



VON C# ZU F#:
EINFÜHRUNG IN DIE

FUNKTIONALE PROGRAMMIERUNG

Martin Grotz
Patrick Drechsler
Redheads Ltd.



PATRICK DRECHSLER

- Software Entwickler / Architekt
- Beruflich: C#
- Interessen:
 - Software Crafting
 - Domain-Driven Design
 - Funktionale Programmierung



MARTIN GROTZ

- Software Entwickler
- Beruflich: Angular mit TypeScript
- Interessen:
 - Funktionale Programmierung
 - Software-Architektur

VORSTELLUNGSRUNDE

&

ERWARTUNGEN

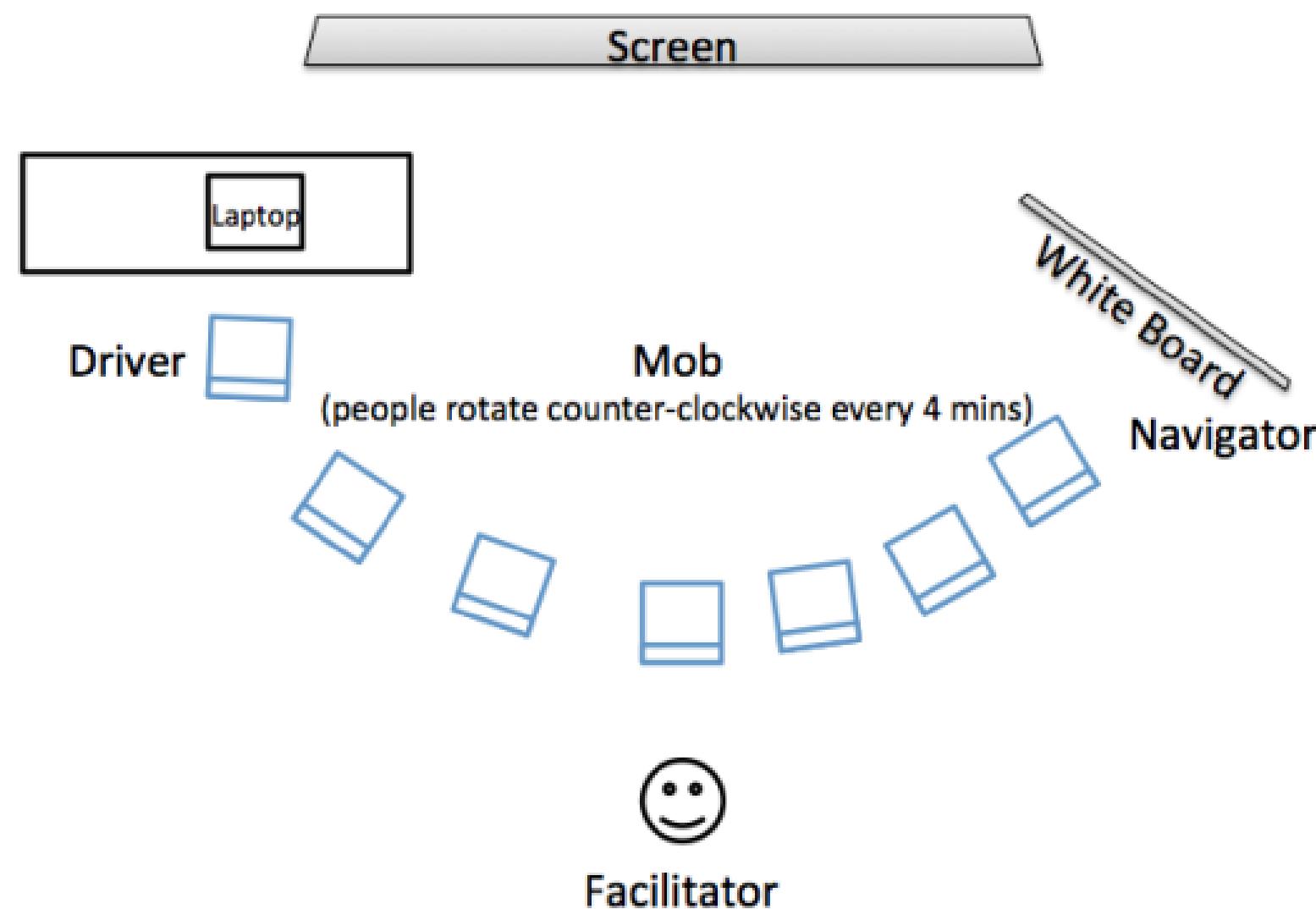
LERNZIELE

- Grundlagen der funktionalen Programmierung
- Funktionale Programmierung mit C#
- Grundlagen von F#

MOB PROGRAMMING

- wir lernen gemeinsam
- "Pair Programming in der Gruppe"

Mob Programming Setup



- Driver: Sitzt an der Tastatur (darf nicht denken)
- Navigator: Sagt dem Driver, was zu tun ist
- Mob: Unterstützt den Navigator
- Regelmäßiger Wechsel (3-5min)

"ASSISTED" MOB PROGRAMMING

- Facilitator unterstützt den Navigator

AUFGABENSTELLUNG

AUTOMATISCHER GRUSSKARTEN-VERSAND

- Es gibt eine Kundenkartei mit Personen
- Zur Kontaktpflege bekommt jede Person einen personalisierten Geburtstagsgruss per Post

ERSTE ANFORDERUNGEN



- Ein Anwender kann eine neue Person anlegen. Diese wird nur im Arbeitsspeicher vorgehalten
- Dabei muss ein Vorname angegeben werden
- Es kann ein Spitzname angegeben werden
- Es muss ein Geburtstag angegeben werden

LET'S CODE

FP 101

- Immutability
- Functions as First Class Citizens
- Pure Functions

That's it!

IMMUTABILITY IN C#

```
public class Customer
{
    public string Name { get; set; } // set → mutable :-(
```

VS

```
public class Customer
{
    public Customer(string name)
    {
        Name = name;
    }

    public string Name { get; } // ← immutable
```

Syntax matters!

Classic C#

```
int Add(int a, int b)
{
    return a + b;
}
```

Expression body

```
int Add(int a, int b) => a + b;
```

Syntax matters!

Classic C#

```
int Add(int a, int b)
{
    Console.WriteLine("bla"); // ← side effect!
    return a + b;
}
```

Expression body: Seiteneffekte sind schwieriger
reinzubauen

```
int Add(int a, int b) ⇒ a + b;
```

NEUE ANFORDERUNG!



Der Vorname einer Person
darf niemals leer sein

VALUE OBJECTS

VALUE OBJECTS

Warum?

- Methoden sollten nicht lügen!
 - Null: NullPointerException, Null-Checks
 - Antipattern: Primitive Obsession

BEISPIELE

```
// :-(  
void Einzahlen(int wert, SomeEnum waehrung) { /* ... */ }  
  
// ;-)  
void Einzahlen(Geld geld) { /* ... */ }
```

```
class Kunde {  
    int Alter { get; set; } // :-(  
  
    // ist `i` das aktuelle Alter oder das Geburtsjahr??  
    bool IstVolljaehrig(int i) { /* ... */ }  
}  
  
class Kunde {  
    Alter Alter { get; set; } // ;-)  
  
    bool IstVolljaehrig(Alter alter) { /* ... */ }  
    bool IstVolljaehrig(Geburtsjahr geburtsjahr) { /* ... */ }  
}
```



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

Main page
Contents
Featured content
Current events
Random article
Donate to Wikipedia
Wikipedia store

Interaction
Help
About Wikipedia
Community portal
Recent changes

Article Talk

Read Edit View history

Search Wikipedia



Not logged in Talk Contributions Create account Log in

Value object

From Wikipedia, the free encyclopedia

In computer science, a **value object** is a small [object](#) that represents a *simple entity* whose equality is not based on identity: i.e. two value objects are *equal* when they *have the same value*, not necessarily being the *same object*.^{[1][2]}

Examples of value objects are objects representing an amount of money or a date range.

Being small, one can have multiple copies of the same value object that represent the same *entity*: it is often simpler to create a new object rather than rely on a single instance and use references to it.^[2]

Value objects should be [immutable](#):^[3] this is required for the implicit contract that two value objects created *equal*, should remain equal. It is also useful for value objects to be immutable, as client code cannot put the value object in an invalid state or introduce buggy behaviour after instantiation.^[4]

Value objects are among the [building blocks](#) of DDD.

VALUE OBJECTS

- nur gültige Objekte erlaubt
- immutable
- equality by structure

NUR GÜLTIGE OBJEKTE

Es muss bei der Erstellung gewährleistet sein, dass
das Objekt gültig ist.

