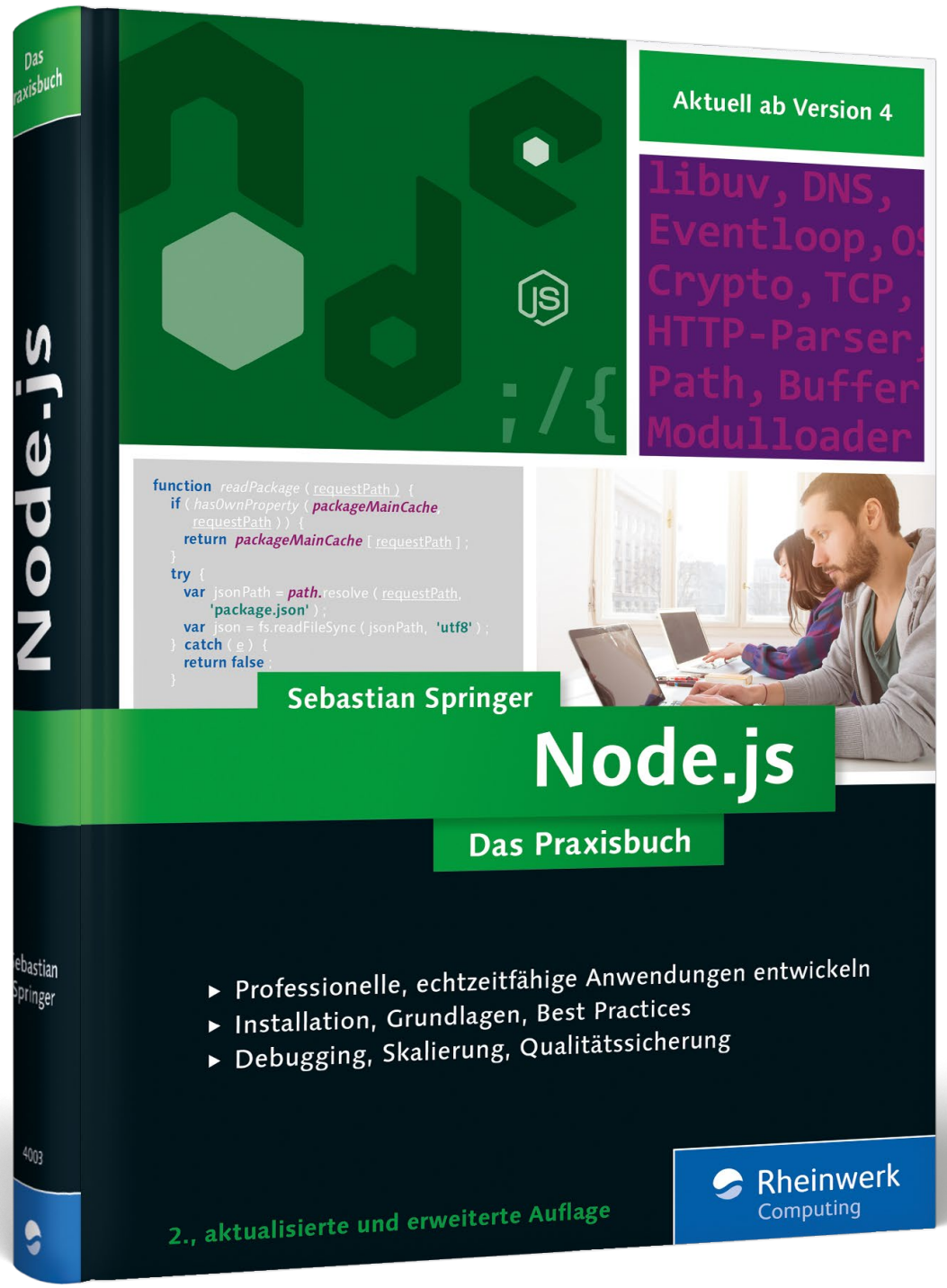


Leseprobe

Mit diesem Buch haben Sie alles an der Hand, um mit Node.js die Vorteile von JavaScript auf die Serverseite zu bringen. Die Leseprobe zeigt Ihnen die Grundlagen von Node.js, und Sie entwickeln exemplarisch eine Single-Page-Applikation mit Express.js und Angular. Außerdem können Sie einen Blick in das Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis des Buchs werfen.

Sebastian Springer
Node.js – Das Praxisbuch
560 Seiten, gebunden, 2. Auflage 2016
39,90 Euro, ISBN 978-3-8362-4003-1

www.rheinwerk-verlag.de/4037

Kapitel 1
Grundlagen

Aller Anfang ist schwer.
– Ovid

Mehr Dynamik in Webseiten zu bringen, das war die ursprüngliche Idee hinter JavaScript. Die Scriptsprache sollte die Schwachstellen von HTML ausgleichen, wenn es darum ging, auf Benutzereingaben zu reagieren. Die Geschichte von JavaScript geht zurück auf das Jahr 1995, wo es unter dem Codenamen Mocha von Brendan Eich, einem Entwickler von Netscape, entwickelt wurde. Eine der bemerkenswertesten Tatsachen über JavaScript ist, dass der erste Prototyp dieser erfolgreichen und weltweit verbreiteten Sprache in nur 10 Tagen entwickelt wurde. Noch im Jahr der Entstehung wurde Mocha in LiveScript und schließlich in einer Kooperation zwischen Netscape und Sun in JavaScript umbenannt. Dies diente vor allem dem Marketing, da zu diesem Zeitpunkt davon ausgegangen wurde, dass sich Java als führende Sprache in der clientseitigen Webentwicklung durchsetzen würde.

Vom Erfolg von JavaScript überzeugt, integrierte auch Microsoft 1996 eine Scriptsprache in den Internet Explorer 3. Das war die Geburtsstunde von JScript, welches größtenteils kompatibel mit JavaScript war, allerdings um weitere Features ergänzt wurde.

Das gegenseitige Wetteifern der beiden Unternehmen ist heute bekannt als die Browserkriege. Die Entwicklung sorgte dafür, dass die beiden JavaScript-Engines sowohl im Featureumfang als auch in der Performance stetig verbessert wurden, was zu einem Großteil für den heutigen Erfolg von JavaScript verantwortlich ist.

Im Jahr 1997 entstand der erste Entwurf des Sprachstandards bei der ECMA International. Unter der kryptischen Bezeichnung ECMA-262 beziehungsweise ISO/IEC 16262 ist der gesamte Sprachkern der Scriptsprache festgehalten. Den aktuellen Standard finden Sie unter *www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-262.htm*. Die Hersteller der verschiedenen JavaScript-Engines implementieren die ältere Version 5 des Standards nahezu vollständig und integrieren auch bereits zahlreiche Features des aktuellen Standards. Der Erfolg von JavaScript lässt sich auch gut grafisch darstellen. So ist JavaScript in den Sprachtrends von Github seit dem Jahr 2008 immer auf den vorderen beiden Plätzen zu finden.

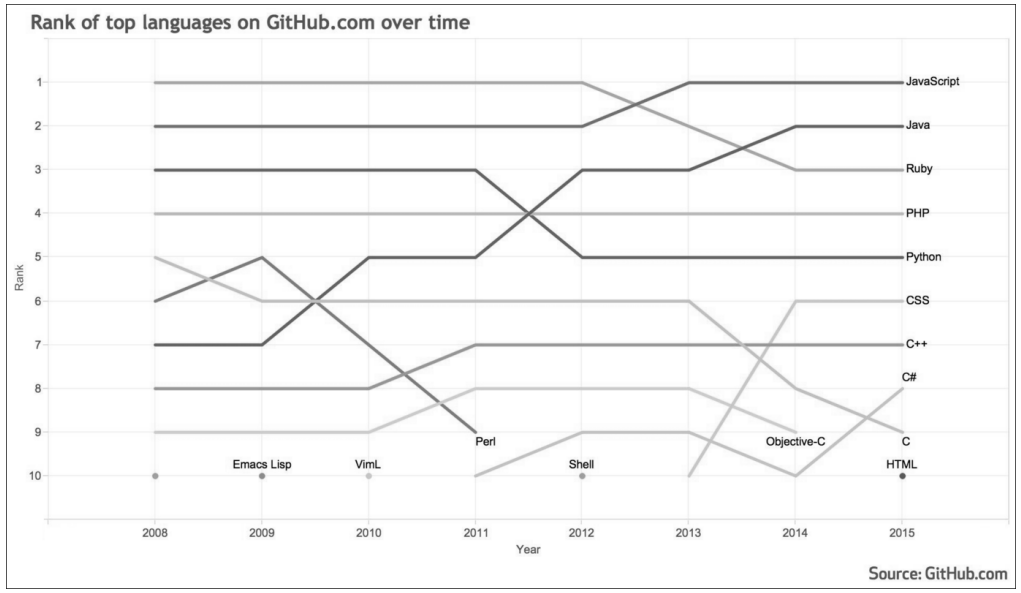


Abbildung 1.1 Topsprachen in Github

Node.js basiert auf dieser erfolgreichen Scriptsprache und hat selbst einen kometenhaften Aufstieg hingelegt. Dieses Kapitel soll Ihnen als Einführung in die Welt von Node.js dienen und Ihnen einen ersten Eindruck vermitteln, wo Sie die Plattform einsetzen können. Im ersten Schritt erfahren Sie zunächst einmal mehr über die Entwicklungsgeschichte von Node.js.

1.1 Die Geschichte von Node.js

Damit Sie besser verstehen, was Node.js ist, und auch besser nachvollziehen können, wie es zu manchen Entscheidungen bei der Entwicklung gekommen ist, erfahren Sie hier etwas mehr über die Geschichte der Plattform.

1.1.1 Die Ursprünge

Node.js wurde ursprünglich von Ryan Dahl entwickelt, einem Doktoranden der Mathematik, der sich eines Besseren besann, seine Bemühungen abbrach und stattdessen lieber mit einem One-Way-Ticket und nur sehr wenig Geld in der Tasche nach Südamerika reiste, wo er sich mit Englischunterricht über Wasser hielt. In dieser Zeit kam er sowohl mit PHP als auch mit Ruby in Berührung und entdeckte darüber seine Liebe zur Webentwicklung. Das Problem bei der Arbeit mit dem Ruby-Framework Rails war, dass es nicht ohne Workarounds möglich war, mit konkurrierenden Anfragen umzugehen. Die Applikationen waren zu langsam und lasteten die CPU vollständig aus. Eine Lösung für seine Probleme fand Ryan Dahl in Mongrel. Dabei handelt es sich um einen Webserver für Applikationen, die auf Ruby basieren.

Im Gegensatz zu klassischen Webservern reagiert Mongrel auf Anfragen von Nutzern und generiert die Antworten dynamisch, wo sonst lediglich statische HTML-Seiten ausgeliefert werden.

Die Aufgabe, die eigentlich zur Entstehung von Node.js führte, ist vom heutigen Standpunkt aus betrachtet recht trivial. Im Jahr 2005 suchte Ryan Dahl nach einer eleganten Möglichkeit, einen Fortschrittsbalken für Dateiuploads zu implementieren. Mit den damals verfügbaren Technologien waren nur unbefriedigende Lösungen möglich. Zur Übertragung der Dateien wurde für relativ kleine Dateien das HTTP-Protokoll und für größere Dateien das FTP-Protokoll genutzt. Der Status des Uploads wurde mithilfe von Long Polling abgefragt. Das ist eine Technik, bei der der Client langlebige Requests an den Server sendet und dieser den offenen Kanal für Rückantworten nutzt. Ein erster Versuch von Ryan Dahl zur Umsetzung einer Progressbar fand in Mongrel statt. Nach dem Absenden der Datei an den Server prüfte er mithilfe einer Vielzahl von Ajax-Requests den Status des Uploads und stellte diesen in einer Progressbar grafisch dar. Störend an dieser Umsetzung waren allerdings der damalige Single-Threaded-Ansatz von Ruby und die große Anzahl an Requests, die benötigt wurden.

Einen weiteren vielversprechenden Ansatz bot eine Umsetzung in C. Hier war Ryan Dahl nicht auf einen Thread begrenzt. C als Programmiersprache für das Web hat allerdings einen entscheidenden Nachteil: Es lassen sich recht wenige Entwickler für dieses Einsatzgebiet begeistern. Mit diesem Problem sah sich auch Ryan Dahl konfrontiert und verwarf auch diesen Ansatz nach kurzer Zeit wieder.

Die Suche nach einer geeigneten Programmiersprache zur Lösung seines Problems ging weiter und führte ihn zu funktionalen Programmiersprachen wie Haskell. Der Ansatz von Haskell baut auf Nonblocking I/O auf, das heißt also, dass sämtliche Schreib- und Leseoperationen asynchron stattfinden und die Programmausführung nicht blockieren. Dadurch kann die Sprache im Kern single-threaded bleiben, und es ergeben sich nicht die Probleme, die durch parallele Programmierung entstehen. Es müssen unter anderem keine Ressourcen synchronisiert werden, und es treten auch keine Problemstellungen auf, die durch die Laufzeit paralleler Threads verursacht werden. Ryan Dahl war aber auch mit dieser Lösung noch nicht vollends zufrieden und suchte nach weiteren Optionen.

1.1.2 Die Geburt von Node.js

Die endgültige Lösung fand Ryan Dahl dann schließlich im Januar 2009 mit JavaScript. Hier wurde ihm klar, dass diese Scriptsprache sämtliche seiner Anforderungen erfüllen könnte. JavaScript war bereits seit Jahren im Web etabliert, es gab

leistungsstarke Engines und eine große Zahl von Programmierern. Und so begann er Anfang 2009 mit der Arbeit an seiner Umsetzung für serverseitiges JavaScript, die Geburtsstunde von Node.js. Ein weiterer Grund, der für die Umsetzung der Lösung in JavaScript sprach, war nach Meinung von Ryan Dahl die Tatsache, dass die Entwickler von JavaScript dieses Einsatzgebiet nicht vorsahen. Es existierte zu dieser Zeit noch kein nativer Webserver in JavaScript, es konnte nicht mit Dateien in einem Dateisystem umgegangen werden, und es gab keine Implementierung von Sockets zur Kommunikation mit anderen Anwendungen oder Systemen. All diese Punkte sprechen für JavaScript als Grundlage für eine Plattform für interaktive Webapplikationen, da noch keine Festlegungen in diesem Bereich getroffen und demzufolge auch noch keine Fehler begangen wurden. Auch die Architektur von JavaScript spricht für eine derartige Umsetzung. Der Ansatz der Top-Level-Functions, also Funktionen, die mit keinem Objekt verknüpft und daher frei verfügbar sind und zudem Variablen zugeordnet werden können, bietet eine hohe Flexibilität in der Entwicklung.

Ryan Dahl wählte also neben der JavaScript-Engine, die für die Interpretation des JavaScript-Quellcodes verantwortlich ist, noch weitere Bibliotheken aus und fügte sie in einer Plattform zusammen.

Bereits im September 2009 begann Isaac Schlüter seine Arbeit an einem Paketmanager für Node.js, dem Node Package Manager, auch bekannt als NPM.

