

WBE: TYPESCRIPT

JAVASCRIPT MIT TYPENKONZEPT

ÜBERSICHT

- Einführung und Infrastruktur
- Grundlagen von TypeScript
- Funktionen, Klassen, Generics
- Abschliessende Bemerkungen

ÜBERSICHT

- Einführung und Infrastruktur
- Grundlagen von TypeScript
- Funktionen, Klassen, Generics
- Abschliessende Bemerkungen

WAS IST TYPESCRIPT?

- Erweiterung von JavaScript um statisches Typenkonzept
- Dafür: Erweiterung der JavaScript-Syntax
- Type Checking zur Übersetzungszeit
- TypeScript-Compiler übersetzt TypeScript zu JavaScript
- Unterstützung der Entwicklungsumgebung (z.B. VSCode)

<https://www.typescriptlang.org>

VORTEILE VON TYPESCRIPT

- Typfehler schon beim Kompilieren gemeldet
(eine Funktion mit String-Parameter kann nicht mit Zahl aufgerufen werden)
- Bessere Auto-Vervollständigung und Code-Hinweise im Editor
(für eine Variable vom Typ `string` werden nur String-Methoden angeboten)
- Eigene Typen können definiert werden
(flexibles Typenkonzept)

DER TYPESCRIPT COMPILER

```
# Installation im node_modules eines Projekts:  
$ npm install typescript --save-dev  
  
# Starten des Compilers und Hilfe ausgeben  
$ npx tsc  
  
# Anlegen von tsconfig.json mit Default Settings  
$ npx tsc --init
```

tsconfig.json

- Einstellungen für den TypeScript Compiler
- Input- und Output-Verzeichnisse spezifizieren u.a.
- Beispiel unten: ein Aufruf von `tsc` wird dann alle TS-Dateien in `./src` nach `./dist` kompilieren
- Mit `tsc --watch` geschieht dies automatisch beim Speichern

```
{  
  "rootDir": "./src",  
  "outDir":  "./dist"  
}
```

<https://www.typescriptlang.org/tsconfig/>

TYPESCRIPT UND NODE.JS

- In bestimmten Situationen kann TS-Code direkt ausgeführt werden
- Type Stripping (ab Node 23.6.0 automatisch aktiv): Typ-Annotationen werden entfernt
- Bestimmte TS-Features (z.B. enums) so nicht verarbeitbar, dazu muss Flag `--experimental-transform-types` aktiviert werden (>=22.7.0)
- Alternativen: Runner wie `ts-node` oder `tsx`, oder TS Compiler `tsc`

TYPESCRIPT IN WBE

- Praktische Aufgaben können in TypeScript gelöst werden
- Abgabe des durch `tsc` generierten JS-Codes
(mit Ausnahme von einem TypeScript-Praktikum)
- In der Prüfung und den Kurztests werden sich die Fragen im Wesentlichen um JavaScript drehen

ÜBERSICHT

- Einführung und Infrastruktur
- Grundlagen von TypeScript
- Funktionen, Klassen, Generics
- Abschliessende Bemerkungen

BASISTYPEN

- Typen: `boolean`, `number`, `string`, `bigint`, `symbol`
- Zuweisung explizit oder implizit (type inference)
- In beiden Fällen ist die Variable vom Typ `string`:

```
let firstName: string = "Dylan"
let lastName = "Miller"

lastName = 33 // Fehler!!
// "Type 'number' is not assignable to type 'string'"
```

TYP any

```
let json = JSON.parse("55")  
  
json = true // kein Fehler  
json = 33
```

- TypeScript kann den Typ nicht immer herleiten
- In diesem Fall wird der Typ `any` zugewiesen
- Damit ist die Typüberprüfung für diese Variable deaktiviert
- Typ `any` kann auch explizit gesetzt werden

TYP `unknown`

- Typ `unknown` kann ebenfalls verschiedene Typen annehmen
- Vor bestimmten Operationen aber Type Cast nötig
- Somit sicherer als `any`

```
let w: unknown = {}  
w.ident = () => "hi I'm w"           // Fehler!!
```

```
let ww = w as { ident: Function };    // Ok  
ww.ident = () => "hi I'm w";
```