NUR GÜLTIGE OBJEKTE

Optionen:

- Konstruktor mit allen Parametern
- statische Hilfsmethode & privater Konstruktor

VALUE OBJECTS ERSTELLEN /1

```
class Geld
{
    int Betrag { get; }
    Waehrung Waehrung { get; }

    Geld(int betrag, Waehrung waehrung) {
        if (!IsValid(betrag, Waehrung))
            throw new InvalidGeldException();

        Betrag = betrag;
        Waehrung = waehrung;
    }

    bool IsValid(int betrag, Waehrung waehrung)
        => betrag > 0 && waehrung != Waehrung.Undefined;
}
```

VALUE OBJECTS ERSTELLEN / 2

```
class Geld
{
    int Betrag { get; }
    Waehrung Waehrung { get; }

    static Geld Create(int betrag, Waehrung waehrung) {
        return new Geld(betrag, waehrung);
    }

    // private ctor
    private Geld(int betrag, Waehrung waehrung) {
        if (!IsValid(betrag, Waehrung))
            throw new InvalidGeldException();

        Betrag = betrag;
        Waehrung = waehrung;
    }

    bool IsValid(int betrag, Waehrung waehrung)
        => betrag > 0 && waehrung != Waehrung.Undefined;
}
```

IMMUTABILITY

Damit ein C# Objekt unveränderlich wird, muss gewährleistet sein, dass es auch **nach Erstellung nicht verändert wird.**

- interne Werte dürfen ausschließlich vom Konstruktor verändert werden
- kein public oder private setter
- kein parameterloser Konstruktor

EQUALITY BY STRUCTURE

Zwei Objekte sind gleich, wenn sie die gleichen
Werte haben.

EXKURS: VERGLEICHBARKEIT

- Equality by reference
- Equality by id
- Equality by structure

EQUALITY BY STRUCTURE

Zwei Objekte sind gleich, wenn sie die gleichen Werte haben.

- Equals und GetHashCode überschreiben

```
override bool Equals(Geld other)
    => other.Betrag == this.Betrag &&
        other.Waehrung == this.Waehrung;

override int GetHashCode() { /* ... */ }
```

NEUE ANFORDERUNG!



Der Vorname einer Person
darf niemals leer sein

LET'S CODE

FP 101 - FUNCTIONS

1ST CLASS FUNCTIONS IN C#

Funktionen können als Parameter verwendet
werden

...Ähnlichkeit mit Interfaces in der OO-Welt...

Strategy-Pattern

```
interface ICalculateSalary
{
    int ByInput(int i);           // ← Methodensignatur
}

class Manager: ICalculateSalary
{
    int ByInput(int i) => i*2;   // ← Implementierung
}
```

```
class SomeService
{
    int DoSomething(ICalculateSalary salary, int i)
        => salary.ByInput(i);      // ← "delegiert"
}
```

(Verhalten als Parameter uebergeben)

Factory-Pattern

```
interface IWorkerEfficiency { }

class BestWorker: IWorkerEfficiency { }
class NormalWorker: IWorkerEfficiency { }

class WorkerEfficiencyFactory
{
    static IWorkerEfficiency Get(string name)
    {
        return name.Contains("magdeburg")
            ? new BestWorker()
            : new NormalWorker();
    }
}
```

(Verhalten wird zurückgegeben)

...Interfaces, aber auf Methoden-Ebene...

Verhalten (=Signatur) einer Funktion kann in C#
auch direkt beschrieben werden:

Func<input1, inputN, result>

1ST CLASS FUNCTIONS IN C#

```
// Func as input parameter
public string Greet(Func<string, string> greeterFunction, string name)
{
    return greeterFunction(name);
}
```

```
// Func as return value
Func<string, string> formatGreeting = name => $"Hello, {name}";
var greetingMessage = Greet(formatGreeting, "Magdeburg");
// → greetingMessage: "Hello, Magdeburg"
```

NEUE ANFORDERUNG!



Es gibt eine Funktion, die einen Grußtext aus dem Vornamen und dem Spitznamen erzeugt. Die Funktion kann dabei verschiedene Texte erzeugen:

- einen Standard-Text
- einen Deluxe-Text, falls der Kunde die Bezahlversion hat
- einen Debug-Text mit den reinen Daten

Welcher Text erzeugt wird, wird nicht in dieser Funktion entschieden.

LET'S CODE

FP 101 - PURE FUNCTIONS

PURE FUNCTIONS IN C#

- haben niemals Seiteneffekte!
- sollten immer nach static umwandelbar sein

IMPERATIV...

Wie mache ich etwas

```
var people = new List<Person>
{
    new Person { Age = 20, Income = 1000 },
    new Person { Age = 26, Income = 1100 },
    new Person { Age = 35, Income = 1300 }
};

var incomes = new List<int>();
foreach (var person in people)
{
    if (person.Age > 25)
        incomes.Add(person.Income);
}

var avg = incomes.Sum() / incomes.Count;
```

versus...

DEKLARATIV

Was will ich erreichen?

Bsp: Filter / Map / Reduce

```
var people = new List<Person> {  
    new Person { Age = 20, Income = 1000 },  
    new Person { Age = 26, Income = 1100 },  
    new Person { Age = 35, Income = 1300 }  
}  
  
var averageIncomeAbove25 = people  
.Where(p => p.Age > 25) // "Filter"  
.Select(p => p.Income) // "Map"  
.Average(); // "Reduce"
```

- aussagekräftiger
- weniger fehleranfällig

NEUE ANFORDERUNG!



Es gibt eine Funktion, die für eine übergebene Menge von Einträgen die Anzahl der Personen bestimmt, die an einem bestimmten, ebenfalls übergebenem, Tag Geburtstag haben.

LET'S CODE

ALTERNATIVE BESCHREIBUNG



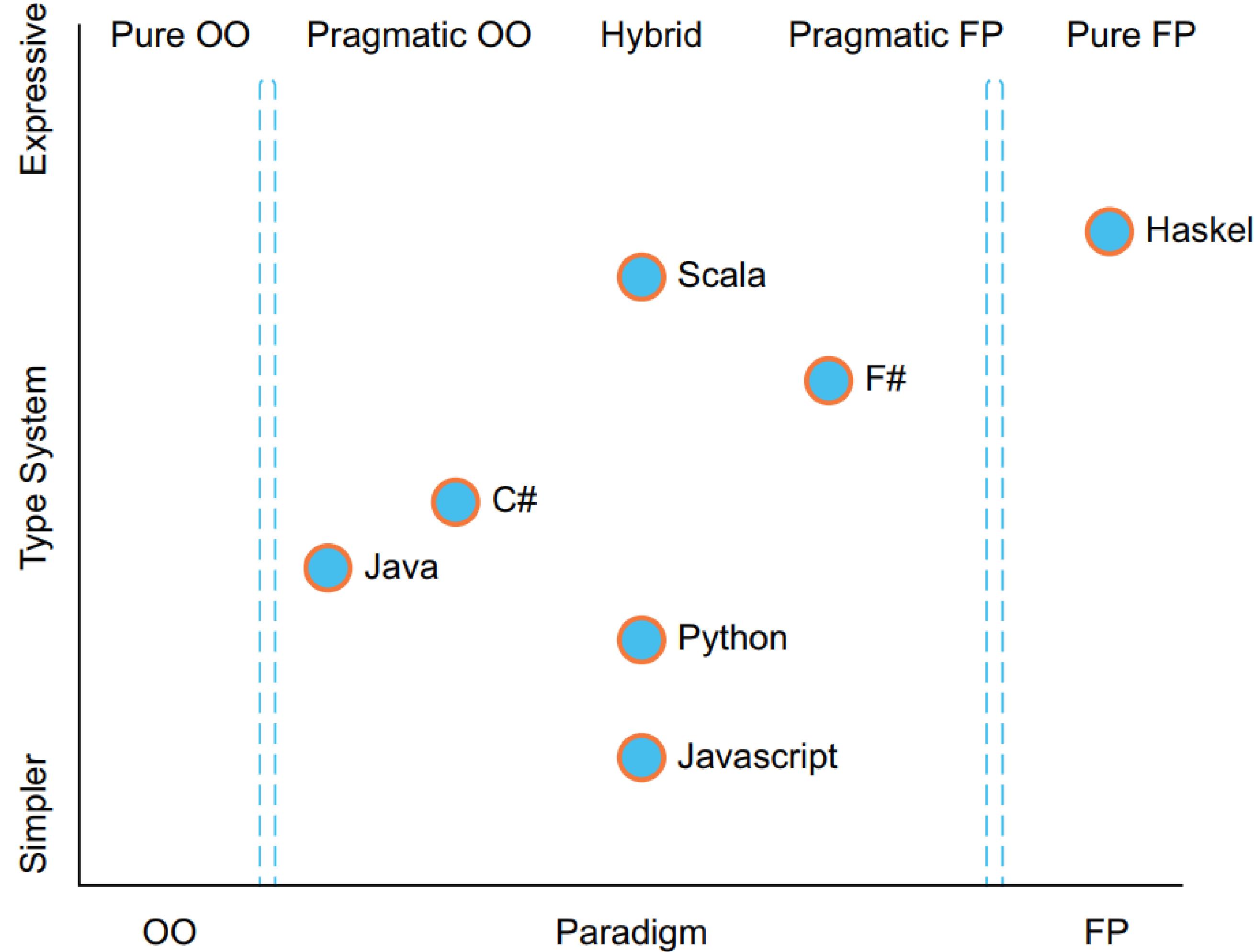
aus "Grokking Simplicity"

Code wird in drei Arten geteilt:

- Calculations
- Actions
- Data

Unterschied zur klassischen Objektorientierung

- Trennung zwischen Verhalten und Datenstruktur
 - Calculations: Pure Functions
 - Actions: Impure Functions
 - Data



Schränken uns diese FP Paradigmen ein?

