.NET Technologies

HS2021

Marco Agostini

Computer Science
University of Applied Sciences of Eastern Switzerland
September 2021

Contents

1 Introduction

1.1 .NET Framework

- Aktuellen werden über 30 Sprachen unterstützt
- Der Source Code wird in die Intermediate Language IL (ähnlich wie Assembler, vergleichbar mit Java Bytecode kopiert)
- Alle Sprachen nutzen das selbe Objektmodell und Bibliotheken
  - gemeinsamer IL-Zwischencode
  - gemeinsames Typensystem (CTS)
  - gemeinsame Runtime (CLR)
  - gemeinsame Klassenbilbiotheken
  - Das CLS definiert Einschränkungen an interoperablen Schnittstellen
- Der Debugger unterstützt alle Sprachen (auch Cross-Language Debugging möglich)

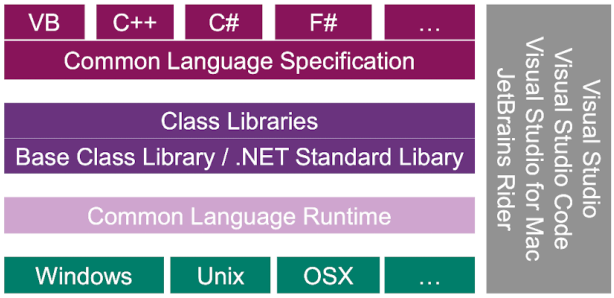


Figure 1: .NET Framework Architektur

1.2 CLR: Common Language Runtime

Die CLR ist die Laufzeitumgebung für .NET-Code und umfasst Funktionen wie: Just in Time Compilation etc. Man versteht unter dem CLR ein sprachunabhängiges, abstrahiertes Betriebssystem. Verantwortlichkeiten: Memory Management, Class Loading, Garbage Collection, Exceptions, Type Checking, Code Verification des IL-Codes, Debugging und Threading. Die CLR ist mit der Java VM vergleichbar.

1.3 CTS: Common Type System

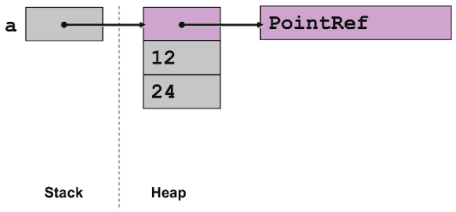
Das allgemeine Typensystem legt fest, wie Typen in der Common Language Runtime deklariert, verwendet und verwaltet werden. Außerdem ist das System ein wichtiger Bestandteil der Laufzeitunterstützung für die sprachübergreifende Integration. Alle Typen in .NET sind entweder Werttypen oder Verweistypen. Alle Typen sind von System.Object abgeleitet. CTS ist teil der CLR.

1.3.1 Reference- und Value Typen

In .NET unterscheidet man zwischen Referenz- (Klassen) und Value Typen (Structs, Enum und primitive Datentypen).

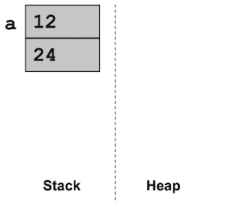
- Reference Types
  - Werden auf dem Heap gespeichert
  - Variable enthält Referenz
  - Automatisch Garbage Collection
  - Konstrutkor erzeugt und initialisiert Objekt
  - Objekt hat eine Referenz auf seine Typenbeschreibung

```
class PointRef { public int x, y; }

PointRef a;
a = new PointRef();
a.x = 12;
a.y = 24;
```



- Value Types
  - Zur Speicherung Roher Werte auf dem Stack
  - Konstrutkor macht nur eine Initialisierung
  - Boxing: automatische Umwandlung von Reference Type
  - sealed

```
struct PointVal { public int x, y; }

PointVal a;
a = new PointVal();
a.x = 12;
a.y = 24;
```



1.3.2 Boxing und Unboxing

Boxing ermöglicht, dass Value- und Reference Types polymorph behandelt werden können. **Boxing:** Kopiert Value Type in einen Reference Type. Value Type wird implizit Konvertiert (UpCast). **Unboxing:** Kopiert Reference Type in eine Value Type. Explizite Konversion nötig!

1.4 CLS: Common Language Specification

Um vollständige Interoperabilitätsszenarien zu aktivieren, müssen alle Objekte, die im Code erstellt werden, sich auf eine gewisse Gemeinsamkeit in den Sprachen verlassen, von denen sie verwendet werden (die ihre Aufrufer sind). Da es zahlreiche verschiedene Sprachen gibt, legt .NET diese Gemeinsamkeiten in der sogenannten Common Language Specification (CLS) fest. Die CLS definiert einen Satz von Funktionen, die viele gängige Anwendungen benötigen. Darüber hinaus bietet sie für jede Sprache, die in .NET implementiert wird, Anweisungen, was diese unterstützen muss. Die CLS ist eine Teilmenge des CTS.

