1 Einleitung

In den nächsten Abschnitten finden Sie einige Hinweise zu den in JavaScript verfügbaren Datentypen, insbesondere Funktionen und Objekte, und zur objektorientierten Programmierung mit den Sprachmitteln von JavaScript.

Verwendete Quellen
Die Zusammenstellung basiert vor allem auf dem Buch von Nicholas Zakas, das in deutscher Übersetzung 2014 unter dem Titel "JavaScript objektorientiert" beim d.punkt-Verlag erschienen ist. Weitere Darstellungen und Erläuterungen wurden den Werken "Javascript" und "Professionell entwickeln mit JavaScript" von Philip Ackermann, beide erschienen beim Rheinwerk-Verlag, entnommen.

Ausführung der Beispiele
Die Beispiele können Sie mit dem JavaScript-Interpreter **`nodejs`** ausführen. Erläuterungen zu `nodejs` und zur Ausführung der Beispiel in einem Webbrowser finden Sie im Abschnitt Werkzeuge.

Verwendung aktueller Webbrowser
Die Erläuterungen und Beispiele sollten mit jedem aktuellen Webbrowser, der für die gängigen Betriebssysteme (MS-Windows 8/10, Linux, MacOS) verfügabr ist, ausführbar sein. Wenn Sie einen älteren Webbrowser oder ein anderes als die genannten Betriebssysteme verwenden, könnten Probleme bei der Ausführung auftreten. Welche Eigenschaften mit welchen Webbrowsern genutzt werden können, können Sie auf der Website https://caniuse.com/ abfragen.

2 Datentypen

In JavaScript stehen eine Reihe von Datentypen zur Verfügung. In den folgenden Abschnitten finden Sie einen kurzen Überblick. Die speziellen Eigenschaften von Funktionen und Objekten werden im Kapitel Objektorientierte Programmierung ausführlicher behandelt.

Wie bei anderen Script-Sprachen (z.B. Python) verwendet JavaScript eine dynamische Typbindung. Bezeichner werden durch Zuweisung oder Verwendung in einem entsprechenden Kontext an einen Typ gebunden, die Bindung kann jederzeit geändert werden.

2.1 Primitive Datentypen

JavaScript kennt folgende primitive Datentypen:

Datentyp	Wert	Beispiele
Zahlen	Ganzzahl oder Gleitkommazahl	123 oder 14.15
Zeichenketten	Zeichen oder Zeichenfolge	"a" oder 'xyz'
null	null	
nicht definiert	undefined	
boolscher Wert	true oder false	

Bei den primitiven Datentypen werden die Werte direkt zugewiesen, d.h. es gibt einen direkten Zusammenhang zwischen Bezeichner und Wert. Jeder Bezeichner mit einem primitiven Datentyp hat einen eigenen Wert.

2.2 Referenztypen

Referenztypen speichern Referenzwerte. Bei der Zuweisung von Referenzwerten werden nicht die referenzierten Daten, sondern nur die Referenzen verwendet bzw. kopiert.

Referenzwerte werden solange vorgehalten, solange es noch Referenzen auf sie gibt. Der automatisch ablaufende Garbage-Collector entfernt einen Referenzwert erst, wenn es keine Referenzen mehr darauf gibt.

Beispiel:

```
var referenzTyp1 = referenzwert;
var referenzTyp2 = referenzTyp1;
```

Durch die zweite Zuweisung wird **keine** Kopie des Referenzwertes `referenzwert` erstellt, sondern nur die Referenz kopiert. Anschließend verweisen **beide** Variablen auf denselben Referenzwert. Änderungen des Referenzwertes sind bei beiden Variablen sichtbar.

Eine Referenz kann in JavaScript durch Zuweisung von `null` aufgehoben werden:

```
referenzTyp1 = null;
```

Nach der Zuweisung enthält nur noch `referenzTyp2` die Referenz auf den Referenzwert.

In JavaScript repräsentieren Referenztypen (ausschließlich) Objekte.

2.3 Objekte

Ein Objekt ist in JavaScript eine nicht geordnete Liste von Eigenschaften, die aus einem Namen (Zeichenkette [*string*]) und einem Wert (primitiver Wert oder Referenzwert) bestehen.

Es gibt einerseits vordefinierte Objekte und andererseits speziell konstruierte Objekte, die mit verschiedenen Methoden erzeugt werden können (siehe Details in den folgenden Abschnitten):

- direkt mit der Literalform
- mit dem Aufruf `Object.create()` oder
- mit Hilfe des `new`-Operators.

Weitere Erläuterungen zur Erzeugung und Verwendung von Objekten finden Sie auch im Kapitel Objektorientierte Programmierung.

2.3.1 Vordefinierte Objekte

Einige Objekte sind in JavaScript vordefiniert und können als in die Sprache eingebaute Referenztypen mit dem `new`-Operator zur Erzeugung entsprechender neuer Objekte verwendet werden:

Referenztyp	**Bedeutung**	**Erläuterung**
Object	generisches Objekt	leeres Objekt, i.d.R. zur Erweiterung vorgesehen
Array	Liste mit numerischem Index (0..n)	nicht kompakte Speicherung, Werte jeder Art
Date	Datum und Uhrzeit	stellt Methoden zur Bearbeitung bereit
Error	Informationen zu Laufzeitfehler	wird bei der Ausnahmebehandlung verwendet

Referenztyp	Bedeutung	Erläuterung
Function	Funktion	alle JavaScript-Funktionen sind von diesem Typ
Regexp	regulärer Ausdruck	stellt Methoden zur Anwendung bereit

So wird z.B. mit dem Aufruf

```
var actDate_o = new Date();
```

eine Referenzvariable `actDate_o` erzeugt, die auf ein Datumsobjekt verweist. Dieses Objekt enthält den Zeitpunkt der Ausführung der Anweisung.

2.3.2 Objekterzeugung mit `Object.create()`

Die in den neueren Standards von JavaScript verfügbare Methode `Object.create()` ermöglicht die Erzeugung neuer Objekte:

```
var newObject_o = Object.create(Object.prototype);
newObject_o.eigenschaft_s = 'Wert';
```

Im Beispiel wird zunächst ein Objekt auf Basis des vordefinierten Objekts `Object` erzeugt (die Bedeutung der Eigenschaft `prototype` wird später im Zusammenhang mit der objektorientierten Programmierung erläutert). Dieses Objekt enthält zunächst keine zusätzlichen Eigenschaft.

Da Objekte jederzeit erweitert werden können, kann man einem bereits erzeugten Objekt zur Laufzeit weitere Eigenschaften hinzufügen. Im Beispiel wird diese Möglichkeit in der zweiten Zeile genutzt, um die Eigenschaft `eigenschaft_s` mit dem Wert `Wert` im soeben erzeugten Objekt, auf das die Variable `newObject_o` verweist, anzulegen.

Die Variable `newObject_o` repräsentiert einen Referenztyp, da Objekte nicht direkt bei der Variablen abgespeichert werden, sondern auf die Objekte nur verwiesen werden kann.

2.3.3 Objekterzeugung mit `new`

Objekte können auch mit Hilfe des `new`-Operators erzeugt werden. Es muss dann eine Funktion angegebenen werden, die beim Konstruktionsvorgang ausgeführt wird:

```
var newPerson_o = new Person_cl();
```

`Person_cl` ist dabei eine JavaScript-Funktion. Jede Funktion kann mit Hilfe des `new`-Operators zur Erzeugung von Objekten verwendet werden.

Die Variable `newPerson_o` ist wiederum ein Referenztyp.

2.4 Literalformen

Für primitive Werte und Referenztypen, also Objekte, gibt es literale Formen für die Werte. Die Schreibweisen für primitive Werte finden Sie im Abschnitt Primitive Datentypen.

Objekte können mit der literalen Schreibweise einfach eingerichtet werden:

- die Liste der Eigenschaften (Key-Value-Paare) wird in geschweifte Klammern gesetzt
- es ist möglich, eine leere Liste anzugeben, d.h. das Objekt hat dann zunächst keine speziellen Eigenschaften.

Beispiel:

```
var secondPerson_o = {
  name: "Meier",
  vorname: "Egon"
}
```

Die Eigenschaftsnamen können auch als Zeichenkettenkonstante notiert werden (mit begrenzenden ' oder "). Dann sind auch Namen mit Leerzeichen und anderen Sonderzeichen möglich.

Ein über die literale Schreibweise erzeugtes Objekt unterscheidet sich von einem mit `new` erzeugten Objekt dadurch, dass keine konstruierende Funktion aufgerufen wird. Die über die literale Schreibweise erzeugten Objekte basieren direkt auf dem allgemeinen Objekt `Object`.

Auch für Funktionen gibt es eine literale Schreibweise. Diese wird in den kommenden Abschnitten behandelt.

