

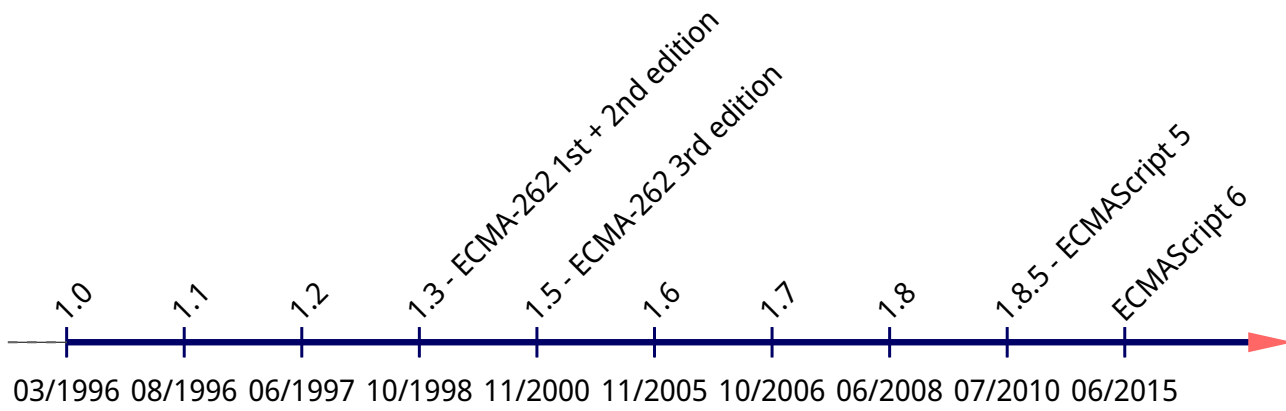
Webprogrammierung mit JavaScript

Eine kurze Einführung/eine kurze Übersicht über JavaScript für erfahrene Programmierer.

Dozent: Prof. Dr. Michael Eichberg
Kontakt: michael.eichberg@dhbw.de, Raum 149B
Version: 2.1

Folien: <https://delors.github.io/web-javascript/folien.de.rst.html>
<https://delors.github.io/web-javascript/folien.de.rst.html.pdf>
Fehler melden: <https://github.com/Delors/delors.github.io/issues>

Historie



Seit 2016 gibt es jährliche Updates (ECMAScript 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, ...)

1. Grundlegende Sprachkonstrukte

Grundlagen

- Objektorientiert
 - Prototypische Vererbung
 - Objekte *erben* von anderen Objekten
 - Objekte als allgemeine Container
 - (Im Grunde eine Vereinheitlichung von Objekten und Hashtabellen.)
 - seit ES6 werden auch Klassen unterstützt; diese sind aber nur syntaktischer Zucker
- Skriptsprache
 - *Loose Typing/Dynamische Typisierung*
 - *Load and go-delivery* (Lieferung als Text/Quellcode)
 - Garbage Collected
 - Single-Threaded
- Funktionen sind Objekte erster Klasse
- (im Wesentlichen) ein (globaler) Namespace
- Syntaktisch eine Sprache der "C"-Familie (viele Ähnlichkeiten zu Java)
- Standardisiert durch die ECMA (ECMAScript)
- Verwendet ganz insbesondere in Browsern, aber auch Serverseitig (z. B. **Node.js**) oder in Desktop-Anwendungen (z. B. Electron)

Reservierte Schlüsselworte

Genutzte Schlüsselworte

- `function, async, await, return, yield, void`
- `break, continue, case, default, do, else, for, if, instanceof, of, typeof, switch, while`
- `throw, try, finally, catch`
- `class, delete, extends, in, new, static, super, this`
- `const, let, var`
- `export, import`

Bemerkung

Nicht (mehr) genutzte Schlüsselworte:

`enum, implements, interface, package, private, protected, public, with` (no longer)

Bezeichner (*Identifizier*)

(Sehr vergleichbar mit Java.)

- Buchstaben (Unicode), Ziffern, Unterstriche, Dollarzeichen
- Ein Identifier darf nicht mit einer Ziffer beginnen
- Nameskonventionen:
 - Klassen beginnen mit einem Großbuchstaben (*UpperCamelCase*)
 - Variablen und Funktionen beginnen mit einem Kleinbuchstaben (*lowerCamelCase*)
 - Konstanten sind komplett in Großbuchstaben

Global Verfügbare Objekte

Standard

- `console`
- `Number`, `Boolean`, `Date`, `BigInt`, `Math`, ...

Von Browsern zur Verfügung gestellte Objekte (Ein Auszug)

- `window`
- `document` (bzw. `window.document`)
- `alert`
- `navigator`
- `location`

Von Node.js zur Verfügung gestellte Objekte (Ein Auszug)

- `module`
- `exports`
- `require`
- `process`
- `crypto`

Deklaration von Variablen (`const` und `let`)

```
1 // Der "Scope" ist auf den umgebenden Block begrenzt.
2 // Eine Änderung des Wertes ist möglich.
3 let y = "yyy";
4
5 // Der "Scope" ist auf den umgebenden Block begrenzt.
6 // Eine Änderung des Wertes ist nicht möglich.
7 const z = "zzz";
8
9 log("y, z:", y, z);
10
11 function doIt() {
12   const y = "---";
13   log("y, z:", y, z);
14   return "";
15 }
16
17 ilog('"doIt done"', doIt());
18 log("y, z:", y, z);
```

Um diesen und den Code auf den folgenden Folien ggf. mit Hilfe von Node.js auszuführen, muss am Anfang der Datei:

```
import { ilog, log, done } from "./log.mjs";
```

und am Ende der Datei:

```
done();
```

hinzugefügt werden.

Den entsprechenden Code der Module (log.mjs und später Queue.mjs) finden Sie auf:

<https://github.com/Delors/delors.github.io/tree/main/web-javascript/code>

Datentypen und Operatoren

```
1 console.log("\nUndefined -----");
2 let u = undefined;
3 console.log("u", u);
4
5 console.log("\nNumber -----");
6 let i = 1; // double-precision 64-bit binary IEEE 754 value
7 let f = 1.0; // double-precision 64-bit binary IEEE 754 value
8 let l = 10_000;
9 let binary = 0b1010;
10 console.log("0b1010", binary);
11 let octal = 0o12;
12 console.log("0o12", octal);
13 let hex = 0xa;
14 console.log("0xA", hex);
15 console.log(
16     Number.MIN_VALUE,
17     Number.MIN_SAFE_INTEGER,
18     Number.MAX_SAFE_INTEGER,
19     Number.MAX_VALUE,
20 );
21 let x = NaN;
22 let y = Infinity;
23 let z = -Infinity;
24
25 // Standard Operatoren: +, -, *, /, %, ++, --, **
26 // Bitwise Operatoren: &, |, ^, ~, <<, >>, >>>
27 // (operieren immer auf dem Ganzzahlwert der Bits)
28 console.log("i =", i, "; i++ ", i++); // 1 oder 2?
29 console.log("i =", i, "; ++i ", ++i); // 2 oder 3?
30 console.log("2 ** 4 === 0 ", 2 ** 4);
31 console.log("7 % 3 === ", 7 % 3);
32 console.log("1 / 0 === ", 1 / 0);
33
34 console.log("\nBigInt -----");
35 let ib = 1n;
36 console.log(100n === BigInt(100));
37 console.log(Number.MAX_SAFE_INTEGER + 2102); // 9007199254743092
38 console.log(BigInt(Number.MAX_SAFE_INTEGER) + 2102n); // 9007199254743093n
39
40 console.log("\nBoolean -----");
41 let b = true; // oder false
42 console.log("Boolean(undefined)", Boolean(undefined)); // true oder false?
43 console.log(null === true ? "true" : "false"); // true oder false?
44
45 console.log("\n(Quasi-)Logische Operatoren -----");
46 console.log('1 && "1": ', 1 && "1");
47 console.log('null && "1": ', null && "1");
48 console.log("null && true: ", null && true);
49 console.log("true && null: ", true && null);
50 console.log("null && false: ", null && false);
51 console.log("{} && true: ", {} && true);
52
53 // Neben den Standardoperatoren: ``&&``, ``||``, ``!`` gibt es auch noch ``??``
54 // Der ``??``-Operator gibt den rechten Operanden zurück, wenn der linke Operand
55 // ``null`` oder ``undefined`` ist. Andernfalls gibt er den linken Operanden
56 // zurück.
57 // ``??`` ist der *nullish coalescing operator (??)*
```

```

58 // Falls der linke Wert null oder undefined ist, dann ist er vergleichbar zu ||
59 console.log('1 ?? "1": ', 1 ?? "1");
60 console.log('null ?? "1": ', null ?? "1");
61 console.log("null ?? true: ", null ?? true);
62 console.log("true ?? null: ", true ?? null);
63 console.log("null ?? false: ", null ?? false);
64 console.log("{} ?? true: ", {} ?? true);
65
66 console.log('undefined ?? "1": ', undefined ?? "1");
67 console.log('undefined ?? "1": ', undefined ?? "1");
68 console.log("undefined ?? true: ", undefined ?? true);
69 console.log("true ?? undefined: ", true ?? undefined);
70 console.log("undefined ?? false: ", undefined ?? false);
71 console.log("undefined ?? undefined: ", undefined ?? undefined);
72
73 console.log("\nStrings -----");
74 let _s = "42";
75 console.log("Die Antwort ist " + _s + "."); // String concatenation
76 console.log(`Die Antwort ist ${_s}.`); // Template literals (Template strings)
77 // multiline Strings
78 console.log(`
79     Die Antwort mag ${_s} sein,
80     aber was ist die Frage?`);
81
82 console.log(String(42)); // "42"
83
84 // ACHTUNG Objekte und Errors am Besten direkt an log übergeben,
85 // damit die Objekteigenschaften ausgegeben werden.
86 console.log("State: " + { a: "abc" }, { a: "abc" });
87
88 console.log("\nObjekte -----");
89 let emptyObject = null;
90 let anonymousObj = {
91     i: 1,
92     u: { j: 2, v: { k: 3 } },
93     toString: function () {
94         return "anonymousObj";
95     },
96     "?": "question mark",
97 };
98 // Zugriff auf die Eigenschaften eines Objekts
99 anonymousObj.j = 2; // mittels Bezeichner ("j") (eng. Identifier)
100 anonymousObj["j"] = 4; // mittels String ("j")
101 anonymousObj["k"] = 3;
102 console.log("anonymousObj: ", anonymousObj);
103 console.log("anonymousObj.toString(): ", anonymousObj.toString());
104
105 // delete dient dem Löschen von Eigenschaften:
106 delete anonymousObj["?"];
107 delete anonymousObj.toString;
108 console.log("anonymousObj.toString() [original]", anonymousObj.toString());
109
110 // Der Chain-Operator "?." kann verwendet werden, um auf Eigenschaften
111 // (Properties) von Objekten zuzugreifen, ohne dass eine Fehlermeldung
112 // ausgegeben wird, wenn eine (höher-liegende) Eigenschaft nicht definiert ist.
113 // Besonders nützlich beim Verarbeiten von komplexen JSON-Daten.
114 console.log("anonymousObj.u?.v.k", anonymousObj.u?.v.k);
115 console.log("anonymousObj.u.v?.k", anonymousObj.u.v?.k);
116 console.log("anonymousObj.u.v?.z", anonymousObj.u.v?.z);
117 console.log("anonymousObj.u.q?.k", anonymousObj.u.q?.k);