1.1.3 Der Durchbruch von Node.js

Nachdem Ryan Dahl sämtliche Komponenten integriert hatte und erste lauffähige Beispiele auf der neuen Node.js-Plattform erstellt waren, benötigte er eine Möglichkeit, Node.js der Öffentlichkeit vorzustellen. Dies wurde auch nötig, da seine finanziellen Mittel durch die Entwicklung an Node.js beträchtlich schrumpften und er, falls er keine Sponsoren finden sollte, die Arbeit an Node.js hätte einstellen müssen. Als Präsentationsplattform wählte er die JavaScript-Konferenz jsconf.eu im November 2009 in Berlin. Ryan Dahl setzte alles auf eine Karte. Würde die Präsentation ein Erfolg und fände er dadurch Sponsoren, die seine Arbeit an Node.js unterstützten, könnte er sein Engagement fortsetzen, falls nicht, wäre die Arbeit von fast einem Jahr umsonst. In einem mitreißenden Vortrag stellte er Node.js dem Publikum vor und demonstrierte, wie man mit nur wenigen Zeilen JavaScript-Code einen voll funktionsfähigen Webserver erstellen kann. Als weiteres Beispiel brachte er eine Implementierung eines IRC-Chat-Servers mit. Der Quellcode dieser Demonstration umfasste etwa 400 Zeilen. Anhand dieses Beispiels demonstrierte er die Architektur und damit die Stärken von Node.js und machte es gleichzeitig für die Zuschauer greifbar. Die Aufzeichnung dieses Vortrags finden Sie unter *www.youtube.com/watch?v=EeYvFl7li9E*. Die Präsentation verfehlte ihr Ziel nicht und führte dazu, dass Joyent als Sponsor für Node.js einstieg. Joyent ist ein Anbieter für Software und Service mit Sitz in San Francisco und bietet Hosting-Lösungen und Cloud-Infrastruktur. Mit dem Engagement nahm Joyent die Open-Source-Software Node.js in sein Produktportfolio auf und stellte Node.js im Rahmen seiner Hosting-Angebote seinen Kunden zur Verfügung. Ryan Dahl wurde von Joyent angestellt und ab diesem Zeitpunkt als Maintainer in Vollzeit für Node.js eingesetzt.

1.1.4 Node.js erobert Windows

Einen bedeutenden Schritt in Richtung Verbreitung von Node.js machten die Entwickler, indem sie im November 2011 in der Version 0.6 die native Unterstützung für Windows einführten. Bis zu diesem Zeitpunkt konnte Node.js nur umständlich über Cygwin unter Windows installiert werden.

Seit der Version 0.6.3 im November 2011 ist der Node Package Manager fester Bestandteil der Node.js-Pakete und wird dadurch bei der Installation von Node.js automatisch ausgeliefert.

Überraschend war Anfang 2012 die Ankündigung Ryan Dahls, sich nach drei Jahren der Arbeit an Node.js schließlich aus der aktiven Weiterentwicklung zurückzuziehen. Er übergab die Leitung der Entwicklung an Isaac Schlueter. Dieser ist wie auch Ryan Dahl Angestellter bei Joyent und aktiv an der Entwicklung des Kerns von Node.js beteiligt. Dieser Wechsel verunsicherte die Community, da nicht klar war, ob die Weiterentwicklung der Plattform auch ohne Ryan Dahl weiterlaufen würde. Ein Signal, dass die Node.js-Community stark genug für eine solide Weiterentwicklung war, gab die Veröffentlichung der Version 0.8 im Juni 2012, die vor allem die Performance und Stabilität von Node.js entscheidend verbessern sollte.

Mit der Version 0.10 im März 2013 veränderte sich eine der zentralen Schnittstellen von Node.js: die Stream-API. Mit dieser Änderung wurde das aktive Pullen von Daten von einem Stream möglich. Da sich die bisherige API schon sehr weit verbreitet hatte, wurden beide Schnittstellen weiter unterstützt.

1.1.5 io.js – der Fork von Node.js

Im Januar 2014 gab es erneut eine Änderung in der Projektleitung von Node.js. Auf Isaac Schlüter, der die Maintenance von Node.js zugunsten seines eigenen Unternehmens npmjs, des Hosters des NPM-Repositorys, aufgab, folgte TJ Fontaine. Unter seiner Regie wurde im Februar 2014 die Version 0.12 veröffentlicht. Ein weit verbreiteter Kritikpunkt an Node.js war zu diesem Zeitpunkt, dass das Framework immer noch nicht die vermeintlich stabile Version 1.0 erreicht hatte, was zahlreiche Unternehmen davon abhielt, Node.js für kritische Applikationen einzusetzen.

Viele Entwickler waren unzufrieden mit Joyent, das seit Ryan Dahl die Maintainer für Node.js stellte, und so kam es im Dezember 2014 zum Bruch in der Community. Das

Resultat war io.js, ein Fork von Node.js, der getrennt von Node.js weiterentwickelt wurde. Daraufhin wurde im Februar 2015 die unabhängige Node.js Foundation gegründet, die für die Weiterentwicklung von io.js zuständig war. Zeitgleich erschien die Version 0.12 des ursprünglichen Node.js-Projekts.

1.1.6 Node.js wieder vereint

Im Juni 2015 wurden die beiden Projekte io.js und Node.js in der Node.js Foundation zusammengeführt. Mit der Version 4 des Projekts wurde die Zusammenführung abgeschlossen. Die weitere Entwicklung der Node.js-Plattform wird nun von einem Komitee innerhalb der Node.js Foundation und nicht mehr von einzelnen Personen koordiniert. Das Resultat sind häufigere Releases und eine stabile Version mit Langzeit-Support.

Nachdem Sie nun wissen, wie die Node.js-Plattform entstanden ist, stellt sich die Frage, in welchen Bereichen sie zum Einsatz kommt.

1.2 Vorteile von Node.js

Die Entwicklungsgeschichte von Node.js zeigt eine Sache sehr deutlich: Sie ist direkt mit dem Internet verbunden. Mit JavaScript als Basis haben Sie mit Applikationen, die in Node.js umgesetzt sind, die Möglichkeit, sehr schnell sichtbare Ergebnisse zu erzielen. Neben der schnellen initialen Umsetzung können Sie auch während der Entwicklung von Webapplikationen sehr flexibel auf sich ändernde Anforderungen reagieren. Da der Kern von JavaScript durch ECMAScript größtenteils standardisiert ist, ist JavaScript eine verlässliche Basis, mit der auch umfangreichere Applikationen umgesetzt werden können. Die verfügbaren Sprachfeatures sind sowohl online als auch in Form von Fachbüchern gut und umfangreich dokumentiert. Außerdem sind viele Entwickler verfügbar, die JavaScript beherrschen und in der Lage sind, auch größere Applikationen mit dieser Sprache umzusetzen. Da bei Node.js mit der V8-Engine die gleiche JavaScript-Engine wie auch bei Google Chrome zum Einsatz kommt, stehen Ihnen auch hier sämtliche Sprachfeatures zur Verfügung, und Entwickler, die im Umgang mit JavaScript geübt sind, können sich relativ schnell in die neue Plattform einarbeiten.

Die lange Entwicklungsgeschichte von JavaScript hat eine Reihe hochperformanter Engines hervorgebracht. Eine Ursache für diese Entwicklung liegt darin, dass die verschiedenen Hersteller von Browsern ihre eigenen Implementierungen von JavaScript-Engines stets weiterentwickelten und es so eine gesunde Konkurrenz auf dem Markt gab, wenn es um die Ausführung von JavaScript im Browser ging. Diese Konkurrenz führte einerseits dazu, dass JavaScript mittlerweile sehr schnell interpretiert wird, und andererseits, dass sich die Hersteller auf gewisse Standards einigten.

Node.js als Plattform für serverseitiges JavaScript war seit dem Beginn seiner Entwicklung als Open-Source-Projekt konzipiert. Aus diesem Grund entwickelte sich rasch eine aktive Community um den Kern der Plattform. Diese beschäftigt sich vor allem mit dem Einsatz von Node.js in der Praxis, aber auch mit der Weiterentwicklung und Stabilisierung der Plattform. Die Ressourcen zum Thema Node.js reichen von Tutorials, die Ihnen den Einstieg in die Thematik erleichtern, bis hin zu Artikeln über fortgeschrittene Themen wie Qualitätssicherung, Debugging oder Skalierung. Der größte Vorteil eines Open-Source-Projekts wie Node.js ist, dass Ihnen die Informationen kostenlos zur Verfügung stehen und Fragen und Problemstellungen recht schnell und kompetent über verschiedenste Kommunikationskanäle beziehungsweise die Community gelöst werden können.

1.3 Einsatzgebiete von Node.js

Vom einfachen Kommandozeilenwerkzeug bis hin zum Applikationsserver für Webapplikationen, der auf einem Cluster mit mehreren Knoten läuft, kann Node.js überall eingesetzt werden. Der Einsatz einer Technologie hängt stark von der Problemstellung, den persönlichen Präferenzen und dem Wissensstand der Entwickler ab.

Aus diesem Grund sollten Sie sowohl die wichtigsten Eckdaten von Node.js kennen wie auch ein Gefühl für die Arbeit mit der Plattform haben. Den zweiten Punkt können Sie nur erfüllen, wenn Sie entweder die Möglichkeit haben, in ein bestehendes Node.js-Projekt einzusteigen, oder die Erfahrung im besten Fall mit kleineren Projekten sammeln, die Sie umsetzen.

Nun aber zu den wichtigsten Rahmendaten:

- **Reines JavaScript**: Bei der Arbeit mit Node.js müssen Sie keinen neuen Sprachdialekt lernen, sondern können auf den Sprachkern von JavaScript zurückgreifen. Für den Zugriff auf Systemressourcen stehen Ihnen standardisierte und gut dokumentierte Schnittstellen zur Verfügung.
- **Optimierte Engine**: Node.js baut auf der JavaScript-Engine V8 von Google auf. Sie profitieren hier vor allem von der stetigen Weiterentwicklung der Engine, bei der nach kürzester Zeit die neuesten Sprachfeatures unterstützt werden.
- **Nonblocking-IO**: Sämtliche Operationen, die nicht direkt in Node.js stattfinden, blockieren die Ausführung Ihrer Applikation nicht. Der Grundsatz von Node.js lautet, alles, was die Plattform nicht direkt erledigen muss, wird an das Betriebssystem oder andere Applikationen ausgelagert. Die Applikation erhält damit die Möglichkeit, auf weitere Anfragen zu reagieren. Ist die Bearbeitung der Aufgabe erledigt, erhält der Node.js-Prozess eine Rückmeldung und kann die Informationen weiter verarbeiten.

- **Single-Threaded**: Eine typische Node.js-Applikation läuft in einem einzigen Prozess ab. Es gibt kein Multi-Threading, und Nebenläufigkeit ist zunächst nur in Form des bereits beschriebenen Nonblocking-IO vorgesehen. Sämtlicher Code, den Sie selbst schreiben, blockiert also potenziell Ihre Applikation. Sie sollten daher auf eine ressourcenschonende Entwicklung achten. Falls es dennoch erforderlich wird, Aufgaben parallel abzuarbeiten, bietet Ihnen Node.js hierfür Lösungen in Form des child_process-Moduls, mit dem Sie eigene Kindprozesse erzeugen können.

Damit Sie Ihre Applikation optimal entwickeln können, sollten Sie zumindest einen groben Überblick über die Komponenten und deren Funktionsweise haben. Die wichtigste dieser Komponenten ist die V8-Engine.

1.4 Das Herzstück – die V8-Engine

Damit Sie als Entwickler beurteilen können, ob eine Technologie in einem Projekt eingesetzt werden kann, sollten Sie mit den Spezifikationen dieser Technologie ausreichend vertraut sein. Die nun folgenden Abschnitte gehen auf die Interna von Node.js ein und sollen Ihnen zeigen, aus welchen Komponenten die Plattform aufgebaut ist und wie Sie diese zum Vorteil einer Applikation verwenden können.

Der zentrale und damit wichtigste Bestandteil der Node.js-Plattform ist die JavaScript-Engine V8, die von Google entwickelt wird. Weitere Informationen finden Sie auf der Seite des V8-Projekts unter *https://code.google.com/p/v8/*. Die JavaScript-Engine ist dafür verantwortlich, den JavaScript-Quellcode zu interpretieren und auszuführen. Für JavaScript gibt es nicht nur eine Engine, stattdessen setzen die verschiedenen Browserhersteller auf ihre eigene Implementierung. Eines der Probleme von JavaScript ist, dass sich die einzelnen Engines etwas unterschiedlich verhalten. Durch die Standardisierung nach ECMAScript wird versucht, einen gemeinsamen verlässlichen Nenner zu finden, sodass Sie als Entwickler von JavaScript-Applikationen weniger Unsicherheiten zu befürchten haben. Die Konkurrenz der JavaScript-Engines führte zu einer Reihe optimierter Engines, die allesamt das Ziel verfolgen, den JavaScript-Code möglichst schnell zu interpretieren. Im Lauf der Zeit haben sich einige Engines auf dem Markt etabliert. Hierzu gehören unter anderem Chakra von Microsoft, JägerMonkey von Mozilla, Nitro von Apple und die V8-Engine von Google.

In Node.js kommt die V8-Engine von Google zum Einsatz. Diese Engine wird seit 2006 von Google hauptsächlich in Dänemark in Zusammenarbeit mit der Universität in Aarhus entwickelt. Das primäre Einsatzgebiet der Engine ist der Chrome-Browser von Google, in dem sie für die Interpretation und Ausführung von JavaScript-Code verantwortlich ist. Das Ziel der Entwicklung einer neuen JavaScript-Engine war es, die Performance bei der Interpretation von JavaScript erheblich zu verbessern.

Die Engine setzt mittlerweile den ECMAScript-Standard ECMA-262 in der fünften Version komplett und große Teile der sechsten Version um. Die V8-Engine selbst ist in C++ geschrieben, läuft auf verschiedenen Plattformen und ist unter der BSD-Lizenz als Open-Source-Software für jeden Entwickler zur eigenen Verwendung und Verbesserung verfügbar. So können Sie die Engine beispielsweise in jede beliebige C++-Anwendung integrieren.

Wie in JavaScript üblich, wird der Quellcode vor der Ausführung nicht kompiliert, sondern die Dateien mit dem Quellcode werden beim Start der Applikation direkt eingelesen. Durch den Start der Applikation wird ein neuer Node.js-Prozess gestartet. Hier erfolgt dann die erste Optimierung durch die V8-Engine. Der Quellcode wird nicht direkt interpretiert, sondern zuerst in Maschinencode übersetzt, der dann ausgeführt wird. Diese Technologie wird als Just-in-time-Kompilierung, kurz JIT, bezeichnet und dient zur Steigerung der Ausführungsgeschwindigkeit der JavaScript-Applikation. Auf Basis des kompilierten Maschinencodes wird dann die eigentliche Applikation ausgeführt. Die V8-Engine nimmt neben der Just-in-time-Kompilierung weitere Optimierungen vor. Unter anderem sind das eine verbesserte Garbage Collection und eine Verbesserung im Rahmen des Zugriffs auf Eigenschaften von Objekten. Bei allen Optimierungen, die die JavaScript-Engine vornimmt, sollten Sie beachten, dass der Quellcode beim Prozessstart eingelesen wird und so die Änderungen an den Dateien keine Wirkung auf die laufende Applikation haben. Damit Ihre Änderungen wirksam werden, müssen Sie Ihre Applikation beenden und neu starten, damit die angepassten Quellcodedateien erneut eingelesen werden.

1.4.1 Das Speichermodell

Das Ziel der Entwicklung der V8-Engine war es, eine möglichst hohe Geschwindigkeit bei der Ausführung von JavaScript-Quellcode zu erreichen. Aus diesem Grund wurde auch das Speichermodell optimiert. In der V8-Engine kommen sogenannte Tagged Pointers zum Einsatz. Das sind Verweise im Speicher, die auf eine besondere Art als solche gekennzeichnet sind. Alle Objekte sind 4-Byte aligned, das bedeutet, dass 2 Bits zur Kennzeichnung von Zeigern zur Verfügung stehen. Ein Zeiger endet im Speichermodell der V8-Engine stets auf `01`, ein normaler Integerwert auf `0`. Durch diese Maßnahme können Integerwerte sehr schnell von Verweisen im Speicher unterschieden werden, was einen sehr großen Performancevorteil mit sich bringt. Die Objektrepräsentationen der V8-Engine im Speicher bestehen jeweils aus drei Datenworten. Das erste Datenwort besteht aus einem Verweis auf die Hidden Class des Objekts, über die Sie im Folgenden noch mehr erfahren werden. Das zweite Datenwort ist ein Zeiger auf die Attribute, also die Eigenschaften des Objekts. Das dritte Datenwort verweist schließlich auf die Elemente des Objekts. Das sind die Eigenschaften mit einem numerischen Schlüssel. Dieser Aufbau unterstützt die JavaScript-Engine in ihrer Arbeit und ist dahingehend optimiert, dass ein sehr schneller Zugriff

auf die Elemente im Speicher erfolgen kann und hier wenig Wartezeiten durch das Suchen von Objekten entstehen.