Reguläre Ausdrücke können mit einer speziellen literalen Schreibweise definiert werden. Darauf wird hier nicht weiter eingegangen.

2.4.1 Zugriff auf die Eigenschaften eines Objekts

Auf die Eigenschaften eines Objekts kann über die Punktschreibweise (wie in C/C++: Elementzugriffsoperator) oder den Index-Operator zugegriffen werden. Aus syntaktischen Gründen kann man die Punktschreibweise nur bei Elementnamen verwenden, die zu keinen syntaktischen Fehlinterpretationen führen können.

Die beiden folgenden Zugriffe sind gleichbedeutend:

```
console.log(secondPerson_o.name);
console.log(secondPerson_o["name"]);
```

2.4.2 Wrapper für primitive Typen

Für die primitiven Typen Zahlen und Zeichenketten gibt *Wrapper*-Objekte, die temporär erzeugt werden, wenn man mit diesen Typen arbeitet. Dadurch können diese primitiven Typen wie Referenztypen verwendet werden.

2.5 Funktionen

Aus der weiter vorne präsentierten Aufstellung ist ersichtlich, dass auch Funktionen Objekte sind. Mit Hilfe des vordefinierten Objekts `Function` kann man Funktionen erzeugen: dazu gibt man die Parameterliste (ggf. keine) und den Funktionsrumpf (Quellcode als Zeichenkette) an; als Name der Funktion dient der Name der Variablen, die die Referenz auf die neu erzeugte Funktion erhält:

```
// Erzeugung
var x = new Function ("v", "return v;");

// Aufruf
var y = x("abcde"); // welchen Wert erhält y?
```

2.5.1 Literalformen für Funktionen

Es gibt **zwei** Literalformen für Funktionen:

- **`function declaration`**
- **`function expression`**.

Bei einer `function declaration` wird das Schlüsselwort `function` zusammen mit einem Namen verwendet, um die Funktion zu deklarieren:

```
function x (v) {
  return v;
}
```

Diese Schreibweise entspricht etwa den Notationen in C oder C++.

Funktionen können aber auch als auswertbarer Ausdruck literal angegeben werden. Zur Laufzeit wird der Ausdruck ausgewertet, Ergebnis ist ein Funktionsobjekt, das entweder einer Variablen zugewiesen wird oder als Aktualparameter für eine Funktion verwendet wird:

```
var x = function (v) {
  return v;
}
```

Beim Funktionsausdruck wird der Name, da weiter nicht sinnvoll verwendbar, weggelassen.

In der Regel werden Funktionen mit Hilfe einer der beiden literalen Formen definiert. Die Erzeugung mit Hilfe des vordefinierten Objekts `Function` ist eher die Ausnahme.

Beachten Sie: die erzeugten Funktionen sind Objekte, die Namen (direkt bei der `function declaration` oder als Variablennamen) stehen für die Referenzen auf diese Funktionsobjekte. Funktionen können außerdem weitere Eigenschaften zugewiesen werden.

2.5.2 Methoden: Funktionen als Eigenschaften von Objekten

Wie oben ausgeführt, weisen Objekte Eigenschaften auf, denen ein Wert - primitiver Wert oder Referenzwert - zugewiesen wird. Damit sind also auch Referenzen auf Funktionen als Werte möglich, die ggf. sogar als `function expression` direkt notiert werden. Funktionen, die in Objekten als Werte von Eigenschaften genutzt werden, nennt man **Methoden**.

Beispiel:

```
var person_o = {
   name: "Meier",
   vorname: "Egon",
   gibName: function () {
      return this.name + ', ' + this.vorname;
   }
}

console.log(person_o.gibName());
```

Im Beispiel werden die beiden Eigenschaften zu einer neuen Zeichenkette zusammengesetzt (konkateniert) und als Ergebnis der Methode zurückgegeben. Auf die Bedeutung von `this` wird in den nächsten Abschnitten genauer eingegangen.

3 Objektorientierte Programmierung

3.1 Überblick

Objektorientierte Programmierung wird in JavaScript nicht mit Hilfe von Klassen und Instanzen vorgenommen, sondern anhand von Objekten und deren Prototypen (die, strenggenommen, wiederum Objekte sind).

In JavaScript gibt es wie zuvor erläutert nur Objekte.

Objekte können über individuelle Eigenschaften verfügen, die nur sie besitzen, und allgemeine Eigenschaften, die allen Objekten eines Typs gemeinsam sind. Die allgemeinen Eigenschaften werden in den sog. Prototyp-Objekten definiert; jedes Objekt erhält einen impliziten Verweis auf sein Prototyp-Objekt.

Hinweis:

> Dieser implizite Verweis wird im Standard mit `[[prototype]]` bezeichnet und wurde erstmalig im Webbrowser Firefox als Eigenschaft `__proto__` verfügbar. Inzwischen ist diese Eigenschaft Teil des Standards und in aktuellen Webbrowsern verfügbar, aber eventuell nicht in älteren Webbrowsern. Die Mozilla-Dokumentation weist darauf hin, dass in den aktuellen JavaScript-Versionen anstelle des direkten Zugriffs auf diese Eigenschaft die Methode `Object.getPrototypeOf` verwendet werden soll.

Wird auf eine Eigenschaft eine Objekts zugegriffen, wird zunächst untersucht, ob es eine individuelle Eigenschaft gibt. Wird diese nicht gefunden, wird der implizite Prototyp-Verweis ausgewertet: es wird geprüft, ob im Prototyp-Objekt, das über den impliziten Verweis erreichbar ist, die gesuchte Eigenschaft vorhanden ist. Wenn das Prototyp-Objekt selber wieder einen von null verschiedenen Verweis auf ein weiteres Prototyp-Objekt enthält, wird ggf. dem Verweis gefolgt und dort nach der Eigenschaft gesucht. .

Man nennt dies die "prototype-chain" (Prototyp-Kette). Der Suchvorgang wird solange durchgeführt, bis entweder die Eigenschaft gefunden wurde (dann wird sie verwendet, im Falle einer Funktion heißt das ggf. Aufruf der Methode) oder das Ende der Kette erreicht ist: die Suche endet beim generischen Objekt `Object`. Wird auch dort die Eigenschaft nicht gefunden, wird eine Ausnahme erzeugt mit einer entsprechenden Fehlermeldung.

3.2 Wann gibt es welche Prototypen?

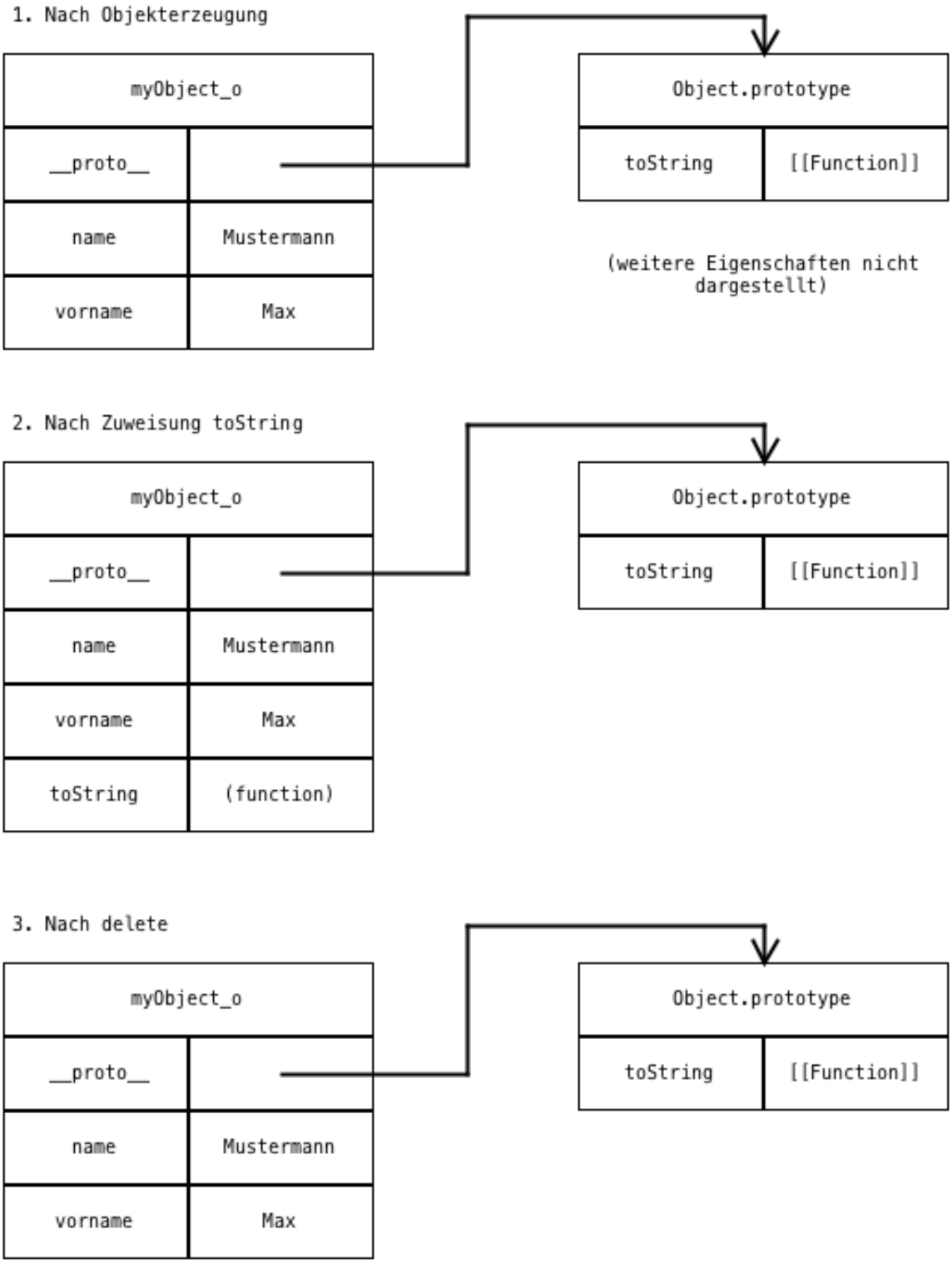
Prototyp-Objekte werden nur für die vordefinierten Objekte und die erzeugten Funktionen bereitgestellt. Mit `new` oder der Literalform für Objekte erzeugte Objekte haben kein eigenes Prototype-Objekt, sondern beziehen sich auf das Prototype-Objekt der erzeugenden Funktion (bei Verwendung von `new`) oder das Prototype-Objekt von `Object`.