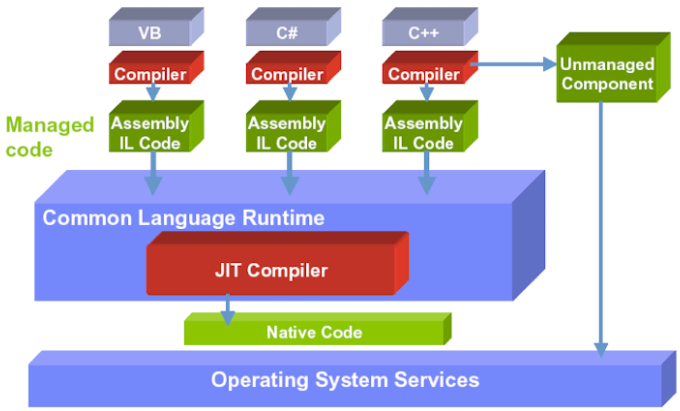


Figure 2: CLR: Common Language Runtime Architecture

1.5 Microsoft Intermediate Language (MSIL)

Die MSIL ist eine vorkompilierte Zwischensprache, welche: *Prozessor-unabhängig, Assembler-ähnlich und Sprach-unabhängig ist.*

1. Sprachspezifischer Kompilier kompiliert nach MSIL

2. Just In Time Compiler (JIT) Compiler aus dem CLR kompiliert in nativen plattformabhängigen Code.

- Vorteile
  - Portabilität (Nicht-Intel-Prozessoren, Unix etc.)
  - Typensicherheit (Beim laden des Code können Typen- Sicherheit und weiter Security-Checks durchgeführt werden.
- Nachteile
  - Laufzeiteffizient (Kann durch den JIT-Compiler wettgemacht werden)

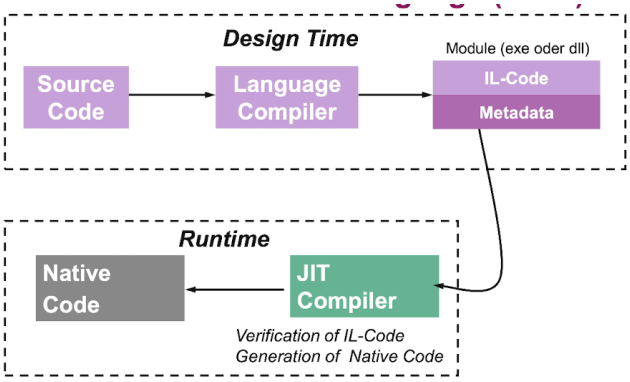


Figure 3: MSIL Kompilierung

1.6 Assemblies

Die Kompilation erzeugt Assemblies, welche mit einem JAR-File verglichen werden können. Assemblys sind ausführbare Dateien (.exe) oder Dynamic Link Library-Dateien (.dll) und bilden die Bausteine von .NET-Anwendungen. Sie stellen der Common Language Runtime die Informationen zur Verfügung, die sie zum Erkennen der Typenimplementierungen benötigt.

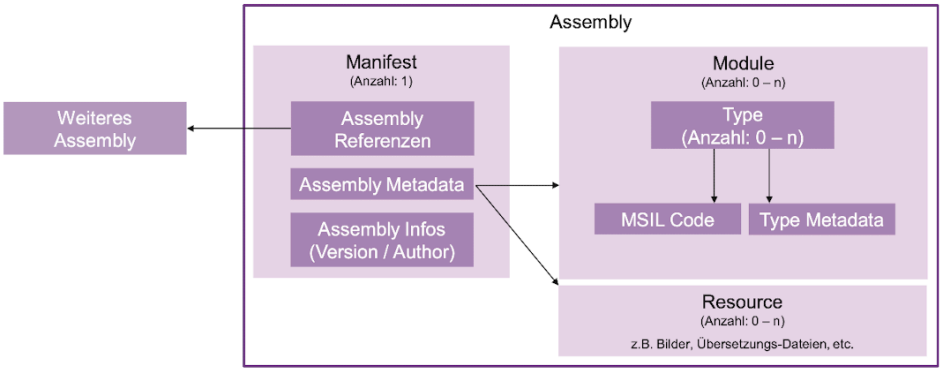


Figure 4: Assembly Überblick

1.6.1 Modules & Metadata

Eine Kompilation erzeugt ein Modul mit Code/MSIL und den Metadaten. Die Metadaten beschreiben alles Aspekte ausser die Programmlogik des Codes.