1.4.2 Zugriff auf Eigenschaften

Wie Sie wahrscheinlich wissen, kennt JavaScript keine Klassen, das Objektmodell von JavaScript basiert auf Prototypen. In klassenbasierten Sprachen wie Java oder PHP stellen Klassen den Bauplan von Objekten dar. Diese Klassen können zur Laufzeit nicht verändert werden. Die Prototypen in JavaScript hingegen sind dynamisch. Das bedeutet, dass Eigenschaften und Methoden zur Laufzeit hinzugefügt und entfernt werden können. Wie bei allen anderen Sprachen, die das objektorientierte Programmierparadigma umsetzen, werden Objekte durch ihre Eigenschaften und Methoden repräsentiert, wobei die Eigenschaften den Status eines Objekts repräsentieren und die Methoden zur Interaktion mit dem Objekt verwendet werden. In einer Applikation greifen Sie in der Regel sehr häufig auf die Eigenschaften der verschiedenen Objekte zu. Hinzu kommt, dass in JavaScript Methoden ebenfalls Eigenschaften von Objekten sind, die mit einer Funktion hinterlegt sind. In JavaScript arbeiten Sie fast ausschließlich mit Eigenschaften und Methoden. Daher muss der Zugriff auf diese sehr schnell erfolgen.

Prototypen in JavaScript

JavaScript unterscheidet sich von Sprachen wie C, Java oder PHP dadurch, dass es keinen klassenbasierten Ansatz verfolgt, sondern auf Prototypen setzt, wie die Sprache Self. In JavaScript besitzt normalerweise jedes Objekt eine Eigenschaft `prototype` und damit einen Prototyp. In JavaScript können Sie wie in anderen Sprachen auch Objekte erzeugen. Zu diesem Zweck nutzen Sie allerdings keine Klassen in Verbindung mit dem `new`-Operator. Stattdessen können Sie auf verschiedene Arten neue Objekte erzeugen. Unter anderem können Sie auch Konstruktor-Funktionen oder die Methode `Object.create` nutzen. Diese Methoden haben gemein, dass Sie ein Objekt erstellen und den Prototyp zuweisen. Der Prototyp ist ein Objekt, von dem ein anderes Objekt seine Eigenschaften erbt. Ein weiteres Merkmal von Prototypen ist, dass sie zur Laufzeit der Applikation modifiziert werden können und Sie so neue Eigenschaften und Methoden hinzufügen können. Durch die Verwendung von Prototypen können Sie in JavaScript eine Vererbungshierarchie aufbauen.

Im Normalfall geschieht der Zugriff auf Eigenschaften in einer JavaScript-Engine über ein Verzeichnis im Arbeitsspeicher. Greifen Sie also auf eine Eigenschaft zu, wird in diesem Verzeichnis nach der Speicherstelle der jeweiligen Eigenschaft gesucht, danach kann dann auf den Wert zugegriffen werden. Stellen Sie sich nun eine große Applikation vor, die auf der Clientseite ihre Geschäftslogik in JavaScript abbildet und in der parallel eine Vielzahl von Objekten im Speicher gehalten werden,

die ständig miteinander kommunizieren, wird diese Art des Zugriffs auf Eigenschaften schnell zu einem Problem. Die Entwickler der V8-Engine haben diese Schwachstelle erkannt und mit den sogenannten Hidden Classes eine Lösung dafür entwickelt. Das eigentliche Problem bei JavaScript besteht darin, dass der Aufbau von Objekten erst zur Laufzeit bekannt ist und nicht schon während des Kompiliervorgangs, da dieser bei JavaScript nicht existiert. Erschwerend kommt hinzu, dass es im Aufbau von Objekten nicht nur einen Prototyp gibt, sondern diese in einer Kette vorliegen können. In klassischen Sprachen verändert sich die Objektstruktur zur Laufzeit der Applikation nicht, die Eigenschaften von Objekten liegen immer an der gleichen Stelle, was den Zugriff erheblich beschleunigt.

Eine Hidden Class ist nichts weiter als eine Beschreibung, wo die einzelnen Eigenschaften eines Objekts im Speicher zu finden sind. Zu diesem Zweck wird jedem Objekt eine Hidden Class zugewiesen. Diese enthält den Offset zu der Speicherstelle innerhalb des Objekts, an der die jeweilige Eigenschaft gespeichert ist. Sobald Sie auf eine Eigenschaft eines Objekts zugreifen, wird eine Hidden Class für diese Eigenschaft erstellt und bei jedem weiteren Zugriff wiederverwendet. Für ein Objekt gibt es also potenziell für jede Eigenschaft eine separate Hidden Class.

In Listing 1.1 sehen Sie ein Beispiel, das die Funktionsweise von Hidden Classes verdeutlicht.

```
function Person(firstname, lastname) {
    this.firstname = firstname;
    this.lastname = lastname;
}
var johnDoe = new Person("John", "Doe");
```

Listing 1.1 Funktionsweise von Hidden Classes

Im Beispiel erstellen Sie eine neue Konstruktor-Funktion für die Gruppe der `Person`-Objekte. Dieser Konstruktor besitzt zwei Parameter, den Vor- und Nachnamen der Person. Diese beiden Werte sollen in den Eigenschaften `firstname` beziehungsweise `lastname` des Objekts gespeichert werden. Wird ein neues Objekt mit diesem Konstruktor mithilfe des `new`-Operators erzeugt, wird zuerst eine initiale Hidden Class, Class 0, erstellt. Diese enthält noch keinerlei Zeiger auf Eigenschaften. Wird die erste Zuweisung, also das Setzen des Vornamens, durchgeführt, wird eine neue Hidden Class, Class 1, auf Basis von Class 0 erstellt. Diese enthält nun einen Verweis zur Speicherstelle der Eigenschaft `firstname`, und zwar relativ zum Beginn des Namensraums des Objekts. Außerdem wird in Class 0 eine sogenannte Class Transition hinzugefügt, die aussagt, dass Class 1 statt Class 0 verwendet werden soll, falls die Eigenschaft `firstname` hinzugefügt wird. Der gleiche Vorgang findet statt, wenn die zweite Zuweisung für den Nachnamen ausgeführt wird. Es wird eine weitere Hidden Class, Class 2,

auf Basis von Class 1 erzeugt, die dann sowohl den Offset für die Eigenschaft `firstname` als auch für `lastname` enthält und eine Transition mit dem Hinweis einfügt, dass Class 2 verwendet werden soll, wenn die Eigenschaft `lastname` verwendet wird. Werden Eigenschaften abseits des Konstruktors hinzugefügt und erfolgt dies in unterschiedlicher Reihenfolge, werden jeweils neue Hidden Classes erzeugt. Listing 1.2 verdeutlicht diesen Zusammenhang.

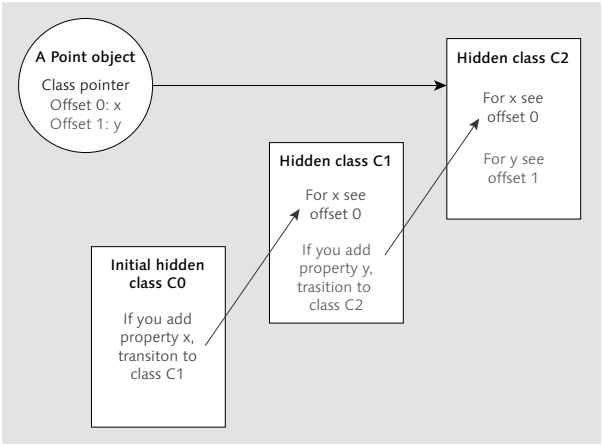


Abbildung 1.2 Hidden Classes in der V8-Engine (»https://developers.google.com/v8/design«)

Beim initialen Zugriff auf Eigenschaften eines Objekts entsteht durch die Verwendung von Hidden Classes noch kein Geschwindigkeitsvorteil. Alle späteren Zugriffe auf die Eigenschaft des Objekts geschehen dann allerdings um ein Vielfaches schneller, da die Engine direkt die Hidden Class des Objekts verwenden kann und diese den Hinweis auf die Speicherstelle der Eigenschaft enthält.

1.4.3 Maschinencodegenerierung

Wie Sie bereits wissen, interpretiert die V8-Engine den Quellcode der JavaScript-Applikation nicht direkt, sondern führt eine Just-in-time-Kompilierung (JIT) in nativem Maschinencode durch, um die Ausführungsgeschwindigkeit zu steigern. Während dieser Kompilierung werden keinerlei Optimierungen am Quellcode durchgeführt. Der vom Entwickler verfasste Quellcode wird also 1:1 gewandelt. Die V8-Engine besitzt neben diesem Just-in-time-Compiler noch einen weiteren Compiler, der in der Lage ist, den Maschinencode zu optimieren. Zur Entscheidung, welche Codefragmente zu optimieren sind, führt die Engine eine interne Statistik über die Anzahl der Funktionsaufrufe und darüber, wie lange die jeweilige Funktion ausgeführt wird. Aufgrund dieser Daten wird die Entscheidung getroffen, ob der Maschinencode einer Funktion optimiert werden muss oder nicht.

Nun stellen Sie sich bestimmt die Frage, warum denn nicht der gesamte Quellcode der Applikation mit dem zweiten, viel besseren Compiler kompiliert wird. Das hat einen ganz einfachen Grund: Der Compiler, der keine Optimierungen vornimmt, ist wesentlich schneller. Da die Kompilierung des Quellcodes just in time stattfindet, ist dieser Vorgang sehr zeitkritisch, weil sich eventuelle Wartezeiten durch einen zu lange dauernden Kompilierungsvorgang direkt auf den Nutzer auswirken können. Aus diesem Grund werden nur Codestellen optimiert, die diesen Mehraufwand rechtfertigen. Diese Maschinencodeoptimierung wirkt sich vor allem positiv auf größere und länger laufende Applikationen aus und auf solche, bei denen Funktionen öfter als nur einmal aufgerufen werden.

Eine weitere Optimierung, die die V8-Engine vornimmt, hat mit den bereits beschriebenen Hidden Classes und dem internen Caching zu tun. Nachdem die Applikation gestartet und der Maschinencode generiert ist, sucht beziehungsweise erstellt die V8-Engine bei jedem Zugriff auf eine Eigenschaft die zugehörige Hidden Class. Als weitere Optimierung geht die Engine davon aus, dass in Zukunft die Objekte, die an dieser Stelle verwendet werden, die gleiche Hidden Class aufweisen, und modifiziert den Maschinencode entsprechend. Wird die Codestelle beim nächsten Mal durchlaufen, kann direkt auf die Eigenschaft zugegriffen werden, und es muss nicht erst nach der zugehörigen Hidden Class gesucht werden. Falls das verwendete Objekt nicht die gleiche Hidden Class aufweist, stellt die Engine dies fest, entfernt den zuvor generierten Maschinencode und ersetzt ihn durch die korrigierte Version. Diese Vorgehensweise weist ein entscheidendes Problem auf: Stellen Sie sich vor, Sie haben eine Codestelle, an der im Wechsel immer zwei verschiedene Objekte mit unterschiedlichen Hidden Classes verwendet werden. In diesem Fall würde die Optimierung mit der Vorhersage der Hidden Class bei der nächsten Ausführung niemals greifen. Für diesen Fall kommen verschiedene Codefragmente zum Einsatz, anhand derer der Speicherort einer Eigenschaft zwar nicht so schnell wie mit nur einer Hidden Class gefunden werden kann, allerdings ist der Code in diesem Fall um ein Vielfaches schneller als ohne die Optimierung, da hier meist aus einem sehr kleinen Satz von Hidden Classes ausgewählt werden kann. Mit der Generierung von Maschinencode und den Hidden Classes in Kombination mit den Caching-Mechanismen werden Möglichkeiten geschaffen, wie man sie aus klassenbasierten Sprachen kennt.

1.4.4 Garbage Collection

Die bisher beschriebenen Optimierungen wirken sich hauptsächlich auf die Geschwindigkeit einer Applikation aus. Ein weiteres, sehr wichtiges Feature ist der Garbage Collector der V8-Engine. Garbage Collection bezeichnet den Vorgang des Aufräumens des Speicherbereichs der Applikation im Arbeitsspeicher. Dabei werden nicht mehr verwendete Elemente aus dem Speicher entfernt, damit der frei werdende Platz der Applikation wieder zur Verfügung steht.

Sollten Sie sich jetzt die Frage stellen, wozu man in JavaScript einen Garbage Collector benötigt, lässt sich dies ganz einfach beantworten. Ursprünglich war JavaScript für kleine Aufgaben auf Webseiten gedacht. Diese Webseiten und somit auch das JavaScript auf dieser Seite hatten eine recht kurze Lebensspanne, bis die Seite neu geladen und damit der Speicher, der die JavaScript-Objekte enthält, komplett geleert wurde. Je mehr JavaScript auf einer Seite ausgeführt wird und je komplexer die zu erledigenden Aufgaben werden, desto größer wird auch die Gefahr, dass der Speicher mit nicht mehr benötigten Objekten gefüllt wird. Gehen Sie nun von einer Applikation in Node.js aus, die mehrere Tage, Wochen oder gar Monate ohne Neustart des Prozesses laufen muss, wird die Problematik klar. Der Garbage Collector der V8-Engine verfügt über eine Reihe von Features, die es ihm ermöglichen, seine Aufgaben sehr schnell und effizient auszuführen. Grundsätzlich hält die Engine bei einem Lauf des Garbage Collectors die Ausführung der Applikation komplett an und setzt sie fort, sobald der Lauf beendet ist. Diese Pausen der Applikation bewegen sich im einstelligen Millisekundenbereich, sodass der Nutzer im Normalfall durch den Garbage Collector keine negativen Auswirkungen zu spüren bekommt. Um die Unterbrechung durch den Garbage Collector möglichst kurz zu halten, wird nicht der komplette Speicher aufgeräumt, sondern stets nur Teile davon. Außerdem weiß die V8-Engine zu jeder Zeit, wo im Speicher sich welche Objekte und Zeiger befinden.

Die V8-Engine teilt den ihr zur Verfügung stehenden Arbeitsspeicher in zwei Bereiche auf, einen zur Speicherung von Objekten und einen anderen Bereich, in dem die Informationen über die Hidden Classes und den ausführbaren Maschinencode vorgehalten werden. Der Vorgang der Garbage Collection ist relativ einfach. Wird eine Applikation ausgeführt, werden Objekte und Zeiger im kurzlebigen Bereich des Arbeitsspeichers der V8-Engine erzeugt. Ist dieser Speicherbereich voll, wird er bereinigt. Dabei werden nicht mehr verwendete Objekte gelöscht und Objekte, die weiterhin benötigt werden, in den langlebigen Bereich verschoben. Bei dieser Verschiebung wird zum einen das Objekt selbst verschoben, zum anderen werden die Zeiger auf die Speicherstelle des Objekts korrigiert. Durch die Aufteilung der Speicherbereiche werden verschiedene Arten der Garbage Collection erforderlich. Die schnellste Variante besteht aus dem sogenannten Scavenge Collector. Dieser ist sehr schnell und effizient und beschäftigt sich lediglich mit dem kurzlebigen Bereich. Für den langlebigen Speicherbereich existieren zwei verschiedene Garbage-Collection-Algorithmen, die beide auf Mark-and-Sweep basieren. Dabei wird der gesamte Speicher durchsucht, und nicht mehr benötigte Elemente werden markiert und später gelöscht. Das eigentliche Problem dieses Algorithmus besteht darin, dass Lücken im Speicher entstehen, was über längere Laufzeit einer Applikation zu Problemen führt. Aus diesem Grund existiert ein zweiter Algorithmus, der ebenfalls die Elemente des Speichers nach solchen durchsucht, die nicht mehr benötigt werden, diese markiert und löscht. Der wichtigste Unterschied zwischen beiden ist, dass der zweite Algorithmus den Speicher defragmentiert, also die verbleibenden Objekte im Speicher so umordnet, dass der

Speicher danach möglichst wenige Lücken aufweist. Diese Defragmentierung kann nur stattfinden, weil V8 sämtliche Objekte und Pointer kennt. Der Prozess der Garbage Collection hat bei allen Vorteilen auch einen Nachteil: Er kostet Zeit. Am schnellsten läuft die Scavenge Collection mit etwa 2 Millisekunden. Danach folgt der Mark-and-Sweep ohne Optimierungen mit 50 Millisekunden und schließlich der Mark-and-Sweep mit Defragmentierung mit durchschnittlich 100 Millisekunden.