ARRAYS

```
const names: string[] = []
names.push("Dylan")
names.push(3) // Fehler!!
```

```
const numbers = [1, 2, 3] // Typ als number[] erkannt
numbers.push(4)
numbers.push("2") // Fehler!!
```

```
let head = numbers[0] // head hat Typ number
```

TUPEL (1)

- Arrays fester Länge
- Typ für jede Position festgelegt

```
let ourTuple: [number, boolean, string]
ourTuple = [5, false, 'Coding God was here']

ourTuple.push('??')      // erlaubt, aber sinnvoll?

// oft besser: als readonly Tupel definieren
const better: readonly [number, number] = [5, 5]
```

TUPEL (2)

- Tupelstellen können benannt werden
(Hinweis zur Bedeutung im Editor / bei Fehlermeldungen)
- Tupel können destrukturiert werden
(wie in JavaScript, sind ja Arrays)

```
const graph: [x: number, y: number] = [55.2, 41.3]
const [x, y] = graph
```

OBJEKTYPEN

```
const car: { type: string, model: string, year: number } = {  
    type: "Toyota",  
    model: "Corolla",  
    year: 2009  
}
```

- Damit hat `car` genau diese drei Attribute
- Auch die Typen sind für die Attribute festgelegt
- Ohne Typangabe würden die Typen trotzdem so hergeleitet

OPTIONALE ATTRIBUTE

- Optionale Attribute werden mit `?` gekennzeichnet
- Ohne Zuweisung sind sie `undefined`

```
const car: { type: string, mileage?: number } = {  
  type: "Toyota"  
}  
car.mileage = 2000
```

ENUMS (1)

- Ein `enum` repräsentiert eine Gruppe von Konstanten
- Per Default erhält die erste Konstante den Wert 0, dann 1 usw.

```
enum CardinalDirections {  
    North,  
    East,  
    South,  
    West  
}  
let currentDirection = CardinalDirections.North  
console.log(currentDirection) // logs 0
```

ENUMS (2)

- Werte in einem `enum` können auch Strings sein
- In diesem Fall ist die Bedeutung der Werte in der Regel klarer

```
enum CardinalDirections {  
    North = 'North',  
    East = "East",  
    South = "South",  
    West = "West"  
}  
  
console.log(CardinalDirections.North)    // logs "North"  
console.log(CardinalDirections.West)     // logs "West"
```

<https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/enums.html>

TYP ALIAS

- Erlaubt es, Typen einen Namen zu geben
- Möglich für einfache oder komplexe Typen (Objekt, ...)

```
type CarYear = number
type CarType = string
type CarModel = string

type Car = {
    year: CarYear,
    type: CarType,
    model: CarModel
}
```

INTERFACE (1)

- Ein Interface ist ähnlich einem Typ Alias
- Es bietet zusätzliche Möglichkeiten
- Dafür ist es nur für Objekttypen erlaubt

```
interface Rectangle {  
    height: number,  
    width: number  
}  
  
const rectangle: Rectangle = {  
    height: 20,  
    width: 10  
}
```

INTERFACE (2)

```
interface Rectangle {  
    height: number  
    width: number  
}  
  
interface ColoredRectangle extends Rectangle {  
    color: string  
}
```

- Interfaces können erweitert werden
- ColoredRectangle hat alle Attribute von Rectangle plus color

UNION TYPES

- Eingesetzt, wenn ein Wert mehr als einen Typ haben kann
- Repräsentiert durch den *oder*-Operator |

```
let someId: number | string
someId = 1
someId = '2'
```

```
let email: string | null = null
email = 'mustepet@zhaw.ch'
email = null
```

```
type Id = number | string
let anotherId: Id
anotherId = '1'
anotherId = 2
```

ÜBERSICHT

- Einführung und Infrastruktur
- Grundlagen von TypeScript
- **Funktionen, Klassen, Generics**
- Abschliessende Bemerkungen

FUNKTIONEN (1)

- Angabe von Parametertypen und Type des Rückgabewerts
- Parameter ohne Typangabe werden als `any` angenommen
- Rückgabetyp in vielen Fällen per Typinferenz bestimmt
- Ohne Rückgabe wird als Typ `void` angegeben

```
function getTime(): number {
    return new Date().getTime()
}

function printHello(): void {
    console.log('Hello!')
}

function multiply(a: number, b: number) {
    return a * b
}
```

FUNKTIONEN (2)

