).Next();
```

- Eine Klasse kann nur von einer Basisklasse erben, aber mehrere Interfaces implementieren
  - ◆ Keine Vererbung bei Strukturen, aber Implementierung von Interfaces möglich

## 4 Typumwandlung (Cast)

### ■ Besonderheiten / Beispiel:

```
class C {...}
class D {...}

Object obj = new C();
Object obj2 = new D();

C c1 = (C) obj; // OK

C c2 = (C) obj2; // InvalidCastException
// da obj2 nicht auf ein C-Objekt verweist,
// wird eine InvalidCastException geworfen

C c3 = obj2 as C; // Ergebnis: c3 = null
// obwohl obj nicht auf ein C-Objekt verweist,
// wird keine Exception ausgelöst
// stattdessen erhält c3 den Wert null
```

### ■ Typ eines Objekts prüfen:

```
if (obj is C) {...}
```

## 5 Polymorphie und dynamisches Binden

### ■ Beispiele

```
N n = new N ();
n.foo(); // foo der Klasse N
((D)n).foo(); // foo der Klasse D
((B)n).foo(); // foo der Klasse D (nicht B!)
```

### ■ Abstrakte Basisklasse (Methoden sind implizit virtuell)

```
abstract class A {
 public abstract void MyMethod();
 public abstract int X {
 get;
 set;
 }
}

public DerivedFromA: A {
 public override void MyMethod() { ... }
 public override int X {
 get { return ... }
 set { ... = value; }
 }
}
```

◆ Implementierungen müssen mit **override** gekennzeichnet werden

## 5 Polymorphie und dynamisches Binden

### ■ In Java: alle Methoden sind virtuell

In C#: Schlüsselwort **virtual** zur Kennzeichnung von virtuellen Methoden (wie in C++)

```
class B {
 public virtual void foo() { }
}
```

### ■ Schlüsselwort **override** zum Überschreiben virtueller Methoden

```
class D : B {
 public override void foo() { }
}
```

### ■ Schlüsselwort **new** zum Überschreiben nicht-virtueller Methoden

```
class N : D {
 public new void foo() { }
}
```

◆ Die Verwendung von **new** oder **override** wird erzwungen (im Gegensatz zu C++)

## B.9 Reflection

### ■ Zugriff auf Klasseninformationen über die **Type**-Klasse

```
Object obj = new C();
Type t = obj.GetType(); // Alternative 1: Object.GetType()
Type t = typeof(C); // Alternative 2: typeof()
Type t = Type.GetType("C"); // Alt. 3: Type.GetType()
// Format: <namespace>.<classname>, <assemblyname>
```

### ■ Zugriff auf Metainformationen: **Type.GetConstructors()**, **Type.GetMethods()**, **Type.GetProperties()**, **Type.GetFields()**

### ■ Methodenaufruf (Konstruktoraufruf analog)

```
MethodInfo m = t.GetMethod ("F", new Type[] { });
m.Invoke (obj, null);
```

### ■ Properties

- ◆ **Property.PropertyType**: Returncode (get) bzw. Parametertyp (set)
- ◆ **Property.CanRead**, **Property.CanWrite**: Existiert get bzw. set?

## B.10 Exceptions

B.10 Exceptions

### ■ Beispiel

```
try {
 ...
} catch(Exception e) {
 Console.WriteLine("{0}\n{1}", e.Message, e.StackTrace)
} finally {
 ...
}
```

### ■ Die Signaturen der Methoden enthalten nicht die möglichen Exceptions!

### ■ Oberklasse: **System.Exception**

- ◆ Klasse **ApplicationException** für benutzerdefinierte Exceptions

### ■ Abkürzung, wenn man keine Referenz auf die geworfene Exception braucht:

```
try { ... } catch(IOException) { ... }
// oder:
try { ... } catch { ... }
```

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felsner, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.37

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.11 Attribute

B.11 Attribute

### ■ Erweiterung der vordefinierten Attribute **public**, **abstract** usw.

### ■ zusätzliche Informationen (z.B. Zugriffsbeschränkungen)