In den nächsten Abschnitten erfahren Sie mehr über die Elemente, die neben der V8-Engine in der Node.js-Plattform eingesetzt werden.

1.5 Bibliotheken um die Engine

Die JavaScript-Engine allein macht noch keine Plattform aus. Damit Node.js alle Anforderungen wie beispielsweise die Behandlung von Events, Ein- und Ausgabe oder Unterstützungsfunktionen wie DNS-Auflösung oder Verschlüsselung behandeln kann, sind weitere Funktionalitäten erforderlich. Diese werden mithilfe zusätzlicher Bibliotheken umgesetzt. Für viele Aufgaben, mit denen sich eine Plattform wie Node.js konfrontiert sieht, existieren bereits fertige und etablierte Lösungsansätze. Also entschied sich Ryan Dahl dazu, die Node.js-Plattform auf einer Reihe von externen Bibliotheken aufzubauen und die Lücken, die seiner Meinung nach von keiner vorhandenen Lösung ausreichend abgedeckt werden, mit eigenen Implementierungen zu füllen. Der Vorteil dieser Strategie besteht darin, dass Sie die Lösungen für Standardprobleme nicht neu erfinden müssen, sondern auf erprobte Bibliotheken zurückgreifen können. Ein prominenter Vertreter, der ebenfalls auf diese Strategie setzt, ist das Betriebssystem UNIX. Hier gilt auch für Entwickler: Konzentrieren Sie sich nur auf das eigentliche Problem, lösen Sie es möglichst gut, und nutzen Sie für alles andere bereits existierende Bibliotheken. Bei den meisten Kommandozeilenprogrammen im UNIX-Bereich wird diese Philosophie umgesetzt. Hat sich eine Lösung bewährt, wird diese auch in anderen Anwendungen für ähnliche Probleme eingesetzt. Das bringt wiederum den Vorteil, dass Verbesserungen im Algorithmus nur an einer zentralen Stelle durchgeführt werden müssen. Gleiches gilt für Fehlerbehebungen. Tritt ein Fehler in der DNS-Auflösung auf, wird dieser einmal behoben, und die Lösung wirkt an allen Stellen, an denen die Bibliothek eingesetzt wird. Das führt gleich auch noch zur Schattenseite der Medaille. Die Bibliotheken, auf denen die Plattform aufbaut, müssen vorhanden sein. Node.js löst dieses Problem, indem es lediglich auf einen kleinen Satz von Bibliotheken aufbaut, die vom Betriebssystem zur Verfügung gestellt werden müssen. Diese Abhängigkeiten bestehen allerdings eher aus grundlegenden Funktionen wie beispielsweise der GCC Runtime Library oder der Standard-C-Bibliothek. Die übrigen Abhängigkeiten wie beispielsweise `zlib` oder `http_parser` werden im Quellcode mit ausgeliefert.

1.5.1 Eventloop

Clientseitiges JavaScript weist viele Elemente einer eventgetriebenen Architektur auf. Die meisten Interaktionen des Nutzers verursachen Events, auf die mit entsprechenden Funktionsaufrufen reagiert wird. Durch den Einsatz verschiedener Features wie First-Class-Funktionen und anonymen Funktionen in JavaScript können Sie ganze Applikationen auf Basis einer eventgetriebenen Architektur umsetzen. Eventgetrieben bedeutet, dass Objekte nicht direkt über Funktionsaufrufe miteinander kommunizieren, sondern für diese Kommunikation Events zum Einsatz kommen. Die eventgetriebene Programmierung dient also in erster Linie der Steuerung des Programmablaufs. Im Gegensatz zum klassischen Ansatz, bei dem der Quellcode linear durchlaufen wird, werden hier Funktionen ausgeführt, wenn bestimmte Ereignisse auftreten. Ein kleines Beispiel in Listing 1.2 verdeutlicht Ihnen diesen Ansatz.

```
myObj.on('myEvent', function (data) {
    console.log(data);
});
myObj.emit('myEvent', 'Hello World');
```

Listing 1.2 Eventgetriebene Entwicklung in Node.js

Mit der `on`-Methode eines Objekts, das Sie von `events.EventEmitter` ableiten, können Sie definieren, mit welcher Funktion Sie auf das jeweilige Event reagieren möchten. Hierbei handelt es sich um ein sogenanntes Publish-Subscribe Pattern. Objekte können sich so bei einem Event-Emitter registrieren und werden dann benachrichtigt, wenn das Ereignis eintritt. Das erste Argument der `on`-Methode ist der Name des Events als Zeichenkette, auf das reagiert werden soll. Das zweite Argument besteht aus einer Callback-Funktion, die ausgeführt wird, sobald das Ereignis eintritt. Der Funktionsaufruf der `on`-Methode bewirkt also bei der ersten Ausführung nichts weiter als die Registrierung der Callback-Funktion. Im späteren Verlauf des Scripts wird auf `myObj` die `emit`-Methode aufgerufen. Diese sorgt dafür, dass sämtliche durch die `on`-Methode registrierten Callback-Funktionen ausgeführt werden.

Was in diesem Beispiel mit einem selbst erstellten Objekt funktioniert, verwendet Node.js, um eine Vielzahl asynchroner Aufgaben zu erledigen. Die Callback-Funktionen werden allerdings nicht parallel ausgeführt, sondern sequenziell. Durch den Single-Threaded-Ansatz von Node.js entsteht das Problem, dass nur eine Operation zu einem Zeitpunkt ausgeführt werden kann. Vor allem zeitintensive Lese- oder Schreiboperationen würden dafür sorgen, dass die gesamte Ausführung der Anwendung blockiert würde. Aus diesem Grund werden sämtliche Lese- und Schreiboperationen mithilfe des Eventloops ausgelagert. So kann der verfügbare Thread durch den Code der Applikation ausgenutzt werden. Sobald eine Anfrage an eine externe Ressource im Quellcode gestellt wird, wird diese an den Eventloop weitergegeben.

Für die Anfrage wird ein Callback registriert, der die Anfrage an das Betriebssystem weiterleitet, Node.js erhält daraufhin wieder die Kontrolle und kann mit der Ausführung der Applikation fortfahren. Sobald die externe Operation beendet ist, wird das Ergebnis an den Eventloop zurückübermittelt. Es tritt ein Event auf, und der Eventloop sorgt dafür, dass die zugehörigen Callback-Funktionen ausgeführt werden. Wie der Eventloop funktioniert, können Sie in Abbildung 1.3 sehen.

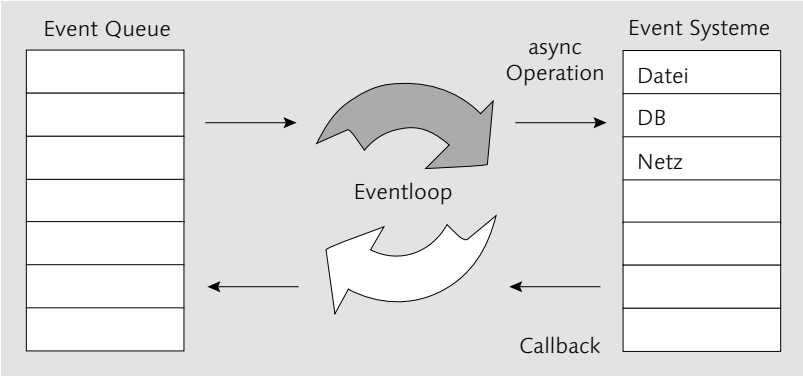


Abbildung 1.3 Der Eventloop

Der ursprüngliche Eventloop, der bei Node.js zum Einsatz kommt, basiert auf libev, einer Bibliothek, die in C geschrieben ist und für eine hohe Performance und einen großen Umfang an Features steht. libev baut auf den Ansätzen von libevent auf, verfügt allerdings über eine höhere Leistungsfähigkeit, wie verschiedene Benchmarks belegen. Auch eine verbesserte Version von libevent, libevent2, reicht nicht an die Performance von libev heran. Aus Kompatibilitätsgründen wurde der Eventloop allerdings abstrahiert und damit eine bessere Portierbarkeit auf andere Plattformen erreicht.

1.5.2 Eingabe und Ausgabe

Der Eventloop allein in Kombination mit der V8-Engine erlaubt zwar die Ausführung von JavaScript, es existiert hier allerdings noch keine Möglichkeit, mit dem Betriebssystem direkt in Form von Lese- oder Schreiboperationen auf das Dateisystem zu interagieren. Bei der Implementierung serverseitiger Anwendungen spielen Zugriffe auf das Dateisystem eine herausragende Rolle, so wird beispielsweise die Konfiguration einer Anwendung häufig in eine separate Konfigurationsdatei ausgelagert. Diese Konfiguration muss von der Applikation vom Dateisystem eingelesen werden. Aber auch die Verwendung von Templates, die dynamisch mit Werten befüllt und dann zum Client geschickt werden, liegen meist als separate Dateien vor. Nicht nur das Auslesen, sondern auch das Schreiben von Informationen in Dateien ist häufig eine Anforderung, die an eine serverseitige JavaScript-Applikation gestellt wird. Die

Protokollierung innerhalb einer Applikation ist ebenfalls ein häufiges Einsatzgebiet von schreibenden Zugriffen auf das Dateisystem. Hier werden verschiedene Arten von Ereignissen innerhalb der Applikation in eine Logdatei protokolliert. Je nachdem, wo die Anwendung ausgeführt wird, werden nur schwerwiegende Fehler, Warnungen oder auch Laufzeitinformationen geschrieben. Auch beim Persistieren von Informationen kommen schreibende Zugriffe zum Einsatz. Zur Laufzeit einer Anwendung werden, meist durch die Interaktion von Nutzern und verschiedenen Berechnungen, Informationen generiert, die zur späteren Weiterverwendung festgehalten werden müssen.

In Node.js kommt für diese Aufgaben die C-Bibliothek libeio zum Einsatz. Sie sorgt dafür, dass die Schreib- und Leseoperationen asynchron stattfinden können, und arbeitet so sehr eng mit dem Eventloop zusammen. Die Features von libeio beschränken sich jedoch nicht nur auf den schreibenden und lesenden Zugriff auf das Dateisystem, sondern bieten erheblich mehr Möglichkeiten, mit dem Dateisystem zu interagieren. Diese Optionen reichen vom Auslesen von Dateiinformationen wie Größe, Erstellungsdatum oder Zugriffsdatum über die Verwaltung von Verzeichnissen, also Erstellen oder Entfernen, bis hin zur Modifizierung von Zugriffsrechten. Auch für diese Bibliothek gilt, wie auch schon beim Eventloop, dass sie im Laufe der Entwicklung durch eine Abstraktionsschicht von der eigentlichen Applikation getrennt wurde.

Für den Zugriff auf das Dateisystem stellt Node.js ein eigenes Modul zur Verfügung, das Filesystem-Modul. Über dieses lassen sich die Schnittstellen von libeio ansprechen, es stellt damit einen sehr leichtgewichtigen Wrapper um libeio dar.

1.5.3 libuv

Die beiden Bibliotheken, die Sie bislang kennengelernt haben, gelten für Linux. Node.js sollte allerdings eine vom Betriebssystem unabhängige Plattform werden. Aus diesem Grund wurde in der Version 0.6 von Node.js die Bibliothek libuv eingeführt. Sie dient primär zur Abstraktion von Unterschieden zwischen verschiedenen Betriebssystemen. Der Einsatz von libuv macht es also möglich, dass Node.js auch auf Windows-Systemen lauffähig ist. Der Aufbau ohne libuv, wie er bis zur Version 0.6 für Node.js gültig war, sieht folgendermaßen aus: Den Kern bildet die V8-Engine, dieser wird durch libev und libeio um den Eventloop und asynchronen Dateisystemzugriff ergänzt. Mit libuv sind diese beiden Bibliotheken nicht mehr direkt in die Plattform eingebunden, sondern werden abstrahiert.

Damit Node.js auch auf Windows funktionieren kann, ist es erforderlich, die Kernkomponenten für Windows-Plattformen zur Verfügung zu stellen. Die V8-Engine stellt hier kein Problem dar, sie funktioniert im Chrome-Browser bereits seit mehreren Jahren ohne Probleme unter Windows. Schwieriger wird die Situation beim

Eventloop und bei den asynchronen Dateisystemoperationen. Einige Komponenten von libev müssten beim Einsatz unter Windows umgeschrieben werden. Außerdem basiert libev auf nativen Implementierungen des Betriebssystems der `select`-Funktion, unter Windows steht allerdings mit IOCP eine für das Betriebssystem optimierte Variante zur Verfügung. Um nicht verschiedene Versionen von Node.js für die unterschiedlichen Betriebssysteme erstellen zu müssen, entschieden sich die Entwickler, mit libuv eine Abstraktionsschicht einzufügen, die es erlaubt, für Linux-Systeme libev und für Windows IOCP zu verwenden. Mit libuv wurden einige Kernkonzepte von Node.js angepasst. Es wird beispielsweise nicht mehr von Events, sondern von Operationen gesprochen. Eine Operation wird an die libuv-Komponente weitergegeben, innerhalb von libuv wird die Operation an die darunter liegende Infrastruktur, also libev beziehungsweise IOCP, weitergereicht. So bleibt die Schnittstelle von Node.js unverändert, unabhängig davon, welches Betriebssystem verwendet wird.

libuv ist dafür zuständig, alle asynchronen I/O-Operationen zu verwalten. Das bedeutet, dass sämtliche Zugriffe auf das Dateisystem, egal ob lesend oder schreibend, über die Schnittstellen von libuv durchgeführt werden. Zu diesem Zweck stellt libuv die `uv_fs_`-Funktionen zur Verfügung. Aber auch Timer, also zeitabhängige Aufrufe, sowie asynchrone TCP- und UDP-Verbindungen, laufen über libuv. Neben diesen grundlegenden Funktionalitäten verwaltet libuv auch komplexe Features wie das Erstellen, das Spawnen, von Kindprozessen und das Thread Pool Scheduling, eine Abstraktion, die es erlaubt, Aufgaben in separaten Threads zu erledigen und Callbacks daran zu binden. Der Einsatz einer Abstraktionsschicht wie libuv ist ein wichtiger Baustein für die weitere Verbreitung von Node.js und macht die Plattform ein Stück weniger abhängig vom System.