- Optionale Parameter werden mit ? markiert
- Parameter können auch Defaults haben

```
function add(a: number, b: number, c?: number) {
```

```
    return a + b + (c || 0)
```

```
}
```

```
function pow(value: number, exponent: number = 10) {
```

```
    return value ** exponent
```

```
}
```

ÜBERLADEN VON FUNKTIONEN

- Zuerst die Signaturen, dann die Implementierung
- Aufruf mit zwei Argumenten im Beispiel nicht möglich, auch wenn sowohl d als auch y optionale Parameter sind

```
function makeDate(timestamp: number): Date
function makeDate(m: number, d: number, y: number): Date
function makeDate(mOrTimestamp: number, d?: number, y?: number): Date {
  if (d !== undefined && y !== undefined) {
    return new Date(y, mOrTimestamp, d)
  } else {
    return new Date(mOrTimestamp)
  }
}
const d1 = makeDate(12345678)
const d2 = makeDate(5, 5, 5)
```

FUNKTIONSTYPEN

- Auch Funktionstypen können definiert werden
- Diese geben Typen der Parameter und des Rückgabewerts vor

```
type Negate = (value: number) => number
const negateFunction: Negate = (value) => value * -1
```

Mehr zu Funktionen:

<https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/2/functions.html>

LITERAL TYPES

```
let changingString = "Hello World"          // abgeleiteter Typ: string
const constantString = "Hello World"        // abgeleiteter Typ: "Hello World"

function printText(s: string, alignment: "left" | "right" | "center") {
    // ...
}

function compare(a: string, b: string): -1 | 0 | 1 {
    return a === b ? 0 : a > b ? 1 : -1;
}
```

- Typ beschränkt auf literale Werte
- Sinnvoll zum Beispiel als Teil einer Union
- Im Unterschied zu Enums sind die Literale hier die Werte

TYPE GUARDS

- Union Types: Operationen müssen alle beteiligten Typen unterstützen
- Einschränkungen auf einzelnen Typ mit Typabfrage in Bedingung

```
type Id = number | string

function swapIdType(id: Id): Id {
  if (typeof id === 'string') {
    // id hat hier sicher den Typ string: String-Operationen möglich
    return parseInt(id)
  } else {
    // id hat hier sicher den Typ number: Zahlen-Operationen möglich
    return id.toString()
  }
}
```

TYPE CASTING

```
let x: unknown = 'hello'  
console.log((x as string).length)  
console.log((<string>x).length)
```

- Zwei Arten: mit `as` oder mit `<>`
- Variable x wird als String interpretiert
- Achtung: aber keine Umwandlung zu einem String

KLASSEN

```
class Person {  
    private readonly name: string  
  
    public constructor(name: string) {  
        this.name = name  
    }  
  
    public getName(): string {  
        return this.name  
    }  
}
```

- Sichtbarkeit: `public`, `private`, `protected`
- Konstanten: `readonly`

KLASSE IMPLEMENTIERT INTERFACE

```
interface Shape {  
    getArea: () => number  
}  
  
class Rectangle implements Shape {  
    protected readonly width: number  
    protected readonly height: number  
  
    public constructor(width: number, height: number) {  
        this.width = width  
        this.height = height  
    }  
  
    public getArea(): number {  
        return this.width * this.height  
    }  
}
```

KLASSE ERWEITERT KLASSE

```
interface Shape { ... }
class Rectangle implements Shape { ... }

class Square extends Rectangle {
    public constructor(width: number) {
        super(width, width)
    }

    // getArea gets inherited from Rectangle
}
```

- Eine Klasse kann mehrere Interfaces implementieren
- Eine Klasse kann eine Klasse erweitern
- Beim Überschreiben von Methoden kann `override` angegeben werden: `public override toString(): string { ... }`

GENERISCHE FUNKTIONEN

- Generics erlauben variable Typen
- Zum Beispiel in Funktionen:

```
function createPair<S, T>(v1: S, v2: T): [S, T] {  
  return [v1, v2]  
}  
  
console.log(createPair<string, number>('hello', 42))  
// ['hello', 42]  
console.log(createPair('hello', 42))  
// same result, infers createPair<string, number>
```

