.NET: Spracherweiterungen in C# 3.0 – C# 7.0

Version 2.3

Historische Entwicklung von C#

Version	Erscheinungsjahr	Wesentliche Neuerungen
C# 1.0	2001	OOP
C# 2.0	2005	Generics Generierung von Iteratoren (yield)
C# 3.0	2007	LINQ, Auto-Properties
C# 4.0	2010	Ko-/Kontravarianz, dynamische Typisierung
C# 5.0	2012	await/async
C# 6.0	2015	Null-Conditional-Operator, String-Interpolation, nameof-Operator
C# 7.0	2017	Tupel, Pattern-Matching

Neuerungen in C# 3.0

auf datenbehälter sowas wie sql darauf ausführen

- Die zentrale Erweiterung von C# 3.0 ist LINQ (Language Integrated Query).
- Die meisten Erweiterungen sind Voraussetzung für die Verwendung von LINQ-Ausdrücken.
  - Einfache Initialisierung von Objekten → *Objekt- und Behälterinitialisierer.*
  - Erzeugung von Objekten *anonymer Typen*.
  - Deklaration von Variablen, in denen Objekte von anonymen Typen gespeichert werden können → *automatische Typableitung*.
  - Einfache Definition von Funktionen und Prädikaten → *Lambda-Ausdrücke.*
  - Erweiterung von Interfaces um neue Methoden → *Erweiterungsmethoden*.
  - Repräsentation von Ausdrücken → *Expression Trees*.
- Andere Erweiterungen:
  - Automatische Implementierung von Properties.
  - Automatische Ableitung von Feldtypen.

Objektinitialisierer *(Object Initializer)*

- *Problem:* Steht kein passender Konstruktor zur Verfügung, müssen Objekte relativ umständlich über Properties initialisiert werden.

```
Employee empl = new Employee();
empl.Id = 1;
empl.Name = "Dobler";
empl.City = "Hagenberg";
```

- *Lösung:* Die Initialisierung von Properties kann bei der Erzeugung eines Objekts in einer Initialisierungsliste erfolgen:

```
Employee empl =
  new Employee { Id = 1, Name = "Dobler", City = "Hagenberg" };
```

Behälterinitialisierer *(Collection Initializer)*

- Auf ähnliche Weise können Behälter initialisiert werden:

```
List<Employee> empls =
  new List<Employee> {
    new Employee { Id = 1, Name = "Jacak", City = "Linz" },
    new Employee { Id = 2, Name = "Dobler", City = "Hagenberg" }
  }
```

  - Für jedes Objekt in der Initialisierungsliste wird die Methode *Add()* des Behälters aufgerufen.

- Auch assoziative Behälter können so initialisiert werden:

```
 Dictionary<int, Employee> emplDict =
   new Dictionary<int, Employee> {
     { 1, new Employee { Id = 1, Name = "Jacak", City = "Linz" } },
     { 2, new Employee { Id = 2, Name = "Dobler",
                         City = "Hagenberg" } }
   };
```

Automatische Typableitung *(Local Variable Type Inference)*

- *Problem:* Sowohl bei der Deklaration als auch bei der Initialsierung einer Variablen muss der Typ angegeben werden:

```
List<Employee> empls = new List<Employee>() { … }
```

- *Lösung:* Der Compiler bestimmt automatisch den Typ der Variablen aus dem impliziten Typ des zugewiesenen Ausdrucks:

kann nicht mehr geändert werden - statischer Typ - wenn geändert wird Syntaxfehler

```
var empls = new List<Employee>() { … }
```

kommt bei anonymen Datentypen in Verwendung

auto in C++

- Mit *var* deklarierte Variablen sind statisch typisiert und haben keinesfalls das Verhalten von *Variants* von dynamischen Sprachen:

```
empls = "some string"; // → Syntaxfehler
```

- Darf nur für die Deklaration von lokalen Variablen verwendet werden.
- *var* sollte mit Bedacht verwendet werden.
- Die Hauptanwendung von *var* sind Variablen, denen Objekte anonymer Klassen zugewiesen werden.