2 Projekte und Referenzen in Visual Studio

Projekt-Dateien werden als XML-Datei verwaltet. Neu ist das *.csproj seit dem Jahre 2017. Die Struktur ist identisch, wird aber anders interpretiert. Es gibt zwei Build Engines: Microsoft Build Engine (MSBuild) und .NET CORE CLI (dotnet build) - ist indirekt auch wieder MSBuild.

2.1 Projektdateien

Die neuen Projektdateien (*.csproj) sind viel Schlanker als die alten. Enthält neue Definition der vom Compiler unterstützen XML-Elemente und Attribute.

2.2 Referenzen

Im Projektfile wird zwischen verschiednen Referenzen unterschieden.

- Vorkompiliertes Assembly
  - Im File System, Debugging nicht verfügbar, Navigation auf Metadaten-Ebene
- NuGet Package
  - Externe Dependency, Debugging nicht verfügbar, Navigation auf Metadaten-Ebene
- Visual Studio Projekt
  - In gleicher Solution vorhanden, Debugging und Navigation verfügbar
- .NET Core oder .NET Standrad DSK
  - Zwingend, Normalerweise "Microsoft.NETCore.App", Bei .NET Standard "NETStandard.Library"

2.3 Packages & NuGet

.NET wird neu in kleineren NuGet Packages ausgeliefert und ist kein monolithisches Framework mehr. Vorteile: unterschiedliche Release-Zyklen, Erhöhte Kompatibilität, kleinere Deploymenteinheiten.

3 C# Grundlagen

Ähnlichkeiten zu Java: Objektorientierung, Interfaces, Exceptions, Threads, Namespaces (wie Packages), Strenge Typenprüfung, Garbage Collection, Reflection un d dynamisches Laden von Code. Neues: Referenzparameter, Objekte am Stack, Blockmatrizen, Enumerationstypen, Uniformes Typensystem, goto, Systemnahes Programmieren, Versionierung.

3.1 Naming Guidelines

Element	Casing	Beispiel
Namespace Klasse / Struct Interface Enum Delegates	PascalCase, Substantive	System.Collections.Generic BackColor IComparable Color Action / Func
Methoden	PascalCase Aktiv-Verben / Substantive	GetDataRow UpdateOrder
Felder Lokale Variablen Parameter	CamelCase	name orderId
Properties Events	PascalCase	OrderId MouseClick

Figure 5: Naming Guidelines

3.2 Sichtabrkeitsattribute

Attribut	Beschreibung
public	Überall sichtbar
private	Innerhalb des jeweiligen Typen sichtbar
protected	Innerhalb des jeweiligen Typen oder abgeleiteter Klasse sichtbar
internal	Innerhalb des jeweiligen Assemblies sichtbar
protected internal	Innerhalb des jeweiligen Typen oder abgeleiteter Klasse sichtbar oder Innerhalb des jeweiligen Assemblies sichtbar
private protected* (seit C# 7.2)	Innerhalb des jeweiligen Typen oder abgeleiteter Klasse sichtbar, wenn diese im gleichen Assembly ist

Figure 6: Sichtabrkeitsattribute

Typ	Standard	Zulässig (Top-Level*)	Standard für Members	Zulässig für Members
class	internal	public / internal	private	public protected internal private protected internal private protected
struct	internal	public / internal	private	public internal private
enum	internal	public / internal	public	–
interface	internal	public / internal	public	–
delegate	internal	public / internal	–	–

* Gilt nicht für «nested types»

Figure 7: Standard Sichtbarkeiten von Typen

3.3 Primitivtypen

Ganzzahlen
Numerisch Werte können für eine bessere Lesbarkeit mit dem "_" geschrieben werden. Bestimmung des Typen: Ohne Suffix=kleinster Type aus int, uint, long, ulong. Suffix u | U =kleinster Type aus uint, ulong. Suffix l | L = kleinster Type aus long, ulong.

Fliesskommazahlen
Bestimmung des Typen: Ohne Suffix=double. Suffix f | F=float. Suffix d | D=double. Suffix m | M=decimal.