```

```

118 console.log("anonymousObj.p?.v.k", anonymousObj.p?.v.k);
119
120 // Nützliche Zuweisungen, um den Fall undefined und null gemeinsam zu behandeln:
121 anonymousObj.name ||= "Max Mustermann";
122
123 console.log("\nDate -----");
124 let date = new Date("8.6.2024"); // ACHTUNG: Locale-Settings
125 console.log(date);
126
127 console.log("\nFunktionen sind auch Objekte -----");
128 let func = function () {
129     return "Hello World";
130 };
131 console.log(func, func());
132
133 console.log("\nArrays -----");
134 let temp = undefined;
135 let $a = [1];
136 console.log("let $a = [1]; $a, $a.length", $a, $a.length);
137 $a.push(2); // append
138 console.log("$a.push(2); $a", $a);
139 temp = $a.unshift(0); // "prepend" → return new length
140 console.log("temp = $a.unshift(0); temp, $a", temp, $a);
141 temp = $a.shift(); // remove first element → return removed element
142 console.log("temp = $a.shift(); temp, $a", temp, $a);
143 // Um zu prüfen ob eine Datenstruktur ein Array ist:
144 console.log("Array.isArray($a)", Array.isArray($a));
145 console.log("Array.isArray({})", Array.isArray({}));
146 console.log("Array.isArray(1)", Array.isArray(1));
147
148 console.log("\nSymbols -----");
149 let sym1 = Symbol("1"); // a unique and immutable primitive value
150 let sym2 = Symbol("1");
151 let obj1Values = { sym1: "value1", sym2: "value2" };
152 console.log(obj1Values);
153 console.log(`sym1 in ${JSON.stringify(obj1Values)}: `, sym1 in obj1Values);
154 let obj2Values = { [sym1]: "value1", [sym2]: "value2" };
155 console.log(obj2Values);
156 console.log(`sym1 in ${JSON.stringify(obj2Values)}: `, sym1 in obj2Values);
157 console.log(obj1Values, " vs. ", obj2Values);
158
159 console.log({ sym1: "this", sym1: "that" }); // ??? { sym1: "that" }
160 console.log("sym1 = sym2", sym1 === sym2);

```

Funktionsdefinitionen

```
1 // Die Funktionsdeklaration der Funktion "hello" ist "hochgezogen" (🇺🇸 hoisted)
2 // und kann hier verwendet werden.
3 hello("Michael");
4
5 function hello(person = "World" /* argument with default value */) {
6     log(`fun: Hello ${person}!`);
7 }
8 hello();
9
10 waitOnInput();
11
12 const helloExpr = function () {
13     // Anonymer Funktionsausdruck
14     log("expr: Hello World!");
15 };
16
17 // Arrow Functions
18 const times3 = (x) => x * 3;
19 log("times3(5)", times3(5)); // 15
20
21 const helloArrow = () => log("arrow: Hello World!");
22 const helloBigArrow = () => {
23     const s = "Hello World!";
24     log("arrow: " + s);
25     return s;
26 };
27 helloExpr();
28 helloArrow();
29
30 var helloXXX = function helloYYY() {
31     // benannter Funktionsausdruck
32     // "helloYYY" ist _nur_ innerhalb der Funktion sichtbar und verwendbar
33     // "arguments" ist ein Arrays-vergleichbares Objekt
34     // und enthält alle Argumente der Funktion
35     log(`Hello: `, ...arguments); // "..." ist der "Spread Operator"
36 };
37 helloXXX("Michael", "John", "Jane");
38
39 waitOnInput();
40
41 log("\nFunction Arguments -----");
42
43 function sum(...args) {
44     // rest parameter: ...
45     log("typeof args: " + typeof args + "; isArray: " + Array.isArray(args));
46     log("args: " + args);
47     log("args:", ...args); // die Arraywerte werden als einzelne Args. übergeben
48     return args.reduce((a, b) => a + b, 0); // function nesting
49 }
50 log("sum(1, 2, 3, 4, 5)", sum(1, 2, 3, 4, 5)); // 15
51 log("sum()", sum());
52
53 log("\nGenerator Functions -----");
54 /* Generator Functions */
55 function* fib() {
56     // generator
57     let a = 0,
```

```
58     b = 1;
59     while (true) {
60         yield a;
61         [a, b] = [b, a + b];
62     }
63 }
64 const fibGen = fib();
65 log(fibGen.next().value); // 0
66 log(fibGen.next().value); // 1
67 log(fibGen.next().value); // 1
68 log(fibGen.next().value); // 2
69 /* Will cause an infinite loop:
70    for (const i of fib()) console.log(i);
71    // 0 1 1 2 3 5 8 13 21 34 55 89 144 233 377 ... */
```

Übung - JavaScript und Node.js erste Schritte

Voraussetzung: Installieren Sie Node.js (<http://nodejs.org/>).

1.1. Hello World in Node.js

Starten Sie die Konsole/Terminal und schreiben Sie ein einfaches JavaScript Programm, das "Hello World" ausgibt.

1.2. Hello World auf der JavaScript Console

Starten Sie einen Browser und aktivieren Sie die JavaScript Console in den Entwicklerwerkzeugen. Schreiben Sie ein einfaches JavaScript Programm, das "Hello World" ausgibt.

Übung - die JavaScript Konsole

1.3. Prototyping mit der JavaScript Konsole

Schreiben Sie ein kurzes JavaScript Programm, das programmatisch zum Ende des Dokuments scrollt.

Hinweise:

- das von `document.body` referenziert HTML Element enthält den gesamten Inhalt des Dokuments
- die aktuellen Abmaße des Dokuments können Sie mit der Funktion `window.getComputedStyle(<HTMLElement>).height` ermitteln; geben Sie den Wert auf der Konsole aus bevor Sie das Dokument scrollen; was fällt Ihnen auf?
- um zu scrollen, können Sie `window.scrollTo(x,y)` verwenden
- um den Integer Wert eines Wertes in Pixeln zu bestimmen, können Sie `parseInt` verwenden.
(Sei der String: "100px", dann liefert `parseInt`, den Wert 100).