Anonyme Typen

- Anonyme Typen sind Klassen, deren Schnittstelle erst bei der Erzeugung von Objekten dieser Klasse festgelegt wird.
- Da die Klassendeklaration entfällt, spricht man von anonymen Typen.

```
var obj = new { Id = 1, Name = "Dobler" };
Console.WriteLine(obj.GetType());
// → f__AnonymousType0`2[System.Int32,System.String]
```

Projektionen bei Linq

- Die Struktur der anonymen C#-Klasse wird durch
  - die verwendeten Properties und
  - die impliziten Typen der zugewiesenen Ausdrücke

  festgelegt.
- Bei Java wird die Struktur der anonymen Klasse aus dem implementierten Interface bzw. der Basisklasse abgeleitet.
- Hauptanwendung: Projektionen in LINQ-Ausdrücken.

Lambda-Ausdrücke

- Methoden mit Delegateparametern sind sehr flexibel einsetzbar.

```
public delegate bool Predicate<T>(T obj);
private static IEnumerable<T> FilterWhere(IEnumerable<T> numbers,
                                          Predicate<T> filter) {
  foreach (T n in numbers)
    if (filter(n))
      yield return n;
}
```

- An diese Methoden können anonyme Methoden übergeben werden:

```
var oddNumbers = FilterWhere(numbers,
                  delegate(int n) { return n % 2 != 0; });
```

- Lambda-Ausdrücke ermöglichen eine einfachere Schreibweise für anonyme Methoden:

```
var oddNumbers = FilterWhere(numbers, n => n % 2 != 0);
```

- In LINQ-Ausdrücken werden sehr häufig anonyme Methoden benötigt.

http://openbook.rheinwerk-verlag.de/visual_csharp_2010/visual_csharp_2010_07_005.htm#mj42ed62e612ec704f96a8394792547e94

Erweiterungsmethoden *(Extension Methods)* (1)

- *Problem:* Hat man keine Kontrolle über ein Interface, kann zusätzliche Funktionalität nur mittels Klassenmethoden implementiert werden.

```
static class Enumerator {
  public static int Sum(IEnumerable<int> numbers) {
    int sum = 0;
    foreach (int i in numbers) sum += i;
    return sum;
  }
}
```

- Beim Aufruf der Methode muss das Objekt, dessen Klasse erweitert worden ist, als Parameter übergeben werden:

```
var numbers = new List<int> { 2, 3, 5, 7 };
int s = Enumerator.Sum(numbers);
```

- Man möchte die Erweiterungsmethode aber wie eine Objektmethode aufrufen.

```
IEnumerable<int> l = ...
int s = l.Sum();
```

Erweiterungsmethoden *(Extension Methods)* (2)

- *Lösung:*

```
namespace EnumeratorExt {
  public static class Enumerator {
    public static int Sum(this IEnumerable<int> numbers) {
      int sum = 0;
      foreach (int i in numbers) sum += i;
      return sum;
    }
  }
}
```

- Die Erweiterungsmethode kann nun wie eine Objektmethode aufgerufen werden:

```
using EnumeratorExt;
var numbers = new List<int> { 2, 3, 5, 7 };
int s = numbers.Sum();
```

- Die Erweiterungsmethode ist nur in jenem Namenraum sichtbar, in dem sie definiert wurde.
- Der Compiler generiert Code, der die Erweiterungsmethode wie eine Klassenmethode behandelt.

Automatische Implementierung von Properties

- Für Properties wird häufig nur die Standardimplementierung benötigt:

```
class Employee {
  private string name;

  public string Name {
    get { return name;  }
    set { name = value; }
  }
}
```

- Diese Standardimplementierung kann der C#-3.0-Compiler automatisch erzeugen:

```
class Employee {
  public string Name { get; set; }
}
```