GENERISCHE KLASSEN

```
class NamedValue<T> {
  private _value: T | undefined
  constructor(private name: string) {}

  public setValue(value: T) {
    this._value = value
  }
  public getValue(): T | undefined {
    return this._value
  }
  public toString(): string {
    return `${this.name}: ${this._value}`
  }
}

let value = new NamedValue<number>('myNumber')
value.setValue(10)
console.log(value.toString()) // myNumber: 10
```

MEHR ZU GENERICS

- Ein Typ Alias kann ebenfalls Typvariablen enthalten
- Das gilt auch für Interfaces
- Typvariablen können auch Defaultwerte haben
- Typvariablen können auch eingeschränkt werden

```
type Wrapped<T> = { value: T }
const wrappedValue: Wrapped<number> = { value: 10 }

class NamedValue<T = string> { ... }
let value = new NamedValue('myString')
let num = new NamedValue<number>('myNumber')

function createValue<S extends string | number>(val: S): Wrapped<S> { ... }
```

UTILITY TYPES

Utility Typ	Bedeutung
Partial<OType>	alle Attribute des Objekttyps sind optional
Required<OType>	alle Attribute des Objekttyps sind notwendig
Record<K, V>	Objekttyp mit spezifischem Key und Value Type
Omit<OType, attrs>	Objekttyp ohne die Attribute (mit \ \ getrennt)
Pick<OType, attrs>	Objekttyp nur mit den angegebenen Attributen
Exclude<UnionType, types>	Union Type ohne die angegebenen Typen
ReturnType<FuncType>	Rückgabetyp des Funktionstyps
Parameters<FuncType>	Parametertypen des Funktionstyps als Array
Readonly<OType>	alle Attribute des Objekttyps sind readonly

KEYOF

- Liefert für einen Objekttyp einen Union Type der verwendetet Keys
- Im Beispiel ist `keyof Person` ein Union Type `"name" | "age"`:

```
interface Person {  
    name: string  
    age: number  
}  
  
function printPersonProperty(person: Person, property: keyof Person) {  
    console.log(`Printing person property ${property}: "${person[property]}"`)  
}
```

NULL

- `null` und `undefined` sind vordefinierte primitive Typen
- Wenn `strictNullChecks` in der Konfiguration gesetzt ist, darf einer Variable nur dann `undefined` oder `null` zugewiesen werden, wenn dies im Typ vorgesehen ist
- Optional Chaining und der Nullish-Coalescence-Operator können wie in JavaScript verwendet werden
- Mit dem `!`-Operator kann angegeben werden, dass ein Wert nicht `null` oder `undefined` ist, obwohl der Typ dies erlauben würde:

```
function getValue(): string | undefined { return 'hello' }
let value = getValue()
console.log('value length: ' + value!.length)
```

ÜBERSICHT

- Einführung und Infrastruktur
- Grundlagen von TypeScript
- Funktionen, Klassen, Generics
- Abschliessende Bemerkungen

MERKMALE VON PROGRAMMIERSPRACHEN

- Unterstützte Programmierparadigmen
- Statisches oder dynamisches Typenkonzept
- Werkzeugunterstützung (Editor, IDEs, ...)
- Performanz des erzeugten Codes
- Kompakter Code
- Übersichtlicher Code

PROGRAMMIERPARADIGMEN

Multiparadigmensprachen:
JavaScript, Python, Lisp, ...

Tendenz zu bestimmtem Paradigma:
Java, C++, TypeScript, ...

Ein-Paradigmensprachen:
Haskell, Smalltalk, Prolog, ...

(Abgrenzung nicht immer ganz klar)

STATISCH ODER DYNAMISCH (1)

- **Statisches Typenkonzept (Static Typing):**

Variablen werden mit einem bestimmten Typ deklariert

- explizit
- implizit (Typinferenz)

- **Dynamisches Typenkonzept (Dynamic Typing):**

Der Typ einer Variablen wird zur Laufzeit dynamisch zugewiesen

STATISCH ODER DYNAMISCH (2)

Zur Terminologie: Die Bezeichnungen **statisch/dynamisch** werden teilweise verwechselt oder mindestens nicht klar abgegrenzt von **starker/schwacher** Typisierung

stark / schwach

- Wie leicht lässt sich das Typensystem umgehen?
- stark: Java, Smalltalk, Python
- schwach: C (u.a. wegen void*)

dynamisch / statisch

- Typ bereits zur Übersetzungszeit festgelegt und unverändert?
- statisch: Java, C++
- dynamisch: Python, Smalltalk, Lisp