```
[AuthorAttribute ("Bill Gates")]
class Windows
{
 [Localizable(true)]
 public string Text { ...
}
```

- ◆ bleibt im MSIL erhalten, kann zur Laufzeit ausgelesen werden
- ◆ ähnlich `/** */` oder `@tag` in Java, die allerdings nicht in den Bytecode übernommen werden

### ■ Beispiele

- ◆ **[ConditionalAttribute]**  
bedingte Kompilierung; entspricht `#ifdef` von C/C++
- ◆ **[Obsolete("this class is obsolete", false)]**  
Compilerwarnung oder -fehler
- ◆ **[Serializable]**: s. Übung zu Remoting

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felsner, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.38

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.11 Attribute

B.11 Attribute

### ■ Mehrere Attribute gleichzeitig möglich

```
[Serializable][Obsolete]
class C { ... }
```

### ■ Verwendung von Parametern

- ◆ Position bestimmt Parameter: **[Obsolete("Use class C instead")]**
- ◆ Angabe des Parameternamens: **[Obsolete(IsError=true)]**

### ■ Attribute müssen als Klassen definiert werden: Trace-Attribut als Beispiel

```
class TraceAttribute : Attribute {
 private int level = 0;
 public int Level {
 get { return this.level; }
 set { this.level = value; }
 }
}

class Window : IWindow {
 [Trace (Level = 1)] // Abkürzung für "TraceAttribute"
 public void Show() { ... }
}
```

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felsner, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.39

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.11 Attribute

B.11 Attribute

### ■ Auslesen des Trace-Attributes (im Konstruktor von WindowProxy)

```
class WindowProxy : IWindow {
 private Window real;
 private Trace trace;

 public void Show() {
 if (trace.Level > 0)
 Console.WriteLine("--> Window.Show()");
 this.real.Show();
 }

 public WindowProxy(Window window) {
 real = window;
 Type type = typeof (Window);
 MethodInfo method = type.GetMethod
 ("Show", new Type[] {});
 Object[] attributes =
 method.GetCustomAttributes(true);
 foreach (Object attribute in attributes) {
 if (attribute.GetType() == typeof (Trace))
 Trace trace = (Trace) attribute;
 }
 }
}
```

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felsner, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.40

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.12 Generics

B.12 Generics

- Erlaubt die Definition parametrisierter Typen

```
class Queue<T> {
 T[] cell = new T[50];
 void append(T item) { ... }
}
```

- Vorteile gegenüber Pseudo-Generizität mit gemeinsamer Basisklasse

```
class Stack {
 Object[] stack = new Object[50];
 void push(Object item) { ... }
 Object pop() { ... }
}
```

- ◆ Casts werden benötigt

```
String x = (String)mystack.pop();
```

- ◆ keine Typsicherheit

```
mystack.push(1);
String x = (String)mystack.pop(); // Exception!
```

- ◆ Overhead durch implizites Boxing primitiver Typen

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.41

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

MW - Übung

## B.12 Generics

B.12 Generics

- Mehrere Typparameter möglich

```
interface IMap<Key, Data> { ... }
class ArrayMap<T> : IMap<int, T> { ... }
```

- Beschränkte Typparameter

```
class List<T> where T: IComparable
```

- ◆ Mehrere Beschränkungen möglich, darunter nur eine (Basis-)Klasse

- ◆ Vorhandensein eines parameterlosen Konstruktors erzwingen

```
class List<T> where T: new()
```

- Aliasing

```
class LinkedList<K, T> { ... }
using List = LinkedList<int, string>;
```

- Generische Operationen

```
void Op<T>(T t) where T: IComparable<T> { ... }
```

- ◆ aktuelle Typen werden aus aktuellen Parametern abgeleitet

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.43

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

MW - Übung

## B.12 Generics

B.12 Generics

- Generics in C#