LINQ: Language Integrated Query

- LINQ ist eine Abfragesprache, die direkt in C#/VB.NET eingebettet ist.
- Der Compiler kann syntaktische Korrektheit der Abfrage überprüfen.
- Abfragen können für auf beliebige Datenbestände durchgeführt werden, für die ein LINQ-Provider existiert:
  - Felder und Objektbehälter (LINQ to Objects)
  - XML (LINQ to XML)
  - Datenbanktabellen (LINQ to Entities, LINQ to NHibernate, …)
- Beispiel:

```
using System.Linq;
IEnumerable<Employee> employees = …;
var query = from e in employees
            where e.City == "Linz"
            select new { Id = e.Id, Name = e.Name };
```

hinten weil hier an der richtigen stelle (select in sql auch zum schluss)

kontextsensitive Schlüsselwörter (from, where, in, select)

oder auch nur select e

- LINQ-Abfragen werden in Aufrufe von Erweiterungsmethoden übersetzt:

```
var query = employees.Where(e => e.City == "Linz")
                     .Select(e => new { Id = e.Id, Name = e.Name });
```

OrderByDescending

Neuerungen in C# 4.0

- Benannte Parameter
- Optionale Parameter
- Dynamisch typisierte Variable (Schlüsselwort dynamic)
- Kovarianz und Kontravarianz

Benannte Parameter

- Die Zuordnung von Aktual- zu Formalparametern erfolgt in den meisten Sprachen über deren Position in der Aufrufliste.

```
class Rational {
  public Rational(int num, int denom) { … }
  …
}

Rational r1 = new Rational(1, 2);
```

- Durch Qualifizierung mit dem Namen des Formalparameters können in C# die Aktualparameter in beliebiger Reihenfolge übergeben werden.

denom:2

```
Rational r2 = new Rational(num:1, demon:2); // Rational(1,2)
Rational r3 = new Rational(demon:2, num:1); // Rational(1,2)
```

denom:2

zum Dokumentieren nicht schlecht
(boolean werte zum schluss - wofür?)

- Hauptanwendungsgebiet: Parameterübergabe bei Methoden mit langen Parameterlisten und optionalen Parametern.

Optionale Parameter

- Im Kopf einer Methode können Standardwerte für Parameter festgelegt werden:

```
class Rational {
  public Rational(int num = 0, int denom = 1) { … }
  …
}
```

  - Optionale Parameter müssen am Ende der Parameterliste definiert werden.

- Beim Aufruf müssen für Parameter am Ende der Liste keine Werte übergeben werden.

```
Rational r1 = new Rational(); // Rational(0,1)
Rational r2 = new Rational(5);  // Rational(5,1)
```

- Mithilfe benannter Parameter können Parameter selektiv übergeben werden:

```
Rational r3 = new Rational(denom: 5); // Rational(0,5)
```

Dynamische Typprüfung

- Wird eine Variable *dynamic* deklariert, wird die Typprüfung von der Übersetzungs- in die Laufzeit verlagert.

```
dynamic d = "abc";
if (condition) d = new int[] { 5, 17, 3, 8 };
int len = d.Length; // runtime checks if method Length is available
object obj = d[1];  // runtime checks if indexer is defined for dynamic type d.
```

- Anwendung: Einbindung von Skriptsprachen und COM-Komponenten

```
string script = @"def factorial(n):
                      for i in range(1, n): n = n * i
                      return n";
ScriptEngine engine = Python.CreateEngine();
ScriptScope scriptScope = engine.CreateScope();
ScriptSource scriptSource = engine.CreateScriptSourceFromString(script,
                                        SourceCodeKind.Statements);
scriptSource.Execute(scriptScope);

dynamic mathScript = scriptScope;
int fact = mathScript.factorial(5);
```

Kovarianz und Kontravarianz

- Gegeben seien zwei Typen *U* und *V* mit einer Relation <, die eine Ordnung auf Typen definiert.
  - Beispiel 1: int < float < double
  - Beispiel 2: *V* < *U*, falls V ist eine Unterklasse von *U.*

U hat größeren Wertebereich - mehr Klassen können U sein als nur V

- Sei $f : U \rightarrow U'$ ist eine Abbildung, die einen Typ *U* auf einen anderen Typ *U'* abbildet.
  - Beispiel: $T \rightarrow IEnumerable<T>$ oder $T \rightarrow T[]$

int abgebildet auf Enumeration von int

- Sei *V* < *U*. Dann ist
  - *f* ist **kovariant**, wenn *f(V)* < *f(U)*
  - *f* ist **kontravariant**, wenn *f(U)* < *f(V)*
  - *f* ist **invariant**, wenn *f* weder *kovariant* noch *kontravariant* ist.