Wie kann man mit diesem "Purismus" Software
schreiben, die etwas tut?

NEUE ANFORDERUNG!



Es gibt zuviele
NullReferenceExceptions. Die
müssen wir loswerden!
Und dann natürlich allen
bestehenden Code
entsprechend anpassen.

MÖGLICHES
VORHANDENSEIN EINES
WERTS
ODER: NULL MUSS WEG.

```
// Enthält die Signatur die ganze Wahrheit?  
public string Stringify<T>(T data)  
{  
    return null;  
}
```

```
// Sind Magic Values eine gute Idee?  
public int Intify(string s)  
{  
    int result = -1;  
    int.TryParse(s, out result);  
    return result;  
}
```

Gemein!

```
public class Data
{
    public string Name;
}

public class Do
{
    public Data CreateData() => null;

    public string CreateAndUseData()
    {
        var data = CreateData();
        // kein null-Check → ist dem Compiler egal
        return data.Name;
    }
}
```

OPTION

```
type Option<'T> = Some<'T> | None
```

- entweder ein Wert ist da - dann ist er in "Some" eingepackt
- oder es ist kein Wert da, dann gibt es ein leeres "None"
- alternative Bezeichnungen: Optional, Maybe

MIT OPTION

```
public Option<int> IntifyOption(string s)
{
    int result = -1;
    bool success = int.TryParse(s, out result);
    return success ? Some(result) : None;
}
```

WIE KOMME ICH AN EINEN EINGEPACKTEN WERT RAN?

*Pattern matching allows you to match
a value against some patterns to
select a branch of the code.*

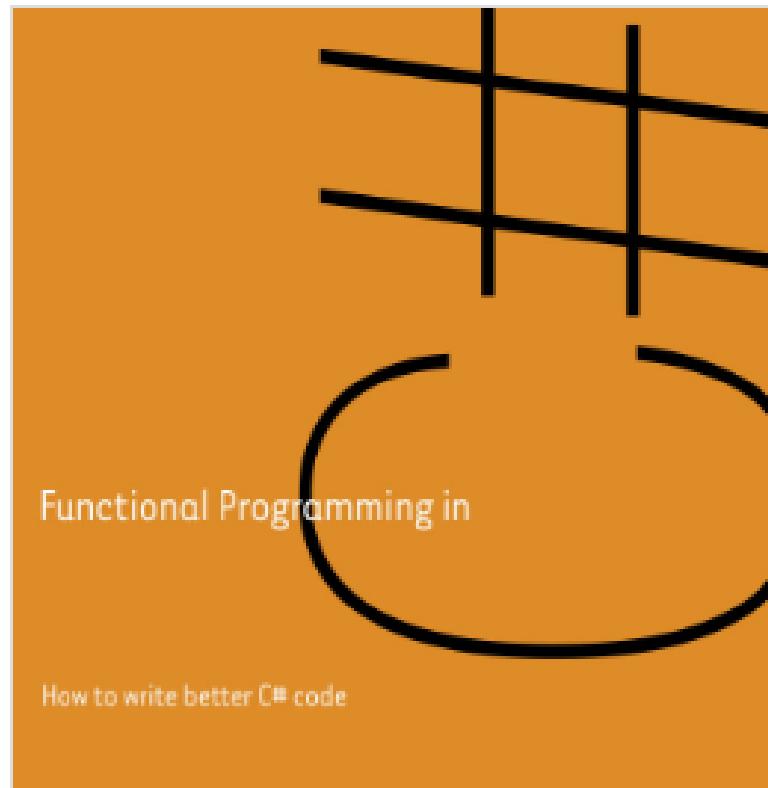
```
public string Stringify<T>(Option<T> data)
{
    return data.Match(
        None: () => "",
        Some: (existingData) => existingData.ToString()
    );
}
```

VORTEILE

- Explizite Semantik: Wert ist da - oder eben nicht
- Auch für Nicht-Programmierer verständlich(er): "optional" vs. "nullable"
- Die Signatur von Match erzwingt eine Behandlung beider Fälle - nie wieder vergessene Null-Checks!
- Achtung: In C# bleibt das Problem, dass "Option" auch ein Objekt ist - und daher selbst null sein kann

In FP unterscheidet man die Art der Wrapper-Klassen (z.B. I Enumerable) anhand der Funktionen, die sie bereitstellen

LAYUMBA



Functional Programming in C# ❤

How to write better C# code

Enrico Buonanno

August 2017 · ISBN 9781617293955 · 408 pages · printed in black & white

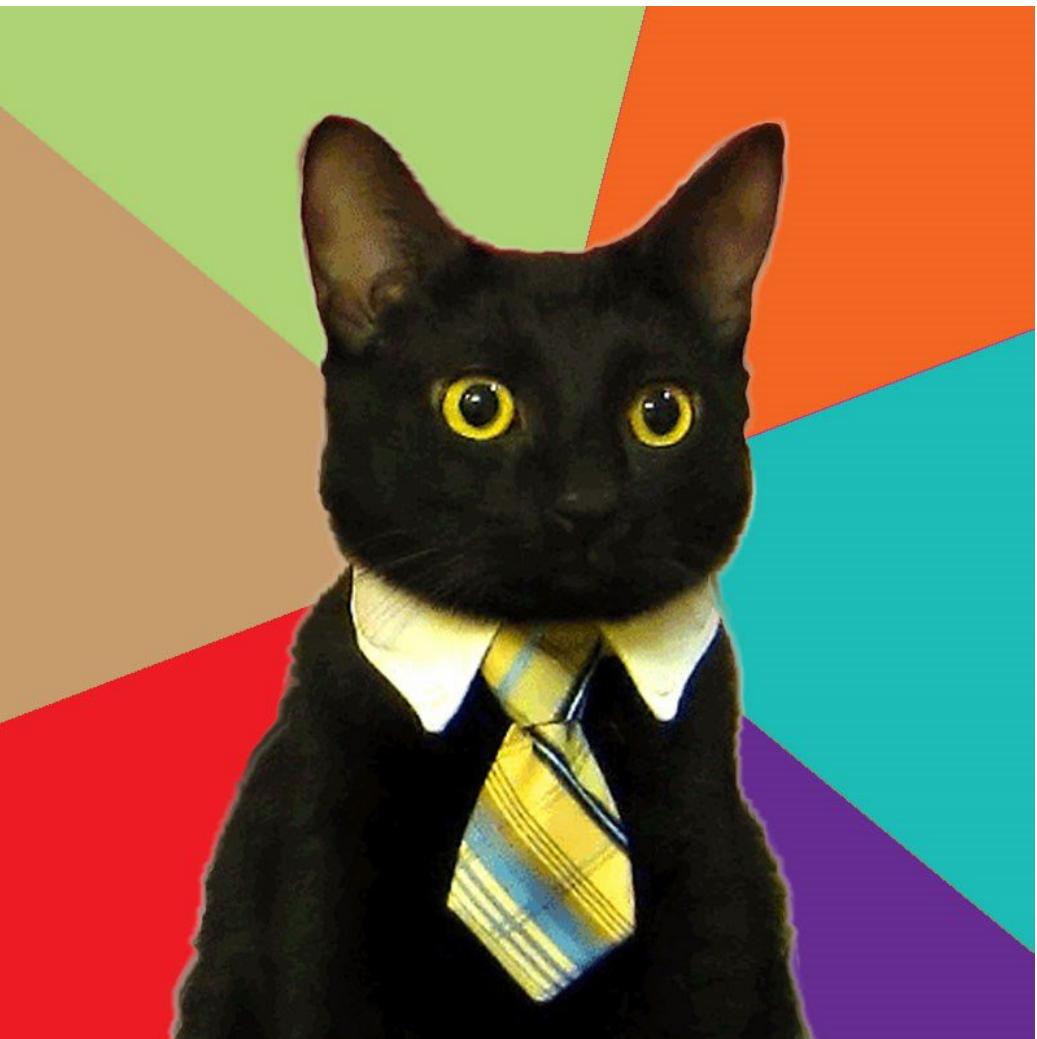
“

Functional programming can make your head
explode. This book stitches it back together.

Daniel Marbach, Particular Software

- NuGet Paket
- kann nicht alles
- Fokus: Didaktik (Ähnlichkeit mit F#, Haskell)
- "einfache" Variante von [language-ext](#)

NEUE ANFORDERUNG!