Vergleich von Werten und implizite Typumwandlung

```
1 // Gleichheit          = // mit Typumwandlung (auch bei <, >, ≤, ≥)
2
3 // strikt gleich       === // ohne Typumwandlung
4 // strikt Ungleichheit !== // ohne Typumwandlung
5
6 log('1 = "1": ', 1 == "1");
7 log('1 === "1": ', 1 === "1");
8 log("1.0 = 1: ", 1 == 1.0);
9 log("1.0 === 1: ", 1 === 1.0);
10 log("1 === 1n: ", 1 === 1n); // 1n ist ein bigint mit den Wert 1
11 log("1 = 1n: ", 1 == 1n);
12 log('1 < "1"', 1 < "1");
13 log('0 < "1"', 0 < "1");
14 log('0 ≤ "0"', 0 ≤ "0");
15 log('"abc" ≤ "d"', "abc" ≤ "d");
16
17 log('"asdf" === "as" + "df"', "asdf" === "as" + "df"); // unlike Java!
18
19 log("NaN === NaN: ", NaN === NaN);
20 log("NaN = NaN: ", NaN == NaN);
21 log("null === NaN: ", null === NaN);
22 log("null = NaN: ", null == NaN);
23 log("null === null: ", null === null);
24 log("null = null: ", null == null);
25 log("undefined === undefined: ", undefined === undefined);
26 log("undefined = undefined: ", undefined == undefined);
27 log("null === undefined: ", null === undefined);
28 log("null = undefined: ", (null == undefined) + "!");
29
30 const a1 = [1, 2, 3];
31 const a2 = [1, 2, 3];
32 log("const a1 = [1, 2, 3]; a1 = [1, 2, 3]: ", a1 == [1, 2, 3]);
33 log("const a1 = [1, 2, 3]; a1 = a1: ", a1 == a1);
34 log("const a1 = [1, 2, 3]; a1 === a1: ", a1 === a1);
35 log("const a1 = [1, 2, 3]; const a2 = [1, 2, 3]; a1 === a2: ", a1 === a2);
36 log("const a1 = [1, 2, 3]; const a2 = [1, 2, 3]; a1 == a2: ", a1 == a2);
37 log(
38   "flatEquals(a1,a2):",
39   a1.length == a2.length && a1.every((v, i) => v === a2[i]),
40 );
41
42 let firstJohn = { person: "John" };
43 show('let firstJohn = { person: "John" };');
44 let secondJohn = { person: "John" };
45 show('let secondJohn = { person: "John" };');
46 let basedOnFirstJohn = Object.create(firstJohn);
47 show("let basedOnFirstJohn = Object.create(firstJohn)");
48 log("firstJohn = firstJohn: ", firstJohn == firstJohn);
49 log("firstJohn === secondJohn: ", firstJohn === secondJohn);
50 log("firstJohn = secondJohn: ", firstJohn == secondJohn);
51 log("firstJohn === basedOnFirstJohn: ", firstJohn === basedOnFirstJohn);
52 log("firstJohn = basedOnFirstJohn: ", firstJohn == basedOnFirstJohn);
53
54 {
55   const obj = {
56     name: "John",
57     age: 30,
```



```

58     city: "Berlin",
59 };
60 show("Typtests und Feststellung des Typs:");
61 log("typeof obj", typeof obj);
62 log("obj instanceof Object", obj instanceof Object);
63 log("obj instanceof Array", obj instanceof Array);
64
65 // ⚠ Das Array Objekt ist Kontextabhängig:
66 //
67 //     iframe.contentWindow.Array !== window.Array;
68 //
69 // D.h. ein instanceof Check liefert ggf. unerwartete Resultate
70 }
71 {
72     const obj = { a: "lkj" };
73     const obj2 = Object.create(obj);
74     log("obj2 instanceof obj.constructor", obj2 instanceof obj.constructor);
75 }
76
77 log("\n?-Operator/if condition and Truthy and Falsy Values:");
78 log('""', "" ? "is truthy" : "is falsy");
79 log("f()", (() => {}) ? "is truthy" : "is falsy");
80 log("Array ", Array ? "is truthy" : "is falsy");
81 log("obj ", {} ? "is truthy" : "is falsy");
82 log("undefined ", undefined ? "is truthy" : "is falsy");
83 log("null ", null ? "is truthy" : "is falsy");
84 log("0", 0 ? "is truthy" : "is falsy");
85 log("1", 1 ? "is truthy" : "is falsy");

```

NaN (Not a Number) repräsentiert das Ergebnis einer Operation die keinen sinnvollen Wert hat. Ein Vergleich mit NaN ist *immer* **false**. Um zu überprüfen, ob ein Wert NaN ist muss **isNaN(<Value>)** verwendet werden.

Bedingungen und Schleifen

```
1 const arr = [1, 3, 4, 7, 11, 18, 29];
2
3 log("if-else_if-else:");
4 if (arr.length === 7) {
5     ilog("arr.length === 7");
6 } else if (arr.length < 7) {
7     ilog("arr.length < 7");
8 } else {
9     ilog("arr.length > 7");
10 }
11
12 log("\nswitch (integer value):");
13 switch (arr.length) {
14     case 7:
15         ilog("arr.length === 7");
16         break;
17     case 6:
18         ilog("arr.length === 6");
19         break;
20     default:
21         ilog("arr.length !== 6 and !== 7");
22 }
23
24 log("\nswitch (string value):");
25 switch ("foo") {
26     case "bar":
27         ilog("it's bar");
28         break;
29     case "foo":
30         ilog("it's foo");
31         break;
32     default:
33         ilog("not foo, not bar");
34 }
35
36 log("\nswitch (integer - no type conversion):");
37 switch (
38     1 // Vergleich auf strikte Gleichheit (===)
39 ) {
40     case "1":
41         ilog("string(1)");
42         break;
43     case 1:
44         ilog("number(1)");
45         break;
46 }
47
48 ilog("\nfor-continue:");
49 for (let i = 0; i < arr.length; i++) {
50     const v = arr[i];
51     if (v % 2 === 0) continue;
52     log(v);
53 }
54
55 ilog("\n(for)-break with label:");
56 outer: for (let i = 0; i < arr.length; i++) {
57     for (let j = 0; j < i; j++) {
```

```

58         if (j === 3) break outer;
59         log(arr[i], arr[j]);
60     }
61 }
62
63 ilog("\nin (properties of Arrays; i.e. the indexes:");
64 for (const key in arr) {
65     log(key, arr[key]);
66 }
67
68 ilog("\nof (values of Arrays):");
69 for (const value of arr) {
70     log(value);
71 }
72
73 ilog("\nArray and Objects - instanceof:");
74 log("arr instanceof Object", arr instanceof Object);
75 log("arr instanceof Array", arr instanceof Array);
76
77 const obj = {
78     name: "John",
79     age: 30,
80     city: "Berlin",
81 };
82
83 ilog("\nin (properties of Objects:");
84 for (const key in obj) {
85     log(key, obj[key]);
86 }
87
88 /* TypeError: obj is not iterable
89
90     for (const value of obj) {
91         log(value);
92     }
93 */
94
95 {
96     ilog("\nIteration über Iterables (here: Map):");
97     const m = new Map();
98     m.set("name", "Elisabeth");
99     m.set("alter", 50);
100     log("Properties of m: ");
101     for (const key in m) {
102         log(key, m[key]);
103     }
104     log("Key-Values of m: ");
105     for (const [key, value] of m) {
106         log(key, value);
107     }
108 }
109
110 {
111     ilog("\nWhile Loop: ");
112     let c = 0;
113     while (c < arr.length) {
114         const v = arr[c];
115         if (v > 10) break;
116         log(v);
117         c++;
118     }

```

```
119 }
120
121 {
122     ilog("\nDo-While Loop: ");
123     let c = 0;
124     do {
125         log(arr[c]);
126         c++;
127     } while (c < arr.length);
128 }
```

Die Tatsache, dass insbesondere `null` als auch `undefined` falsy sind, wird oft in Bedingungen ausgenutzt (z. B., `if (!x)...`).

Fehlerbehandlung

```
1 console.log("try-catch-finally - Grundlagen -----");
2
3 try {
4   let i = 1 / 0; // Berechnungen erzeugen nie eine Exception
5   console.log("i", i);
6 } catch {
7   console.error("console.log failed");
8 } finally {
9   console.log("computation finished");
10 }
11
12 console.log("Programmierfehler behandeln -----");
13 try {
14   const obj = {};
15   obj = { a: 1 };
16 } catch ({ name, message }) {
17   console.error(message);
18 } finally {
19   console.log("object access finished");
20 }
21
22 console.log("Handling of a specific error -----");
23 try {
24   throw new RangeError("out of range");
25 } catch (error) {
26   if (error instanceof RangeError) {
27     const { name, message } = error;
28     console.error("a RangeError:", name, message);
29   } else {
30     throw error;
31   }
32 } finally {
33   console.log("error handling finished");
34 }
```

In JavaScript können während der Laufzeit Fehler auftreten, die (z. B.) in Java während des kompilierens erkannt werden.

Übung - Bedingungen und Schleifen

1.4. removeNthElement

Implementieren Sie eine Funktion, die ein Array übergeben bekommt und ein neues Array zurückgibt in dem jedes n-te Element nicht vorkommt.

Beispiel: `removeNthElement([1,2,3,4,5,6,7], 2) ⇒ [1,3,5,7]`

- Schreiben Sie Ihren Code in eine JavaScript Datei und führen Sie diese mit Hilfe von Node.js aus.
- Testen Sie Ihre Funktion mit verschiedenen Eingaben und lassen Sie sich das Ergebnis ausgeben (z. B. `console.log(removeNthElement([1,2,3,4,5,6,7],2))`!)

Hinweis

Einem Array können Sie einen neuen Wert mittels `push` hinzufügen: `const a = [].push(1);`

Übung - Fehlerbehandlung

1.5. removeNthElement mit Fehlerbehandlung

- Erweitern Sie die Implementierung von `removeNthElement` so, dass die Funktion einen Fehler wirft, wenn das übergebene Array kein Array ist oder wenn der zweite Parameter kein positiver Integer ist.
- Testen Sie alle Fehlerzustände und fangen Sie die entsprechenden Fehler ab (`catch`) und geben Sie die Nachrichten aus.

Übung - Funktionen

1.6. Einfacher RPN Calculator

Implementieren Sie einen einfachen RPN (Reverse Polish Notation) Calculator, der eine Liste von Zahlen und Operatoren (+, -, *, /) als Array entgegennimmt und das Ergebnis berechnet.

Nutzen Sie keine `if` oder `switch` Anweisung, um die Operatoren zu unterscheiden. Nutzen Sie stattdessen ein Objekt. Sollte der Operator unbekannt sein, dann geben Sie eine entsprechende Fehlermeldung aus.

Beispiel: `eval([2,3,"+",4,"*"])` \Rightarrow 20

Variables (var)

Achtung!