Kovarianz bei Feldern

- Die Abbildung $T \rightarrow T[]$ eines Referenztyps *T* ist in C# und Java kovariant (Ordnungsrelation ist Vererbungsbeziehung).
  - *U is subtype of V* $\Rightarrow$ *U[] is subtype of V[]*

```
object[] objArr;
string[] strArr = new string[] { "abc", "efg" };
objArr = strArr;
```

- Allerdings geht dadurch die Typsicherheit verloren.
  - Zur Laufzeit kann eine *ArrayTypeMismatchException* (C#) auftreten.

```
objArr[0] = DateTime.Now; // throws ArrayTypeMismatchException
string s = strArr[0];
```

schreibender Zugriff erzeugt Fehler

- Für Wertetypen (Ordnungsrelation Wertebereich) gilt dies nicht.

```
double[] fa = new float[3]; // syntax error
```

Kovarianz bei Generics (1)

- Die Abbildung *T* → *GenericType<T>* eines Referenztyps *T* ist in C# 3.0 und Java generell nicht kovariant.
  - *V is subtype of U* ⇒ *GenericType<V> is subtype of GenericType<U>*

invariant

```
List<object> objList;
List<string> strList = new List<string>();
objList = strList; // syntax error
```

- Kovarianz hätte im Allgemeinen auch hier einen Verlust der Typsicherheit zur Folge:

```
objList.Add(DateTime.Now); // would result in a runtime error
string s = strList[0];     // would result in a runtime error (cast exception)
```

Kovarianz bei Generics (2)

- Falls bei einem generischen Typ *G<T>* der Typparameter *T* bei sämtlichen Methoden ausschließlich bei Ausgangsparametern verwendet wird, geht die Typsicherheit nicht verloren:

geht nur auf Interfaces die speziell gekennzeichnet sind

```
IEnumerable<object> objEnum;
IEnumerable<string> strEnum = new List<string> { "abc", "efg" };
objEnum = strEnum; // valid from C# 4.0 on

IEnumerator<object> e = objEnum.GetEnumerator();
while (e.MoveNext()) Process(e.Current);
```

verändere das Ding nicht - darum geht es

- In C# 4.0 ist daher die Abbildung *T* → *GenericInterface<**out** T>* kovariant.
- Das Schlüsselwort ***out*** stellt sicher, dass *T* nur zur Deklaration von Ausgangsparametern verwendet wird.

```
public interface IEnumerable<out T> {
  IEnumerator<T> GetEnumerator();
}
```

nur auf der Ausgangsseite verwendet

Kontravarianz bei Generics

- Wird bei *G<T>* der Typparameter *T* ausschließlich für Eingangsparameter verwendet, gilt:

$$V < U \Rightarrow G<U> \; < \; G<V>$$

```
IComparable<Person> personComparer = new Person { Name = "King" };
IComparable<Student> studentComparer;
studentComparer = personComparer;

Student student = new Student { MatNo = "se0000", Name = "Mayr" };
int res = studentComparer.CompareTo(student);
```

- In C# 4.0 ist daher die Abbildung $T \rightarrow$ *GenericInterface<**in** T>* kontravariant.
- Das Schlüsselwort ***in*** stellt sicher, dass *T* nur zur Deklaration von Eingangsparametern verwendet wird.

```
public interface IComparable<in T> {
  int CompareTo(T other);
}
```

Ko- und Kontravarianz bei Delegates

- Die Abbildung *T* → *delegate T D()* ist kovariant (*T* ist der Typ eines Ausgangsparameters).

```
delegate Person PersonFactoryHandler();

private static Student CreateStudent() { … }

PersonFactoryHandler pfHandler = CreateStudent;
Person p = pfHandler();
```