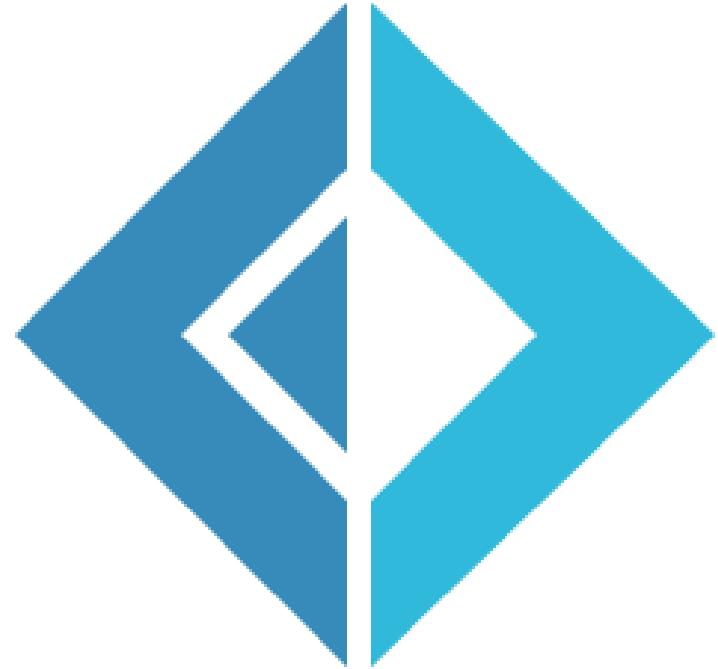


Es gibt zuviele
NullReferenceExceptions. Die
müssen wir loswerden!
Und dann natürlich allen
bestehenden Code
entsprechend anpassen.

LET'S CODE

EINFÜHRUNG IN

F#



F#

- Ursprünglich: Microsoft Forschungsprojekt
- Heute: Community-driven
- inspiriert von OCaml
- Multi-Paradigma
- Fokus auf funktionale Programmierung

F#

- erzwingt keine puren Funktionen, sondern erlaubt Seiteneffekte
- Statisch typisiert
- integriert ins .NET Ökosystem
- C# / VB.net Interop

BESONDERHEITEN

- Significant whitespace
- Reihenfolge der Definitionen in Datei wichtig
- Reihenfolge der Dateien im Projekt wichtig

IMMUTABILITY ALS DEFAULT

```
// Achtung: = ist hier keine Zuweisung, sondern heißt
// "linke und rechte Seite sind gleich und bleiben es auch immer"
let x = 3
let add a b = a + b
let m = if 3 > 0 then 7 else 42

// Mutability nur auf Wunsch - normalerweise unnötig
let mutable y = 3
y ← 42
```

TYP-INFERENZ

```
// Typen werden automatisch abgeleitet sofern möglich  
let double a = a * 2 // int → int
```

```
// Explizite Angaben möglich  
let doubleExplicit (a: int) : int = a * 2
```

CURRYING

Currying ist die Umwandlung einer Funktion mit mehreren Argumenten in eine Funktion mit einem Argument, die wiederum eine Funktion zurückgibt mit dem Rest der Argumente.

```
// int → int → int → int
// eigentlich: int → (int → (int → int))
let addThree a b c = a + b + c
```

PARTIAL APPLICATION

- Eine Funktion mit mehreren Parametern bekommt nur einen Teil ihrer Argumente übergeben - der Rest bleibt offen und kann später ausgefüllt werden

```
// Partial Application
let add a b = a + b // int → (int → (int))
let add2 = add 2 // (int → (int))
let six = add2 4 // (int)
let ten = add2 8 // (int)
```

PIPE-OPERATOR

```
// der letzte Parameter kann mit dem Ergebnis  
// der vorherigen Expression ausgefüllt werden  
let double a = a * 2  
4 ▷ double // ergibt 8  
4 ▷ double ▷ double // ergibt 16
```

DISCRIMINATED UNIONS

```
// Discriminated Unions ("Tagged Union", "Sum Type", "Choice Type")
type Vehicle = Bike | Car | Bus

// Pattern Matching zur Behandlung der verschiedenen Fälle
let vehicle = Bike
let laneText =
  match vehicle with
  | Bike → "Use the bike lane"
  | Car → "Use the car driving lane"
  | Bus → "The bus uses its own lane"
```

DISCRIMINATED UNIONS MIT WERTEN

```
// auch mit unterschiedlichen(!) Daten an jedem Fall möglich
type Shape =
    | Circle of float
    | Rectangle of float * float
let c = Circle 42.42
match c with
    | Circle radius → radius * radius * System.Math.PI
    | Rectangle(width, height) → width * height
```

RECORD TYPES

```
// Record Type
type ShoppingCart = {
    products: Product list
    total: float
    createdAt: System.DateTime
}

// Typ muss nur angegeben werden wenn er nicht eindeutig ist
let shoppingCart = {
    products = []
    total = 42.42
    createdAt = System.DateTime.Now
}
```

...ALSO KNOWN AS...

- Discriminated Union
 - OR-Type
 - Sum-Type: Der Zustand ergibt sich aus der Summe der Auswahlmöglichkeiten (*)
- Record Type
 - AND-Type
 - Product-Type: Der Zustand ergibt sich aus dem kartesischen Produkt aller Möglichkeiten jedes Feldes (*)

(*) Algebraic Data Types

ALGEBRAIC DATA TYPES: SUM TYPE

```
type Vehicle = Bike | Car | Bus
```

Alle möglichen Zustände von Vehicle sind: Bike, Car, oder Bus.

Dies entspricht der **Summe** der Auswahlmöglichkeiten.

ALGEBRAIC DATA TYPES: PRODUCT TYPE

```
type TruthTable {  
    Wert1: bool  
    Wert2: bool  
}
```

Alle möglichen Zustände von TruthTable sind:

- true, false
- true, true
- false, false
- false, true

Diese Menge nennt man **kartesisches Produkt**.

RECORD TYPES

- Immutable by default
- Unmöglich einen ungültigen Record zu erzeugen
- Structural Equality
- Hint: C# Value Objects out of the box

STRUCTURAL EQUALITY

```
// Structural Equality
type Thing = {content: string; id: int}
let thing1 = {content = "abc"; id = 15}
let thing2 = {content = "abc"; id = 15}
let equal = (thing1 = thing2) // true
```

- Record Types mit Structural Equality sind ideal, um sehr kompakt "Value Objects" ausdrücken zu können

STRUCTURAL EQUALITY VS. DDD AGGREGATES

- Möchte man die Standard-Equality nicht, ist es best practice, Equality und Comparison zu verbieten
- dann muss explizit auf eine Eigenschaft verglichen werden (z.B. die Id)

```
[<NoEquality; NoComparison>]
type NonEquatableNonComparable = {
    Id: int
}
```

C# 9 IS COMING...

- record types
- discriminated unions
- pattern matching
- immutability / non-nullability



rt Don Syme #FreeAndFairElectionsForBelarus Retweeted

Don Syme #FreeAndFairElectionsForBelarus @dsymetwe... · Aug 14

I am really happy how much C# has progressed from C# 1.0 to 9.0. And it has many wonderful qualities.

But all of the above are F# 1.0 features, and each are, on their own, critical enough that IMHO no one should program without them.

C# just still has a long way to go....

11

18

80



NEUE ANFORDERUNG!



Das Data Science Team möchte eine Auswertung über die Häufigkeit von Spitznamen erstellen.

Dazu soll der Spitzname jedes Eintrags normalisiert (hier: zu Großbuchstaben umgewandelt) werden - wenn er vorhanden ist.

Es wird eine Menge von Einträgen als Argument übergeben und es darf in der Rückgabe nicht unterschlagen werden, wenn bei einem Eintrag gar kein Spitzname gesetzt ist.

KLEINE FUNKTIONEN ZU GRÖSSEREN VERBINDEM

- Gängige Vorgehensweise: Kleine Funktionen werden zu immer größeren Funktionalitäten zusammengesteckt
- Problem: Nicht alle Funktionen passen gut zusammen

PROBLEM: WERT IN CONTAINER, FUNKTION KANN NICHTS DAMIT ANFANGEN

```
// F#
module X

let toUpper (s : string) = s.ToUpper()

let stringToOption s =
    if String.IsNullOrWhiteSpace s then
        None
    else
        Some s

let nonEmptyStringToUpper s =
    let nonEmpty = stringToOption s
    // passt nicht: "string" erwartet, aber "string option" bekommen
    let nonEmptyUpper = toUpper nonEmpty
```

```
// C#
using LaYumba.Functional;
using static LaYumba.Functional.F;

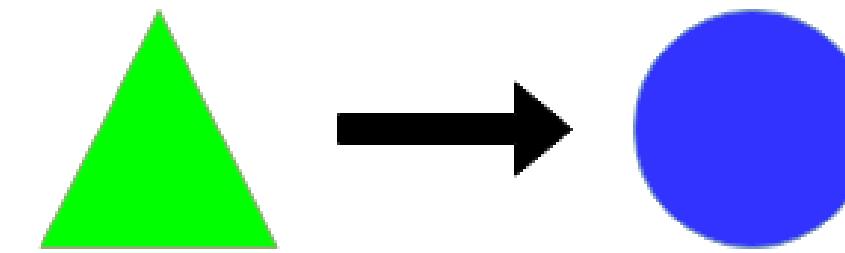
static class X
{
    string ToUpper(string s) => s.ToUpper();

    Option<string> StringToOption(string s)
        => string.IsNullOrEmpty(s) ? None : Some(s)

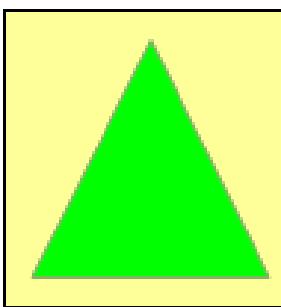
    NonEmptyStringToUpper(string s)
    {
        var nonEmpty = StringToOption(s);
        // passt nicht: "string" erwartet, aber "string option" bekommen
        return ToUpper(s);
    }
}
```