Neuer Code sollte var nicht mehr verwenden!

```
1 let y = "yyy"; // wie zuvor
2 const z = "zzz";
3
4 // Der Gültigkeitsbereich von var ist die umgebende Funktion oder der
5 // globale Gültigkeitsbereich.
6 // Die Definition ist hochgezogen (eng. "hoisted") (initialisiert mit undefined);
7 var x = "xxx";
8
9 function sumIfDefined(a, b) {
10   // ⚠ Der folgende Code ist NICHT empfehlenswert!
11   // Er dient der Visualisierung des Verhaltens von var.
12   if (parseInt(a)) {
13     var result = parseInt(a);
14   } else {
15     result = 0;
16   }
17   const bVal = parseFloat(b);
18   if (bVal) {
19     result += bVal;
20   }
21   return result;
22 }
23
24 ilog("sumIfDefined()", sumIfDefined()); // 0
25 ilog("sumIfDefined(1)", sumIfDefined(1)); // 1
26 ilog("sumIfDefined(1, 2)", sumIfDefined(1, 2)); // 3
27 ilog('sumIfDefined(1, "2")', sumIfDefined(1, "2")); // 3
28 ilog("undefined + 2", undefined + 2);
29 ilog('sumIfDefined(undefined, "2")', sumIfDefined(undefined, "2")); // 2
30
31 function global_x() {
32   ilog("global_x():", x, y, z);
33 }
34
35 function local_var_x() {
36   ilog("local_var_x(): erste Zeile (x)", x);
37
38   var x = 1; // the declaration of var is hoisted, but not the initialization
39   let y = 2;
40   const z = 3;
41
42   ilog("local_var_x(): letzte Zeile (x, y, z)", x, y, z); // 1 2 3
43 }
44
45 global_x();
46 local_var_x();
47
48 ilog("nach global_x() und local_var_x() - x, y, z:", x, y, z);
49
50
51 // Hier, ist nur die Variablendeklaration (helloExpr) "hoisted", aber nicht
52 // die Definition. Daher kann die Funktion nicht vorher im Code aufgerufen
53 // werden!
54 try {
```

```
55     helloExpr();
56 } catch ({error, message}) {
57     log("calling helloExpr() failed:", error, "; message: ", message);
58 }
59 var helloExpr = function () {
60     log("expr: Hello World!");
61 };
62 // ab jetzt funktioniert es
63 helloExpr();
```

Destrukturierung (🇺🇸 Destructuring)

```
1 log("Array Destructuring:");
2
3 let [val1, val2] = [1, 2, 3, 4];
4 ilog("[val1, val2] = [1, 2, 3, 4]:", "val1:", val1, ", val2:", val2); // 1
5
6 log("Object Destructuring:");
7
8 let { a, b } = { a: "aaa", b: "bbb" };
9 ilog('let { a, b } = { a: "aaa", b: "bbb" }:', "a:", a, ", b:", b); // 1
10
11 {
12     let { a: x, b: y } = { a: "aaa", b: "bbb" };
13     ilog('let { a: x, b: y } = { a: "aaa", b: "bbb" }:', "x:", x, ", y:", y); // 1
14 }
15 {
16     let { a: x, c: y } = { a: "aaa", b: "bbb" };
17     ilog('let { a: x, c: y } = { a: "aaa", b: "bbb" }:', "x:", x, ", y:", y); // 1
18 }
19
20 let { a: u, b: v, ...w } = { a: "+", b: "-", c: "*", d: "/" };
21 ilog(
22     'let { a: u, b: v, ...w } = { a: "+", b: "-", c: "*", d: "/" }:',
23     "u:",
24     u,
25     ", v:",
26     v,
27     ", w:",
28     JSON.stringify(w), // just for better readability/comprehension
29 );
30
31 let { k1, k2 } = { a: "a", b: "b" };
32 ilog('let { k1, k2 } = { a: "a", b: "b" }:', "k1:", k1, ", k2:", k2);
33 // "undefined undefined", weder k1 noch k2 sind definiert
```

JSON (JavaScript Object Notation)

```
1 const someJSON = `{
2     "name": "John",
3     "age": 30,
4     "cars": {
5         "American": ["Ford"],
6         "German": ["BMW", "Mercedes", "Audi"],
7         "Italian": ["Fiat", "Alfa Romeo", "Ferrari"]
8     }
9 `};
10
11 // JSON.parse(...) JSON String ⇒ JavaScript Object
12 const someObject = JSON.parse(someJSON);
13
14 someObject.age = 31;
15 someObject.cars.German.push("Porsche");
16 someObject.cars.Italian.pop();
17 console.log(someObject);
18
19 // JSON.stringify(...) JavaScript Object ⇒ JSON String
20 console.log(JSON.stringify(someObject, null, 2));
```

JSON requires that keys must be strings and strings must be enclosed in double quotes.

Reguläre Ausdrücke

- Eingebaute Unterstützung basierend auf entsprechenden Literalen (Strings in `"/"`) und einer API
- inspiriert von der Perl Syntax
- Methoden auf regulären RegExps: `test` (e.g., `<RegExp>.test(String)`).
- Methoden auf Strings, die reguläre Ausdrücke verarbeiten: `search`, `match`, `replace`, `split`, ...

```
1 {  
2   const p = /[1-9]+H/; // a regexp  
3   console.log(p.test("ad13H"));  
4   console.log(p.test("ad13"));  
5   console.log(p.test("13H"));  
6 }  
7 {  
8   const p = /[1-9]+H/g;  
9   const s = "1H, 2H, 3P, 4C";  
10  console.log(s.match(p));  
11  console.log(s.replace(p, "XX"));  
12 }
```

Klassen und Vererbung

```
1 class Figure {
2   calcArea() {
3     throw new Error("calcArea is not implemented");
4   }
5 }
6 class Rectangle extends Figure {
7   height;
8   width;
9
10  constructor(height, width) {
11    super();
12    this.height = height;
13    this.width = width;
14  }
15
16  calcArea() {
17    return this.height * this.width;
18  }
19
20  get area() {
21    return this.calcArea();
22  }
23
24  set area(value) {
25    throw new Error("Area is read-only");
26  }
27 }
28
29 const r = new Rectangle(10, 20);
30 console.log("r instanceof Figure", r instanceof Figure); // true
31 console.log(r.width);
32 console.log(r.height);
33 console.log(r.area); // 200
34
35 try {
36   r.area = 300; // Error: Area is read-only
37 } catch (e) {
38   console.error(e.message);
39 }
```

Grundlagen von ECMAScript Modulen

Queue.mjs exportiert die Klasse Queue

```
1  /* Modul für den Datentyp Warteschlange (Queue). */
2  export class Queue {
3      #last = null; // private field
4      #first = null;
5      constructor() {} // "default constructor"
6      enqueue(elem) {
7          if (this.#first === null) {
8              const c = { e: elem, next: null };
9              this.#first = c;
10             this.#last = c;
11         } else {
12             const c = { e: elem, next: null };
13             this.#last.next = c;
14             this.#last = c;
15         }
16     }
17     dequeue() {
18         if (this.#first === null) {
19             return null;
20         } else {
21             const c = this.#first;
22             this.#first = c.next;
23             return c.e;
24         }
25     }
26     head() {
27         if (this.#first === null) {
28             throw new Error("Queue is empty");
29         } else {
30             return this.#first.e;
31         }
32     }
33     last() {
34         if (this.#first === null) {
35             throw new Error("Queue is empty");
36         } else {
37             return this.#last.e;
38         }
39     }
40     isEmpty() {
41         return this.#first === null;
42     }
43 }
```

log.mjs verwendet (import) die Klasse Queue und exportiert Funktionen zum Loggen

```
1  import { Queue } from "./Queue.mjs"; // import des Moduls "Queue.mjs"
2
3  const messages = new Queue();
4
5  export function log(...message) {
6      if (messages.isEmpty()) {
7          messages.enqueue(message);
8      } else {
9          message.unshift("\n");
10         messages.last().push(...message);
11     }
12 }
```

ECMAScript Module verwenden immer den *strict mode*.

Import Statements erlauben das selektierte importieren als auch das Umbenennen von importierten Elementen (z. B., `import { Queue as Q } from "./Queue.mjs";`).