- Die Abbildung *T* → *delegate void D(T t)* ist kontravariant (*T* ist der Typ eines Eingangsparameters).

```
delegate void StudentHandler(Student s);

private static void PrintPerson(Person p) { … }

StudentHandler sHandler = PrintPerson;
sHandler(new Student { … });
```

Neuerungen in C# 5.0

- Vereinfachte asynchrone Programmierung (async/await)
- Attribute zur Ermittlung von Aufrufdaten (Tracing)

Vereinfachte asynchrone Programmierung (1)

- Problem:
  - Zur Erhaltung der Responsivität sollten länger andauernde blockierende Methodenaufrufe vermieden werden (Windows 8: >= 50ms)
  - Die Synchronisation mit Threads ist sehr aufwändig und fehleranfällig.
- In C# 5.0 können Methoden **async** deklariert werden:
  - Methode kann die Kontrolle an den Rufer zurückgeben, bevor alle Anweisungen durchgeführt wurden.
  - Rückgabewert der Methode muss *void*, *Task* oder *Task<T>* sein.
- Eine asynchrone Methode kann dem Schlüsselwort **await** auf die Ergebnisse länger andauernder Berechnungen warten.
  - Methode, in der *await* verwendet wird, muss asynchron sein.
  - *await* kann auf Methoden angewandt werden, die *Task* oder *Task<T>* zurückgeben.
  - Ist die Ausführung der Methode, auf deren Ergebnis gewartet wurde abgeschlossen, wird die Ausführung in der rufenden Methode fortgesetzt.

wir setzen in der methode nicht fort
nicht blockierend (z.B. UI Thread)

Vereinfachte asynchrone Programmierung (2)

- Der *Synchronistionskontext* regelt, welcher Thread die Kontrolle erhält, wenn eine *await*-Operation abgeschlossen wurde.
- Der Synchronisationskontext von Windows-Forms-, WPF- und Windows-Store-Anwendungen sorgt dafür, dass die gesamte asynchrone Methode im UI-Thread durchgeführt wird → keine Synchronisation notwendig.