1.5.4 DNS

Die Wurzeln von Node.js liegen im Internet, wie seine Entstehungsgeschichte zeigt. Bewegen Sie sich im Internet, stoßen Sie recht schnell auf die Problematik der Namensauflösung. Eigentlich werden sämtliche Server im Internet über ihre IP-Adresse angesprochen. In der Version 4 des Internet Protocols ist die Adresse eine 32-Bit-Zahl, die in vier Blöcken mit je 8 Bits dargestellt wird. In der sechsten Version des Protokolls haben die Adressen eine Größe von 128 Bits und werden in acht Blöcke mit Hexadezimalzahlen aufgeteilt. Mit diesen kryptischen Adressen will man in den seltensten Fällen direkt arbeiten, vor allem wenn eine dynamische Vergabe über DHCP hinzukommt. Die Lösung hierfür besteht im Domain Name System, kurz DNS. Das DNS ist ein Dienst zur Namensauflösung im Netz. Es sorgt dafür, dass Domainnamen in IP-Adressen gewandelt werden. Außerdem gibt es die Möglichkeit der Reverse-Auflösung, bei der eine IP-Adresse in einen Domainnamen übersetzt wird. Falls Sie in

Ihrer Node.js-Applikation einen Webservice anbinden oder eine Webseite auslesen möchten, kommt auch hier das DNS zum Einsatz.

Intern übernimmt nicht Node.js selbst die Namensauflösung, sondern übergibt die jeweiligen Anfragen an die C-Ares-Bibliothek. Dies gilt für sämtliche Methoden des dns-Moduls bis auf `dns.lookup`, das auf die betriebssystemeigene `getaddrinfo`-Funktion setzt. Diese Ausnahme ist darin begründet, dass `getaddrinfo` konstanter in seinen Antworten ist als die C-Ares-Bibliothek, die ihrerseits um einiges performanter ist als `getaddrinfo`.

1.5.5 Crypto

Die Crypto-Komponente der Node.js-Plattform stellt Ihnen für die Entwicklung verschiedene Möglichkeiten der Verschlüsselung zur Verfügung. Diese Komponente basiert auf OpenSSL. Das bedeutet, dass diese Software auf Ihrem System installiert sein muss, um Daten verschlüsseln zu können. Mit dem crypto-Modul sind Sie in der Lage, sowohl Daten mit verschiedenen Algorithmen zu verschlüsseln als auch digitale Signaturen innerhalb Ihrer Applikation zu erstellen. Das gesamte System basiert auf privaten und öffentlichen Schlüsseln. Der private Schlüssel ist, wie der Name andeutet, nur für Sie und Ihre Applikation gedacht. Der öffentliche Schlüssel steht Ihren Kommunikationspartnern zur Verfügung. Sollen nun Inhalte verschlüsselt werden, geschieht dies mit dem öffentlichen Schlüssel. Die Daten können dann nur noch mit Ihrem privaten Schlüssel entschlüsselt werden. Ähnliches gilt für die digitale Signatur von Daten. Hier wird Ihr privater Schlüssel verwendet, um eine derartige Signatur zu erzeugen. Der Empfänger einer Nachricht kann dann mit der Signatur und Ihrem öffentlichen Schlüssel feststellen, ob die Nachricht von Ihnen stammt und unverändert ist.

1.5.6 Zlib

Bei der Erstellung von Webapplikationen müssen Sie als Entwickler stets an die Ressourcen Ihrer Benutzer und Ihrer eigenen Serverumgebung denken. So kann beispielsweise die zur Verfügung stehende Bandbreite oder der freie Speicher für Daten eine Limitation bedeuten. Für diesen Fall existiert innerhalb der Node.js-Plattform die zlib-Komponente. Mit ihrer Hilfe lassen sich Daten komprimieren und wieder dekomprimieren, wenn Sie sie verarbeiten möchten. Zur Datenkompression stehen Ihnen die beiden Algorithmen Deflate und Gzip zur Verfügung. Die Daten, die als Eingabe für die Algorithmen dienen, werden von Node.js als Streams behandelt.

Node.js implementiert die Komprimierungsalgorithmen nicht selbst, sondern setzt stattdessen auf die etablierte Zlib und reicht die Anfragen jeweils weiter. Das zlib-Modul von Node.js stellt lediglich einen leichtgewichtigen Wrapper zur zlib dar und sorgt dafür, dass die Ein- und Ausgabestreams korrekt behandelt werden.

1.5.7 HTTP-Parser

Als Plattform für Webapplikationen muss Node.js nicht nur mit Streams, komprimierten Daten und Verschlüsselung, sondern auch mit dem HTTP-Protokoll umgehen können. Da das Parsen des HTTP-Protokolls eine recht aufwendige Prozedur ist, wurde der HTTP-Parser, der diese Aufgabe übernimmt, in ein eigenes Projekt ausgelagert und wird nun von der Node.js-Plattform eingebunden. Wie die übrigen externen Bibliotheken ist auch der HTTP-Parser in C geschrieben und dient als performantes Werkzeug, um sowohl Anfragen als auch Antworten des HTTP-Protokolls auszulesen. Das bedeutet für Sie als Entwickler konkret, dass Sie mit dem HTTP-Parser beispielsweise die verschiedenen Informationen des HTTP-Headers oder den Text der Nachricht selbst auslesen können.

Das primäre Entwicklungsziel von Node.js ist es, eine performante Plattform für Webapplikationen zur Verfügung zu stellen. Um diese Anforderung zu erfüllen, baut Node.js auf einem modularen Ansatz auf. Dieser erlaubt die Einbindung externer Bibliotheken wie beispielsweise der bereits beschriebenen libuv oder des HTTP-Parsers. Der modulare Ansatz wird durch die internen Module der Node.js-Plattform weitergeführt und reicht bis zu den Erweiterungen, die Sie für Ihre eigene Applikation erstellen. Im Laufe dieses Buches werden Sie die verschiedenen Möglichkeiten und Technologien kennenlernen, die Ihnen die Node.js-Plattform zur Entwicklung eigener Applikationen zur Verfügung stellt. Den Anfang macht eine Einführung in das Modulsystem von Node.js.

1.6 Zusammenfassung

Seit einigen Jahren ist Node.js nicht mehr aus der Webentwicklung wegzudenken. Dabei wird Node.js nicht nur zur Erstellung von Serverapplikationen verwendet, sondern ist auch Grundlage für eine Vielzahl von Hilfsmitteln vom Build-System wie Grunt oder Gulp bis hin zum Compiler für CSS-Präprozessoren. Der Erfolg der Plattform beruht auf einigen sehr einfachen Konzepten. Die Plattform basiert auf einer Sammlung von etablierten Bibliotheken, die zusammengefasst eine sehr flexible Arbeitsumgebung schaffen. Der Kern der Plattform wurde über die Jahre hinweg stets kompakt gehalten und bietet lediglich einen Satz an Grundfunktionalität. Für alle weiteren Anforderungen gibt es den Node Package Manager, über den Sie die verschiedensten Pakete in Ihre Applikation einbinden können.

Obwohl sich Node.js mittlerweile seit einigen Jahren in der Praxis bewährt hat, wird immer noch häufig die Frage gestellt: Kann ich Node.js bedenkenlos für meine Applikation einsetzen. In den Versionen vor 0.6 ließ sich diese Frage nicht guten Gewissens mit Ja beantworten, da die Schnittstellen der Plattform häufigen Änderungen unterlagen. Mittlerweile ist Node.js den Kinderschuhen entwachsen. Die Schnittstel-

len werden von den Entwicklern stabil gehalten. Für den Einsatz in Unternehmen wurde die LTS-Version geschaffen. Hierbei handelt es sich um eine Node.js-Version, die 18 Monate durch Updates unterstützt wird. Dies erhöht die Verlässlichkeit der Plattform und nimmt Unternehmen den Druck, immer auf die neueste Version zu aktualisieren.

Ein durchaus spannendes Kapitel in der Entwicklungsgeschichte war die Abspaltung von io.js. Der Grund dafür war, dass die Entwicklung von Node.js an Dynamik verlor und lange Zeit keine Neuerungen in die Plattform Einzug hielten. Dieses Ereignis war ein entscheidender Wendepunkt für die Entwicklung für Node.js. Die Node.js Foundation wurde gegründet, und die Verantwortung für die Entwicklung wurde von Einzelpersonen auf eine Gruppe übertragen. Daraufhin wurden die Releasezyklen und die Versionierung standardisiert, was den Verwendern der Plattform einerseits Verlässlichkeit und andererseits kontinuierliche Weiterentwicklung signalisiert.

Mit Ihrer Entscheidung, sich eingehender mit Node.js beschäftigen zu wollen, befinden Sie sich in guter Gesellschaft mit zahlreichen großen und kleinen Unternehmen weltweit, die Node.js mittlerweile strategisch für die Entwicklung von Applikationen einsetzen.

Kapitel 12

Single-Page-Webapplikationen mit Express.js und Angular.js

Wir suchen niemals die Dinge, sondern das Suchen nach ihnen.
– Blaise Pascal

Dieses Kapitel soll Ihnen in einer Art Workshop das Thema Single-Page-Webapplikationen näherbringen. Dazu werden zahlreiche Konzepte aus den vorangegangenen Kapiteln wiederholt und vertieft, aber auch einige Themen berührt, die erst in späteren Kapiteln behandelt werden. Das Ziel ist, dass Sie sowohl das Frontend als auch das Backend einer solchen Single-Page-Applikation erstellen und miteinander verbinden. Eine Single-Page-Webapplikation besteht im Gegensatz zu einer traditionellen Webapplikation nicht aus einer Sammlung einzelner Seiten, die über Hyperlinks verbunden sind, sondern aus einer Seite, auf der verschiedene Informationen per asynchrone Anfragen nachgeladen und Teile bei Bedarf ein- beziehungsweise ausgeblendet werden. Solche Applikationen wirken auf den Benutzer wesentlich responsiver und reagieren schneller und direkter auf die Eingabe eines Benutzers. Client und Server rücken bei solchen Applikationen enger zusammen. Die ausgetauschten Datenpakete werden kleiner und zugleich wird die Kommunikation intensiviert. Das hat wiederum zur Folge, dass die Daten einem Benutzer schneller und aktueller präsentiert werden können. Bei der Implementierung können Sie auf zahlreiche Bibliotheken und Frameworks zurückgreifen, die Ihnen viele Arbeitsschritte abnehmen.

12.1 Die Aufgabenstellung

Die Aufgabe, die es in diesem Kapitel zu lösen gilt, besteht darin, eine Verwaltungsoberfläche für eine Filmdatenbank zu erstellen. Um das Beispiel übersichtlich zu halten, wird auf eine Anmeldung und Benutzerverwaltung verzichtet. Außerdem beschränken Sie sich bei der Eingabe lediglich auf den Titel und das Erscheinungsjahr des Films. Die Applikation besteht also im Kern aus einer Liste von Datensätzen, der Sie neue Einträge hinzufügen und bestehende verändern oder löschen können. Mit dem Wissen, das Sie in diesem Kapitel erwerben, können Sie diese Applikation dann selbstständig um weitere Funktionen erweitern.

12.2 Setup

Der erste Schritt bei der Applikationsentwicklung ist die Installation der Kernkomponenten und die Erstellung einer Verzeichnisstruktur. Auf dieser Basis aufbauend, fügen Sie dann Schritt für Schritt Ihre eigenen Module hinzu.

12.2.1 Ordnerstruktur

Bei der MovieDB-Applikation handelt es sich um eine sehr überschaubare Anwendung. In der ersten Ausbaustufe verfügt diese serverseitig über einen Controller, ein Model und einen Router. Die Applikation wird über eine zentrale Index-Datei gestartet. Zusätzlich dazu gibt es ein Verzeichnis mit dem Namen *public*, das die Dateien beinhaltet, die für die Benutzer freigegeben sind. Den Einstiegspunkt in die Applikation für die Clientseite stellt die *index.html*-Datei im *public*-Verzeichnis dar. Sie ist damit quasi das Gegenstück der serverseitigen *index.js*-Datei. Die datenbankrelevanten Dateien liegen im Verzeichnis *db*. Wie Sie wissen, liegen die Node.js-Bibliotheken im *node_modules*-Verzeichnis. Darum müssen Sie sich also auch nicht weiter kümmern. Dieses Verzeichnis befüllen Sie in den nächsten Abschnitten mit Inhalt. Die Struktur für das Frontend ist ähnlich einfach aufgebaut wie das Backend. Unterhalb des *public*-Verzeichnisses finden Sie ein *app*-Verzeichnis, das den Quellcode Ihrer Applikation enthält. Die Templates liegen nicht wie gewohnt auf der Serverseite, sondern werden mit dem übrigen Clientcode ausgeliefert und befinden sich im *partials*-Verzeichnis. Das *lib*-Verzeichnis schließlich enthält die Clientbibliotheken. In Abbildung 12.1 sehen Sie einen Überblick über diese initiale Verzeichnisstruktur.

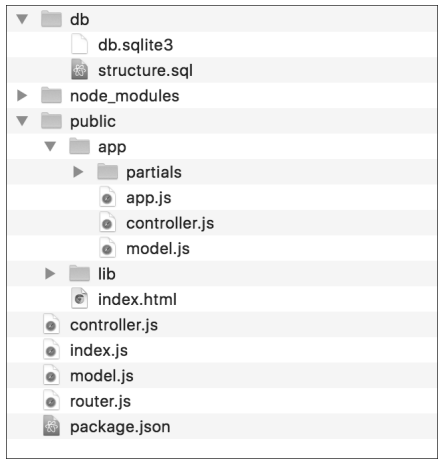


Abbildung 12.1 Verzeichnisstruktur

Sie müssen jetzt nicht alle Verzeichnisse und Dateien gleich anlegen. Im Zuge dieses Kapitels werden Sie die Applikation Schritt für Schritt generieren und dazu die Struktur erstellen und den Quellcode erzeugen. Diese Struktur soll Ihnen zunächst als erster Überblick dienen, damit Sie einen Eindruck von der Aufteilung erhalten.

12.2.2 Die Datenbank

Die Basis für Ihre Applikation bildet eine Datenbank, in der Sie sämtliche Informationen vorhalten. Für die vorliegende Aufgabenstellung kommen verschiedene Datenbanktypen infrage. Zur Modellierung der Datenstrukturen eignen sich sowohl dokumentenbasierte Datenbanken wie MongoDB als auch relationale Datenbanken wie MySQL. Für die hier angestrebte Lösung kommt eine relationale Datenbank zum Einsatz. Damit Ihre Applikation leichtgewichtig wird und mit möglichst wenigen Abhängigkeiten auskommt, sollten Sie SQLite als Datenbanksystem einsetzen. Um die Datenbank zu erstellen, müssen Sie die SQLite3-Shell verwenden. Wechseln Sie zu diesem Zweck in das *db*-Verzeichnis Ihrer Applikation, und setzen Sie das Kommando `sqlite3 db.sqlite3` ab. In Listing 12.1 sehen Sie die Kommandos, die benötigt werden, um die Datenbank aufzusetzen.


```
CREATE TABLE movies (
  id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT,
  title VARCHAR,
  year INTEGER
);

INSERT INTO movies (title, year) VALUES
  ('Iron Man', 2008),
  ('The Avengers', 2012);
```

Listing 12.1 Setup der Datenbank

Mit den Kommandos aus Listing 12.1 erstellen Sie Ihre movieDB mit einer Tabelle und zwei Datensätzen.

12.2.3 Abhängigkeiten

Der erste Schritt bei der Entwicklung einer Node.js-Applikation ist immer die Erstellung einer *package.json*-Datei. Diese beschreibt Ihre Applikation und enthält zahlreiche wichtige Informationen für Benutzer und Entwickler. Im Falle der movieDB sind hier vor allem die zu installierenden Bibliotheken in Form von NPM-Paketen relevant. Sie sollten nun also diese Datei von NPM generieren lassen, indem Sie den Befehl `npm init` auf der Kommandozeile absetzen. Im nächsten Schritt installieren Sie die Bibliotheken, die Sie für die serverseitige Entwicklung verwenden. In diesem Fall sind das Express.js, der Body-Parser von Express.js und der SQLite3-Treiber für den

Datenbankzugriff. Die Installation erfolgt über das Kommando `npm install --save express body-parser sqlite3`.

```
{
  "name": "moviedb",
  "version": "0.0.1",
  "description": "Awesome movie database",
  "main": "index.js",
  "license": "ISC",
  "dependencies": {
    "body-parser": "^1.15.0",
    "express": "^4.13.4",
    "sqlite3": "^3.1.1"
  }
}
```

Listing 12.2 »package.json«-Datei der movieDB-Applikation

In Listing 12.2 sehen Sie die *package.json*-Datei für die Applikation. Mit diesen Schritten haben Sie die Grundlage für die serverseitige Implementierung Ihrer Applikation geschaffen. Nun liegt es an Ihnen, die Komponenten zu einer funktionierenden Applikation zusammenzufügen.