Alles ist ein Objekt

- **this** ist ein "zusätzlicher" Parameter, dessen Wert von der aufrufenden Form abhängt
- **this** ermöglicht den Methoden den Zugriff auf ihr Objekt
- **this** wird zum Zeitpunkt des Aufrufs gebunden (außer bei Arrow-Funktionen, da erfolgt die Bindung zum Zeitpunkt der Definition und es wird das this aus dem umgebenden Context geerbt.)

```
1  // "use strict";
2
3  function counter() {
4      // console.log(this === globalThis); // true
5      if (this.count)
6          // this is the global object if we don't use strict mode
7          this.count++;
8      else {
9          this.count = 1;
10     }
11
12     return this.count;
13 }
14
15 const counterExpr = function () {
16     if (this.count) this.count++;
17     else {
18         this.count = 1;
19     }
20
21     return this.count;
22 };
23
24 const counterArrow = () => {
25     console.log(this);
26     console.log(this === globalThis);
27     this.count = this.count ? this.count + 1 : 1;
28     return this.count;
29 };
30
31 console.log("\nCounter");
32 console.log(counter()); // 1
33 console.log(counter()); // 2
34 console.log(`globalThis.count (${globalThis.count})`);
35
36 console.log("\nCounterExpression");
37 console.log(counterExpr()); // 3
38 console.log(counterExpr()); // 4
39
40 console.log("\nCounter");
41 const obj = {}; // empty
42 console.log(counter.apply(obj)); // 1 - we pass in obj as "this"!
43 console.log(counterExpr.apply(obj)); // 2
44
45 console.log(`\nCounterArrow (${this.count})`);
46 console.log(counterArrow.apply(obj)); // 1
47 console.log(counterArrow.apply(undefined)); // 2
48 console.log(counterArrow.apply()); // 3
49 console.log(counterArrow.apply(obj)); // 4
50 console.log(counterArrow.apply({})); // 5
51
52 console.log("\nCounter (global)");
```

```
53 console.log(counter());  
54 console.log(counterExpr());
```

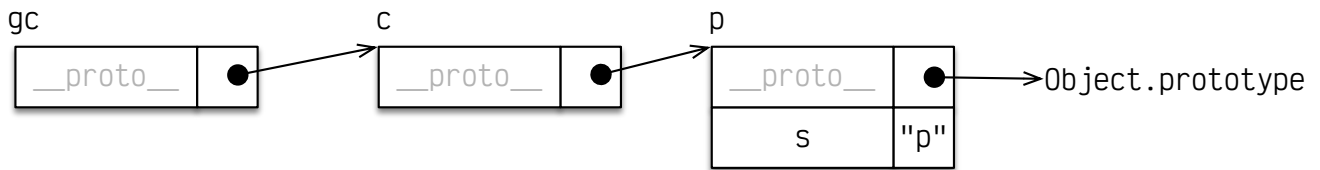
Partial Function Application

```
1 function add(x, y) {  
2   return x + y;  
3 }  
4  
5 // Partial function application:  
6 const add2 = add.bind(null, 2); // "null" is the value of "this"  
7 console.log(add2(3));  
8  
9  
10 function addToValue(b) {  
11   return this.x + b;  
12 }  
13 console.log(addToValue.call({x : 0}, -101));
```

Prototype basierte Vererbung

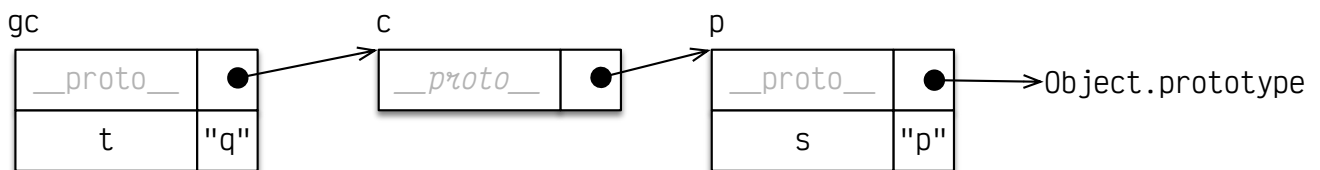
Verwendung von `Object.create` zur Initialisierung der *Prototype Chain*:

```
1 const p = { s : "p" };  
2 const c = Object.create(p);  
3 const gc = Object.create(c);
```



Verwendung der Eigenschaften von Prototypen:

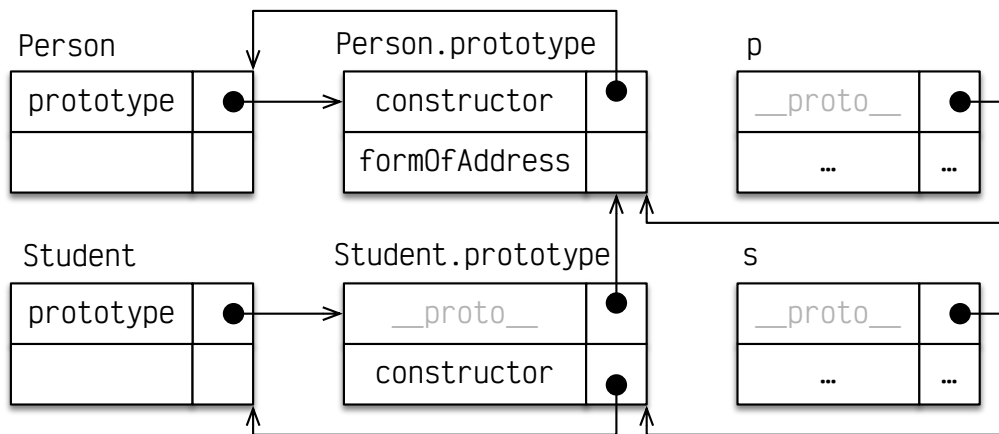
```
1 const p = { s : "p" };  
2 const c = Object.create(p);  
3 const gc = Object.create(c);  
4 gc.t = "q";
```



```
5 gc.s = "gc"  
6 console.log(gc.s); // gc  
7 delete gc.s;  
8 console.log(gc.s); // p
```

Pseudoclassical Inheritance

```
1 // constructor for Person objects:  
2 function Person(name, title){ this.name = name; this.title = title; }  
3 Person.prototype.formOfAddress = function (){  
4   const foa = "Dear ";  
5   if(this.title){ foa += this.title+" "; }  
6   return foa + this.name;  
7 }  
8 function Student(name, title, id, email) {  
9   Person.call(this, name, title); // super constructor call  
10  this.id = id;  
11  this.email = email;  
12 }  
13 Student.prototype = Object.create(Person.prototype);  
14 Student.prototype.constructor = Student;  
15  
16 const aStudent = new Student("Emily Xi", "Mrs.", 12441, 'emily@xi.de');
```



Objektabhängigkeiten

```

1 function Person(name, title){ ... }
2 Person.prototype.formOfAddress = function (){ ... }
3
4 function Student(name, title, id, email) { ... }
5 Student.prototype = Object.create(Person.prototype);
6 Student.prototype.constructor = Student;
7
8 const p = new Person(...);
9 const s = new Student(...);

```

Die Eigenschaft `prototype` einer Funktion (F) verweist auf das Objekt, dass als Prototype (`__proto__`) verwendet wird, wenn die Funktion als Konstruktor verwendet wird. D. h. im Falle einer Instantiierung von F (d. h. `const newF = new F()`) wird das Objekt, das durch `F.prototype` referenziert wird, als Prototype (`newF.__proto__`) des neu erstellten Objekts (`newF`) verwendet.

```

1 // Prototypen
2 console.log("{}.__proto__: ", {}. __proto__);
3 console.log("Array.prototype: ", Array.prototype);
4 console.log("Array.prototype.__proto__: ", Array.prototype.__proto__);
5 console.log("Object.prototype: ", Object.prototype);
6 console.log("Object.__proto__: ", Object.__proto__);
7
8 let o = { created: "long ago" };
9 var p = Object.create(o);
10 console.log("Object.getPrototypeOf(o): " + Object.getPrototypeOf(o));
11 console.log("o.isPrototypeOf(p): " + o.isPrototypeOf(p));
12 console.log("Object.prototype.isPrototypeOf(p): " + Object.prototype.isPrototypeOf(p));

```

Praktische Verwendung von Prototypen basierter Vererbung

```
1 let a = [1, 10, 100, 1000];
2 try { console.log(a.fold()); } catch (error) {
3   console.log("error: ", error.message);
4 }
5
6 // - ATTENTION! -----
7 // ADDING FUNCTIONS TO Array.prototype IS NOT RECOMMENDED! IF ECMAScript
8 // EVENTUALLY ADDS THIS METHOD (I.E. fold) TO THE PROTOTYPE OF ARRAY OBJECTS,
9 // IT MAY CAUSE HAVOC.
10 Array.prototype.fold = function (f) {
11   if (this.length === 0) {
12     throw new Error("array is empty");
13   } else if (this.length === 1) {
14     return this[0];
15   } else {
16     let result = this[0];
17     for (let i = 1; i < this.length; i++) {
18       result = f(result, this[i]);
19     }
20     return result;
21   }
22 };
23
24 console.log(a.fold((u, v) => u + v));
```

DOM Manipulation

```
1 <html lang="en">
2   <head>
3     <meta charset="utf-8" />
4     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0" />
5     <title>DOM Manipulation with JavaScript</title>
6     <script>
7       function makeScriptsEditable() {
8         const scripts = document.getElementsByTagName("script");
9         for (const scriptElement of scripts) {
10           scriptElement.contentEditable = false;
11           const style = scriptElement.style;
12           style.display = "block";
13           style.fontFamily = "menlo, monospaced";
14           style.whiteSpace = "preserve";
15           style.padding = "0.25em";
16           style.backgroundColor = "lightyellow";
17         }
18       }
19     </script>
20   </head>
21   <body>
22     <h1>DOM Manipulation with JavaScript</h1>
23     <p id="demo">This is a paragraph.</p>
24     <button
25       type="button"
26       onclick="
27         document.getElementById('demo').style.color = 'red';
28         makeScriptsEditable();
29         document.querySelector('button').style.display = 'none';"
30     >
31       Magic!
32     </button>
33
34     <script>
35       const demoElement = document.getElementById("demo");
36       const style = demoElement.style;
37       demoElement.addEventListener("mouseover", () => (style.color = "green"));
38       demoElement.addEventListener("mouseout", () => (style.color = "unset"));
39     </script>
40
41     <p>Position der Mouse: <span id="position"></span></p>
42     <script>
43       window.addEventListener("mousemove", () => {
44         document.getElementById("position").innerHTML =
45           `(${event.clientX}, ${event.clientY})`;
46       });
47     </script>
48   </body>
49 </html>
```

Minimaler Server mit Express JS

```
1 // "express" and "cors" are CommonJS modules, which requires us to use the
2 // "default import" syntax.
3 import express from "express";
4
5 // Cross-Origin Resource Sharing (CORS); This is required to allow the browser
6 // using a different domain to load the HTML to make requests to this server.
7 // I. e., we can use the HTML file from the "web-javascript" project to make
8 // requests to this server.
9 import cors from "cors";
10 const APP_PORT = 5080;
11
12 const app = express();
13
14 app.get("/users", cors(), function (req, res) {
15   res.set("Content-Type", "application/json");
16   res.end(`{
17     "user1" : {
18       "name" : "dingo",
19       "password" : "1234",
20       "profession" : "chef",
21       "id": 1
22     },
23     "user2" : {
24       "name" : "ringo",
25       "password" : "asdf",
26       "profession" : "boss",
27       "id": 3
28     }
29   }`);
30 });
31
32
33 app.listen(APP_PORT, function () {
34   console.log(`Users App @ http://127.0.0.1:${APP_PORT}`);
35 });
```

Express ist ein minimalistisches Web-Framework für Node.js, das die Entwicklung von Webanwendungen vereinfacht. Die Installation kann über einen Packagemanager erfolgen.