Typenkompatibilität

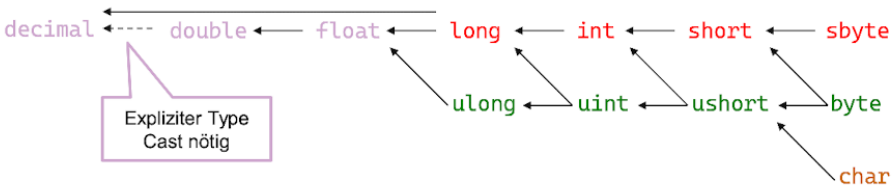


Figure 8: Typenkompatibilität

3.4 Statements

If Statements

```
int value = 5;
if (0 >= value && value < 9) {
  /* ... */
} else if (value > 10) {
  /* ... */
} else {
  Console.WriteLine("Invalid: " +
   value);
}
```

Switch Statement

```
string ctry = "Germany"; string
   language;
switch (ctry) {
  case "England":
  case "USA":
    language = "English"; break;
  case "Germany":
  case "Austria":
  case "Switzerland":
    language = "German"; break;
  case null:
    Console.WriteLine("Coutry null");
   break;
  default:
    Console.WriteLine("Unknown" + ctry
   ); break;
}
```

Loops

```
// Kopfgesteuert
int i = 1;
int sum = 0;
while (i <= 3)
{
  sum += i;
  i++;
}
// Fussgesteuert
int i = 1;
int sum = 0;
do
{
  sum += i;
  i++;
} while (i <= 3)
// Foreach
int[] a = { 3, 17, 4, 8, 2, 29 };
foreach (int x in a)
{
  sum += x;
}
```

Jumps

```
for (int i = 0; i < 10; i++) {
  if (i == 1) { continue; }
  if (i == 3) { goto myLabel; }
  if (i == 5) { break; }
Console.WriteLine(i);
myLabel: ;
}
```

3.5 Namespaces

Entspricht in Java dem Package. Strukturiert den Quellcode und ist hierarchisch aufgebaut. Beinhaltet: Andere Namespaces, Klassen, Interfaces, Structs, Enums, Delegates.

3.6 Main Methode

Einstiegspunkt (entry point) eines Programmes. Zwingend nötig für Executables (Console Application, Windows Application etc.) Klassischerweise genau 1x mal erlaubt. Wenn mehrere Main-Methoden vorhanden sind, muss dies in der Projektdatei angegeben werden.

3.6.1 Top-Level Satements

Erlaubt das Weglassen der Main-Methode als entry point. Vereinfacht z.B. Beispiel-Applikationen.
Regeln:

- Nur 1x pro Assemlby erlaubt
- Arugmente heissen fix args
- Exit Codes erlaubt
- VOR dem top-level statements können usings definiert werden.
- NACH dem top-level satements können Typen definiert werden.

```
using System;
for (int i = 0; i < args.Length; i++) {
  ConsoleWriter.Write(args, i);
{
Class ConsoleWriter {
  public static void Write(string[] args, in t) // Top Level Satement
  {
    Console.WriteLine("Arg {i} O {args[i]}");
  }
}
```

3.7 Enumerationstypen

Ist eine Liste vordefinierter Konstanten inklusive Wert (Default-Typ Int32). Der erste Wert ist per defualt eine 0 und die andere folgen n+1.

```
enum Days { Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday, Saturday };
Days today = Days.Monday;
if (today == Days.Monday) { /* ... */ }
enum Days { Monday = 10, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday, Saturday };
enum Days:byte { Sunday, Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday,
    Saturday };
// Parsing
bool success3 = Enum.TryParse("Monday", out Days day3);
```

3.8 Object

System.Object ist die Basisklasse für alle Typen und Objekte. Das keyword object is ein Alias für System.Object.

```
o1 = "Test";  o1 = 123; o1 = new Rectangle();
void Push(object x) { /* ... */ }
Push("Test"); Push(123);
Push(new Rectangle());
Push(new int[3]);
```

3.9 Arays

Einfachste Datenstruktur für Listen, Ausprägungen: Eindimensional, Mehrdimensional (Rechteckig), Mehrdimensional Jagged (Ausgefranst). Länge aller Dimensinen müssen bei der Instanzierung bekannt sein. Alle Werte sind nach der Instanzierung initialisiert (false, 0, null etc.). Arrays sind eine Klasse und leben immer auf dem Heap!

```
// Eindimensionale Arrays
int[] array1 = new int[5];                    // Deklaration (Value Type)
int[] array2 = new int[] { 1, 3, 5, 7, 9 };  // Deklaration & Wertdefinition
int[] array3 = int[] { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };   // Vereinfachte Syntax ohne new
int[] array4 = { 1, 2, 3, 4, 5, 6 };     // Vereinfachte Syntax ohne new Typ
object[] array5 = new object[5];              // Deklaration (Reference Type)
// Mehrdimensionale Arrays
int[,] multiDim1 = new int[2, 3];                  // Deklaration
int[,] multiDim2 = { { 1, 2, 3 }, { 4, 5, 6 } };  // Deklaration&
    Wertdefinition
// Mehrdimensionale Arrays Jagged
int[][] jaggedArray = new int[6][];           // Deklaration
jaggedArray[0] = new int[] { 1, 2, 3, 4 };    // Wertdefinition
```

3.10 Strings

Datenstruktur für Zeichenketten. Eigenschaften: Reference Type, string ist Alias für "System.String", nicht modifizierbar, Verkettung möglich, Wertevergelich mit == oder Equals Methode möglich. Nicht Null/0 terminiert, Indexierung möglich, Länge wird durch das Property "Length" ermittelt.