```
class C<P>
struct S<P>
interface I<P>
```

- ◆ C heißt parametrisierte, polymorphe oder generische Klasse

- ◆ P heißt formaler Typparameter (Typvariable), auch mehrere Parameter (durch Kommas getrennt) möglich

- ◆ Generics sind nicht möglich bei Properties, Indexers und Events

- Unterschiede zu C++/Java

- ◆ Instantiierung in C# zur Laufzeit; bei C++ zur Compile-/Link-Zeit

- ◆ C++ verwendet spezialisierte Versionen für jede Instanziierung (heterogene Übersetzung): effizient, aber Problem der Code-Explosion

- ◆ Java bildet Generics auf **Object** ab und fügt Casts ein (homogene Übersetzung): keine Änderungen an JVM notwendig, aber ineffizient

- ◆ C# setzt spezialisierte Versionen für alle primitiven Typen ein, aber den gleichen Methoden-Code für *Reference Types*

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.42

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

MW - Übung

## B.13 Garbage Collector

B.13 Garbage Collector

- Ruft Destruktoren auf und gibt Speicher frei (nur reference types)

- ◆ Sweepphase: Verfolgung aller erreichbaren Objekte

- ◆ Finalisierungsthread (Destruktoren): parallel zum weiterlaufenden Prozess

- **GC.Collect()**

- ◆ Sweepphase des Garbage Collectors erzwingen

- ◆ wird bei Speichermangel automatisch aufgerufen

- **GC.KeepAlive(Object obj)**

- ◆ Objekt von der Garbage Collection ausschliessen

- ◆ falls unverwalteter Code, den der GC nicht "sieht", auf das Objekt zugreift

- **GC.WaitForPendingFinalizers()**

- ◆ wartet auf die Beendigung aller Finalisierungen

- ◆ keine Garantie, dass diese Methode zurückkehrt (z.B. bei fehlerhaften Destruktoren)

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.44

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

MW - Übung

## B.13 Garbage Collector

B.13 Garbage Collector

- Schwache Referenzen
  - ◆ `WeakReference r = new WeakReference(obj);`
  - ◆ Objekt, welches nur noch über schwache Referenz erreichbar ist, wird vom GC freigegeben (GC ignoriert schwache Referenzen)
  - ◆ nützlich falls Objekte in einer Art Cache gehalten werden (falls das Objekt sonst nicht mehr referenziert wird, soll auch die Referenz im Cache ignoriert werden)

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.45

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.13 Garbage Collector

B.13 Garbage Collector

- IDisposable Interface
  - ◆ Definition:

```
public interface IDisposable {
 void Dispose();
}
```
  - ◆ stellt eine Art expliziten Destruktor dar
  - ◆ Verwendung am besten mittels `using`-Konstrukt

```
public class aClass {
 public void aMethod() {
 ...
 using (ResourceWrapper rw = new RessourceWrapper()) {
 ... // use rw
 }
 }
}
```
  - ◆ `rw.Dispose()` wird aufgerufen, wenn der `using`-Block verlassen wird oder wenn eine Exception auftritt

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.46

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.14 Programmieren mit Threads

B.14 Programmieren mit Threads

### 1 Erzeugen von Threads

- Thread-Klasse mit allen notwendigen Methoden: `Suspend()`, `Start()`, `Resume()`, `Sleep(int ms)`, `Join()`, `Abort()`

```
using System.Threading.Thread;

void MyThreadMethod();
public delegate void ThreadStart();
Thread thread = new Thread(new ThreadStart(MyThreadMethod));
if (thread.ThreadState & ThreadState.Suspended) ...
```
- ◆ `ThreadState` liefert den aktuellen Zustand des Threads: `Aborted`, `Running`, `Stopped`, `Suspended`, `Unstarted`

```
if (thread.ThreadState & ThreadState.Suspended) ...
```
- ◆ Priorität gegenüber anderen Threads: `ThreadPriority`: `AboveNormal`, `BelowNormal`, `Highest`, `Lowest`, `Normal`