Installieren Sie (z. B.) pnpm (<https://pnpm.io/>) und nutzen Sie danach pnpm, um die benötigten Module zu installieren:

```
$ pnpm init
$ pnpm install express
```

Danach starten Sie Ihren Server mit:

```
node --watch UsersServer.mjs
```


Interaktion mit Server mit Hilfe von Fetch

```
1 <html lang="en">
2   <head>
3     <meta charset="utf-8" />
4     <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0" />
5     <title>Eventhandling</title>
6   </head>
7   <body>
8     <script>
9       /* Using Promises:
10       function getUsers() {
11         fetch('http://127.0.0.1:4080/users')
12           .then(response => response.json())
13           .then(users => {
14             const usersElement = document.getElementById('users');
15             usersElement.innerText = JSON.stringify(users);
16           });
17       }
18     */
19
20     /* Using async/await: */
21     async function getUsers() {
22       let response = await fetch("http://127.0.0.1:5080/users");
23       let users = await response.json();
24       const usersElement = document.getElementById("users");
25       usersElement.innerText = JSON.stringify(users);
26     }
27   </script>
28
29   <div id="users"></div>
30   <button onclick="getUsers()">Get Users</button>
31 </body>
32 </html>
```

Beispiel - Rumpf einer einfachen Webanwendung ("Quizzy")

Im Folgenden verwenden wir zur Client-/Server-Kommunikation insbesondere Websockets.

Server

```
1 const express = require('express');
2 const app = express();
3
4 const expressWs = require('express-ws')(app);
5
6 let clients = 0;
7 let playerWSs = [];
8
9 let adminWS = null;
10 let answersCount = 0;
11 let correctAnswersCount = 0;
12
13 app.use(express.static('.')); // required to serve static files
14
15
16 function sendCurrentPlayers() {
17   if (adminWS && playerWSs.length > 0) {
18     allPlayers = playerWSs
19       .filter(player => player.name)
20       .map(player => { return { "id": player.id, "name": player.name } })
21     console.log("Sending current players: " + JSON.stringify(allPlayers));
22     adminWS.send(JSON.stringify({ "type": "players", "players": allPlayers }));
23   }
24 }
25
26 function sendNextQuestion() {
27   answersCount = 0;
28   correctAnswersCount = 0;
29   const question = "What is the capital of France?";
30   const answers = ["Paris", "London", "Berlin", "Madrid"];
31   const correct = "Paris";
32
33   const nextQuestion = JSON.stringify({
34     "type": "question",
35     "question": question,
36     "answers": ["Paris", "London", "Berlin", "Madrid"]
37   })
38   playerWSs.forEach(player => player.ws.send(nextQuestion));
39   adminWS.send(JSON.stringify({
40     "type": "question",
41     "question": question,
42     "answers": answers,
43     "correct": correct
44   }));
45 }
46
47 function sendResults() {
48   const results = playerWSs.map(player => {
49     return { "id": player.id, "name": player.name, "wins": player.wins }
50   });
51   const sortedResults = results.sort((a, b) => b.wins - a.wins);
52   const resultsMsg = JSON.stringify({
53     "type": "results",
54     "results": sortedResults
```

```

55     });
56     playerWSs.forEach(player => player.ws.send(resultsMsg));
57     adminWS.send(resultsMsg);
58
59 }
60
61
62 function handleAnswer(clientId, answer) {
63     const correct = answer.answer === "Paris";
64     const player = playerWSs.find(player => player.id === clientId);
65     if (correct) {
66         if (correctAnswersCount === 0) {
67             player.wins++;
68         }
69         correctAnswersCount++;
70     }
71     answersCount++;
72     if (answersCount === playerWSs.length) {
73         // sendNextQuestion();
74         sendResults();
75     } else {
76         adminWS.send(JSON.stringify({
77             "type": "answers",
78             "count": answersCount,
79             "correctAnswersCount": correctAnswersCount
80         }));
81     }
82 }
83
84
85 app.ws('/player', function (ws, request) {
86     const clientId = clients++;
87     const playerData = { "ws": ws, "id": clientId, "wins": 0 }
88     playerWSs.push(playerData);
89     ws.onmessage = function (event) {
90         message = JSON.parse(event.data);
91         switch (message.type) {
92             case "registration":
93                 const name = message.name;
94                 console.log("Registration: " + clientId + "/" + name);
95                 playerData.name = name;
96                 sendCurrentPlayers();
97                 break;
98
99             case "answer":
100                 const answer = message;
101                 handleAnswer(clientId, answer);
102                 break;
103
104             default:
105                 console.log("Unknown message: " + message);
106                 break;
107         }
108     };
109     ws.onclose = function () {
110         console.log("Player disconnected: " + clientId);
111         playerWSs = playerWSs.filter(player => player.id !== clientId);
112         sendCurrentPlayers();
113     };
114     ws.onerror = function () {

```

```

115     console.log("Player error: " + clientId);
116     playerWSs = playerWSs.filter(player => player.id !== clientId);
117     sendCurrentPlayers();
118   };
119 });
120
121 app.ws('/admin', function (ws, req) {
122   adminWS = ws;
123   sendCurrentPlayers(); // when admin registers her/himself, send current players
124   ws.onmessage = function (event) {
125     message = JSON.parse(event.data);
126     switch (message.type) {
127       case "start":
128         console.log("Start game");
129         sendNextQuestion();
130         break;
131       default:
132         console.log("Unknown message: " + message);
133         break;
134     }
135   };
136
137   ws.onclose = (event) => {
138     console.log("Admin disconnected");
139     adminWS = null;
140     sendCurrentPlayers();
141   };
142
143   ws.onerror = (event) => {
144     console.log("Admin error: " + event);
145     sendCurrentPlayers();
146   };
147
148 });
149
150
151 const PORT = process.env.QUIZZY_PORT || 8800;
152
153 var server = app.listen(PORT, function () {
154   console.log(`Quizzy running at http://127.0.0.1:${PORT}/`);
155 })

```

Client - Players

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3
4 <head>
5   <script>
6     let ws = undefined
7     try {
8       ws = new WebSocket("ws://localhost:5557/player");
9     } catch (e) {
10       alert("WebSocket connection failed: " + e);
11       document.getElementById("main").innerText = "WebSocket connection failed. Please check the s
12     }
13     ws.onmessage = (event) => {
14       const data = JSON.parse(event.data);
15       switch (data.type) {
16         case "question":
17           console.log("Question: " + data.question);

```

```

18         showQuestion(data);
19         break;
20     case "results":
21         const main = document.getElementById("main")
22         main.innerHTML = "Results: " + event.data;
23         break;
24     default:
25         console.log("Unknown message: " + data);
26         break;
27     }
28 };
29 ws.onclose = (event) => {
30     console.log("Connection closed: " + event);
31 }
32 ws.onerror = (event) => {
33     console.error("Error: " + event);
34 }
35
36 function showQuestion(data) {
37     const main = document.getElementById("main")
38     main.innerHTML = `<h1>Question</h1><p>${data.question}</p>`;
39
40     function createAnswerButton(answer) {
41         const button = document.createElement("button");
42         button.innerText = answer;
43         button.onclick = submitAnswer(answer);
44         return button;
45     }
46
47     for (answer of data.answers) {
48         main.appendChild(createAnswerButton(answer));
49     }
50 }
51
52 function submitAnswer(answer) {
53     return () => {
54         ws.send(JSON.stringify({
55             "type": "answer",
56             "answer": answer
57         }));
58         doWait();
59     }
60 }
61
62 function submitUsername() {
63     const name = document.getElementById("username").value;
64     ws.send(JSON.stringify({
65         "type": "registration",
66         "name": name
67     }));
68
69     doWait();
70 }
71
72 function doWait() {
73     const main = document.getElementById("main");
74     main.innerHTML = "Waiting for other players...";
75 }
76 </script>
77

```

```

78 </body>
79
80 <main id="main">
81   <form>
82     <input type="text" id="username" placeholder="Username">
83     <button type="button" onclick="submitUsername();">Submit</button>
84   </form>
85 </main>
86 </body>
87
88 </html>

```

Client - Admin