3.2.1 Einfache Objekte

Bei Objekten, die mit Hilfe der literalen Schreibweise erzeugt werden, ist der Prototyp das Objekt `Object.prototype`:

```
1  var myObject_o = {
2     name_s: "Mustermann",
3     vorname_s: "Max"
4  }
5  // die allgemeine toString-Methode von Object wird verwendet
6  console.log(myObject_o.toString());
7
8  // spezielle toString-Methode als Eigenschaft erzeugen
9  myObject_o.toString = function () {
10    return this.vorname_s + " " + this.name_s;
11 }
12
13 // die allgemeine toString-Methode von Object wird verborgen
14 console.log(myObject_o.toString());
15
16 // Eigenschaften können auch gelöscht werden!
17 delete myObject_o.toString;
18
19 // die allgemeine toString-Methode von Object wird verwendet
20 console.log(myObject_o.toString());
```

Die Verwendung von `Object.prototype` wird in der nachfolgenden Abbildung nochmals verdeutlicht:



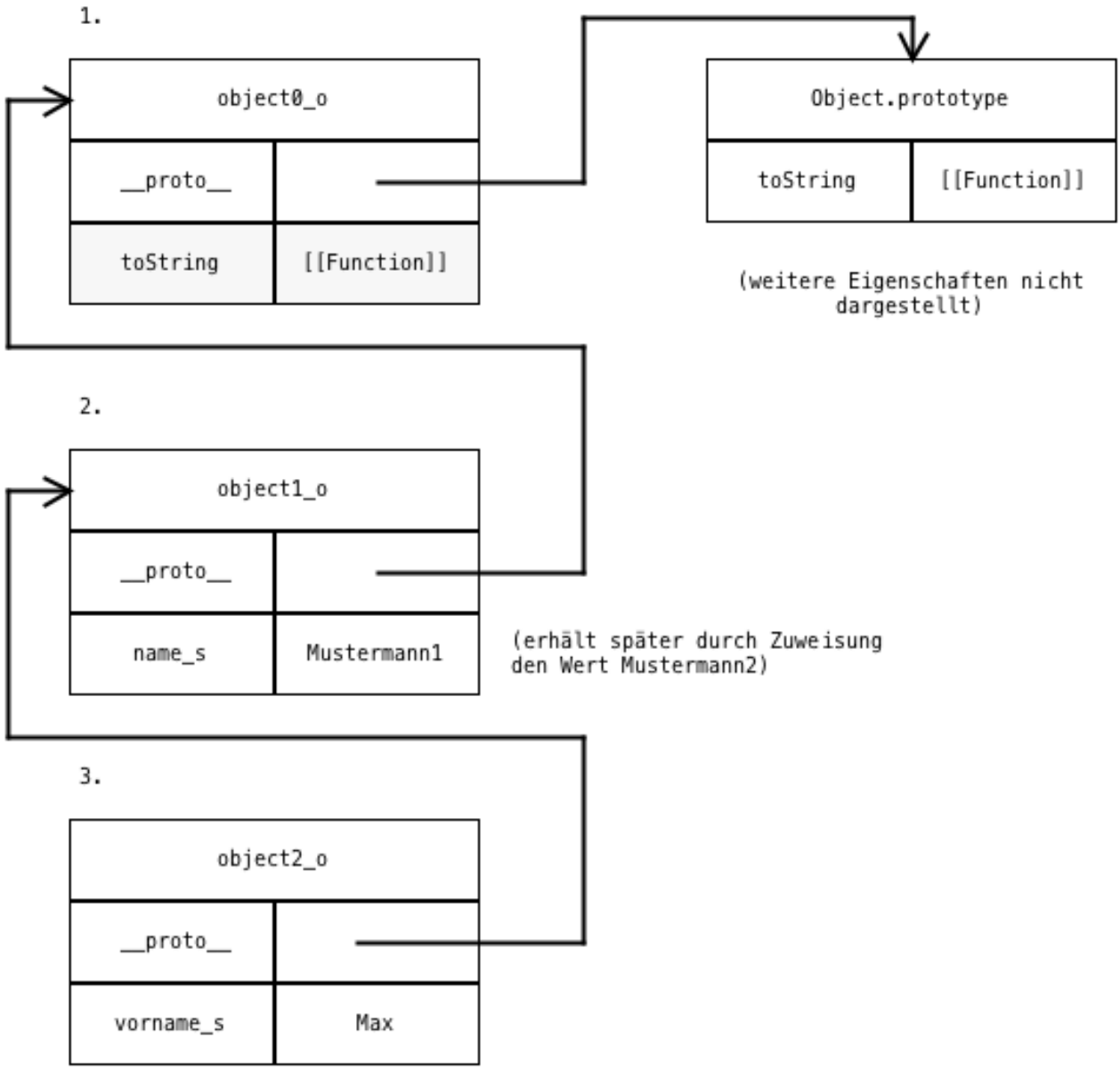
Object.prototype bei einfachen Objekten

3.2.2 Mit `Object.create()` erzeugte Objekte

Objekten, die mit Hilfe der Methode `Object.create()` erzeugt werden, kann ein Prototyp-Objekt bei der Erzeugung zugewiesen werden:

```
1  // 1.
2  var object0_o = Object.create(Object.prototype);
3
4  // 2.
5  var object1_o = Object.create(object0_o);
6  object1_o.name_s = "Mustermann1";
7
8  // 3.
9  var object2_o = Object.create(object1_o);
10 object2_o.name_s = "Mustermann2";
11 object2_o.vorname_s = "Max";
12
13 function showName_p (object_opl) {
14    var result_s = "Ergebnis:";
15    if (object_opl.name_s != undefined) {
16       result_s += " " + object_opl.name_s;
17    }
18    if (object_opl.vorname_s != undefined) {
19       result_s += " " + object_opl.vorname_s;
20    }
21    return result_s;
22 }
23 console.log(showName_p(object0_o));
24 console.log(showName_p(object1_o));
25 console.log(showName_p(object2_o));
26
27 console.log(object0_o.toString());
28 console.log(object1_o.toString());
29 console.log(object2_o.toString());
30
31 object0_o.toString = function () {
32    return showName_p(this);
33 }
34
35 console.log(object0_o.toString());
36 console.log(object1_o.toString());
37 console.log(object2_o.toString());
```

Die Verkettung der einzelnen Objekte ist im nachfolgenden Diagramm wiedergegeben. Die grau hinterlegte `toString`-Methode wird erst in Zeile 28 erzeugt und überschreibt dann die entsprechende Methode des Objekts `Object`. Daher ergeben die Aufrufe von `toString` zunächst die Standardausgabe (Zeilen 24-26), anschließend aber die spezielle Ausgabe (Zeilen 32-34).



Object.prototype bei Anwendung Object.create()

3.2.3 Mit Konstruktor-Funktion erzeugte Objekte

Zur Erzeugung eines Objekts, dass man in der Art einer klassischen Vererbung verwenden möchte, benötigt man eine "Constructor-Function" (Konstruktor-Funktion) (CF).