STATISCH ODER DYNAMISCH (3)

Vorteile des statischen Typensystems

- bestimmte Fehler werden bereits beim Übersetzen erkannt
- mehr Unterstützung durch IDEs möglich
- meist performanter

Vorteile des dynamischen Typensystems

- meist schnellere Entwicklung
- meist kompaktere Programme

FEHLER ERKENNEN

- Es ist von Vorteil, Fehler früh zu erkennen
- Typfehler bereits beim Kompilieren erkannt
- Typfehler in Editor/IDE erkannt bzw. verhindert

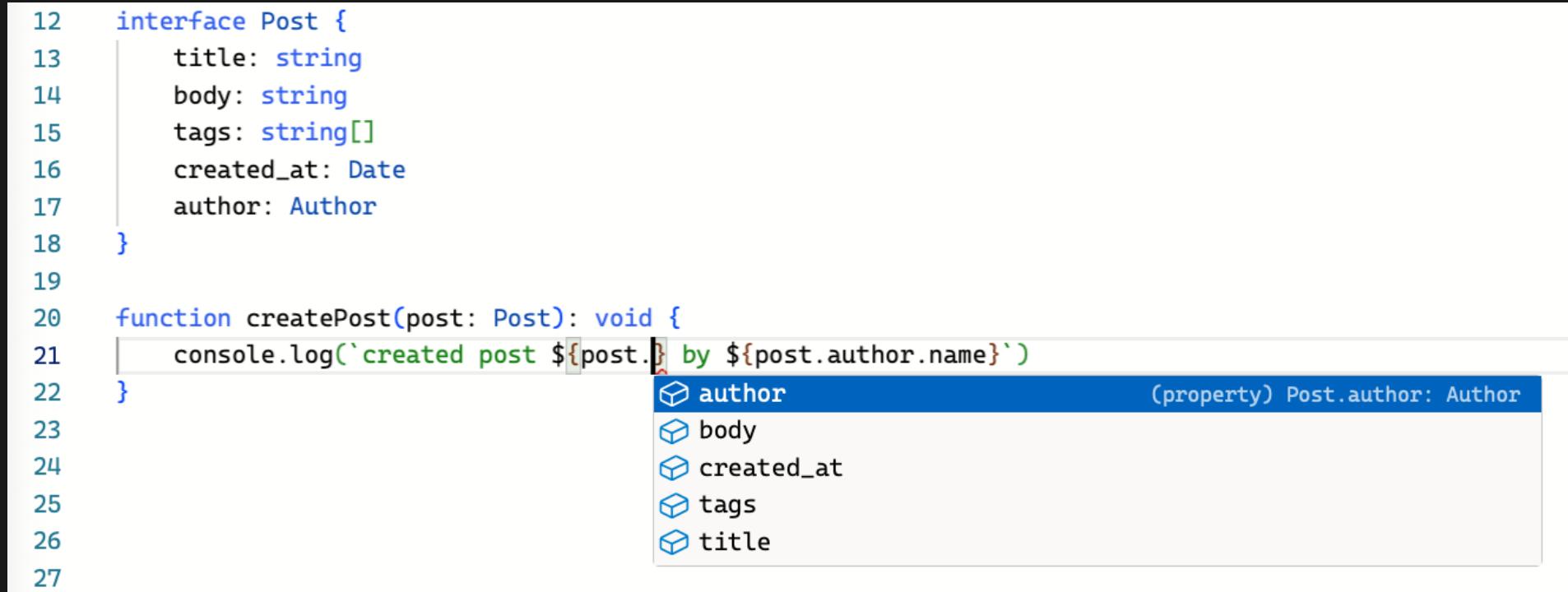
Das sind grosse Vorteile beim Bau von Software,
relativiert allenfalls durch:

- Es ist anzunehmen, dass Typfehler nicht die problematischsten Fehler in einem Programm sind
- Logikfehler im Wesentlichen durch gründliches Testen gefunden
(Test Driven Development?)