12.2.4 Clientbibliotheken

Sie greifen allerdings nicht nur serverseitig auf etablierte Bibliotheken zurück, sondern setzen auch clientseitig auf solche Unterstützung. Der Vorteil besteht darin, dass Ihnen Bibliotheken und Frameworks häufig auftretende Aufgaben abnehmen und Ihnen dadurch viel Schreibarbeit ersparen. Das Frontend Ihrer Filmdatenbank soll auf dem bekannten Framework Angular.js aufbauen. Für dieses Beispiel wird noch die erste Version des Frameworks eingesetzt. Es handelt sich allerdings auch nicht um eine Einführung in Angular.js, stattdessen soll in diesem Kapitel nur demonstriert werden, wie Sie mit wenigen Schritten ein Node.js-Backend mit einem etablierten Frontend-Framework verbinden können. Statt Angular.js können Sie auch ein beliebiges anderes Framework wie beispielsweise React oder Ember.js verwenden. Durch das HTTP-Protokoll als Schnittstelle zwischen Client und Server sind Sie in der Auswahl der Werkzeuge sehr flexibel.

In diesem Beispiel kommen einige Komponenten von Angular.js zum Einsatz, die einer kurzen Erklärung bedürfen:

Die Architektur von Angular.js

Angular.js ist ein MVVM-Framework, also ein Strukturframework, das vor allem aus den Komponenten Model, View und ViewModel besteht. Die Models beinhalten die Daten der Applikation und die clientseitige Businesslogik. Die Views sind für die Darstellung verantwortlich. Angular setzt auf HTML mit spezifischen Auszeichnungen zur Darstellung und verzichtet auf eine eigene Template-Engine. Die ViewModels schließlich verbinden Models und Views und kümmern sich um die Synchronisierung der Daten. Damit wird das sogenannte Two-Way-Databinding ermöglicht. Dabei werden die Daten zwischen Model und View synchron gehalten. Wird eine Änderung an einer der beiden Stellen vorgenommen, wird sie auf der anderen Stelle reflektiert. Noch interessanter wird die Situation, wenn Sie mehrere Repräsentationen eines Models auf einer Seite haben. Angular.js sorgt dann dafür, dass die Daten an sämtlichen Stellen aktualisiert werden.

Controller

Der Controller wird zwar in MVVM nicht explizit erwähnt, spielt in Angular.js jedoch eine wichtige Rolle. Ein Controller ist eine Funktion, die das ViewModel kapselt. In einer solchen Controller-Funktion können Sie alle Funktionen definieren, auf die Sie in der View zurückgreifen möchten. Im weitesten Sinne ist der Controller der Ausführungskontext Ihrer View. Sie können mehrere Controller ineinander verschachteln, wobei die inneren Controller stets Zugriff auf die äußeren haben. Um die Komplexität Ihrer Applikation nicht unnötig zu erhöhen, sollten Sie eine zu tiefe Verschachtelung vermeiden. Das hat auch einen Performancehintergrund, da Angular.js das Two-Way-Databinding manuell durch Benachrichtigungen löst. Je mehr dynamische Ausdrücke sich in Ihrer Applikation befinden, desto performancekritischer ist dies für Ihre Applikation. Ab 2.000 bis 3.000 solcher als Watcher bezeichneten dynamischen Ausdrücke wird Ihre Applikation spürbar langsamer. Um nicht an diese Grenze zu stoßen, sollten Sie die Architektur Ihrer Applikation entsprechend auslegen und durch eine geschickte Aufteilung der Datenmenge dieses Problem umgehen.

Services in Angular.js

Zur Auslagerung mehrfach genutzter Programmlogik kennt Angular.js das Konzept von Services. Dabei handelt es sich meist um Funktionen, die Sie an mehreren Stellen einbinden können. Bei Angular.js gibt es drei unterschiedliche Arten von Services:

- **Service**: Diese Art von Services liefert ein Objekt zurück, das aus einer Konstruktor-Funktion erzeugt wurde. Durch die Erweiterung des Prototyps können Sie auf dem Objekt zusätzliche Methoden definieren.

- **Factory**: Eine Factory ist ein Objekt, das über Eigenschaften und Methoden verfügt.
- **Provider**: Die flexibelste Variante eines Service in Angular.js ist ein Provider. Diesen können Sie zum Startzeitpunkt einer Applikation konfigurieren. Ansonsten verhält er sich wie eine Factory.

Ein wichtiges Merkmal der Services, die intern aufeinander aufbauen, ist, dass es sich um Singletons handelt. Das bedeutet, dass Sie immer auf demselben Objekt arbeiten. Diesen Umstand können Sie sich zunutze machen und einen Service zur Kommunikation über Komponentengrenzen einer Applikation verwenden.

Dependency Injection

Angular.js ist ein Framework, das Sie bei der Erstellung von Tests für Ihre Applikation unterstützt. Die genaue Betrachtung dieser Facette der Applikationsentwicklung würde allerdings den Rahmen dieses Kapitels sprengen. Ein Teil des Frameworks, das die Testbarkeit von Angular.js-Applikationen gewährleistet, ist der Umgang mit internen Abhängigkeiten. Mit dem Dependency-Injection-Mechanismus von Angular.js können Sie Services und andere Komponenten Ihrer Applikation laden lassen, ohne dass Sie sich selbst um die Erzeugung des jeweiligen Elements kümmern müssen.

Neben der Dependency Injection verfügt Angular.js über ein sehr einfaches Modulsystem, das es Ihnen erlaubt, Module von Drittanbietern in Ihre Applikation einzubinden und deren Funktionalität durch Dependency Injection in Ihren Quellcode zu integrieren. Die definierten Schnittstellen können Sie dann für die Erstellung von Tests durch Stubs und Mocks ersetzen, sodass Sie einzelne Bestandteile Ihrer Applikation alleinstehend prüfen können.

Direktiven

Wenn Sie mit Angular.js arbeiten, kommen Sie früher oder später mit dem Begriff der Direktiven in Berührung. Eine Direktive ist, einfach ausgedrückt, ein Marker in Ihrer HTML-Struktur, den Angular.js durch etwas anderes ersetzt. Damit lassen sich der Wortschatz und der Funktionsumfang von HTML beträchtlich erweitern. Häufig verwenden Sie in Angular.js Direktiven, ohne dass Sie sich darüber bewusst sind. Die Angular.js-eigenen Direktiven erkennen Sie am vorangestellten `ng-`. So handelt es sich bei `ng-app` oder `ng-model` um Direktiven. Auch das `ui-sref`-Attribut, das Sie später noch im Zuge der Implementierung Ihrer Applikation verwenden werden, ist eine Direktive. In diesem Beispiel werden Sie allerdings keine eigenen Direktiven erstellen, sondern lediglich mit den bereits bestehenden arbeiten.

Angular-Router

Ein typischer Vertreter eines solchen externen Moduls, das recht häufig eingebunden wird, ist der Router von Angular.js. Der Router sorgt dafür, dass Sie in der Single-Page-Applikation über die Adressleiste Ihres Browsers navigieren können, ohne die Seite neu zu laden. Zu diesem Zweck wird entweder die Hash-Navigation oder Push-State verwendet. In beiden Fällen wird die aktuelle Adresse verändert, ein Neuladen der Seite jedoch verhindert. Bei der Hash-Navigation wird die Anker-Syntax verwendet, indem an die URL ein #-Symbol angehängt wird. Alle Werte, die diesem Zeichen folgen, führen nicht zu einem Seitenreload, sondern dienten ursprünglich zur Navigation zu lokalen Sprungmarken. Bei Push-State handelt es sich um eine JavaScript-API, mit der ein State in der Applikation aktiviert werden kann. Zusätzlich zu einer URL-Änderung, die nicht zum Seitenreload führt, können Sie der `history.pushState`-Methode weitere Informationen mitgeben. Wenn Sie die Möglichkeit haben, sollten Sie `pushState` verwenden, da Sie hier wesentlich flexibler sind. Anhand der übergebenen Informationen wird entschieden, welche Komponenten dargestellt werden und welche Informationen vom Server geholt werden müssen. Der am weitesten verbreitete Router für Angular.js ist der Angular-UI-Router, den Sie in Ihrem Beispiel einsetzen werden. Neben einfachen Routen bietet diese Bibliothek noch zahlreiche weitere Features wie beispielsweise verschachtelte oder benannte Routen.

ngResource

Die Kommunikation mit dem Server findet in einer Single-Page-Applikation im Normalfall asynchron statt. Zu diesem Zweck kommt das `xmlHttpRequest`-Objekt des Browsers zum Einsatz. Mit dieser nativen Browserschnittstelle werden Sie jedoch in den seltensten Fällen direkt zu tun haben. Angular.js selbst bietet den $http-Service, der diese Schnittstelle umschließt und komfortable Funktionen bietet. Noch einen Schritt weiter gehen Dienste wie ngResource, die Ihnen die Kommunikation in Form von REST mit dem Server ermöglichen. Der Vorteil dabei besteht darin, dass Sie nur sehr wenig Quellcode selbst schreiben müssen, um die Verbindung zum Server zu implementieren.

12.3 Die Applikation

Nach dieser kurzen theoretischen Einführung in Angular.js sind Sie nun bereit, Ihre Applikation Schritt für Schritt umzusetzen. Sie entwickeln zunächst die Anzeige der Liste von Datensätzen und schaffen damit einen ersten Querschnitt durch sämtliche Schichten der Applikation. Danach erweitern Sie diese erste Implementierung nach und nach zu einer vollwertigen Applikation.

12.3.1 Liste von Datensätzen

An erster Stelle steht Ihre Express.js-Applikation. Ohne sie können Sie keine Dateien zum Benutzer ausliefern und damit auch nichts anzeigen. Diese erste Implementierung besteht aus nur einer Datei, der *index.js*, die den Einstieg in Ihre Applikation darstellt. In Listing 12.3 sehen Sie den entsprechenden Quellcode.

```
var express = require('express');

var app = express();

app.use(express.static('public'));

app.listen(8080, function () {
    console.log('Application is listening on http://localhost:8080');
});
```

Listing 12.3 Erste Implementierung des Backends

Dieser Quellcode sorgt dafür, dass alle Inhalte des *public*-Verzeichnisses zum Benutzer ausgeliefert werden. Der Server wird an Port 8080 gebunden. Damit verfügen Sie über einen funktionierenden Webserver, der bereits den clientseitigen Quellcode ausliefern kann, den Sie im nächsten Schritt umsetzen werden.

Den Einstieg für Ihre Benutzer bildet die Datei *index.html* im *public*-Verzeichnis, deren Struktur Sie in Listing 12.4 finden.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>MovieDB</title>
    <script src="lib/angular.js"></script>
    <script src="lib/angular-ui-router.js"></script>
    <script src="lib/angular-resource.js"></script>
    <script src="app/app.js"></script>
</head>
<body ng-app="movieDB">
</body>
</html>
```

Listing 12.4 Die Struktur der »index.html«-Datei

Die zentrale Datei des Frontends ist recht übersichtlich. Im Kern besteht sie aus einer Reihe von `script`-Tags, die dafür sorgen, dass die JavaScript-Dateien geladen werden, und einem `body`-Tag mit dem Attribut `ng-app`, das dem Angular.js-Compiler angibt,

welche Elemente zu einer Applikation transformiert werden sollen. Bevor Sie nun Ihren Webserver starten und Ihre Applikation testen können, benötigen Sie noch den Quellcode von Angular.js. Diesen erhalten Sie direkt über die Webseite des Projekts *www.angularjs.org*. Für den weiteren Verlauf dieses Beispiels wird davon ausgegangen, dass Sie die Datei *angular.js* im Verzeichnis *public/lib* abgelegt haben. Starten Sie nun den Serverprozess und rufen die URL *http://localhost:8080* auf, sehen Sie nur eine weiße Seite. Um dies zu ändern, implementieren Sie im nächsten Schritt die clientseitige Logik für die Darstellung der Liste. Zu diesem Zweck benötigen Sie zunächst zwei weitere Bibliotheken: angular-ui-router und ngResource. Den Router können Sie unter *https://github.com/angular-ui/ui-router* herunterladen. Das *ngResource*-Paket finden Sie unter *https://docs.angularjs.org/api/ngResource*. Natürlich können Sie auch zur Installation der Bibliotheken einen Paketmanager wie JSPM, Bower oder NPM verwenden. Die Beschreibung deren Verwendung würde allerdings den Rahmen dieses Kapitels sprengen. Nachdem Sie sowohl die Datei *angular-ui-router.js* als auch *angular-resource.js* im *public/lib*-Verzeichnis gespeichert haben, können Sie die Datei *app.js* im *public*-Verzeichnis erstellen. Diese stellt den Kern Ihrer Angular.js-Applikation dar, in den Sie wiederum die einzelnen Module integrieren. Im ersten Schritt sollte Ihre *app.js*-Datei aussehen wie in Listing 12.5.

```
angular.module('movieDB', ['ui.router', 'ngResource'])
.config(configFn);

configFn.$inject = ['$stateProvider', '$urlRouterProvider'];

function configFn($stateProvider, $urlRouterProvider) {
    $urlRouterProvider.otherwise("/list");

    $stateProvider
        .state('list', {
            url: "/list",
            templateUrl: "app/partials/list.html",
            controller: 'ListController',
            controllerAs: 'listController'
        });
});
```

Listing 12.5 Einstieg in die Angular.js-Applikation

Mit der Anweisung `angular.module` erzeugen Sie Ihre Applikation, auf die Sie im `ng-app`-Attribut im HTML verweisen. In den eckigen Klammern geben Sie die externen Module an, die Sie in Ihre Applikation einbinden möchten. In diesem Fall sind das der Angular-UI-Router und ngResource. Die `config`-Funktion sorgt dafür, dass der Router zum Startzeitpunkt Ihrer Applikation mit den korrekten Werten versorgt wird. Eine Besonderheit ist die `$inject`-Eigenschaft der Konfigurationsfunktion. Hier sehen Sie,

wie die Dependency Injection von Angular.js funktioniert. Sie übergeben ein Array von Objekten, auf die Sie zugreifen möchten, und Angular.js sorgt dafür, dass diese Objekte als Argumente an die Funktion übergeben werden. Der `$urlRouterProvider` und der `$stateProvider` sind Eigenschaften des Angular-UI-Routers, mit denen Sie die clientseitigen Routen festlegen können. Für die Umsetzung der Liste benötigen Sie die `/list`-Route, die mit dem `ListController` verbunden wird. Jede Route verfügt neben dem Controller über eine View, also ein HTML-Template, das dargestellt wird. Die Template-Datei für die Listendarstellung speichern Sie im Verzeichnis *public/partials* unter dem Namen *list.html*. Den Quellcode des Templates finden Sie in Listing 12.6.