CFs sind spezielle Objekte: sie werden erzeugt anhand des vordefinierten `Function`-Objekts, das wiederum eine Spezialisierung des allgemeineren `Object`-Objekts ist.

Objekte, die auf dem `Function`-Objekt basieren (somit alle Funktionen und alle vordefinierten Objekte), weisen eine Besonderheit auf: sie erhalten nicht nur einen Prototyp-Verweis `__proto__`, sondern ein weiteres Objekt, auf das mit der Eigenschaft `prototype` verwiesen wird.

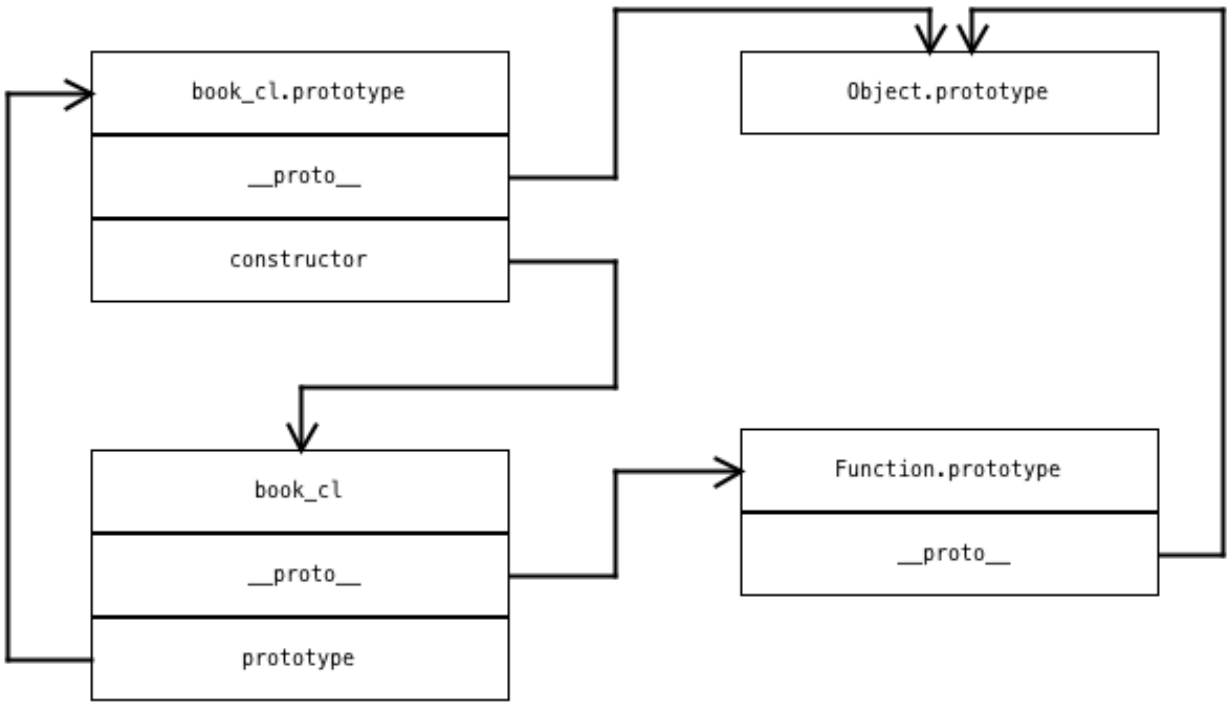
Merke:

1. Alle Funktionen sind Objekte, die auf dem `Function`-Object basieren
2. Bei allen Funktionen werden 2 Objekte erzeugt: das eigentliche Funktions-Objekt und das Prototype-Objekt, auf das mit der Eigenschaft `prototype` verwiesen wird
3. `__proto__` und `prototype` sind unterschiedliche Verweise!

Beispiel:

```
function book_cl (title_spl, publisher_spl) {   // constructor-function (CF)
   this.title = title_spl;
   this.publisher = publisher_spl;
}
```

Mit dieser `function declaration` werden die beiden nachfolgend dargestellten Objekte erzeugt. Entsprechendes gilt auch bei der Verwendung von `function expression` oder der Erzeugung von Funktionen als Instanz des `Function`-Objekts.



`__proto__` und `prototype` bei Funktions- und Standard-Objekten

Die Eigenschaften `title` und `publisher` sind nicht dargestellt, weil zu diesem Zeitpunkt die Funktion zwar *deklariert*, aber noch *nicht ausgeführt* wurde.

In der Abbildung sind das `Function`-Objekt und das `Object`-Objekt nicht dargestellt.

Zur Vereinfachung werden bei dieser und den weiteren Abbildungen die Zellen für die Werte weggelassen.

3.3 Verwendung von Konstruktorfunktionen

Die CF wird zusammen mit der Anweisung `new` verwendet:

```
neues-objekt = new CF;
```

(Man kann dabei auch eine Parameterliste verwenden.)

Was passiert dabei:

- es wird ein leeres Objekt erzeugt
- der this-Bezeichner verweist auf dieses leere Objekt
- der Funktionsrumpf der CF wird ausgeführt, z.B. werden dort über this.eigenschaft neue Eigenschaften im (zunächst leeren) Objekt eingetragen: das sind individuelle Eigenschaften(!)
- der implizite Prototyp-Verweis des neuen Objekts wird dem EXPLIZITEN Prototypen der CF zugeordnet.

Die CF verwendet also, wie weiter oben dargestellt, einen expliziten Prototyp-Verweis für den Prototypen, der für die mit Anwendung der CF zu erzeugenden Objekte verwendet wird. Dieser Verweis wird in der Eigenschaft `prototype` gespeichert und ist NICHT der implizite Verweis der CF.

Die CF hat einen impliziten Prototyp-Verweis auf den Prototyp des Function-Objekts, das Function-Object einen impliziten Verweis auf den Prototyp des Object-Objekts. D.h., sowohl bei Function-Objekten als auch bei Object-Objekten steht ein korrespondierendes Prototyp-Objekt zur Verfügung, das die allgemeinen Eigenschaften von Funktionen und Objekten aufnimmt. Ergänzt man die Eigenschaften dieser Objekte, werden allen Funktionen bzw. allen Objekten (und damit auch allen Funktionen) diese (neuen) Eigenschaften zur Verfügung gestellt.

Im expliziten Prototyp einer CF wird der Rückverweis auf die CF in der Eigenschaft `constructor` gespeichert und zur Verfügung gestellt.

Wenn Sie also bei allen erzeugten Objekten eines Typs (d.h. mit derselben CF erzeugt!) eine Eigenschaft ergänzen wollen, weisen Sie diese der prototype-Eigenschaft des CF zu (siehe z.B. Zeile 56).