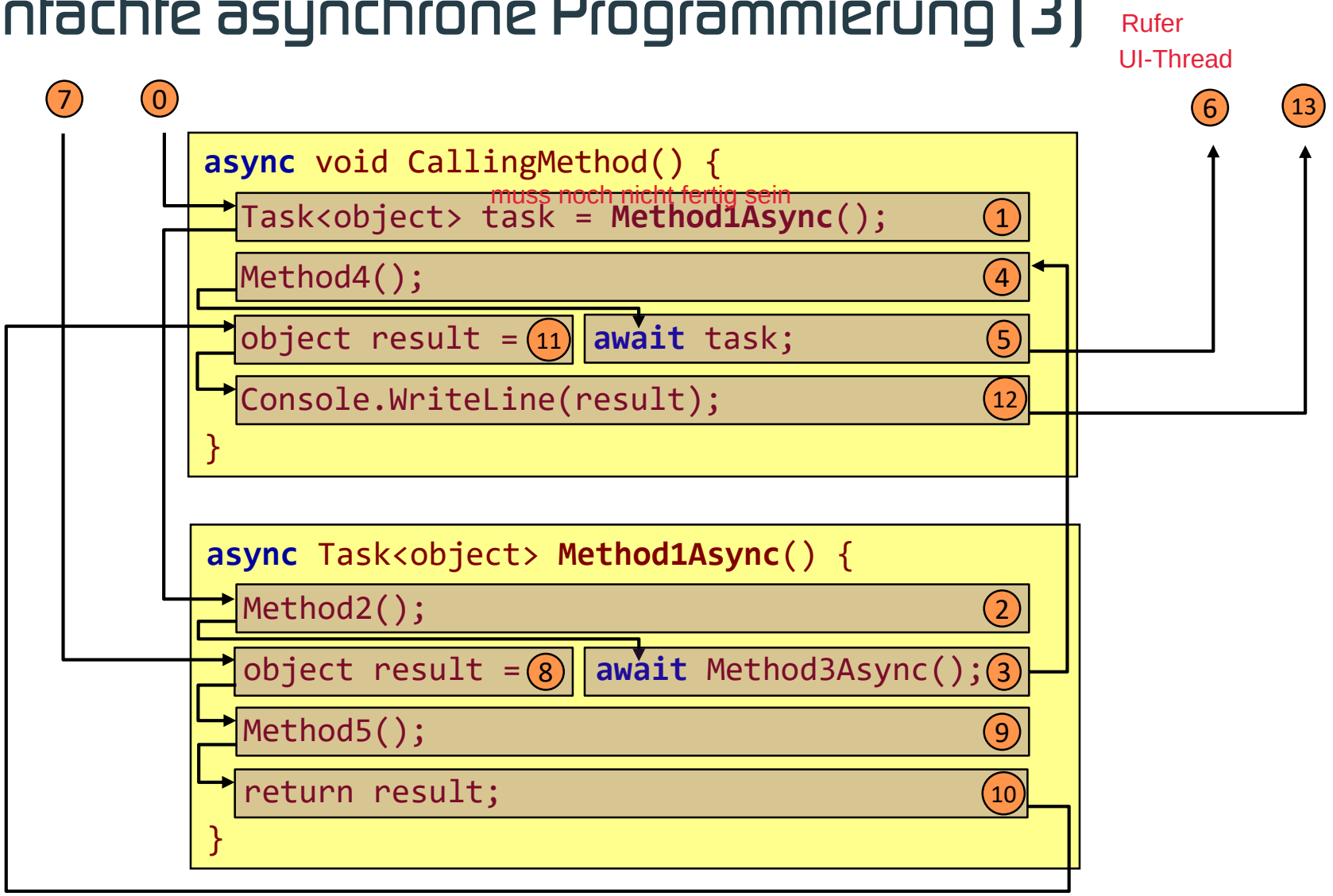
```
async Task<object> CallingMethod() {
  SyncMethod1();
  await AsyncMethod();
  SyncMethod2();
}
```

UI-Thread

Worker-Thread

- Ist kein Synchronisationskontext vorhanden, wird die Kontrolle an den *TaskScheduler* übergeben, der wiederum einen Thread aus seinem Thread-Pool mit der Abarbeitung der restlichen Methode betraut.

Vereinfachte asynchrone Programmierung (3)



Neuerungen in C# 6.0

- Null-Conditional Operator
- Initialisierer für Auto-Properties
- Verkürzte Methodendefinition
- Operator `nameof`
- String-Interpolation
- Statische Imports
- Filter bei Ausnahmen
- await in catch- und finally-Blöcken erlaubt

Null-Conditional Operator

- `expr.`*Property* bzw. `expr[`*index*`]` → `NullReferenceException`, falls `expr == null`.
- `expr?.`*Property* bzw. `expr?[`*index*`]` → `null`, falls `expr == null`.
- Beispiel:

```
public class Person {
  public string Name { get; set; }
  public int Age { get; set; }
  public Person[] Children { get; set; }
}
```

```
Person person = new Person { … };
// Person person = null;

string name = person?.Name;
int? age = person?.Age;
string childName = person?.Children?[0]?.Name;
```

Initialisierer für Auto-Properties

- Auto-Properties können wie Felder initialisiert werden.
- Auch „read only“-Properties können auf diese Weise initialisiert werden.

- Beispiel:

```
public class Person {
  public string Name { get; set; } = "John";
  public int Age { get; } = 20;
}
```

Verkürzte Methodendefinition

- Für Methoden- und Property-Definitionen existiert eine verkürzte Schreibweise.
- Ist nur dann möglich, wenn Methodendefinition aus einer einzigen Anweisung besteht.
- Bei Methoden mit Rückgabeparameter, muss `return` weggelassen werden.
- Beispiel:

```
public class Point {
   private int x, y;
   public Point(int x, int y) { … }
   public Point Translate(int dx, int dy) => new Point(x+dx, y+dy);
   public int X => x; // read-only properties
   public int Y => y;
 }
```