WERKZEUGUNTERSTÜTZUNG

Sprachen mit statischem Typenkonzept können mehr Unterstützung bei der Code-Bearbeitung bieten:

- Code-Vervollständigung abhängig von definierten Typen
- Erkennen von Typfehlern



The screenshot shows a code editor with the following TypeScript code:

```
12  interface Post {
13      title: string
14      body: string
15      tags: string[]
16      created_at: Date
17      author: Author
18  }
19
20  function createPost(post: Post): void {
21      console.log(`created post ${post.} by ${post.author.name}`)
22  }
23
24
25
26
27
```

A cursor is positioned at the end of the word "post" in the line `console.log(`created post \${post.}`)`. A code completion dropdown menu is open, listing the properties of the `Post` interface:

- author
- body
- created_at
- tags
- title

The tooltip for the "author" entry indicates it is a "property" of the `Post` interface.

PERFORMANZ

J. Gosling:

„One of the issues with weak typing systems is they tend to be very hard to get them up to really high performance.”

Bruce Eckel, Why I Love Python (2001):

- Machine performance vs. Programmer Performance
- Most of the time, which is really more important?
- To increase performance, throw hardware at the problem

KOMPAKTER CODE (1)

Beispiel: Conway's Game of Life in APL

```
life ← {▷1 ω v.Λ 3 4 = +/ +× ¯1 0 1 ◊.Θ ¯1 0 1 φ..<ω}
```

„APL is an array-oriented programming language. Its natural, concise syntax lets you develop shorter programs while thinking more about the problem you're trying to solve than how to express it to a computer.“

https://aplwiki.com/wiki/Main_Page

KOMPAKTER CODE (2)

Kompakter Code führt oft, wenn auch nicht immer (s. APL), zu übersichtlicherem Code:

```
// TypeScript
function map<Input, Output>(arr: Input[], func: (arg: Input) => Output): Output[] {
    return arr.map(func)
}

// JavaScript
function map(arr, func) {
    return arr.map(func)
}
```

ÜBERSICHTLICHER CODE

Kopf einer Funktion aus einer Mini-React-Implementierung:

```
const createElement = (  
  type: VirtualElementType,  
  props: Record<string, unknown> = {},  
  ...child: (unknown | VirtualElement) []  
) : VirtualElement => {
```

TS

```
const createElement = (type, props = {}, ...child) => {
```

JS

FAZIT

- TypeScript vs. JavaScript wird teilweise heftig diskutiert
- Diskussion überlappend mit statischem vs. dynamischem Typensystem
- Beide Ansätze haben je nach Situation mehr Vor- oder mehr Nachteile

Verkürzt und wohl nicht in jeder Situation gültig:

- Weniger Code → weniger Fehler
- Übersichtlicherer Code → weniger Fehler
- Type Check beim Kompilieren → weniger Fehler
- Mehr Unterstützung im Editor → weniger Fehler

Klar ist, dass man mit keinem der Ansätze alle Vorteile bekommt!

VORTEILE VON TYPESCRIPT

- Statisches Typenkonzept: Fehler werden früher und zuverlässiger erkannt
- Zusätzliche Features im Vergleich zu JavaScript
- Open Source, Entwicklung und Support durch Microsoft
- Umfassende IDE-Unterstützung

NACHTEILE VON TYPESCRIPT

- Lernkurve
- Kompilierzeit
- Kleineres Ökosystem (Bibliotheken etc.)
- Mehr Code und in manchen Fällen weniger Übersichtlichkeit

TYPESCRIPT-ALTERNATIVEN

- Im Vergleich zu JS und TS deutlich kleinere Anhängerschaft
- Beide werden wie TypeScript zu JavaScript kompiliert

ReScript

„ReScript is a robustly typed language that compiles to efficient and human-readable JavaScript. It comes with a lightning fast compiler toolchain that scales to any codebase size.”

<https://rescript-lang.org>

ClojureScript

„ClojureScript is a robust, practical, and fast programming language with a set of useful features that together form a simple, coherent, and powerful tool.”

<https://clojurescript.org>

REFERENZEN

- The TypeScript Handbook
<https://www.typescriptlang.org/docs/handbook/intro.html>
- TypeScript Playground
<https://www.typescriptlang.org/play/>
- TypeScript Crash Course (YouTube Tutorial)
<https://www.youtube.com/watch?v=VGu1vDAWNTg&list=PL4cUxeGkcC9gNhFQgS4edYLqP7LkZcFMN>
- TypeScript Tutorial (W3Schools)
<https://www.w3schools.com/typescript/index.php>