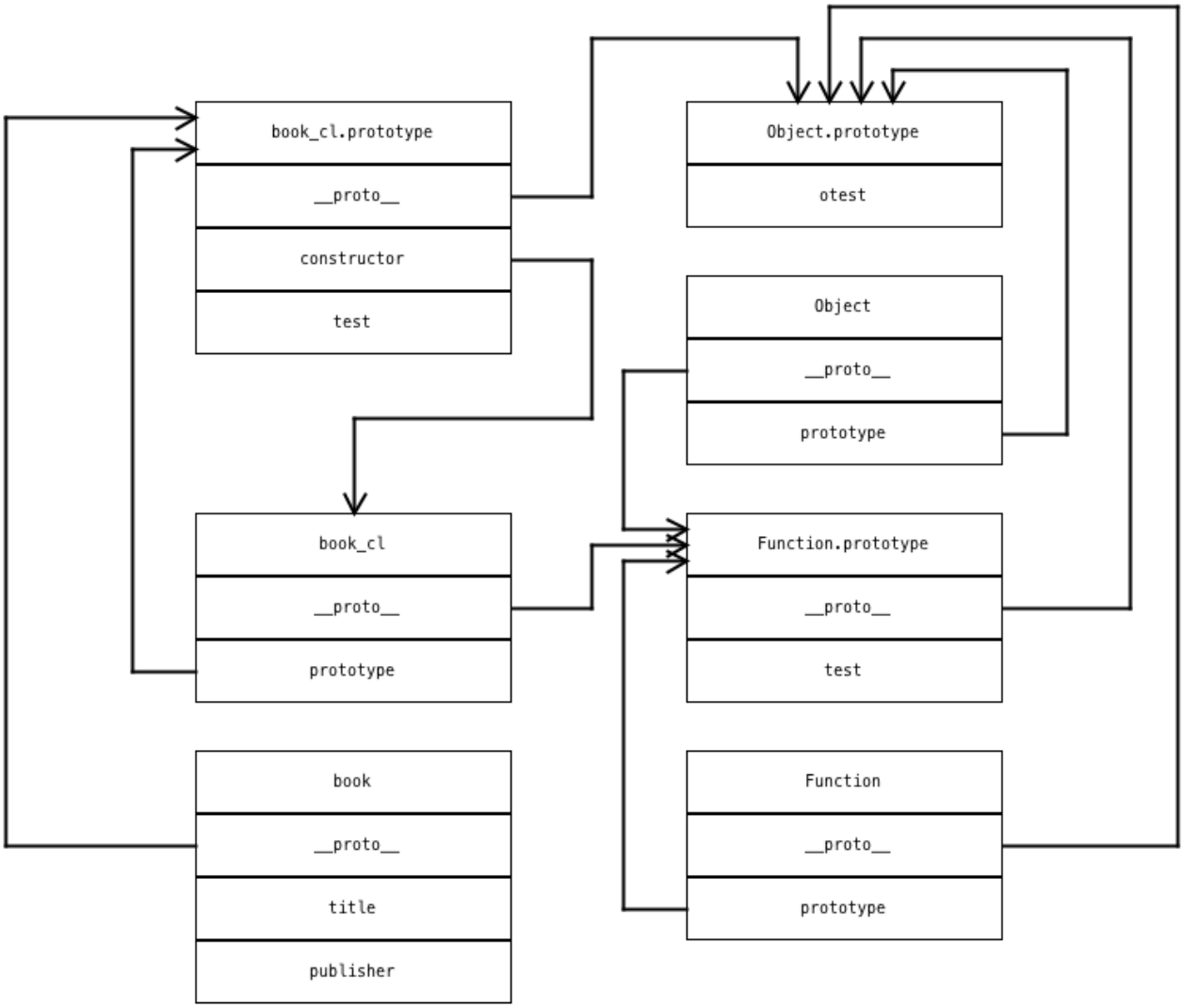
Man kann Objekte auch mit Hilfe einer Objekt-Initialisierung in einer literalen Schreibweise erzeugen (siehe z.B. Zeilen 15 bis 18). Worin besteht der Unterschied zur Verwendung einer CF?

Bei der Initialisierung wird zunächst ein leeres Objekt erzeugt (d.h. intern wird `new Object()` aufgerufen), dann werden die in der Initialisierung angegebenen Eigenschaft als individuelle Eigenschaften in das neue Objekt übernommen. Da keine explizite CF angegeben wird, sondern Object als CF benutzt wird, ist der Prototyp des neuen Objekts das durch `Object.prototype` angegebene Prototyp-Objekt.

```
1  function book_cl (title_spl, publisher_spl) {   // constructor-function (CF)
2     this.title = title_spl;
3     this.publisher = publisher_spl;
4  }
5  console.log("- 01 - ", "prototype"  in book_cl);                // in: wertet prototype-chain aus
6  console.log("- 02 - ", "constructor"  in book_cl);
7  console.log("- 03 - ", book_cl.hasOwnProperty("prototype"));    // hasOwnProperty: untersucht nur das
8  console.log("- 04 - ", book_cl.hasOwnProperty("constructor"));  //                 einzelne Objekt
9
10 book_cl.prototype.toString = function() {
11    return this.title + " / " + this.publisher;
12 }
13
```

```
14 function DoIt() {
15    var book = {                              // Objekt-Initialisierer, d.h.
16       title: "Titel",                        // es wird intern nur new Object ausgeführt
17       publisher: "MySelf"                    // und nicht die CF "book_cl" !
18    };
19    console.log("- 05 - ", book.toString());
20    console.log("- 06 - ", book.hasOwnProperty("publisher"));
21    console.log("- 07 - ", book.hasOwnProperty("toString"));
22    console.log("- 08 - ", book.hasOwnProperty("__proto__"));
23    console.log("- 09 - ", book.hasOwnProperty("prototype"));
24    console.log("- 09 - ", "publisher"  in book);
25    console.log("- 10 - ", "toString"   in book);
26    console.log("- 11 - ", "__proto__"  in book);
27
28    console.log("- 12 - ", "mit Konstruktor-Funktion");
29
30    book = new book_cl("t", "p");
31    console.log("- 13 - ", book.toString());
32    console.log("- 14 - ", book.hasOwnProperty("prototype"));
33    console.log("- 15 - ", "prototype"  in book);
34    console.log("- 16 - ", "prototype"  in book_cl);
35
36    // Erweiterungen der vordefinierten (built-in) JavaScript-Objekte
37
38    Function.prototype.test = function () { console.log("- 17 - ", "Function-test"); }
39    Object.prototype.otest = function () { console.log("- 18 - ", "Object-test"); }
40
41    book_cl.test();
42
43    book_cl.prototype.otest();
44
45    book_cl.prototype.constructor.test();
46
47    book.__proto__.constructor.test();
48    try {
49       book.test(); // klappt nicht! Warum? Machen Sie sich den Unterschied
50                    // zwischen book_cl und book klar!
51    }
52    catch(e) {
53       console.log("- 19 - ", "klappt nicht!");
54    }
55
56    book.otest();
57
58    book_cl.prototype.test = function () { console.log("- 20 - ", "book_cl.prototype.test!"); }
59
60    book_cl.test();
61
62    book.test(); // Jetzt geht's! Warum? Was wird angezeigt?
63 }
64
65 DoIt();
```

In der nachfolgenden Abbildung sind die Zusammenhänge (ab Zeile 30) dargestellt.



Prototype-Konzept

3.4 Vererbung definieren

Zur Verdeutlichung der Vererbung mit Hilfe von Konstruktorfunktionen dient das folgende, dem Werk von Zakas entnommene Beispiel:

```
function Rectangle(length, width) {
   this.length = length;
   this.width = width;
}

Rectangle.prototype.getArea = function() {
   return this.length * this.width;
};

Rectangle.prototype.toString = function() {
   return "[Rectangle " + this.length + "x" + this.width + "]";
};

// Erbt von Rectangle
```

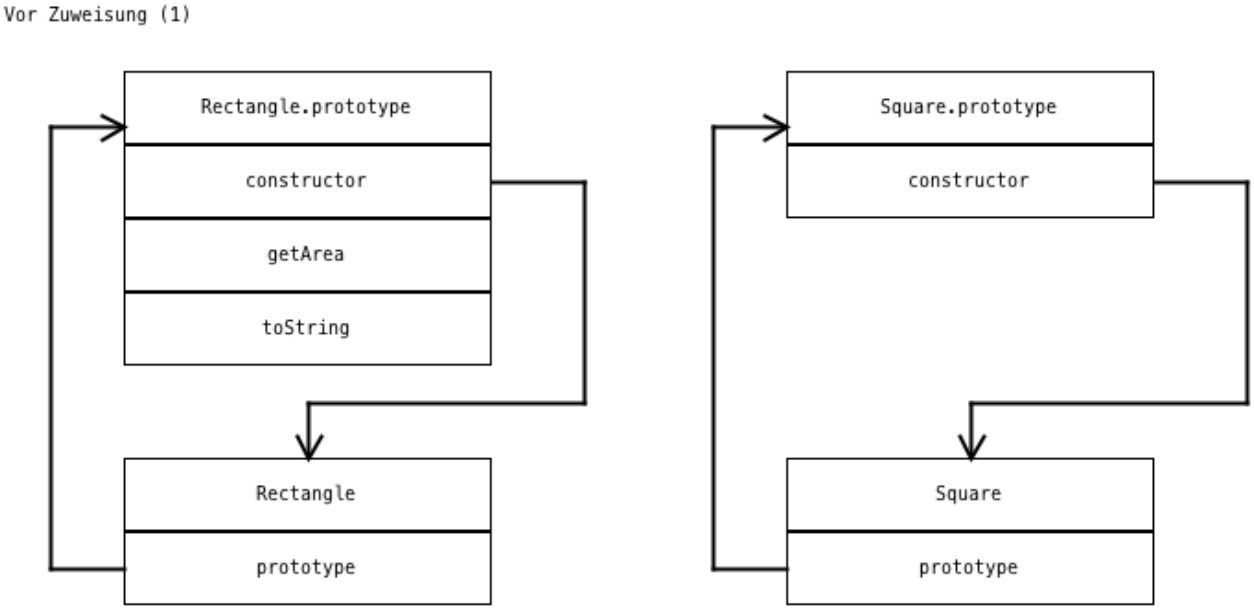
```
15 function Square(size) {
16    this.length = size;
17    this.width = size;
18 }
19
20 Square.prototype = new Rectangle();          // (1)
21 Square.prototype.constructor = Square;       // (2)
22
23 Square.prototype.toString = function() {
24    return "[Square " + this.length + "x" + this.width + "]";
25 };
26
27 var rect = new Rectangle(5, 10);
28 var square = new Square(6);
29
30 console.log(rect.getArea());                 // 50
31 console.log(square.getArea());               // 36
32 console.log(rect.toString());                // "[Rectangle 5x10]"
33 console.log(square.toString());              // "[Square 6x6]"
34 console.log(rect instanceof Rectangle);      // true
35 console.log(rect instanceof Object);         // true
36 console.log(square instanceof Square);       // true
37 console.log(square instanceof Rectangle);    // true
38 console.log(square instanceof Object);       // true
```

In den Zeilen 1 bis 18 werden wie beim Beispiel im vorangegangenen Abschnitt mit Hilfe zweier Konstruktorfunktionen die Objekte `Rectangle` und `Square` erzeugt, die als Vorlagen für die Erzeugung von Instanzen dienen.