```
<table>
    <thead>
        <tr>
            <th>Title</th>
            <th>Year</th>
            <th></th>
            <th></th>
        </tr>
    </thead>
    <tbody>
        <tr ng-repeat="movie in listController.movies">
            <td>{{movie.title}}</td>
            <td>{{movie.year}}</td>
            <td>
                <a ui-sref="form({id: movie.id})">
                    Edit
                </a>
            </td>
            <td>
                <a ui-sref="delete({id: movie.id})">
                    Delete
                </a>
            </td>
        </tr>
    </tbody>
</table>

<a ui-sref="form()">New</a>
```

Listing 12.6 Template für die Listendarstellung

Bei dem `ng-repeat`-Attribut handelt es sich um eine Angular.js-Direktive, die dafür sorgt, dass der ausgezeichnete Block wiederholt wird. Auf diese Weise lassen sich einfach Schleifen in Templates realisieren. Die doppelten geschweiften Klammern ste-

hen für dynamische Ausdrücke, die der Angular.js-Compiler umwandelt und durch Zeichenketten ersetzt. Diese werden über die Laufzeit der Applikation stets aktuell gehalten. Die `ui-sref`-Attribute stammen vom Angular-UI-Router und dienen dazu, Routen innerhalb der Applikation zu aktivieren. Im Falle des Beispiels sind dies die Routen zum Erstellen, Editieren und Löschen von Datensätzen, die sogenannten CRUD-Operationen.

Neben dem Template benötigen Sie noch die Controller-Implementierung. Diese liegt in der Datei *public/app/controller.js*, deren Inhalt in Listing 12.7 abgebildet ist.

```
angular.module('movieDB')
    .controller('ListController', ListController);

ListController.$inject = ['dataFactory'];
function ListController (dataFactory) {
    this.movies = dataFactory.getAll();
}
```

Listing 12.7 Controller-Implementierung

Zunächst laden Sie die bereits existierende Instanz des movieDB-Moduls und fügen den neuen `ListController` hinzu. Im Anschluss sehen Sie, wie die Dependency Injection in Angular.js funktioniert. Sie übergeben Ihrem Controller ein `dataFactory`-Objekt, mit dem Sie die Datensätze vom Server laden können. Haben Sie den Quellcode Ihres Controllers fertiggestellt, müssen Sie dafür sorgen, dass dieser auch im Browser geladen wird, indem Sie in Ihrer *index.html*-Datei ein neues Script-Tag einfügen. Dieses fügen Sie am besten im Anschluss an das Tag, das die *app.js*-Datei lädt, ein. Listing 12.8 enthält den entsprechenden Ausschnitt der *index.html*-Datei.

```
<head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title>Title</title>
    <script src="lib/angular.js"></script>
    <script src="lib/angular-ui-router.js"></script>
    <script src="lib/angular-resource.js"></script>
    <script src="app/app.js"></script>
    <script src="app/controller.js"></script>
    <script src="app/model.js"></script>
</head>
```

Listing 12.8 Erweiterung der »index.html«-Datei

Neben dem Laden der *controller.js*-Datei sehen Sie, dass außerdem die Datei *public/app/model.js* eingebunden wird. Diese enthält die `dataFactory`, die Sie bereits im Con-

troller verwenden, allerdings noch nicht implementiert haben. Daraus besteht nun auch die nächste Aufgabe. Listing 12.9 enthält den Quellcode für den Datenservice.

```
angular.module('movieDB')
.factory('dataFactory', dataFactory);

dataFactory.$inject = ['$resource'];

function dataFactory($resource) {
    return $resource(
        '/movie/:id',
        {id: '@id'},
        {
            getAll: {method: 'GET', isArray: true},
            create: {method: 'POST'},
            read: {method: 'GET'},
            update: {method: 'PUT'},
            delete: {method: 'DELETE'}
        }
    );
}
```

Listing 12.9 Die »dataFactory« der movieDB

Im Gegensatz zu den übrigen Stellen in der Applikation ist die `dataFactory` damit schon komplett implementiert und unterstützt sowohl lesende als auch schreibende Operationen. Die `dataFactory` besteht im weitesten Sinne aus einer Erweiterung des `$resource`-Service, der aus dem ngResource-Modul stammt. Die erste Information, die Sie hier übergeben, ist die URL, die auf der Serverseite verwendet werden soll. Das zweite Argument ordnet die dynamische Komponente, die ID in diesem Fall, zu. Das dritte Argument ordnet schließlich die verfügbaren Methoden des resultierenden `dataFactory`-Objekts den entsprechenden HTTP-Methoden zu. Mit diesen Anpassungen haben Sie alle Komponenten auf der Clientseite implementiert, sodass Sie sich nun der Serverseite widmen können.

Die Clientseite greift auf der Serverseite auf den URL-Pfad */movie* zu. Um diese bedienen zu können, benötigen Sie einen Router für Ihre Express.js-Applikation. Den Quellcode aus Listing 12.10 speichern Sie in der Datei *router.js* im Wurzelverzeichnis Ihrer Applikation.

```
var controller = require('./controller.js');

module.exports = function(app) {
```



```
    app.get('/movie', controller.fetchAll);
};
```

Listing 12.10 Der Router der movieDB

Bevor Sie den Controller implementieren, der die Funktionalität hinter der Route zur Verfügung stellt, binden Sie den Router zunächst in die *index.js*-Datei Ihrer Applikation ein.

```
var express = require('express');
var router = require('./router');

var app = express();

app.use(express.static('public'));

router(app);

app.listen(8080, function () {
    console.log('Application is listening on http://localhost:8080');
});
```

Listing 12.11 Einbindung des Express.js-Routers

Listing 12.11 zeigt Ihnen, wie Sie den Router einbinden. Danach geht es nun daran, den Controller zu implementieren. Diesen speichern Sie in der Datei *controller.js*, die wie auch der Router im Wurzelverzeichnis der Applikation liegt und den Quellcode aus Listing 12.12 enthält.

```
var movie = require('./model');

function fetchAll(req, res) {
    movie.fetchAll().then(function success(rows) {
        res.send(rows);
    }, function failure(err) {
        res.send(err);
    })
}
module.exports = {
    fetchAll: fetchAll
};
```

Listing 12.12 Initiale Implementierung des Controllers

Auch der Controller ist noch nicht der Endpunkt des Backend-Workflows. Im Controller sorgen Sie dafür, dass die Daten über das Model aus der Datenbank ausgelesen werden. Die `fetchAll`-Methode des Models gibt ein `Promise`-Objekt zurück. Im Erfolgsfall senden Sie die ausgelesenen Datensätze an den Client.

Tritt ein Fehler auf, werden die Informationen an den Client geschickt. Um die Lesbarkeit des Controllers zu erhöhen, findet der Export gesammelt am Ende der Datei statt. Dafür trennen Sie den Export von der Implementierung der Funktion. Sie müssen jetzt nur noch das Model und damit die Datenbankverbindung implementieren. Den Quellcode des Models zeigt Ihnen Listing 12.13.

```
var sqlite3 = require('sqlite3');

var db = new sqlite3.Database('db/db.sqlite3');

function fetchAll() {
    return new Promise(function (resolve, reject) {
        db.all('SELECT * FROM movies', function (err, rows) {
            if (err) {
                reject(err);
            } else {
                resolve(rows);
            }
        });
    });
}

module.exports = {
    fetchAll: fetchAll
};
```

Listing 12.13 Abfrage der SQLite-Datenbank

Die Implementierung des Models greift etwas dem Kapitel 18 vor. Die Verbindung zur Datenbank besteht aus drei Teilen. Sie bauen die Verbindung auf, formulieren die Abfrage und gehen mit dem Ergebnis um. Damit die Verarbeitung des Ergebnisses komfortabler durchgeführt werden kann, setzen Sie hier Promises ein, die Sie bereits aus Kapitel 6 kennen. Auch im Model setzen Sie den Export für die Übersichtlichkeit an das Ende der Datei. Mit diesem Stand des Quellcodes können Sie jetzt Ihre Applikation starten und sich die Daten aus der Datenbank ansehen. Das Ergebnis sollte aussehen wie in Abbildung 12.2.

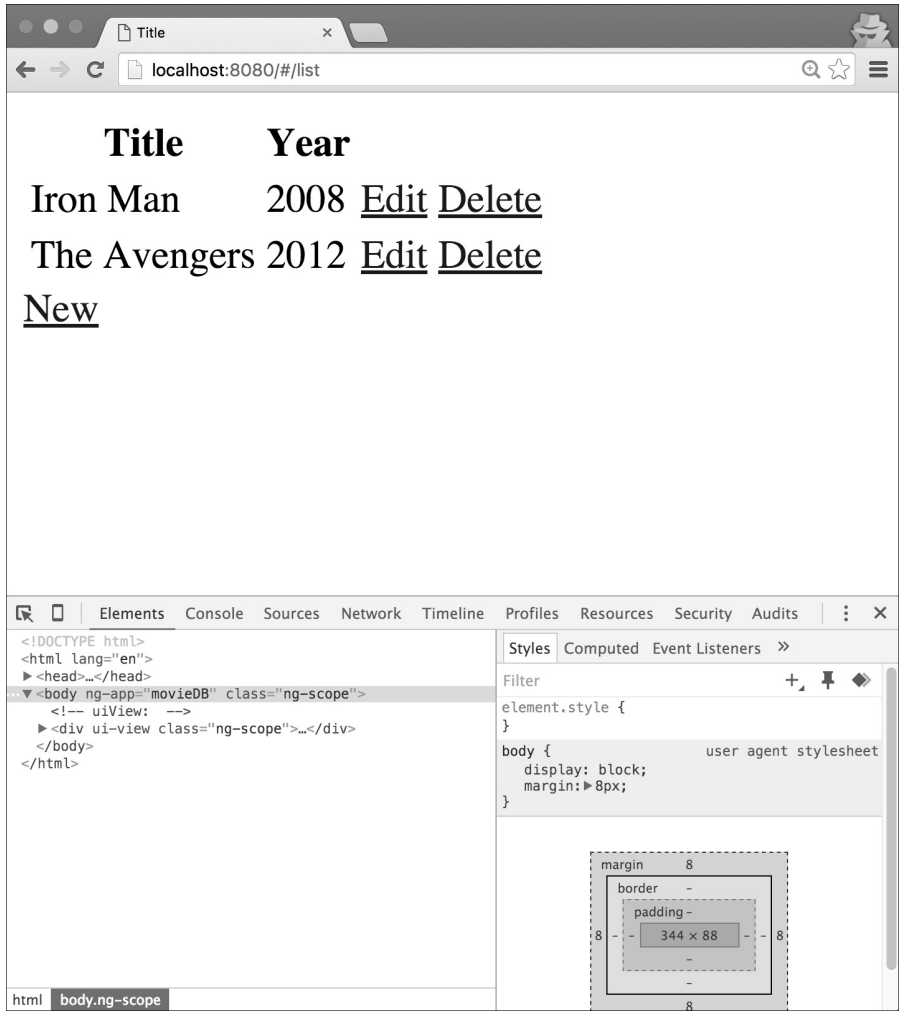


Abbildung 12.2 Die Liste der Datensätze

Datensätze zu betrachten reicht für die meisten Anwendungsfälle nicht aus. Aus diesem Grund implementieren Sie als Nächstes die Möglichkeit, neue Datensätze einzufügen.

12.3.2 Anlegen neuer Datensätze

Bei der Entwicklung eines neuen Features müssen Sie nicht zwingend im Frontend beginnen. Für das Anlegen neuer Datensätze beginnen Sie deshalb mit der Umsetzung des Express.js-Backends. Die erste Voraussetzung für die Erweiterung haben Sie schon erfüllt, indem Sie den Body-Parser installiert haben. Mit diesem Modul nehmen Sie die eingehenden Daten entgegen und übergeben sie an die Datenbank. Um

die Daten empfangen zu können, müssen Sie zunächst den Body-Parser einbinden und Ihre Applikation entsprechend konfigurieren. Zu diesem Zweck fügen Sie die beiden Zeilen aus Listing 12.14 in Ihre *index.js* im Wurzelverzeichnis Ihrer Applikation ein. Achten Sie dabei darauf, dass Sie den Aufruf von `app.use` an einer Stelle einfügen, an der das `app`-Objekt bereits existiert.

```
var bodyParser = require('body-parser');
app.use(bodyParser.json());
```

Listing 12.14 Einbindung von »body-parser«

Mit dieser Anpassung können Sie auf die Daten zugreifen, die sich im Body einer eingehenden Anfrage befinden. Zum Anlegen neuer Datensätze benötigen Sie außerdem eine neue Route. Ihre Benutzer werden dafür mit der HTTP-POST-Methode auf den URL-Pfad */movie* zugreifen. Zusätzlich zur `get`-Route erweitern Sie nun also Ihren Router in der *router.js*-Datei um eine `post`-Route. Die Zeile aus Listing 12.15 sollten Sie direkt unter der bestehenden Route einfügen.

```
app.post('/movie', controller.create);
```

Listing 12.15 »POST«-Route

Der Router definiert lediglich die Schnittstellen, die einem Benutzer zur Verfügung stehen, und reicht die Anfrage weiter an den Controller. Innerhalb des Controllers definieren Sie zunächst die `create`-Funktion, die Sie dann über `module.exports` verfügbar machen. Wie der angepasste Quellcode aussieht, sehen Sie in Listing 12.16.

```
function create(req, res) {
    var movieData = {
        title: req.body.title,
        year: req.body.year
    };

    movie.insert(movieData).then(function(id) {
        res.send(JSON.stringify({id: id}));
    });
}

module.exports = {
    fetchAll: fetchAll,
    create: create
};
```

Listing 12.16 Erstellen von Datensätzen im Controller

Der Controller aus der Datei *controller.js* entnimmt der eingehenden Anfrage die Daten, die in die Datenbank geschrieben werden sollen, und sorgt dafür, dass die Antwort an den Benutzer versendet wird, sobald die Daten in die Datenbank geschrieben sind und die Promise erfüllt ist. Das Model, das Sie in der Datei *model.js* abgelegt haben, erweitern Sie um eine `insert`-Funktion, wie in Listing 12.17 zu sehen ist.

```
function insert(data) {
    return new Promise(function (resolve, reject) {
        db.run('INSERT INTO movies (title, year) VALUES (?, ?)',
        [data.title, data.year], function (err) {
            if (err) {
                reject(err);
            } else {
                resolve(this.lastID);
            }
        });
    });
}
module.exports = {
    fetchAll: fetchAll,
    insert: insert
};
```

Listing 12.17 Daten in die Datenbank schreiben

Wichtig beim Model ist auch, dass Sie die `insert`-Funktion über `module.exports` für andere Module verfügbar machen. Die `insert`-Funktion selbst gibt eine Promise zurück und sorgt dafür, dass die Daten über eine `INSERT`-Query korrekt in die Datenbank gespeichert werden. Weitere Informationen zum Umgang mit Datenbanken und der Verarbeitung von Werten finden Sie in Kapitel 18. Starten Sie jetzt Ihren Node.js-Prozess mit der Applikation neu, haben Sie die Möglichkeit, bereits Daten in die Datenbank einzufügen. Um die Bedienung für einen Benutzer angenehmer zu gestalten, sollten Sie sich nun um die Umsetzung des Frontends kümmern.

Der Router im Frontend verrichtet im Endeffekt ähnliche Arbeit wie im Backend: Er sorgt dafür, dass Anfragen des Benutzers an die korrekte Stelle geleitet werden. Um neue Datensätze anzulegen, benötigen Sie ein Formular. Ihr Router soll Ihre Anfragen also an eine Funktion weiterleiten, die ein Formular darstellt und mit den eingegebenen Werten umgehen kann. Zu diesem Zweck fügen Sie in der `config`-Funktion in der *public/app/app.js*-Datei einen neuen State zum `$stateProvider` hinzu.

```
$stateProvider.state('form', {
    url: "/form ",
    templateUrl: "app/partials/form.html",
```

```
    controller: 'FormController',
    controllerAs: 'formController'
});
```

Listing 12.18 Route für das Formular

Wie Sie in Listing 12.18 sehen, geht der neue State davon aus, dass es sowohl ein Template für die neue Route als auch einen Controller gibt. Zunächst zum Formular, das Sie im Verzeichnis *public/app/partials* unter dem Namen *form.html* speichern. Den Quelltext dafür entnehmen Sie Listing 12.19.