FUNKTOR ('MAPPABLE')

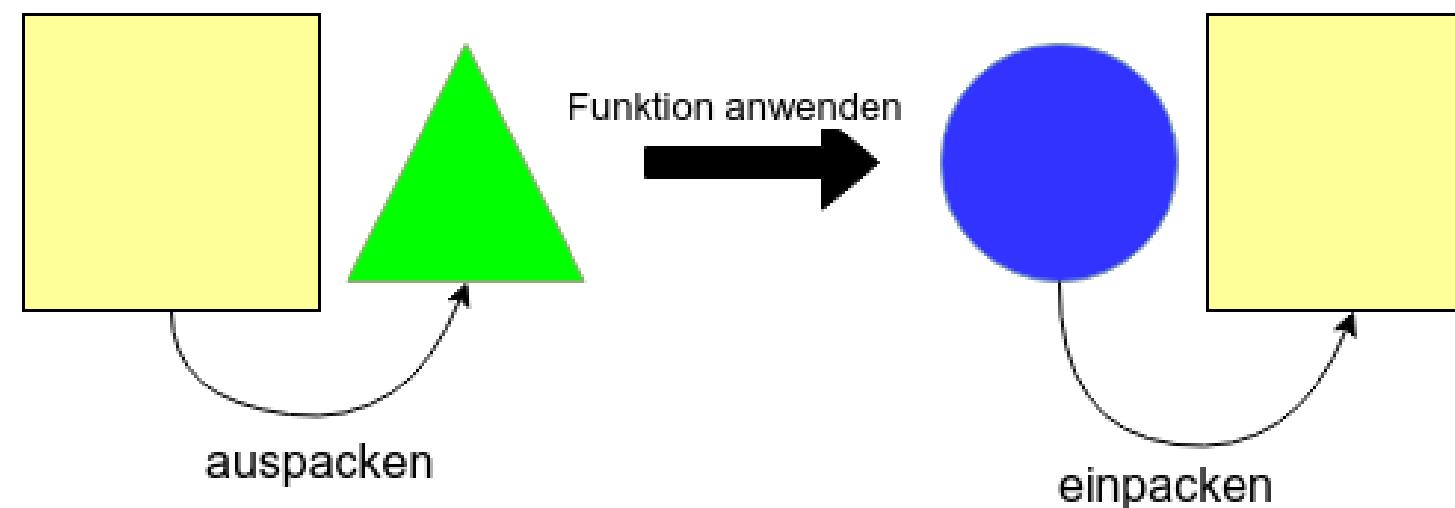
Transformierende Funktion:



Wert im Container:



map-Funktion:



FUNKTOR ("MAPPABLE")

- Container mit "map" Funktion (die bestimmten Regeln folgt): "Mappable"
- Bezeichnung in der FP-Welt: **Funktor**
- $\text{map}: (a \rightarrow b) \rightarrow F\ a \rightarrow F\ b$
- Andere Bezeichnungen für "map": fmap (z.B. in Haskell), Select (LINQ), `<$>`, `<!>`

WERT IN CONTAINER, FUNKTION PASST NICHT

```
let toUpper (s : string) = s.ToUpper()

let stringToOption s =
  if String.IsNullOrWhiteSpace s then
    None
  else
    Some s

let nonEmptyStringToUpper s =
  let nonEmpty = stringToOption s
  let nonEmptyUpper = Option.map toUpper nonEmpty
```

NEUE ANFORDERUNG!



Das Data Science Team möchte eine Auswertung über die Häufigkeit von Spitznamen erstellen.

Dazu soll der Spitzname jedes Eintrags normalisiert (hier: zu Großbuchstaben umgewandelt) werden - wenn er vorhanden ist.

Es wird eine Menge von Einträgen als Argument übergeben und es darf in der Rückgabe nicht unterschlagen werden, wenn bei einem Eintrag gar kein Spitzname gesetzt ist.

LET'S CODE

NEUE ANFORDERUNGEN!



- Funktion, die einen Eintrag entgegennimmt, und einen Grusskartentext erzeugt. (kann fehlschlagen)
- Grusskartentext wird an DruckService geschickt. Es wird eine Grusskarte erzeugt. (kann fehlschlagen)
- Grusskarte wird an Postversand uebermittelt. (kann fehlschlagen)
- E-Mail versenden, ob alles geklappt hat.

PROBLEM: VERKETTUNG EINGEPACKTER WERTE

```
let storeInDatabase path content =
    try
        System.IO.File.WriteAllText(path, content)
        Some content
    with
        ex → None

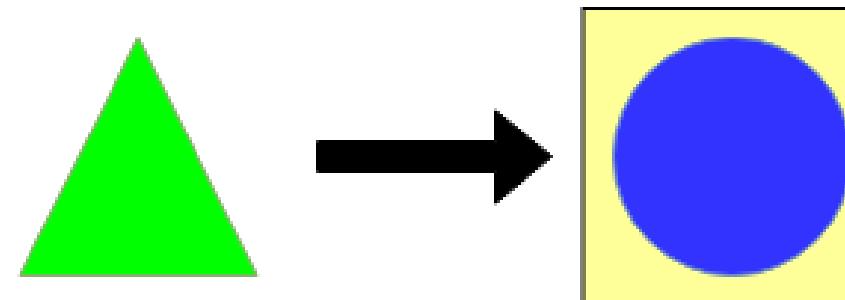
let stringToOption s =
    if String.IsNullOrWhiteSpace s then None else Some s

let toUpper (s : string) = s.ToUpper()

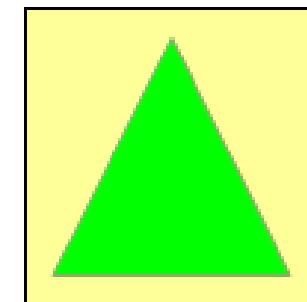
let nonEmptyStringStoreInPersistenceAndToUpper path content =
    let nonEmpty = stringToOption content
    // passt nicht: "string" erwartet, aber "string option" bekommen
    let stored = storeInDatabase path nonEmpty
    // passt nicht: "string option" erwartet,
    // aber "string option option" bekommen
    let nonEmptyUpper = Option.map toUpper stored
```

MONADE ("CHAINABLE")

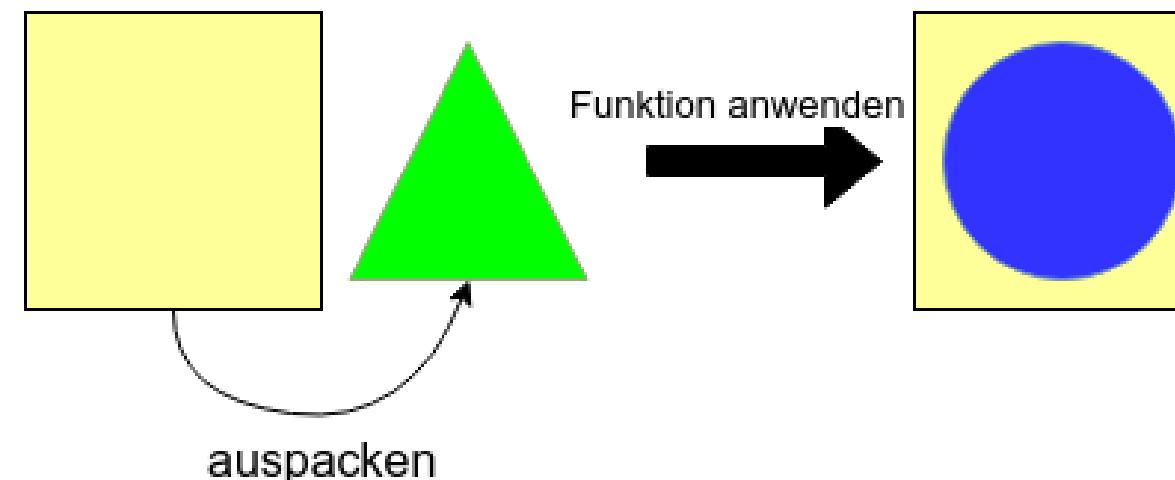
Transformierende Funktion:



Wert im Container:



bind-Funktion:



MONADE ("CHAINABLE")

- Container mit "bind" Funktion (die bestimmten Regeln folgt): "Chainable"
- Bezeichnung in der FP-Welt: **Monade**
- $\text{bind}: (\text{a} \rightarrow \text{M b}) \rightarrow \text{M a} \rightarrow \text{M b}$
- Andere Bezeichnungen für "bind": flatMap, SelectMany (LINQ), $\gg=$

VERKETTUNG

```
let storeInDatabase path content =
    try
        System.IO.File.WriteAllText(path, content)
        Some content
    with
        ex → None

let stringToOption s =
    if String.IsNullOrWhiteSpace s then None else Some s

let toUpper (s : string) = s.ToUpper()

let nonEmptyStringStoreInPersistenceAndToUpper path content =
    let nonEmpty = stringToOption content
    let stored = Option.bind (storeInDatabase path) nonEmpty
    let nonEmptyUpper = Option.map toUpper stored
```

RAILWAY ORIENTED PROGRAMMING

Funktionale Programmierung wird oft als das
"Zusammenstöpseln" von Funktionen dargestellt...