Interning

Strings werden intern wiederverwendet und ein gleicher String nicht unbedingt kopiert. Erst "string.Copy(...) erzeugt eine echte Kopie.

```
string s1 = "Hello ";
string s2 = "World";
string s3 = s1 + s2;
// Unveraenderbarkeit wird durch den Compiler sichergesetllt
string s1 = "Hello ";
string s2 = "World";
string s3 = s1 + s2; // string s3 = System.String.Concat(s1, s2);
s3 += "!";           // s3 = System.String.Concat(s3, "!");
// String Interpolation
string s3 = $"{DateTime.Now}: {"Hello"}";
string s4 = $"{DateTime.Now}: {(DateTime.Now.Hour < 18 ? "Hello" : "Good
    Evening")}";
```

3.11 Symbole

Sind Unicode codiert und Case-Sensitive. @ für Verwendung von Schlüsselwörtern als Identifier.

4 Klassen und Structs

4.1 Klassen

Sind Referenz Typen und werden auf dem Heap angelegt.

Vererbung
Ableiten von Basisklasse möglich, Verwenden als Basisklasse möglich, Implementieren von Interfaces möglich.

Felder
Eine Konstante einer Klasse muss zur Compilezeit berechenbar sein. Ein "readonly" Feld darf zur Laufzeit nicht mehr geändert werden.

Nested Types
Sind für spezifische Hilfsklassen gedacht. Die äussere Klasse hat Zugriff auf innere KLasse (Nur Public). Die innere Klasse hat Zugriff auf äussere Klasse (auch private!).

Statische Klassen
Regeln: Nur statische Members erlaubt, kann nicht instanziert werden, sind "sealed".

Statische Usings
Verkürzen den Quellcode bei Verwendung von statischen Klassen. Regeln: Nur statische Klassen sowie Enums erlaubt. Importiert alle: statischen Members, Statischen Nested Members. Namenskonflikte: Normale Namensauflösungsregeln wie bei überladenen Methoden, bei identischen Signaturen muss Klassenname vorangestellt werden..

```
class Stack {
  const long = 12; // Konstante muss zur Compilezeit berechenbar sein
  int[] values;
  int top = 0;
  public Stack(int size) { /* ... */ }
  public void Push(int x) { /* ... */ }
  public int Pop() { /* ... */ } }
}
Stack s = new Stack(10);
```

4.1.1 Partielle Klassen

Das partial Keyword erlaubt die Definition in mehreren Files. Es sind auch partielle Methoden möglich. Regeln: "partial" muss bei allen Teilen angemerkt sein, Alle Teile müssen das gleiche Sichtbarkeitsattribut haben. Es gibt auch partielle Methoden.

```
// File1.cs
partial class MyClass {
public void Test1() { } }
// File2.cs
partial class MyClass {
public void Test2() { } }
// Verwendung
MyClass mc = new MyClass();
mc.Test1();
mc.Test2();
```

4.1.2 Abstrakte Klassen

Eine Mischung aus Klasse und Interface. Deklaration mit dem Schlüsselwort "abstract". Regeln: Kann nicht direkt instanziert werden, Kann beliebig viele Interfaces implementieren, Alle Interface-Members müssen deklariert werden, Abgeleitete (nicht abstrakte) Klassen müssen alle abstrakten Members implementieren, Abstrakte Members können nur innerhalb abstrakter Klassen deklariert werden, Dürfen nicht «sealed» (versiegelt) sein (siehe später).

4.2 Structs

Sind Value types und werden auf dem Stack oder "in-line" in einem Objekt auf dem Heap abgelegt.

Vererbung
Ableiten von Basisklasse nicht möglich, Verwenden als Basisklasse auch nicht möglich, Implementieren von Interfaces ist möglich.

Felder
Felder dürfen im Struct nicht initialisiert werden!

```
struct Point {
  int x;
  int y;
  public Point(int x, int y)
  {
  this.x = x; this.y = y;
  }
  public void MoveX(int x) { /* ... */ }
  public void MoveY(int y) { /* ... */ }
}
Point p = new Point(2, 3);
```

Verwendung
Ein Struct sollte nur unter folgenden Umständen verwendet werden. In allen anderen Fällen sollte eine Klasse verwendet werden.