```

1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="en">
3
4 <head>
5   <script>
6     const ws = new WebSocket("ws://localhost:5557/admin");
7
8     ws.onmessage = (event) => {
9       const data = JSON.parse(event.data);
10      console.log("Received: " + event.data);
11      switch (data.type) {
12        case "players":
13          const players = document.getElementById("players")
14          players.innerText =
15            "[" + data.players.length + " players] " +
16            data.players
17              .map(player => player.id + ": " + player.name)
18              .join(", ");
19          break;
20        case "question":
21          showQuestion(data);
22          break;
23        case "results":
24          const main = document.getElementById("main")
25          main.innerText = "Result: " + event.data;
26          break;
27        default:
28          console.log("unknown: " + event.data);
29          break;
30      }
31    };
32
33    ws.onclose = (event) => {
34      console.log("Connection closed: " + event);
35      const main = document.getElementById("main")
36      main.innerText = "Connection closed - you need to restart.";
37    };
38
39    ws.onerror = (event) => {
40      console.log("Connection error: " + event);
41    };
42
43    function startGame() {
44      ws.send(JSON.stringify({"type": "start"}));
45    }
46
47    function showQuestion(data) {
48      document.getElementById("main").innerText = `

```

```
48         question: ${data.question}; correct answer: ${data.correct}
49     },
50 }
51 </script>
52 </head>
53
54 <body>
55     <main id="main">
56         <h1>Players</h1>
57         <p id="players"></p>
58         <button type="button" onclick="startGame();">Start Game</button>
59     </main>
60 </body>
61
62 </html>
```

Die Implementierung dient nur dazu die grundlegenden Konzepte zu verdeutlichen. Es fehlen **viele** Aspekte wie z. B., Sicherheit.

Authentifizierung mit JWT (und Express)

Im Folgenden wird primär die Verwendung eines JWTs zur Authentifizierung von Benutzern demonstriert.

Die initiale Authentifizierung, die im folgenden Beispiel über ein per get-Request übermittelten Benutzernamen und Passwort erfolgt, ist **nicht sicher**. In einer realen Anwendung sollte für die initiale Authentifizierung ein sicherer Mechanismus verwendet werden. Eine Möglichkeit wäre z. B. die Verwendung von DIGEST Authentication (nicht empfohlen bzw. nur für einfachste Fälle). Sinnvoll wäre Basic Authentication *in Verbindung mit HTTPS* oder zum Beispiel der Einsatz von OAuth.

Warnung

Basic Authentication ohne HTTPS ist nicht sicher!

D.h. *Basic Authentication* ist genauso unsicher wie die hier gezeigte Lösung für die initiale Authentifizierung.

Server

```
1 import express from "express";
2 import fs from "fs";
3 import path from "node:path";
4 import { fileURLToPath } from "url";
5 import jwt from "jsonwebtoken";
6 import crypto from "crypto";
7 import bodyParser from "body-parser";
8
9 const app = express();
10
11 const SERVER_SECRET = crypto.randomBytes(64).toString("hex");
12 const users = JSON.parse(
13   fs.readFileSync(
14     path.resolve(path.dirname(fileURLToPath(import.meta.url)), "users.json"),
15     "utf8",
16   ),
17 );
18 console.log("Users: " + JSON.stringify(users));
19
20 app.use(express.static("."));
21 app.use(express.json());
22 app.use(bodyParser.text());
23
24 const verifyToken = (req, res, next) => {
25   console.log("Headers: " + JSON.stringify(req.headers));
26
27   const token = req.headers["authorization"].split(" ")[1];
28   if (!token) {
29     return res.status(401).json({ error: "Unauthorized" });
30   }
31
32   jwt.verify(token, SERVER_SECRET, (err, decoded) => {
33     console.log("Decoded: " + JSON.stringify(decoded));
34     if (err) {
35       return res.status(401).json({ error: "Unauthorized" });
36     }
37     req.userIndex = decoded.userIndex;
38     next();
39   });
40 };
41
42 app.get("/admin/login", function (req, res) {
```



```

43 const name = req.query.name;
44 const password = req.query.password; // in a real app use hashed passwords!
45
46 if (!name || !password) {
47     res.status(400).send("Missing name or password");
48     return;
49 }
50
51 let userIndex = -1;
52 for (let i = 0; i < users.length; i++) {
53     if (users[i].name === name && users[i].password === password) {
54         userIndex = i;
55         break;
56     }
57 }
58 if (userIndex === -1) {
59     res.status(401).send("Credentials invalid.");
60     return;
61 }
62 console.log(
63     "Authenticated: " + users[userIndex].name + " " + users[userIndex].password,
64 );
65
66 // Here, we can use the userIndex to identify the user;
67 // but this only works as long as the user list is fixed.
68 // In a real app use, e.g., a user's email.
69 const token = jwt.sign({ userIndex: userIndex }, SERVER_SECRET, {
70     expiresIn: "2h",
71 });
72 res.status(200).json({ token });
73 });
74
75 app.post("/admin/question", verifyToken, function (req, res) {
76     const userIndex = req.userIndex;
77     const question = req.body;
78     console.log("Received question: " + question + " from user: " + users[userIndex].name);
79
80     res.status(200).send("Question stored. Preliminary answer: 42.");
81 });
82
83 // Attention: a port like 6666 will not work on (most?) browsers
84 const port = 8080;
85 var server = app.listen(port, function () {
86     console.log(`Running at http://127.0.0.1:${port}/`);
87 });

```

Client (JavaScript)

```

1  /*
2  Initializes the login interface.
3  */
4  document
5      .getElementsByName("main")[0]
6      .replaceChildren(document.getElementById("log-in").content.cloneNode(true));
7  document.getElementById("login-dialog").showModal();
8  document.getElementById("login-button").addEventListener("click", login);
9
10 let jwt = null; // JSON Web Token for authentication
11
12 async function login() {
13     const name = document.getElementById("administrator").value;

```

```

14 const password = document.getElementById("password").value;
15 const urlEncodedName = encodeURIComponent(name);
16 const urlEncodedPassword = encodeURIComponent(password);
17 const response = await fetch(
18     "http://" +
19     location.host +
20     "/admin/login?name=" +
21     urlEncodedName +
22     "&password=" +
23     urlEncodedPassword,
24 );
25 if (response.status !== 200) {
26     console.error("Login failed: " + response.status);
27     return;
28 }
29 const responseJSON = await response.json();
30 jwt = responseJSON.token;
31 console.log("Received JWT: " + jwt);
32
33 document.getElementById("login-dialog").close();
34
35 document
36     .getElementsByTagName("main")[0]
37     .replaceChildren(document.getElementById("logged-in").content.cloneNode(true));
38 document.getElementById("enter-question-dialog").showModal();
39 document.getElementById("send-question").addEventListener("click", sendQuestion);
40 }
41
42 async function sendQuestion() {
43     const question = document.getElementById("question").value;
44
45     const response = await fetch("http://" + location.host + "/admin/question", {
46         method: "POST",
47         headers: {
48             "Content-Type": "text/plain",
49             Authorization: `Bearer ${jwt}`,
50         },
51         body: question,
52     });
53     const text = await response.text();
54     showAnswer(text);
55 }
56
57 function showAnswer(text) {
58     document.getElementById("answer-dialog").showModal(false);
59     document.getElementById("answer-paragraph").textContent = text;
60 }

```

Alle Quellen:

admin.js

admin.html

admin.css

server.mjs

start_server.sh

Users.json

2. Web Komponenten

Work in progress!

Quizzy

Bei der Quizzy Komponenten handelt es sich um eine (ganz) einfache Client-Server basierte Komponente für Quizzes. Die Komponente besteht aus der Definition der Web Komponente und einem Server. Die Komponente und der Server kommunizieren über Web Sockets. Der Server führt in Hinblick auf Cross-origin requests keine besonderen Prüfungen durch!

Warnung

Es handelt sich nur um einen minimalen Prototyp, der lediglich der Demonstration von Webkomponenten und der Kommunikation selbiger mit Servern dient. Es existiert keinerlei Sicherheit!

Quizzzy - Server Code (server.js)

```
1  const express = require('express');
2  const app = express();
3
4  const expressWs = require('express-ws')(app);
5
6  let clients = 0;
7  let playerWSs = [];
8
9  let adminWS = null;
10 let answersCount = 0;
11 let correctAnswersCount = 0;
12
13 app.use(express.static('.')); // required to serve static files
14
15 function sendCurrentPlayers() {
16   if (adminWS && playerWSs.length > 0) {
17     allPlayers = playerWSs
18       .filter(player => player.name)
19       .map(player => { return { "id": player.id, "name": player.name } })
20     console.log("Sending current players: " + JSON.stringify(allPlayers));
21     adminWS.send(JSON.stringify({ "type": "players", "players": allPlayers }));
22   }
23 }
24
25 function sendNextQuestion() {
26   answersCount = 0;
27   correctAnswersCount = 0;
28   const question = "What is the capital of France?";
29   const answers = ["Paris", "London", "Berlin", "Madrid"];
30   const correct = "Paris";
31
32   const nextQuestion = JSON.stringify({
33     "type": "question",
34     "question": question,
35     "answers": ["Paris", "London", "Berlin", "Madrid"]
36   })
37   playerWSs.forEach(player => player.ws.send(nextQuestion));
38   adminWS.send(JSON.stringify({
39     "type": "question",
40     "question": question,
41     "answers": answers,
42     "correct": correct
43   }));
44 }
45
46 function sendResults() {
47   const results = playerWSs.map(player => {
48     return { "id": player.id, "name": player.name, "wins": player.wins }
49   });
50   const sortedResults = results.sort((a, b) => b.wins - a.wins);
51   const resultsMsg = JSON.stringify({
52     "type": "results",
53     "results": sortedResults
54   });
55   playerWSs.forEach(player => player.ws.send(resultsMsg));
56   adminWS.send(resultsMsg);
57 }
```