Operator nameof

- Mit nameof können Programmkonstrukte wie Variablen, Klassen- und Methodennamen in eine Zeichenkette konvertiert werden.
  - Vorteil: Schreibfehler können verhindert werden

- Beispiel:

```
public class Person {
  private string lastName;
  public string LastName{
    get { return lastName; }
    set {
      name = value:
      OnNotifyPropertyChanged(nameof(LastName));
    }
  }
}
```

String-Interpolation

- Mit String-Interpolation können formatierte Zeichenketten einfacher erzeugt werden.
  - Vorteil: Durch den Wegfall von Platzhaltern ist die Zeichenketten-generierung weniger fehlerträchtig.
- Mit Platzhaltern:

```
logger.Log(String.Format("{0} + {1} = {2:F2}", a, b, a+b));
```

- Mit String-Interpolation:

```
logger.Log($"{a} + {b} = {a+b:F2}");
```

Neuerungen in C# 7.0

- Tupel
- Pattern-Matching
- out-Variablen
- Lokale Funktionen
- Referenzvariablen
- Verbesserungen bei Literalen

Tupel

- Werte enterschiedlichen Datentyps können zu *Tupel* zusammengefasst werden.
  - Werte werden auf Wertetyp `System.ValueTuple<T1, …, Tn>` abgebildet.
  - NuGet-Paket *System.ValueTuple* muss hinzugefügt werden.
- Syntax:

```
(int, string) addr1 = (4232, "Hagenberg");
Console.WriteLine($"{addr1.Item1} {addr1.Item2}");
(int zip, string city) addr2 = (4020, "Linz");
Console.WriteLine($"{addr2.zip} {addr2.city}");
```

```
(int, string) CreateAddress() { return (1010, "Wien"); }
(int zip, string city) addr3 = CreateAddress();
var (zip1, city1) = CreateAddress();
(var zip2, var city2) = CreateAddress();
(var zip3, _) = CreateAddress();
```

wildcard

Pattern-Matching

- C# 7.0 definiert folgende Arten von Mustern (patterns):
  - Konstante Muster: `v is null`
  - Typ-Muster: `v is DateTime`
  - Variablen-Muster: `v is DateTime d`
- Beispiele:

```
dynamic v = 42;
if (v is int i)
  Console.WriteLine($"v is an integer with value {i}");

switch (person) {
  case Student s:
    Console.WriteLine($"Student with matnr {s.MatNr}"); break;
  case Person p when p.Age >= 18:
    Console.WriteLine($"Adult person with name {p.Name}"); break;
  case null:
    Console.WriteLine("<null>"); break;
}
```

Referenzvariablen

- C# unterstützte auch schon bisher Call-by-Reference.
- C# 7.0 ermöglicht das Speichern von und das Retournieren von Referenzen in Funktionen.
- Beispiel:

```
private static void TestReferences() {
  ref int FindRef(int index, int[] a) {
    for (int i = 0; i < a.Length; i++)
    if (a[i] == index)
      return ref a[i];
    throw new IndexOutOfRangeException();
  }
  int[] array = { 1, 2, 3 };
  ref int r = ref FindRef(2, array);
  r = 9; // array = { 1, 9, 3 }
}
```

Verbesserungen bei Literalen

- C# 7.0 unterstützt Binär-Literale:

```
var b = 0b1010;
```

- Mit dem Literaltrenner _ können Literale übersichtlich definiert werden:

```
var d = 1_000_000_000;
var x = 0xFA_F9;
var b = 0x1111_1010_1111_1001;
```

async Main (C# 7.1)

- Problem:

```
static async Task SomeAsyncFunc() {
  await Task.Delay(1000);
}

static void Main(string[] args) {
  var result = SomeAsyncFunc().GetAwaiter().GetResult();
               synchrone Methode - blockiert hier
  …
}
```

- Lösung:

```
static async Task Main(string[] args) {
  var result = await SomeAsyncFunc();
}
```

- C# 7.x (x ≥ 1) muss in Projekteinstellungen von VS von explizit aktiviert werden-