Beispiel:

```
f1: Eingabe string, Ausgabe int  
f2: Eingabe int, Ausgabe bool
```

```
FP: Komposition von f1 und f2  
f3: Eingabe string, Ausgabe bool
```

```
// FP Syntax  
f1: string → int  
f2: int → bool  
f3: string → bool
```

```
// Klassisch =====
int F1(string s) => int.TryParse(s, out var i) ? i : 0;
bool F2(int i) => i > 0;

// "verschachtelter" Aufruf
F2(F1("1")) // → true
F2(F1("0")) // → false

// "composition"
bool F3(string s) => F2(F1(s));
```

```
// Method Chaining =====
// mit C# extension methods
static int F1(this string s) => int.TryParse(s, out var i) ? i : 0;
static bool F2(this int i) => i > 0;

// Lesbarer (erst F1, dann F2)
"1".F1().F2() // →true
"0".F1().F2() // →false

// Lesbarer (erst F1, dann F2)
bool F3(string s) => s.F1().F2();
```

Problem: Keine standardisierte Strategie für
Fehlerbehandlung

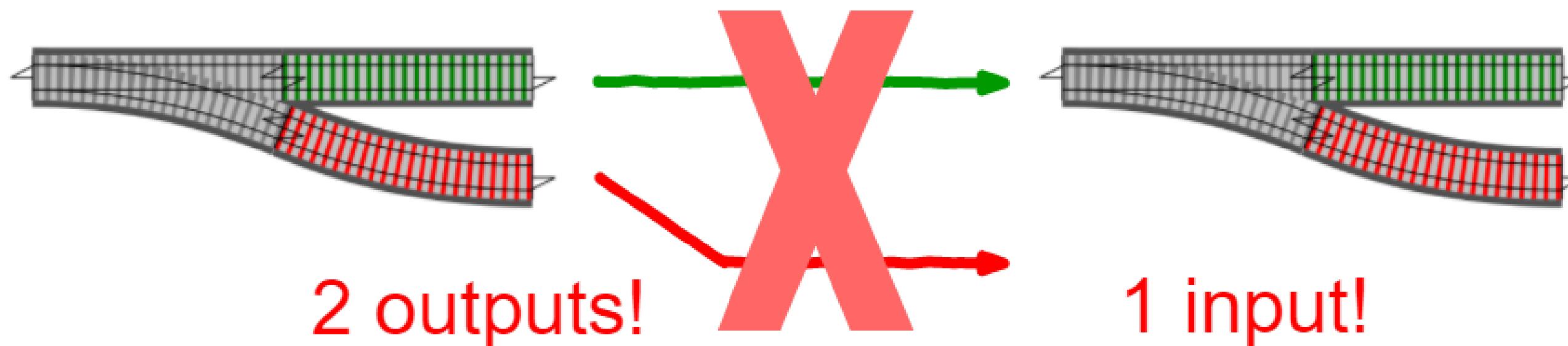
- Wenn wir davon ausgehen, dass Funktionen auch einen Fehlerfall haben, benötigen wir einen **neuen Datentyp**, der das abbilden kann

RESULT/EITHER

- kann entweder
 - das Ergebnis beinhalten, oder
 - einen Fehlerfall

- In Railway-Sprech bedeutet dass, dass man "zweigleisig" fährt:
- Jede **Funktion** bekommt eine Eingabe, und
 - hat "im Bauch" eine Weiche, die entscheidet ob
 - auf das Fehlertgleis oder
 - auf das Erfolgsgleis umgeschaltet wird.
- Die Wrapperklasse mit der **Funktion** ist das Entscheidende!

- In anderen Worten: die Funktionen haben aktuell 1 Eingabe (1 Gleis), und 2 Ausgaben (2 Gleise)



- Man benötigt also einen Mechanismus, der eine 2-gleisige Ausgabe so umwandelt, dass eine Funktion, die eine 1-gleisige Eingabe erwartet, damit umgehen kann

WAS MUSS DIESER MECHANISMUS KÖNNEN?

- wenn die Eingabe fehlerhaft ist, muss die Funktion nichts tun, und kann den Fehler weiterreichen
- wenn die Eingabe nicht fehlerhaft ist, wird der Wert an die Funktion gegeben

```
bind: (string → Result int) → Result string → Result int
```

```
bind: (a → M b) → M a → M b
```

- FP-Jargon: eine Wrapper-Klasse, die bind bereitstellt, wird **Monade** genannt (sehr stark vereinfacht!).

- Either besteht aus zwei Teilen
 - Left
 - Right ("richtig" ...)
- Result besteht aus zwei Teilen
 - Failure
 - Success

```
Option<string> IsValidOpt(string s) =>
    string.IsNullOrEmpty(s)
    ? None
    : Some(s);
```

- Option hat Some(T) und None
- Either/Result ist ähnlich zu Option
- None wird durch Failure/Left ersetzt (frei wählbar, z.B. selbst definierter Error Typ).

```
Either<string, string> IsValidEither(string s)
    => string.IsNullOrEmpty(s)
        ? (Either<string, string>) Left("ups")
        : Right(s);
```

NEUE ANFORDERUNGEN!



- Funktion, die einen Eintrag entgegennimmt, und einen Grusskartentext erzeugt. (kann fehlschlagen)
- Grusskartentext wird an DruckService geschickt. Es wird eine Grusskarte erzeugt. (kann fehlschlagen)
- Grusskarte wird an Postversand uebermittelt. (kann fehlschlagen)
- E-Mail versenden, ob alles geklappt hat.

LET'S CODE

NEUE ANFORDERUNG!



Beim Anlegen eines Eintrags werden alle Pflichtfelder validiert. Validierungsfehler werden gesammelt und am Ende gebündelt zurückgegeben. Nur wenn alle Validierungen erfolgreich sind, wird der Eintrag angelegt.

Die Felder und Regeln:

1. Vorname

- Muss existieren
- Darf nicht leer sein oder nur aus Whitespace bestehen
- Darf nicht länger als 30 Zeichen sein