```

58 }
59
60
61 function handleAnswer(clientId, answer) {
62     const correct = answer.answer === "Paris";
63     const player = playerWSs.find(player => player.id === clientId);
64     if (correct) {
65         if (correctAnswersCount === 0) {
66             player.wins++;
67         }
68         correctAnswersCount++;
69     }
70     answersCount++;
71     if (answersCount === playerWSs.length) {
72         // sendNextQuestion();
73         sendResults();
74     } else {
75         adminWS.send(JSON.stringify({
76             "type": "answers",
77             "count": answersCount,
78             "correctAnswersCount": correctAnswersCount
79         }));
80     }
81 }
82
83
84 app.ws('/player', function (ws, request) {
85     const clientId = clients++;
86     const playerData = { "ws": ws, "id": clientId, "wins": 0 };
87     playerWSs.push(playerData);
88     ws.onmessage = function (event) {
89         message = JSON.parse(event.data);
90         switch (message.type) {
91             case "registration":
92                 const name = message.name;
93                 console.log("Registration: " + clientId + "/" + name);
94                 playerData.name = name;
95                 sendCurrentPlayers();
96                 break;
97
98             case "answer":
99                 const answer = message;
100                 handleAnswer(clientId, answer);
101                 break;
102
103             default:
104                 console.log("Unknown message: " + message);
105                 break;
106         }
107     };
108     ws.onclose = function () {
109         console.log("Player disconnected: " + clientId);
110         playerWSs = playerWSs.filter(player => player.id !== clientId);
111         sendCurrentPlayers();
112     };
113     ws.onerror = function () {
114         console.log("Player error: " + clientId);
115         playerWSs = playerWSs.filter(player => player.id !== clientId);
116         sendCurrentPlayers();
117     };
118 });

```



```

119
120 app.ws('/admin', function (ws, req) {
121     adminWS = ws;
122     sendCurrentPlayers(); // when admin registers her/himself, send current players
123     ws.onmessage = function (event) {
124         message = JSON.parse(event.data);
125         switch (message.type) {
126             case "start":
127                 console.log("Start game");
128                 sendNextQuestion();
129                 break;
130             default:
131                 console.log("Unknown message: " + message);
132                 break;
133         }
134     };
135
136     ws.onclose = (event) => {
137         console.log("Admin disconnected");
138         adminWS = null;
139         sendCurrentPlayers();
140     };
141
142     ws.onerror = (event) => {
143         console.log("Admin error: " + event);
144         sendCurrentPlayers();
145     };
146
147 });
148
149
150 const PORT = process.env.QUIZZY_PORT || 8800;
151
152 var server = app.listen(PORT, function () {
153     console.log(`Quizzzy running at http://127.0.0.1:${PORT}/`);
154 })

```

Quizzy - Client Code (quizzy.js)

```
1  /**
2   * A small web component which enable us to integrate a small quiz
3   * into a webpage.
4   */
5  const quizzyStyles = new CSSStyleSheet();
6  quizzyStyles.replaceSync(`
7  :host {
8      display: block;
9      width: 100%;
10     height: 10lh;
11     background-color: #f0f0f0
12 }
13 main {
14     height: 100%;
15
16     .select-mode {
17         height: 100%;
18         display: flex;
19         flex-direction: column;
20         align-items: center;
21         gap: 1em;
22         align-content: space-around;
23         justify-content: space-around;
24
25         button,
26         button[type="button"] {
27             width: 40%;
28             height: 2.5lh;
29             flex-grow: 0;
30             padding: 0.5em;
31             font-size: inherit;
32         }
33     }
34 }
35 `);
36
37 class Quizzy extends HTMLElement {
38     constructor() {
39         super();
40
41         const shadow = this.attachShadow({ mode: "open" });
42
43         shadow.adoptedStyleSheets = [quizzyStyles];
44         shadow.innerHTML = `
45             <main>
46                 <div class="select-mode">
47                     <button id="clientButton">Join Quizzy</button>
48                     <button id="adminButton">Administrate Quizzy</button>
49                 </div>
50             </main>`;
51     }
52
53     connectedCallback() {
54         const wsURL = this.getAttribute("ws-url");
55
56         /**
57          * Client logic
```

```

58  */
59  this.shadowRoot
60    .getElementById("clientButton")
61    .addEventListener("click", () => {
62      this.shadowRoot.innerHTML = `
63        <main>
64          <form>
65            <input type="text" id="username" placeholder="Username">
66            <button id="submit" type="button">Submit</button>
67          </form>
68        </main>`;
69
70      const ws = new WebSocket(`${wsURL}/player`);
71
72      ws.onmessage = (event) => {
73        const data = JSON.parse(event.data);
74        switch (data.type) {
75          case "question":
76            showQuestion(data);
77            break;
78          case "results":
79            showResults(data);
80            break;
81          default:
82            console.warn("unknown message", data);
83            break;
84        }
85      };
86      ws.onclose = (event) => {
87        console.log("connection closed", event);
88      };
89      ws.onerror = (event) => {
90        console.error("fatal error", event);
91      };
92
93      const showResults = (data) => {
94        console.log("show results", data);
95        const main = this.shadowRoot.querySelector("main");
96        main.innerHTML = `<h1>Results</h1>`;
97        for (const result of data.results) {
98          main.innerHTML += `<p>${result.name}: ${result.wins}</p>`;
99        }
100      };
101
102      const showQuestion = (data) => {
103        const main = this.shadowRoot.querySelector("main");
104        main.innerHTML = `<h1>Question</h1><p>${data.question}</p>`;
105
106        const createAnswerButton = (answer) => {
107          const button = document.createElement("button");
108          button.innerText = answer;
109          button.onclick = submitAnswer(answer);
110          return button;
111        };
112
113        for (const answer of data.answers) {
114          main.appendChild(createAnswerButton(answer));
115        }
116      };
117

```

```

118     const submitAnswer = (answer) => {
119         return () => {
120             ws.send(
121                 JSON.stringify({
122                     type: "answer",
123                     answer: answer,
124                 }),
125             );
126             doWait();
127         };
128     };
129
130     setTimeout(() => {
131         this.shadowRoot
132             .getElementById("submit")
133             .addEventListener("click", () => {
134                 submitUsername();
135             });
136     });
137
138     const submitUsername = () => {
139         const name =
140             this.shadowRoot.getElementById("username").value;
141         ws.send(
142             JSON.stringify({
143                 type: "registration",
144                 name: name,
145             }),
146         );
147
148         doWait();
149     };
150
151     const doWait = () => {
152         const main = this.shadowRoot.querySelector("main");
153         main.innerHTML = "Waiting for other players...";
154     };
155 });
156
157 /**
158  * Admin logic
159  */
160 this.shadowRoot
161     .getElementById("adminButton")
162     .addEventListener("click", () => {
163         this.shadowRoot.innerHTML = `
164         <main>
165             <h1>Players</h1>
166             <p id="players"></p>
167             <button id="startGame" type="button">Start Game</button>
168         </main>`;
169
170         const ws = (this.ws = new WebSocket(`${wsURL}/admin`));
171
172         ws.onmessage = (event) => {
173             const data = JSON.parse(event.data);
174             console.log("Received: " + event.data);
175             switch (data.type) {
176                 case "players":
177                     const players =
178                         this.shadowRoot.getElementById("players");

```

```

179         players.innerText =
180             "[" +
181             data.players.length +
182             " players] " +
183             data.players
184                 .map(
185                     (player) =>
186                         player.id + ": " + player.name,
187                 )
188                 .join(", ");
189         break;
190     case "question":
191         this.shadowRoot.querySelector("main").innerText = `
192             question: ${data.question}; correct answer: ${data.correct}
193         `;
194         break;
195     case "results":
196         const main = this.shadowRoot.querySelector("main");
197         main.innerText = "Result: " + event.data;
198         break;
199     default:
200         console.log("unknown: " + event.data);
201         break;
202     }
203 };
204
205 ws.onclose = (event) => {
206     console.log("Connection closed: " + event);
207     const main = this.shadowRoot.querySelector("main");
208     main.innerText = "Connection closed - you need to restart.";
209 };
210 ws.onerror = (event) => {
211     console.log("Connection error", event);
212 };
213
214 function startGame() {
215     ws.send(JSON.stringify({ type: "start" }));
216 }
217
218 setTimeout(() => {
219     this.shadowRoot
220         .getElementById("startGame")
221         .addEventListener("click", () => {
222             startGame();
223         });
224     });
225 });
226
227 console.log("Quizzy component connected", this.wsURL);
228 }
229
230 disconnectedCallback() {
231     console.log("Quizzy component disconnected");
232     // Clean up any resources, event listeners, or connections,... TODO
233 }
234 }
235
236 customElements.define("ld-quizzy", Quizzy);

```

Verwendung der Quizzy Komponente

```
<script src="code/quizzy-component/quizzy.js"></script>
<div onclick="event.stopPropagation();">
  <ld-quizzy ws-url="ws://localhost:5557">
    <!-- When used as a real component, we have to either specify the
    questions here (somehow encrypted) and send them to the server when
    required, or refer to a set of questions stored on the server by
    means of a parameter/attribute... -->
  </ld-quizzy>
</div>
```