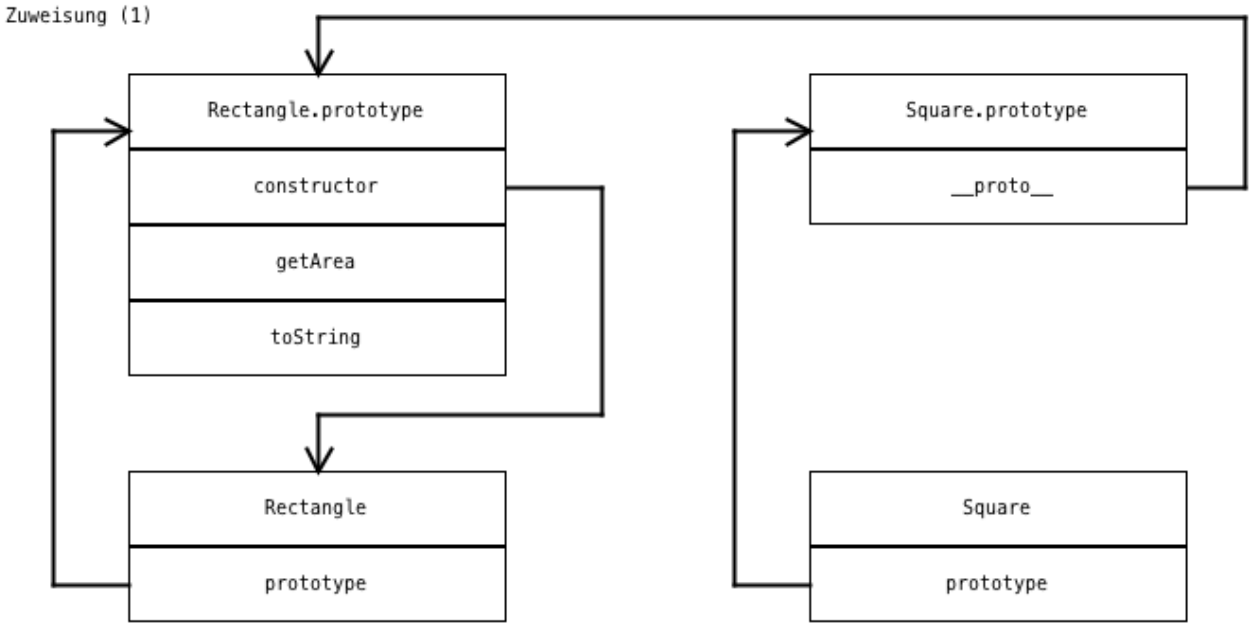
Die Vererbungsbeziehung zwischen `Rectangle` und `Square` wird in mehreren Schritten bearbeitet:

- (Zeilen 1 bis 18) vor Zuweisung (1) : es gibt 2 Konstruktorfunktionen, wodurch jeweils 2 Objekte erzeugt wurden
- (Zeile 20) Zuweisung (1): als Prototyp (Verweis `prototype`) für `Square` wird eine Instanz von `Rectangle` ohne Parameter verwendet
  - dadurch geht der `constructor`-Verweis verloren
- (Zeile 21) Zuweisung (2): dient zur Wiederherstellung des `constructor`-Verweises.

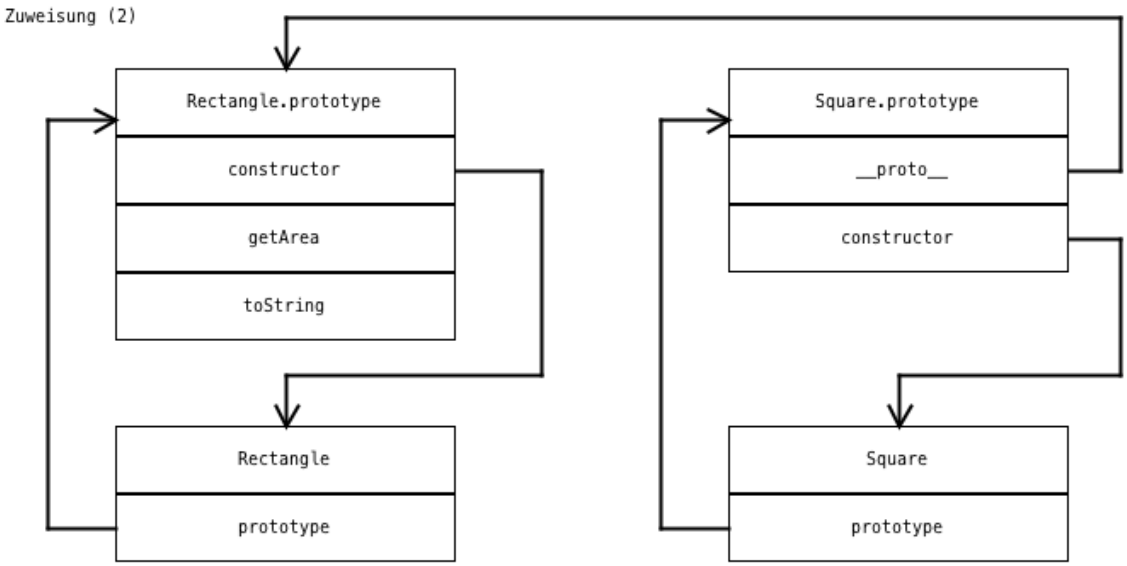
Diese Situationen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Zur Vereinfachung werden die Verweise auf die vordefinierten Objekte `Object` und `Function` sowie deren Prototypen weggelassen.



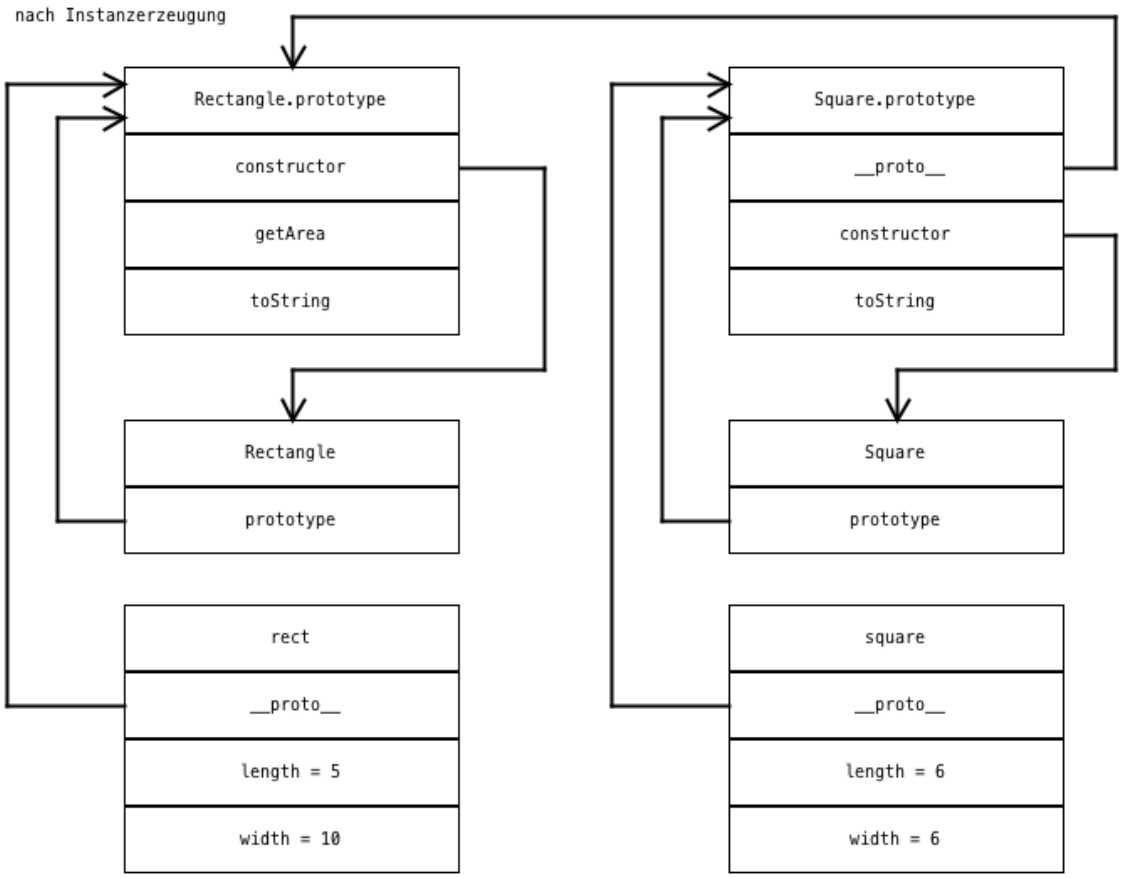
Vererbung mit dem Prototype-Konzept - vor Zuweisung (1)



Vererbung mit dem Prototype-Konzept - Zuweisung (1)



Vererbung mit dem Prototype-Konzept - Zuweisung (2)



Vererbung mit dem Prototype-Konzept - nach Instanzerzeugung

Der wesentliche Punkt der Vererbung mit dem Prototype-Konzept mit Hilfe von Konstruktorfunktionen ist der Verweis vom Objekt `Square.prototype` auf das Objekt `Rectangle.prototype`.