2. Geburtstag

- Muss existieren
- Darf nicht in der Zukunft liegen

PROBLEM: FUNKTION MIT MEHREREN EINGEPACKTEN PARAMETERN

```
let add a b = a + b

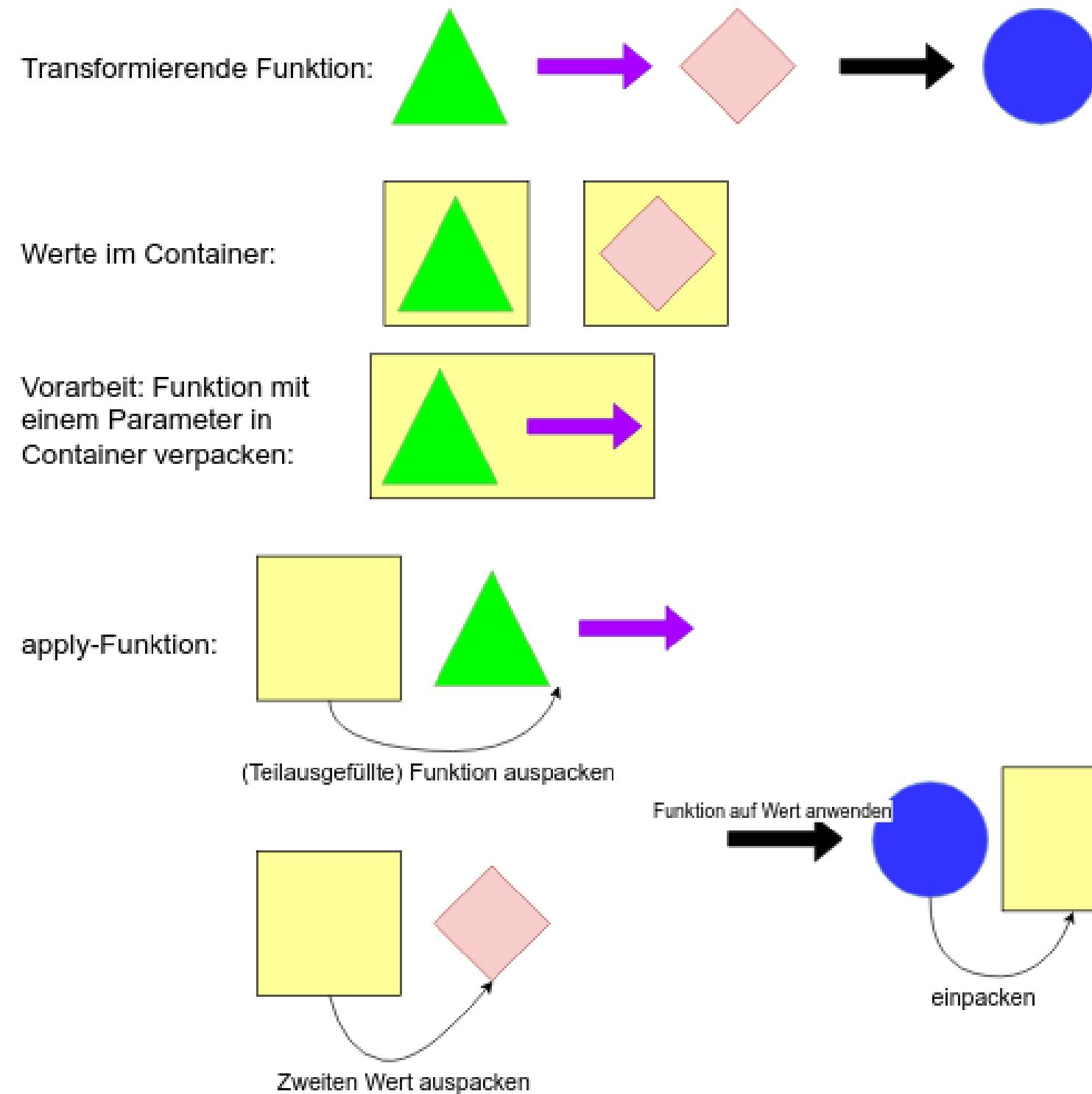
let onlyPositive i =
  if i > 0 then
    Some i
  else
    None

let addTwoNumbers a b =
  let positiveA = onlyPositive a
  let positiveB = onlyPositive b
  // passt nicht, 2x int erwartet, aber 2x int option übergeben
  let sum = add positiveA positiveB

  // für zwei (und drei) in F# bereits vordefiniert:
  let sum = Option.map2 add positiveA positiveB

  // aber was, wenn man mehr Parameter hat?
```

APPLICATIVE



APPLICATIVE

- Container mit "apply" Funktion (die bestimmten Regeln folgt): Applicative
- Bezeichnung in der FP-Welt: **Applicative Functor**

```
apply: AF (a → b) → AF a → AF b
```

- Andere Bezeichnungen für "apply": ap, <*>

FUNKTION MIT MEHREREN PARAMETERN

```
// F#
let sum a b c = a + b + c

let onlyPositive i =
    if i > 0 then Some i
    else None

let addNumbers a b c =
    let positiveA = onlyPositive a
    let positiveB = onlyPositive b
    let positiveC = onlyPositive c

    // sum ist vom Typ: (int → int → int → int)
    // jede Zeile füllt ein Argument mehr aus
    // (Partial Application dank Currying)
let (sum' : (int → int → int) option) = Option.map sum positiveA
let (sum'' : (int → int) option) = Option.apply sum' positiveB
let (sum''' : (int) option) = Option.apply sum'' positiveC
```

FUNKTION MIT MEHREREN PARAMETERN

```
// C#
Func<int, int, int, int> sum = (a, b, c) => a + b + c;

Func<int, Validation<int>> onlyPositive = i
    => i > 0
        ? Valid(i)
        : Error($"Number {i} is not positive.");

Validation<int> AddNumbers(int a, int b, int c) {
    return Valid(sum)                                // returns int → int → int → int
        .Apply(onlyPositive(a))                      // returns int → int → int
        .Apply(onlyPositive(b))                      // returns int → int
        .Apply(onlyPositive(c));                     // returns int

AddNumbers(1, 2, 3);    // → Valid(6)
AddNumbers(-1, -2, -3); // → [
                        // Error("Number -1 is not positive"),
                        // Error("Number -2 is not positive"),
                        // Error("Number -3 is not positive")
                        // ]
```

INTERESSANTE VERANSTALTUNGEN

BUSCONF

<https://www.bus-conf.org/>

The Ultimate FP Unconference

1.Aug - 3.Aug 2019, Rückersbach (de)



LAMBDA LOUNGE NÜRNBERG

<https://www.meetup.com/de-DE/Lambda-Lounge-Funktionale-Programmierung-Nurnberg/>

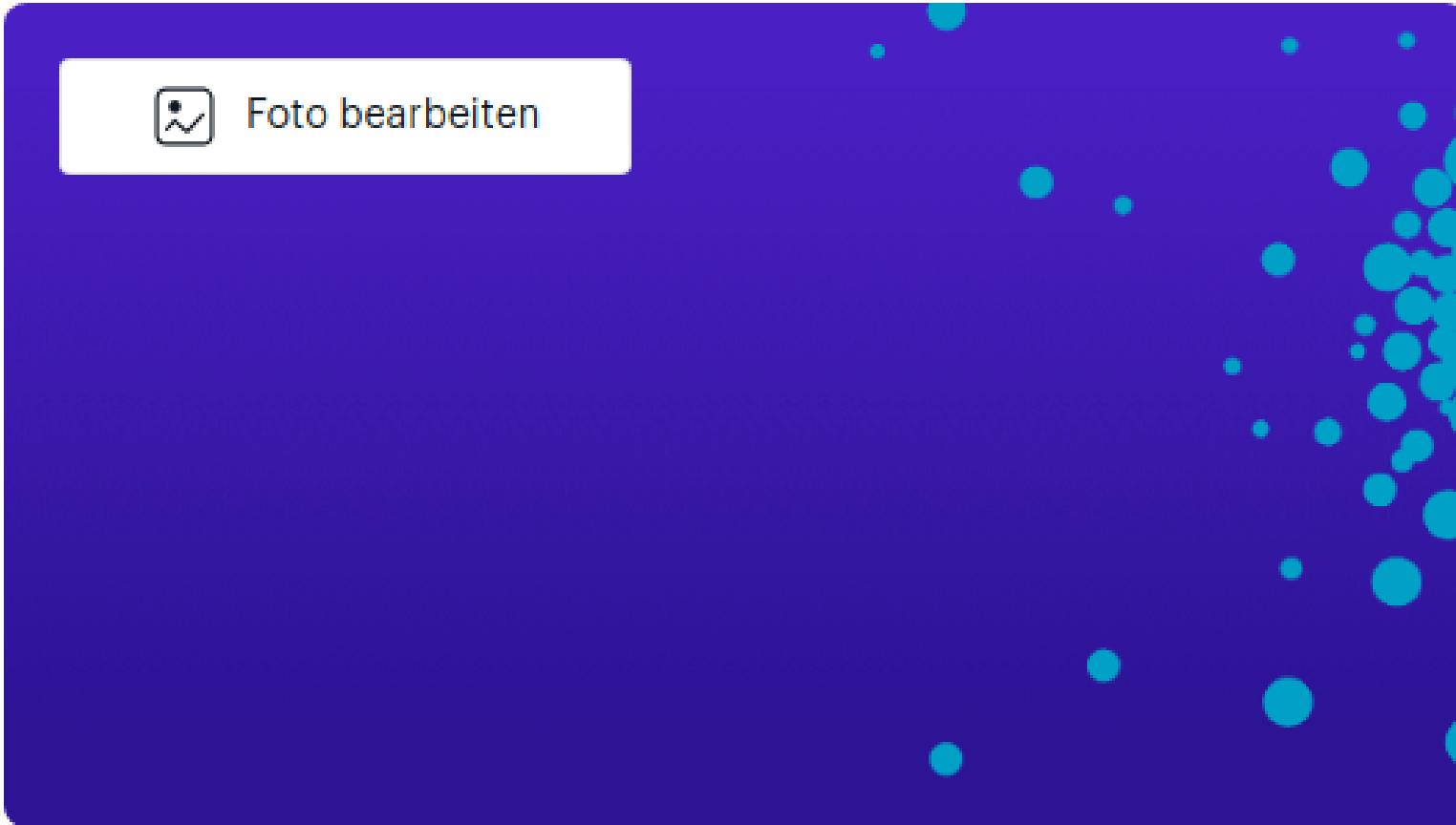


Foto bearbeiten

Lambda Lounge - Functional Programming Nürnberg

Nürnberg, Deutschland · 89 Mitglieder · Öffentliche Gruppe · Organisiert von Martin Grotz

Teilen: [f](#) [t](#) [in](#) [e](#)

Über uns [Events](#) [Mitglieder](#) [Fotos](#) [Diskussionen](#) [Gruppe verwalten](#) [Event erstellen](#)

[Liste](#) [Kalender](#)

SOFTWERKS KAMMER

<https://www.softwerkskammer.org/groups/magdeburg>

Softwerkskammer

Software Craftsmanship Communities in
Deutschland, Österreich und der Schweiz.