- Repräsentiert einen einzelnen kleinen Wert
- Instanzgrösse ist kleiner als 16 Byte
- Ist immutable
- Wird nicht häufig geboxt
- Ist entweder: kurzlebig, eingebettet in anderes Objekt

4.3 Properties

Properties sind eine Kurzform für Get-/Set-Methoden. Diese können für Structs und Klassen eingesetzt werden. Sind ein reines Compiler-Konstrukt. Nutzen: Benutzersicht/Implementation können unterschiedlich sein, Validierung beim Zugriff, Ersatz für Public Fields auf den Interfaces, Über Reflection als Property identifizierbar. Private properties können nur von der Klasse selbst verwendet werden.

```
class MyClass {
  private int length; // Backing field
  // Property
  public int Length {
    get { return length; }
    set { length = value; }
  }
  // Compiler Output
  public int get_Length() { return length; }
  public void set_Length(int value) { length = value; }
```

4.4 Auto-Implemented Properties

Das Backing field sowie die Setter und Getter werden automatisch generiert. Für jede abweichende Get-/Set-Logik muss Property explizit implementiert werden.

```
// Auto Property - backing filed gets generated automatically
public int LengthAuto { get; set; }
public int LengthInitializes {get; /* set; */ };
```

4.5 Initialisierte Properties

Properties können bei der Objekt Erstellung direkt initialisiert werden. Das ist ein reines Compiler-Feature.

```
MyClass mc = new MyClass()
{
  Length = 1,
  Width = 2
};
// Compiler Output
MyClass mc = new MyClass();
mc.Length = 1;
mc.Width = 2;
```

4.6 Indexer

Indexer ermöglichen, dass Instanzen einer Klasse oder Struktur wie Arrays indiziert werden. Der indizierte Wert kann festgelegt oder ohne explizite Angabe eines Typs oder Instanzmembers abgerufen werden. Indexer ähneln Eigenschaften. Der Unterschied besteht jedoch darin, dass ihre Zugriffsmethoden Parameter verwenden. Das Schlüsselword this definiert den Indexer. Das Schlüsselwort value für Zugriff auf Wert in Setter.

```
class SampleCollection<T> {
   private T[] arr = new T[100];
   // Define the indexer to allow client code to use [] notation.
   public T this[int i] {
      get { return arr[i]; }
      set { arr[i] = value; }
   }
}
class Program
{
   static void Main() {
      var stringCollection = new SampleCollection<string>();
      stringCollection[0] = "Hello, World";
      Console.WriteLine(stringCollection[0]);
   }
}
```

4.7 Konstruktoren

Bei jedem Erzeugen einer Klasse / eines Structs verwendet (Aufruf von «new»).

Default-Konstruktor Klasse

- Automatisch generiert, wenn nicht vorhanden
- Wenn anderer Kstr. vorhanden nicht mehr
- Kann manuell implementiert werden
- Initialisiert Felder mit default(T)
- Kann beliebig viele Felder initalisieren

Default-Konstruktor Klasse

- Wird immer automatisch generiert!
- Kann nicht manuell definiert werden
- Initialisiert Felder mit default(T)
- Muss alle Felder initialisieren!

Typ	Default	Typ	Default
class	null	int	0
struct	Struct Alle Members sind default(T)	long	0L
bool	false	sbyte	0
byte	0	short	0
char	'\0'	uint	0
decimal	0.0M	ulong	0
double	0.0D	ushort	0
float	0.0F	enum	Resultat aus (E)0 E = Enumerations-Typ

Figure 9: Standard-Werte

4.7.1 Statische Konstruktoren

Für statische Initialisierungsarbeiten verwendet und sind identisch für die Klasse und Struct. Regeln: zwingend Parameterlos, Sichtbarkeit darf nicht angegeben werden, Wird genau einmal ausgeführt, Kann nicht explizit aufgerufen werden.

4.7.2 Dekonstruktoren

Ermöglichen Abschlussarbeiten beim Abbau eines Objekts (wie Java-Finalizer) Regeln: Nur bei Klassen erlaubt, Zwingend Parameterlos/Sichbarkeitslos, Maximal einer erlaubt, Wird vom Garbage Collector aufgerufen und kann nicht explizit aufgerufen werden.

```
class MyClass {
  ~MyClass() {
    // Freigabe von File-Handles etc.
  }
}
```

4.7.3 Initalisierungs-Reihenfolge

4.8 Operatoren - Überladung

5 Methoden

5.1 Statische Methoden

Es gibt zwei Ausprägungen von statischen Methoden: Prozedur (Aufgabe ohne Rückgabewert), Funktion.