3.5 Vererbung definieren mit Hilfe der ES6-Klassenschreibweise

Die Definition von Generalisierungen / Spezialisierungen mit Hilfe des Prototype-Konzepts ist fehleranfällig und syntaktisch für Entwickler, die C++ und Java kennen, ungewohnt.

Mit dem JavaScript-Standard ES6 wurde eine Schreibweise eingeführt, die sich an den Schreibweisen für Klassen in C++ und Java orinetiert. Intern wird diese Schreibweise mit Hilfe des Prototype-Konzepts umgesetzt. Es handelt sich also ausschließlich um eine *syntaktische Variante*, aber nicht um ein anderes Konzept. Die Kenntnis des Prototype-Konzeptes ist daher unverändert notwendig.

Das oben erläuterte Beispiel aus dem Werk von Zakas sieht mit der ES6-Klassenschreibweise so aus:

```
1  class Rectangle {
2     constructor (length, width) {
3        this.length = length;
4        this.width = width;
5     }
6     getArea () {
7        return this.length * this.width;
8     }
9     toString () {
10       return "[Rectangle " + this.length + "x" + this.width + "]";
11    }
12 }
13
14 // Erbt von Rectangle
15 class Square extends Rectangle {
16    constructor (size) {
17       super(size, size);  // Aufruf des Basisklassen-Constructor
18    }
19    toString () {
20       return "[Square " + this.length + "x" + this.width + "]";
21    }
22 }
23
24 var rect = new Rectangle(5, 10);
25 var square = new Square(6);
26
27 console.log(rect.getArea());               // 50
28 console.log(square.getArea());             // 36
29 console.log(rect.toString());              // "[Rectangle 5x10]"
30 console.log(square.toString());            // "[Square 6x6]"
31 console.log(rect instanceof Rectangle);    // true
32 console.log(rect instanceof Object);       // true
33 console.log(square instanceof Square);     // true
34 console.log(square instanceof Rectangle);  // true
35 console.log(square instanceof Object);     // true
```

3.6 JavaScript-Functions und der verflixte `this`-Verweis

In JavaScript gibt es den vordefinierten `this`-Verweis, der im Zusammenhang mit Funktionen und deren direkter Verwendung oder Verwendung als Constructor-Function von unterschiedlicher Bedeutung ist.

Bei direkter Verwendung muss zudem unterschieden werden zwischen

- `function expression` und
- `function declaration`.

Bei einer `function expression` wird besonders deutlich, dass Funktionen in JavaScript *Werte* (*values*) sind , d.h. sie können wie (andere) Werte verwendet und ausgewertet werden. Das Ergebnis der Auswertung einer `function expression` ist das Funktionsobjekt:

```
1 var f = function () {};
```

Die Variable `f` hat als Wert ein Funktionsobjekt, das sich durch die Auswertung des Ausdrucks auf der rechten Seite der Zuweisung ergibt - in diesem Fall mit einem leeren Funktionsrumpf.

Die Auswertung der `function expression` darf nicht mit dem **Aufruf** der Funktion verwechselt werden! Nach der Zuweisung an die Variable `f` kann der Funktionsaufrufoperator `()` verwendet werden (wie z.B. auch in C oder Python), um durch die Auswertung des **Funktionsrumpfs** ein Ergebnis zu berechnen:

```
1 var fwert = f();
```

Man kann eine `function expression` auch direkt auswerten und aufrufen, wenn man Klammerung verwendet: das Funktionsobjekt wird geklammert und damit direkt ausgewertet, auf das Ergebnis - eben die Funktion - wird der Funktionsaufrufoperator angewendet:

```
1 var fwert = (function () {})();
```

Als Ergebnis der Ausführung einer Funktion sind zwei verschiedene Arten von Ergebnissen möglich:

- `undefined`, z.B. wenn keine `return`-Anweisung vorliegt oder die `return`-Anweisung ohne Ausdruck verwendet wird

  oder

- die Auswertung des Ausdrucks bei der `return`-Anweisung.

```
1  var fwert1 = (function () {
2                  alert('Meldung');
3                  return;
4              })();
5
6  // fwert1 hat den Wert undefined
7
8  var fwert2 = (function (v1, v2) {
9                  return v1+v2;
10             })(1,2);
```

```
11
12 // fwert2 hat den Wert 3
13
14 var fwert3 = (function (v1, v2) {
15                 return v1+v2;
16             })
17             (                          // Parameter!
18                (function (p1, p2) {
19                    return p1*p2;
20                })(2,3),
21                4
22             );
23
24 // fwert3 hat den Wert 10!
```

Wie in C oder Python werden beim Funktionsaufruf zunächst die Aktualparameter ausgewertet. Skalare Werte als Kopie weitergegeben (call by value), ansonsten werden Referenzen übergeben. Als Aktualparameter kann auch eine `function expression`verwendet werden (siehe `fwert3`):

- zunächst wird die `function expression` ausgewertet und ergibt die Funktion (hier im Beispiel: zur Multiplikation der beiden Parameter)
- dann wird die erzeugte (anonyme) Funktion aufgerufen durch Anwendung des Funktionsaufrufoperators mit den Aktualparametern 2 und 3
- das Ergebnis des Funktionsaufrufs (2*3 => 6) wird als erster Aktualparameter verwendet, d.h. `v1` erhält dann den Wert 6, `v2` den Wert 4, woraus sich dann das Ergebnis 10 durch den zweiten Funktionsaufruf ergibt.

Man beachte, dass die mit `function expression` erzeugten Funktionen in der Regel keinen eigenen Namen aufweisen. Die Bindung an einen Namen ergibt sich durch die Zuweisung an eine Variable oder eine Eigenschaft eines Objekts, womit die Funktion dann zur Methode des Objekts wird (siehe weiter oben). Es ist aber auch möglich, einen Namen anzugeben, der dann eine Eigenschaft des Funktionsobjekts ist!

Funktionen können auch in einer `function declaration` auftreten. Dieser Fall liegt vor, wenn eine Funktion außerhalb eines Ausdrucks notiert wird:

```
1 function (a,b,c) {
2   return a*b*c;
3 }
4
5 function Summe (x,y) {
6   return x+y;
7 }
```

Die in den Zeilen 1 bis 3 notierte Funktionsdeklaration weist keinen Namen auf, die damit erzeugte Funktion kann daher nicht angesprochen werden!

Die in den Zeilen 5-7 notierte Funktionsdeklaration stellt den normalen Fall dar: die benannte Funktion `Summe` wird erzeugt. Dabei treten 2 Fragen auf:

1. wann wird die Funktion erzeugt, d.h. wann wird das Funktionsobjekt ausgewertet?
2. wo wird der Name der Funktion gespeichert?

Die Antwort zur Frage 1 lautet: sobald der JavaScript-Interpreter bei der Verarbeitung des Quellcodes auf die Funktionsdeklaration trifft.

Zur Beantwortung der Frage 2 muss man die *Umgebung* betrachten, die zum Zeitpunkt der Auswertung der `function declaration` vorliegt:

- der Funktionsname, der bei der `function declaration` angegeben wird, wird als Eigenschaft in die Umgebung übernommen
- wenn die `function declaration` in keine andere Umgebung eingebettet ist, ist das `global object` die Umgebung, d.h. der Funktionsname wird als Eigenschaftswert in das `global object` übernommen (wie immer bei Objekten, siehe oben), die Funktion kann dann über diesen Namen angesprochen werden.