```
thread.Priority = ThreadPriority.Highest;
```

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.47

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

### 1 Erzeugen von Threads

B.14 Programmieren mit Threads

- System stellt `ThreadPool` bereit (zum effizienten Erzeugen von Threads)

```
using System.Threading.ThreadPool;

void MyThreadMethod(); ...
ThreadPool.QueueUserWorkItem(
 new WaitCallback(MyThreadMethod), null);
```

### 2 Synchronisation

- Gesperrter Bereich (wie `synchronized(Object)` in Java)

```
Object obj = new Object();
lock(obj) { ... }
lock(typeof(Object)) { ... }
lock(this) { ... }
```
- kein `synchronized`-Schlüsselwort, aber `Synchronized`-Attribut

```
using System.Runtime.CompilerServices;

[MethodImpl(MethodImplOptions.Synchronized)]
public void SynchronizedMethod() { ... }
```

### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.48

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## 2 Synchronisation

B.14 Programmieren mit Threads

### ■ Klasse Monitor

```
Monitor.Enter(obj); // wie lock(obj) {
Monitor.Exit(obj); // ... }
Monitor.TryEnter(obj, 1000); // max. 1000 ms warten
while (!Monitor.TryEnter(obj))
 // z.B. Events der Anwendung verarbeiten
}
```

### ■ Warten und Aufwecken (Java: wait/notify/notifyAll)

```
lock(obj) { ... Monitor.Wait(obj); ... } // Thread A
...
lock(obj) { ... Monitor.Pulse(obj); ... } // Thread B
lock(obj) { ... Monitor.PulseAll(obj); ... }
```

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.49

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.15 XML-Kommentare

B.15 XML-Kommentare

### ■ Ähnlicher Mechanismus wie Javadoc

```
/// ... comment
class C { ...
```

### ■ Erzeugung des XML-Files

```
> mcs -doc:Test.xml Test.cs
```

### ■ Vordefinierte XML-Tags:

<summary> kurze Beschreibung </summary>  
<remarks> ausführliche Beschreibung </remarks>  
<param name="Name"> Beschreibung eines Parameters </param>  
<returns> Beschreibung des Rückgabewerts </returns>

Weitere Tags:

<exception>, <example>, <code> usw.

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.50

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.16 Collections.ArrayList

B.16 Collections.ArrayList

### ■ ähnlich Java-Vector

```
using System.Collections;

class Account {
 public string name;
 public int balance;
 public Account(string name) { this.name = name; }
}

class Bank {
 ArrayList al = new ArrayList();

 void addCustomer(string name) {
 al.Add(new Account(name));
 }

 void showAllCustomers() {
 IDictionaryEnumerator myEnum = al.GetEnumerator();
 while (myEnum.MoveNext()) {
 Account acc = (Account)myEnum.Current;
 Console.WriteLine("{0}: {1}",
 acc.name, acc.balance);
 }
 }
}
```

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.51

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

## B.17 Collections.Hashtable

B.17 Collections.Hashtable

### ■ ähnlich Java-Hashtable

```
using System.Collections;

class Bank {
 Hashtable ht = new Hashtable();

 void addCustomer(string name) {
 ht.Add(name, new Account(name)); // key, value
 }

 void deposit(string name, int howmuch) {
 if (!ht.Contains(name)) return;
 Account acc = ht[name]; // liefert null, wenn der
 // Schlüssel nicht exist.
 acc.balance += howmuch;
 }

 void showAllCustomers() {
 IDictionaryEnumerator myEnum = ht.GetEnumerator();
 while (myEnum.MoveNext()) {
 Account acc = (Account)myEnum.Value;
 Console.WriteLine("{0}: {1}", myEnum.Key,
 acc.balance);
 }
 }
}
```

#### Übungen zu Middleware

© Meik Felser, Andreas Weißel, Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2005

Csharp.fm 2005-01-21 15.16

B.52

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlagen, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.