Über uns

Die Softwerkskammer hat sich 2011 gegründet, um den Austausch
Interessierter zum Thema Software Craftsmanship zu vereinfachen.

Hierüber organisieren die lokalen Communities (die
Softwerkskammern) ihre Treffen und andere Events wie CodeRetreats
oder OpenSpaces oder tauschen sich einfach nur via Mailingliste aus.

Was wir in den nächsten Wochen veranstalten, findest Du unter
Aktivitäten.

Wenn...

F# IN BESTEHENDES PROJEKT INTEGRIEREN

SCRIPTING ZUR AUTOMATION

- statisch typisierte Skripte
- .fsx Files
- kann C# mittlerweile auch

TESTS

- FsUnit für lesbarere Tests

FsUnit

FsChe

What is FsUnit?

FsUnit is a set of libraries that makes unit-testing with F# more enjoyable. It adds a special syntax to your favorite .NET testing framework. FsUnit currently supports NUnit, xUnit, MbUnit, and MsTest (VS11 only).

The goals of FsUnit are:

- to make unit-testing feel more at home in F#, i.e., more functional.
- to leverage existing test frameworks while at the same time adapting them to the F# language in new ways.

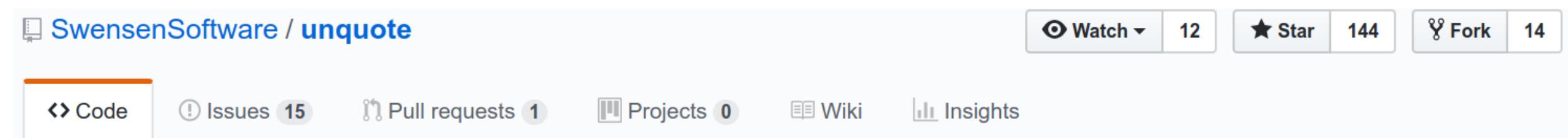
- FsCheck für Property Based Testing

FsCheck

FsCheck is a tool for testing .NET programs automatically. The programmer provides a specification of the program, in the form of properties which functions, methods or objects should satisfy, and FsCheck then tests that the properties hold in a large number of randomly generated cases. While writing the properties, you are actually writing a testable specification of your program. Specifications are expressed in F#, C# or VB, using combinators defined in the FsCheck library. FsCheck provides combinators to define properties, observe the distribution of test data, and define test data generators. When a property fails, FsCheck automatically displays a minimal counter example.



- Unquote für besseren "Callstack" bei fehlgeschlagenden Tests



Write F# unit test assertions as quoted expressions, get step-by-step failure messages for free <http://www.swensensoftware.com/unquote>

- Browser-Fernsteuerung mit canopy

canopy - f#rictionless web testing

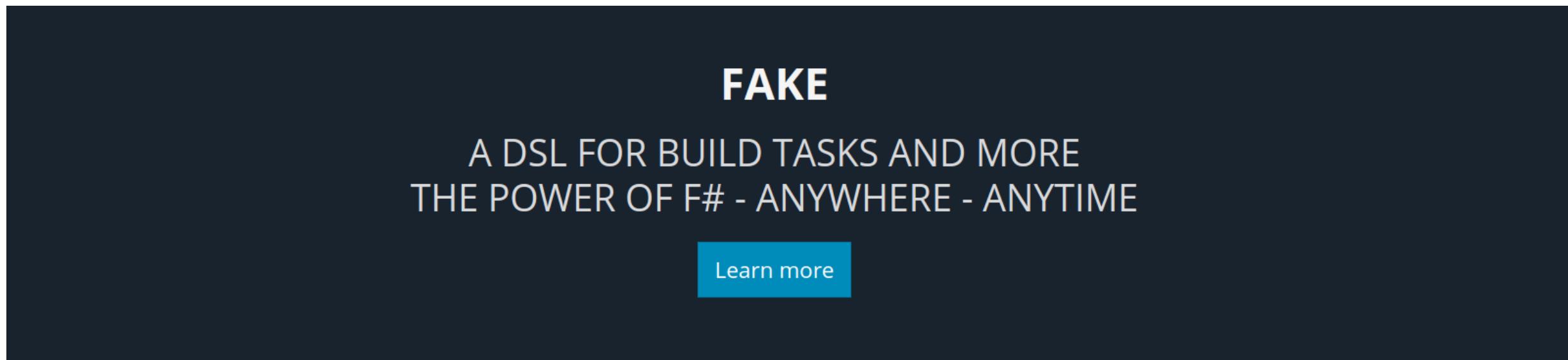
The canopy library can be [Installed from NuGet](#):

```
PM> Install-Package canopy
```



BUILDS

- FAKE als erweiterbare DSL für Build-Tasks



- Paket als Alternative zu Nuget

What is Paket?

Paket is a dependency manager for .NET and mono projects, which is designed to work well with [NuGet](#) packages and also enables referencing files directly from [Git repositories](#) or any [HTTP resource](#). It enables precise and predictable control over what packages the projects within your application reference.

If you want to learn how to use Paket then read the "[Getting started](#)" tutorial and take a look at the [FAQ](#).

If you are already using NuGet for package management in your solution then you can learn about the upgrade process in the [convert from NuGet](#) section.

For information about Paket with .NET SDK, .NET Core and the `dotnet` CLI see the "[Paket and the .NET SDK / .NET Core CLI tools](#)" guide.

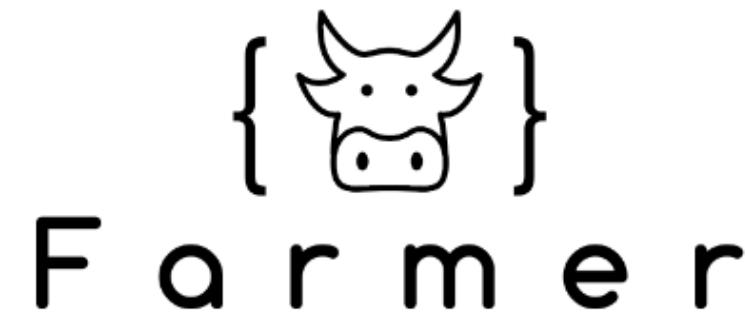


PAKET

[Home page](#)

[Getting started](#)

- Farmer: Making repeatable Azure deployments easy!



Making repeatable Azure deployments easy!

Farmer is an easy-to-learn library for rapidly authoring and deploying entire Azure architectures.

- **Infrastructure-as-code, done right.** Simple code snippets allow you to rapidly construct complex topologies.
- **Idempotent deployments.** Safely provision a template repeatedly and know that only changes will be applied.
- **Cross-platform.** Runs on .NET Core on Windows, Mac or Linux.
- **Built on trusted technologies.** Farmer uses Microsoft's Azure Resource Manager (ARM) technology for deployments to Azure.
- **Commercial supported.** [Professional support plans](#) for teams that wish to benefit from peace of mind and further improve the product.
- **Easy to learn, easy to understand** code through a simple, strongly-typed and pragmatic DSL.

Already using ARM templates?

Farmer has you covered.

- **Farmer is completely backwards compatible with ARM templates.** Farmer generates standard ARM templates so you can

WEITERE NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN

- Mobile Apps mit Fabulous (Xamarin)



F# Functional App Development, using Xamarin.Forms

Never write a ViewModel class again! Conquer the world with clean dynamic UIs!

- Full-Stack-Webanwendungen mit dem SAFE-Stack



DANKE

RESSOURCEN

- FP
 - Blog: [Mark Seeman](#)
 - Book: [Domain Modeling Made Functional](#)
 - Book: [Grokking Simplicity](#)
- C#
 - Book: [Functional Programming in C#](#)
 - Blog: [Vladimir Khorikov](#)
- F#
 - [F# Homepage](#)
 - [F# for Fun and Profit](#)
 - [Railway Oriented Programming](#)

KONTAKT

PATRICK DRECHSLER

- patrick.drechsler@redheads.de
- Github: <https://github.com/draptek>
- Twitter: @drechsler
- Blog: <https://draptik.github.io>

MARTIN GROTZ

- martin.grotz@redheads.de
- Github: <https://github.com/groma84>
- Twitter: @mobilgroma
- Blog: <https://elm.findest-ich-super.de>

BILDQUELLEN

- [road-3478977_1920.jpg](#)
- [mob-programming-setup.png](TODO: Maaret Pyhäjärvi and Llewellyn Falco; The Mob Programming Guide Book)
- [wikipedia-value-objects.png](#) Screenshot 2019-03-30
- [fp-languages-overview.png](Get Programming with F#, Isaac Abraham, fig. 1, page 4)

FEEDBACK UND FRAGEN