5.2 Value Parameter

Kopie des Inhalts wird übergeben (Wert oder Heap-Referenz).

```
void IncVal(int x) { x = x + 1; }
void TestIncVal() {
  int value = 3;
}
IncVal(value); // value == 3
```

5.3 Reference Parameter

Adresse der Variable wird übergeben. Variable muss initialisiert sein. Es muss eine Variable übergeben werden. Hierfür wird das ref keyword verwendet.

```
void IncRef(ref int x) { x = x + 1; }
void TestIncRef() {
  int value = 3;
IncRef(ref value); // value == 4
```

5.4 Out-Parameter

Werden wir ref-Parameter verwendet, aber sind für die Initialisierung gedacht. Das bedeutet, dass die Variable vorher nicht initialisiert werden muss. Das out keyword muss beim Aufrufer und in der Methode deklariert werden.

```
static void Init(out int val) {
  val = 100;
}
int value;
Init(out value);
```

5.5 Params-Array

Erlaubt beliebig viele Parameter. Muss am Schluss der Deklaration stehen. Nur ein params-Array ist erlaubt. Darf nicht mit ref oder out kombiniert werden.

```
void Sum(out int sum, params int[] values) {
  sum = 0;
  foreach (int i in values) sum += i;
}
```

5.6 Optionale Parameter (Default Values)

Optionale Parameter ermöglichen die Zuweisung eines Default-Values. Deklaration muss hinter der erforderlichen Parameter erfolgen! Muss zur Compilezeit berechenbar sein.

```
private void Sort(int[] array, int from=0, bool ascending=true) { /* . */ }
```

5.7 Named Parameter

Identifikation der optionalen Parameter anhand des Namens (anstatt anhand der Position).

```
Sort(a, ignoreCase: true, from: 3);
```

5.8 Überladung

Mehrere Methoden mit dem gleichen Namen möglich. Voraussetzung: Unterschiedliche Anzahl Parameter oder Parametertypen oder Parameterarten (ref/out). *Der Rückgabetype spielt dabei keine Rolle!*

```
void Test(int x) { /* ... */ }
void Test(char x) { /* ... */ }
void Test(int x, long y) { /* ... */ }
void Test(long x, int y) { /* ... */ }
void Test(ref int x) { /* ... */ }
```

6 Vererbung

- Nur eine Basisklasse erlaubt
- Beliebig viele Interfaces erlaubt
- Structs können nicht erweitert werden
- Structs können nicht erben
- Strucs können Interfaces implementieren
- Klassen sind direkt / indirekt über System.Object abgeleitet
- Strucst sind über Boxing mit System.Object kompatibel

6.1 Typprüfungen

Prüft ob ein Objekt mit einem Typen kompatibel ist. Liefert trie, wenn: Typ von obj identisch wie "T" ist, Typ von obj eine Sub-Klasse von "T" ist.

```
class Base { }
class Sub : Base { }
class SubSub : Sub { }
public static void Test() {
  SubSub a = new SubSub();
  if (a is SubSub) { /* ... */ }  // True
  if (a is Sub) { /* ... */ }   // True
  if (a is Base) { /* ... */ }  // True
  a = null;
  if (a is SubSub) { /* ... */ }  // False / NULL
}
```

6.2 Type Casts

Explizite Typumwandlung als Hinweis für den Compiler. Regeln: Null kann auch gecasted werden, Compilerfehler wenn Type Cast nicht zulässig ist oder wenn NULL in eine Value Type gecasted wird. Value Types können nie null sein!

```
class Base { }
class Sub : Base { }
class SubSub : Sub { }
public static void Test() {
  Base b = new SubSub();
  Sub s = b as Sub; // as keyword for the compiler
}
```

6.3 Methoden

Die Subklasse kann Members der Basisklasse überschreiben: Methoden, Properties, Indexer. Schlüsselword "virtual" um Basis-Methode überschreibbar zu machen. Schlüsselwort "override" um die Basis-Methode zu überschreiben. Members sind per default NICHT virtual und override! Regeln: Signatur muss identisch sein, gleiche Rückgabewert, gleiche Sichtbarkeit.
Achtung!
Virtual kann nicht mit: static, abstract, private, override verwendet werden!

```
class Base {
  public virtual void G() { /* ... */ } }
class Sub : Base {
  public override void G() { /* ... */ } }
class SubSub : Sub {
  public override void G() { /* ... */ } }
```

6.4 Interfaces

Interface ähnelt einer rein abstrakten Klasse. Regeln: Kann nicht direkt instanziiert werden, Interface kann andere Interfaces erweitern, Sichtbarkeit auf Members darf nicht angegeben, Members sind implizit «abstract virtual», Members dürfen nicht «static» sein oder ausprogrammiert werden, Name beginnt mit einem grossen «I».

```
interface ISequence {
  void Add(object x);               // Method
  string Name { get; }              // Property
  object this[int i] { get; set; } // Indexer
  event EventHandler OnAdd;         // Event
}
```