Die gleiche Wirkung wird erreicht, wenn man einer globalen Variablen eine `function expression` zuweist. Eine globale Variable ist eine Eigenschaft des `global object` und wird erzeugt, wenn vor dem Variablennamen **kein** `var`-Hinweis angegeben ist.

```
1  // als function declaration
2  function mult (a,b,c) {
3    return a*b*c;
4  }
5
6  // als Zuweisung einer function expression an eine globale Variable
7  mult2 = function (a,b,c) {
8    return a*b*c;
9  }
```

Und was ist nun mit dem verflixten this-Verweis?

Sie kennen den `this`-Verweis aus der Programmierung mit C++. Dort wird mit dem `this`-Verweis in Methoden das aktuelle Objekt als Arbeitsumgebung angesprochen.

In JavaScript dient der `this`-Verweis im Prinzip demselben Zweck. Allerdings gibt es zwei wesentliche Unterschiede zu C++:

1. der Verweis kann jederzeit verwendet werden
2. zur Laufzeit kann der Bezug zur Ausführung einer Funktion (Methode) verändert werden.

In JavaScript verweist `this` immer auf die *Ausführungsumgebung* einer Funktion, die im Prinzip immer durch ein Objekt - vordefiniert oder speziell erzeugt - dargestellt wird. Damit werden auch die beiden genannten Unterschiede verständlich:

- wenn das `global object` wie im vorhergehenden Beispiel die Umgebung einer Funktion ist, verweist `this` auf `global`
- wenn eine Funktion als Methode eines Objekts auftritt, verweist `this` auf das Objekt.

Im folgenden Beispiel sehen Sie zunächst den unterschiedlichen Bezug (Zeilen 3 bis 18):

```
1  // globale Variable
2
3  g = 'globalix';
4
5  function f() {
6     console.log(g);
7     console.log(this.g);
8  }
9
10
```

```
11 var o = {
12    'wert': 'EinWert',
13    'methode': function (par) {
14       console.log('Methode / ' + par + ' / ' + this.wert);
15    }
16 }
17 f();
18 o.methode('myPar');
19
20 o.methode.call(o, 'myPar');
21
22 var o2 = {
23    'wert': 'EinWert2'
24 }
25
26 o.methode.call(o2, 'myPar2');
```

Es ergibt sich bei Anwendung von `nodejs` folgende Ausgabe

```
globalix
globalix
Methode / myPar / EinWert
Methode / myPar / EinWert
Methode / myPar2 / EinWert2
```

In der Zeile 20 sehen Sie, wie der Aufruf einer Methode mit Hilfe der im `Function`-Object vordefinierten Methode `call` ausgeführt wird:

- der erste Parameter von `call` ist das Objekt, das die Ausführungsumgebung und damit die Bindung des `this`-Verweises darstellt: in Zeile 20 wird als `this` an das Objekt `o` gebunden
- der zweite (und ggf. weitere) Parameter wird als Aktualparameter an die Methode, die aufgerufen wird, weitergegeben
- die Methode, die aufgerufen wird, ergibt sich aus den Angaben *vor* `call`, in Zeile 20 wird mit `o.methode` die Methode `methode` des Objekts `o` referenziert, das in den Zeilen 11 - 16 angelegt wurde.

Zeile 20 und Zeile 18 sind gleichbedeutend.

In Zeile 26 sehen Sie dann, dass mit `call` auch ein anderer Objektbezug hergestellt werden kann! In Zeile 26 wird die Methode `methode` des Objekts `o` mit der Ausführungsumgebung `o2` aufgerufen, weshalb sich eine andere Ausgabe ergibt. Selbstverständlich ist es erforderlich, dass in der anderen Ausführungsumgebung gleich benannte Bezeichner verwendet werden, ansonsten ergeben sich Laufzeitfehler.

Was muss man also **beachten**? Eine Methode eines Objekts kann in JavaScript auch mit Bezug zu einem ganz anderen Objekt aufgerufen werden!

Kommt das vor? Ja! Und zwar immer dann, wenn Sie Methoden als Callback-Funktionen z.B. bei der Ereignisbehandlung angeben. Wenn Sie ein Objekt mit einer Methode zur Ereignisbehandlung erzeugen und diese Methode z.B. bei einem Schalter in der jquery-Methode `...on('click', methode)` verwenden, wird diese Methode bei der Betätigung des Schalters mit Bezug zum *Schalterobjekt* aufgerufen und nicht mit dem Bezug zum Objekt, in dem die Methode definiert wurde! In jquery können Sie in der Regel dieses Problem durch die vorherige Vereinbarung einer Ausführungsumgebung umgehen.

Fehler vermeiden mit `strict`

Ein tückischer Fehler ist die Verwendung einer als Konstruktor gedachten Funktion ohne den `new`-Operator.

```
1  function Person_cl (name_spl) {
2     // Eigenschaften anlegen
3     this.name_s = name_spl;
4  }
5
6  // normale Verwendung als Konstruktor
7
8  var person1_o = new Person_cl("Mustermann1");
9
10 // name_s ist wie erwartet die Eigenschaft des erzeugten Objekts
11 console.log(person1_o.name_s);
12
13 // versehentliche Verwendung ohne den new-Operator
14
15 var person2_o = Person_cl("Mustermann2");
16
17 // name_s ist KEINE Eigenschaft des erzeugten Objekts
18 // person2_o erhält return-Wert der Funktion, diese liefert aber
19 // keinen return-Wert zurück, d.h. person2_o erhält
20 // den Wert undefined
21 try {
22    console.log(person2_o.name_s);
23 }
24 catch (error_o) {
25    console.warn("Zugriff nicht möglich!");
26 }
27 // Was gibt es stattdessen: eine Eigenschaft im global-Object!
28 console.log(name_s);
29
30 name_s = 'xyz';
31
32 console.log(name_s);
```

In Zeile 15 fehlt der `new`-Operator. Dadurch wird die als Konstruktor gedachte Funktion `Person_cl` normal ausgeführt. Da die Funktion im globalen Namensraum definiert ist, verweist `this` auf das globale Objekt. Die Eigenschaft `name_s` wird damit Bestandteil des globalen Objekts, was in den Zeilen 28-32 deutlich wird. Da `Person_cl` keinen return-Wert liefert, erhält die Variable `person2_o` den Wert `undefined`, der Zugriff auf die (ohnehin nicht erzeugte) Eigenschaft `name_s` ist daher nicht möglich, eine Ausnahme wird erzeugt.

Dieser Fehler kann erkannt werden, wenn man den sog. **Strict-Modus** verwendet. Dann wird u.a. der `this`-Verweis bei einer Funktion nur bei Verwendung des `new`-Operators automatisch gesetzt, ansonsten wird `this` mit `undefined` initialisiert. Dementsprechend wird im folgenden Beispiel beim Versuch des direkten Aufrufs der Funktion `Person_cl` die Verarbeitung abgebrochen und eine Ausnahme erzeugt.

```
1  'use strict';
2
3  function Person_cl (name_spl) {
4     // Eigenschaften anlegen
```

```
    this.name_s = name_spl;
}

// normale Verwendung als Konstruktor

var person1_o = new Person_cl("Mustermann1");

// name_s ist wie erwartet die Eigenschaft des erzeugten Objekts
console.log(person1_o.name_s);

// versehentliche Verwendung ohne den new-Operator
// hier wird abgebrochen, da 'use strict' die Verwendung von this
// in der Konstruktorfunktion ohne vorherige Zuweisung nicht zulässt

var person2_o = Person_cl("Mustermann2");
```

4 Werkzeuge

4.1 Webbrowser

Mozilla Firefox: Entwicklerwerkzeuge

Google Chrome / Chromium: Entwicklerwerkzeuge

In beiden Fällen u.a.:

- Script-Debugger
- Inspektor für die Dokumentenstruktur
- Inspektor für CSS / Layout
- Monitor Netzwerk

und weitere Werkzeuge.

4.2 JavaScript-Interpreter nodejs

Der JavaScript-Interpreter **V8** von Google ist Bestandteil des Webbrowsers Google Chrome. Da dieser Interpreter quelloffen ist und wie alle JavaScript-Interpreter in eine Ausführungsumgebung eingebettet werden muss, gibt es auch Einbettungen ohne Webbrowser. Ein populäres Beispiel ist `nodejs`, womit V8 als Konsolanwendung verfügbar wird. Informationen sowie Versionen für die verschiedenen Betriebssysteme finden Sie unter http://nodejs.org.

Wenn Sie `nodejs` zur Auführung der Beispiele verwenden wollen, müssen Sie `alert`-Anweisungen durch die Ausgabe auf der Konsole ersetzen. Informationen zur Ausgabe auf der Konsole (über die Kanäle `stdout` und `stderr`) finden Sie in hier: http://nodejs.org/api/console.html.