6.4.1 Interfaces Implementieren

Regeln: Eine Klasse kann beliebig viele Interfaces implementieren, Alle Interface-Members müssen auf der Klasse vorhanden sein, «override» ist nicht nötig ausser allfällige Basisklasse definiert gleichen Member, Kombination mit «virtual» und «abstract» ist erlaubt, Implementierte Interface-Members müssen «public» und dürfen nicht «static» sein.

```
interface ISequence {
  void Add(object x);               // Method
  string Name { get; }              // Property
  object this[int i] { get; set; } // Indexer
  event EventHandler OnAdd;         // Event }
class List : ISequence {
  public void Add(object x) { /* ... */ }
  public string Name { get { /* ... */ } }
  public object this[int i] { get { /* ... */ } set { /* ... */ } }
  public event EventHandler OnAdd;
}
```

7 Delegates & Events

7.1 Delegates

Ein Delegat ist ein Typ, der ähnlich einem Funktionszeiger in C und C++ eine Methode sicher kapselt. Im Gegensatz zu C-Funktionszeigern sind Delegate objektorientiert, typensicher und sicher. Der Typ eines Delegaten wird durch den Namen des Delegaten definiert. Verwendung: Methoden können als Parameter übergeben werden, Definition von Callback-Methoden. Eine Zuweisung von null ist erlaubt.

```
public delegate void Notifier(string sender);
class Examples {
  public static void Test() {
  // Deklaration Delegate-Variable
  Notifier greetings;
  // Zuweisung einer Methode
  greetings = new Notifier(SayHi);
  // Kurzform
  greetings = SayHi;
  // Aufruf einer Delegate-Variable
  greetings("John");
}
private static void SayHi(string sender) {
  Console.WriteLine("Hello {0}", sender);
}
```

7.2 Multicast Delegates

Jeder Delegate-Typ ist ein Multicast Delegate. Delegate-Variable kann beliebig viele Methoden-Referenzen enthalten. Zuweisungen können mit: =, +=, -= gemacht werden.

7.3 Events

Events sind Instanzen von Delegates, wobei das Delegate implizit private ist, damit es das Event nur von intern getriggert werden kann. (Compiler Feature) Ein Event ist normalerweise void. Events werden benötigt um zwischen Objekten zu kommunizieren. Ändert etwas in einem Objekt werden die andere benachrichtigt (Observer). Jeder Event verfügt über kompilergenerierte, öffentliche Add(+=) und Remove(-=) Methoden für das Subscriben von Methoden, Lamdas, etc.

```
public delegate void AnyHandler(object sender, AnyEventArgs e);
```

7.4 Anonyme Methoden

Anonyme Methoden sind immer in-place.

```
class AnonymousMethods {
  int sum = 0;
  void SumUp(int i) { sum += i; }
  void Print(int i) { Console.WriteLine(i); }
  void Foo() {
    List<int> list = new List<int>();
    list.ForEach(SumUp);
    list.ForEach(Print);
  }
}
```

8 Generics

Generics können in Klassen, Structs und Delegates verwendet werden. Generics sind für Value Types schneller, bei Reference Type jedoch nicht (Verglichen mit object). Die hat den Grund, dass kein Boxing und Unboxing verwendet wird. Vorteile: Hohe Wiederverwendbarkeit, Typensicherheit, Performance. Hauptanwendungsfall sind die Collections.

8.1 Type Constraints

Mit dem Keyword where kann eine Regel definiert werden, die der dynamische Typ erfüllen muss.

Constraint	Beschreibung
where T : struct	T muss ein Value Type sein.
where T : class	T muss ein Reference Type sein. Darunter fallen auch Klassen, Interfaces, Delegates
where T : new()	T muss einen parameterlosen «public» Konstruktor haben. Dieser Constraint muss – wenn mit anderen kombiniert – immer zuletzt aufgeführt werden
where T : «ClassName»	T muss von Klasse «ClassName» ableiten.
where T : «InterfaceName»	T muss Interface «InterfaceName» implementieren.
where T : TOther	T muss identisch sein mit TOther. oder T muss von TOther ableiten.

Figure 10: Type Constraints

8.2 Vererbung

Generische Klassen können von anderen generischen Klassen erben.

8.3 Nullable Types

- Der "?" Operator erlaubt es NULL werte einem Wertetype zuzuweisen. Der Typ ist dann $Nullable < T >$
- Arithemtische Ausdrücke mit Null sind immer false, ausser "null == null"
- Der "??" Operator erlaubt es einen Default Wert anzugeben, falls die Variable leer ist.