```
<div>
    <label>Title</label>
    <input type="text" ng-model="formController.title">
</div>
<div>
    <label>Year</label>
    <input type="text" ng-model="formController.year">
</div>
<div>
    <button ng-click="formController.save()">save</button>
    <button ui-sref="list">cancel</button>
</div>
```

Listing 12.19 Formular zum Anlegen von Datensätzen

Die Eingabefelder werden mit der `ng-model`-Direktive über Two-Way-Databinding direkt mit dem Model im Controller verbunden. Eine Änderung des Werts wirkt sich direkt auf das Model aus. Ein Klick auf den Button ruft die `save`-Methode des Controllers auf, die das Speichern der Daten im Backend veranlasst. Zum Abschluss des Speichervorgangs fehlt Ihnen nun lediglich noch die Controller-Implementierung. Den Service haben Sie ja bereits im ersten Schritt fertiggestellt.

```
angular.module('movieDB')
    .controller('FormController', FormController)
FormController.$inject = ['$state', 'dataFactory'];
function FormController ($state, dataFactory) {
    this.title =  '';
    this.year = '';

    this.save = function () {
        var data = {
            title: this.title,
            year: this.year
```



```
        };
            dataFactory.create(data).$promise.then($state.go.bind($state, 'list'));

    }.bind(this);
}
```

Listing 12.20 Implementierung des FormControllers

Die notwendigen Erweiterungen der *public/app/controller.js*-Datei finden Sie in Listing 12.20. Die beiden Repräsentationen der Eingabefelder werden direkt auf der Controller-Instanz als Eigenschaften definiert. Ebenso verfahren Sie mit der `save`-Methode. Diese nutzt die `dataFactory`, um die Daten ans Backend zu senden. Nachdem der Speichervorgang erfolgreich war, wird über den Router wieder die Liste geladen. Starten Sie Ihre Applikation neu und nutzen den *New*-Link auf der Listenseite, werden Sie zu Ihrem Formular weitergeleitet. Diese Weiterleitung wirkt zwar, als ob die Seite neu geladen wird, im Hintergrund tauscht Angular.js jedoch lediglich Teile der Seite aus. Das Ergebnis sehen Sie in Abbildung 12.3.

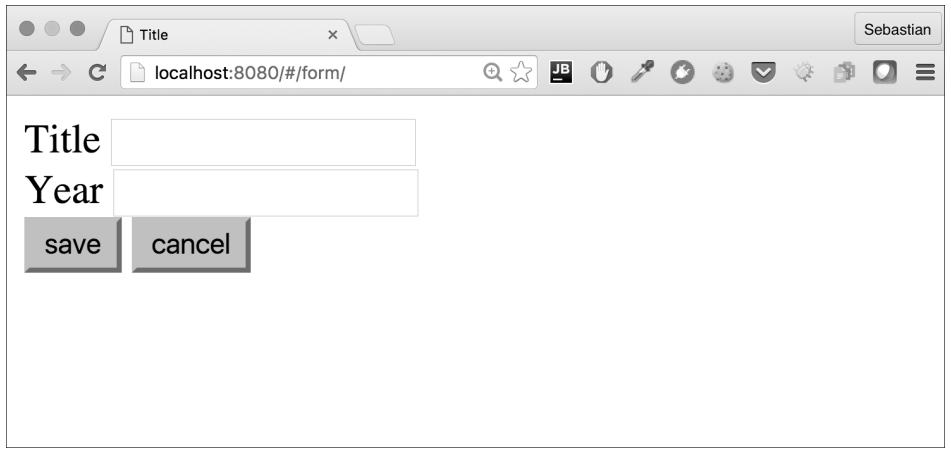


Abbildung 12.3 Formular zur Eingabe von Daten

Nachdem Sie sich schon im Frontend bewegen, können Sie Ihr Formular gleich dahingehend anpassen, dass es auch in der Lage ist, Datensätze zu editieren.

12.3.3 Datensätze verändern

Im Template der Liste haben Sie bereits Links vorgesehen, die zum Bearbeiten der Datensätze verwendet werden können. Zu diesem Zweck lassen Sie ebenfalls das Formular anzeigen, laden jedoch die Informationen eines Datensatzes. Das bedeutet, dass Sie in erster Linie Ihre Frontend-Route dahingehend anpassen müssen, dass sie

eine optionale ID eines Datensatzes verarbeiten kann. In der Datei *public/app/app.js* müssen Sie nur die `url`-Eigenschaft der `form`-Route etwas verändern, sodass sie folgenden Wert beinhaltet: `'/form/:id'`. Auf diesen ID-Wert können Sie dann in Ihrem Controller über den `$stateParams`-Service des Routers zugreifen. Listing 12.21 zeigt Ihnen den angepassten Quellcode des Controllers.

```
FormController.$inject = ['$state', '$stateParams', 'dataFactory'];
function FormController ($state, $stateParams, dataFactory) {
    this.title =  '';
    this.year = '';

    if($stateParams.id) {
        dataFactory.read({id: $stateParams.id}).$promise.then(function(movie)
{
            this.title = movie.title;
            this.year = movie.year;
        }.bind(this));
    }

    this.save = function () {
        var data = {
            title: this.title,
            year: this.year
        };
        if ($stateParams.id) {
            data.id = $stateParams.id;
            dataFactory.update(data).$promise.then($state.go.bind($state, 'list'));
        } else {
            dataFactory.create(data).$promise.then($state.go.bind($state, 'list'));
        }
    }.bind(this);
}
```

Listing 12.21 Angepasster FormController

Haben Sie eine ID übergeben, verwenden Sie die `dataFactory`, um aktualisierte Informationen über den Datensatz vom Server abzurufen. Auch der Speichervorgang hängt davon ab, ob eine ID vorhanden ist oder nicht. Ist dies der Fall, nutzen Sie die `update`-Methode der `dataFactory`, ansonsten wie bisher die `create`-Methode. Mehr Anpassungen sind im Frontend nicht nötig, um auch das Editieren zu unterstützen. Damit können Sie sich wieder um die Serverseite kümmern. Da Sie beim Bearbeiten eines Datensatzes zunächst noch einmal die Informationen des Datensatzes vom

Server holen, um sicherzustellen, dass Sie mit der neuesten Version arbeiten, müssen Sie zwei Routen anlegen: eine zum Auslesen eines einzelnen Datensatzes und eine weitere zum Speichern der geänderten Daten. Die zusätzlichen Zeilen, die Sie in die Datei *router.js* einfügen müssen, sehen Sie in Listing 12.22.

```
app.get('/movie/:id', controller.fetch);
app.put('/movie/:id', controller.update);
```

Listing 12.22 Erweiterung des Routers für Updates

Die Erweiterung des Routers bedeutet, dass Sie auch Ihrem Controller in der Datei *controller.js* zwei Funktionen hinzufügen müssen, wobei die `fetch`-Funktion sehr ähnlich zur `fetchAll`-Funktion ist, und `update` und `create` ähneln einander ebenfalls. Sollten Sie duplizierten Quellcode einsparen wollen, können Sie die Funktionen auch zusammenlegen und parametrisieren. Die einfachere Variante mit dem duplizierten Quellcode finden Sie in Listing 12.23.

```
function fetch(req, res) {
    movie.fetch(req.params.id).then(function success(row) {
        res.send(row);
    }, function failure(err) {
        res.send(err);
    })
}
function fetch(req, res) {
    movie.fetch(req.params.id).then(function success(row) {
        res.send(row);
    }, function failure(err) {
        res.send(err);
    })
}
module.exports = {
    fetchAll: fetchAll,
    fetch: fetch,
    create: create,
    update: update
};
```

Listing 12.23 Anpassungen an der Datei »controller.js«

Der letzte Schritt der Implementierung besteht, wie auch schon zuvor, aus der Umsetzung des Models in der Datei *model.js*. Analog zum Controller müssen Sie auch hier die Funktionen `fetch` und `update` umsetzen. Das Prinzip dieser beiden Funktio-

nen ist ebenfalls nichts Neues für Sie. Zunächst erzeugen Sie eine Promise, danach generieren Sie die Abfrage an die Datenbank und warten, bis Ihnen das Ergebnis vorliegt. Je nachdem, ob die Abfrage erfolgreich war oder ein Fehler aufgetreten ist, lösen Sie die Promise auf oder weisen sie ab. Bei der Implementierung sollten Sie darauf achten, dass Sie nicht vergessen, beide Funktionen auch zu exportieren, da Sie ansonsten eine Fehlermeldung erhalten, weil nicht auf die Funktionen zugegriffen werden kann. Den Quellcode können Sie Listing 12.24 entnehmen.

```
function fetch(id) {
    return new Promise(function (resolve, reject) {
        db.get('SELECT * FROM movies WHERE id = ?', [id], function (err, rows) {
            if (err) {
                reject(err);
            } else {
                resolve(rows);
            }
        });
    });
}
function update(data, id) {
    return new Promise(function (resolve, reject) {
        db.run('UPDATE movies SET title = ?, year = ? WHERE id = ?',
        [data.title, data.year, id], function (err) {
            if (err) {
                reject(err);
            } else {
                resolve();
            }
        });
    });
}
module.exports = {
    fetchAll: fetchAll,
    fetch: fetch,
    insert: insert,
    update: update
};
```

Listing 12.24 Erweiterung des Models um »fetch« und »update«

Mit diesen Anpassungen des Quellcodes sind Sie nun in der Lage, Ihre erstellten Datensätze auch nachträglich noch zu bearbeiten. Hierfür müssen Sie lediglich Ihre

Applikation neu starten, damit Node.js den angepassten Quellcode einliest. Verwenden Sie nun den *Edit*-Link eines Datensatzes in der Liste, werden die Informationen dieses Datensatzes in das Formular eingelesen, und Sie können Änderungen durchführen und diese speichern. Was nun noch fehlt, ist die Möglichkeit, bestehende Datensätze zu löschen.

12.3.4 Löschen von Datensätzen

Auch in diesem Fall liegt es bei Ihnen, wo Sie mit der Umsetzung beginnen möchten. Nachdem Sie die letzten Änderungen im Backend durchgeführt haben, können Sie hier auch gleich die Arbeit fortsetzen. Die Implementierung der Löschfunktion besteht wie bisher aus einer zusätzlichen Route, einer Controller-Funktion und der Anpassung des Models. Doch ein Schritt nach dem anderen.

Der Router, den Sie in der Datei *router.js* gespeichert haben, erhält noch eine weitere Zeile Quellcode, die die HTTP-Methode `DELETE` für den URL-Pfad */movie* unterstützt. Außerdem soll ein Benutzer die ID des zu löschenden Datensatzes übergeben können. Listing 12.25 enthält den Quellcode für die `delete`-Route.

```
app.delete('/movie/:id', controller.remove);
```

Listing 12.25 Die »delete«-Route

Eine häufig angewandte Best Practice besagt, dass Sie es vermeiden sollten, reservierte Wörter als Funktionsnamen zu verwenden. Also versehen Sie die Funktion des Controllers nicht mit dem Namen `delete`, sondern nennen sie `remove`. Den Quellcode dieser Funktion entnehmen Sie Listing 12.26. Und vergessen Sie auch hier nicht, die Funktion in Ihr `module.exports` aufzunehmen.

```
function remove(req, res) {
    movie.remove(req.params.id).then(function() {
        res.send(JSON.stringify(true));
    });
}
module.exports = {
    fetchAll: fetchAll,
    fetch: fetch,
    create: create,
    update: update,
    remove: remove
};
```

Listing 12.26 Die »remove«-Funktion des Controllers

Den Abschluss der serverseitigen Implementierung stellt die Umsetzung der `remove`-Funktion im Model dar. Hier setzen Sie wieder auf die bereits bekannte Struktur aus einer Kombination von Promise und Datenbankabfrage. Den entsprechenden Quellcode können Sie Listing 12.27 entnehmen. Diesen fügen Sie in die Datei *model.js* ein.

```
function remove(id) {
    return new Promise(function (resolve, reject) {
        db.run('DELETE FROM movies WHERE id = ?', [id], function (err) {
            if (err) {
                reject(err);
            } else {
                resolve();
            }
        });
    });
}

module.exports = {
    fetchAll: fetchAll,
    fetch: fetch,
    insert: insert,
    update: update,
    remove: remove
};
```

Listing 12.27 »remove«-Funktion im Model

Der clientseitige Einstieg in die Löschoperation ist der *Delete*-Link in der Listendarstellung. Für diesen benötigen Sie eine Erweiterung der Angular.js-Route, die in der Datei *public/app/app.js* liegt. Auch hier rufen Sie wieder die `state`-Methode des `$stateProvider`-Objekts auf. Diese Route ist allerdings etwas einfacher als die bisherigen, da Sie weder ein Template noch die `controllerAs`-Angabe benötigen. Den Quellcode zeigt Ihnen Listing 12.28.

```
$stateProvider.state('delete', {
    url: "/delete/:id",
    controller: 'DeleteController'
});
```

Listing 12.28 »delete«-Route im Frontend

Wie bereits erwähnt, benötigen Sie nur noch die Implementierung des Controllers, um Datensätze löschen zu können.


```
angular.module('movieDB')
.controller('DeleteController', DeleteController);

DeleteController.$inject = ['$state', '$stateParams', 'dataFactory'];
function DeleteController ($state, $stateParams, dataFactory) {
    dataFactory.delete({id: $stateParams.id}).$promise.then(function() {
        $state.go('list');
    });
}
```

Listing 12.29 Der DeleteController

Mit dem Quellcode aus Listing 12.29, den Sie in die Datei *public/app/controller.js* einfügen müssen, schließen Sie die Implementierung Ihrer Single-Page-Applikation ab. Wenn Sie jetzt den Node.js-Prozess noch einmal neu starten, um sämtliche Änderungen zu aktivieren, können Sie Datensätze anlegen, sie anzeigen und bearbeiten und auch wieder löschen. Sämtliche dieser Schritte werden in der angeschlossenen Datenbank persistiert.

12.4 Zusammenfassung

Single-Page-Applikationen vermitteln dem Benutzer den Eindruck, dass sie eher mit einer Applikation und weniger mit einer Webseite arbeiten. Statt kompletter Seitenreloads werden nur Teile der Seite ausgetauscht. Im Idealfall übermitteln Sie sämtliche statischen Daten Ihrer Webapplikation nur einmal zum Client. Verwendet ein Benutzer Ihre Applikation, tauscht er nur noch dynamische Informationen mit dem Server aus. Dies geschieht in den meisten Fällen im JSON-Format, da diese Daten am schnellsten und einfachsten vom Browser verarbeitet werden. Basiert Ihr Webserver auf Node.js, entsteht durch das Datenformat kein größerer Zusatzaufwand, da die V8-Engine die JSON-Encodierung nativ beherrscht. Diese Form der Informationsübertragung spart im Gegensatz zur Übermittlung vollständiger HTML-Seiten zum einen Übertragungsbandbreite, und zum anderen ermöglicht es dem Browser, die statischen Inhalte im lokalen Cache vorzuhalten, was die Ladezeit zusätzlich verbessert. Wann immer Sie die Möglichkeit haben, sollten Sie eine Single-Page-Applikation einer Multi-Page-Applikation vorziehen, da die Nutzerführung und das Bedienerlebnis wesentlich angenehmer für einen Benutzer ist.

Bei der Entwicklung einer solchen Applikation sollten Sie sowohl client- als auch serverseitig auf eines der zahlreichen bewährten Frameworks zurückgreifen, da Ihnen dieses viel Arbeit abnimmt. In diesem Kapitel haben Sie gesehen, dass eine Kombination aus Express.js und Angular.js eine gute Wahl ist. Sowohl die Auslieferung der Daten als auch die Übertragung von Informationen ist weitestgehend standardisiert,

sodass die Umsetzung von Standardaufgaben wenig Schreibarbeit für Sie bedeutet. Und selbst für exotischere Anforderungen existieren in den meisten Fällen schon Module oder Plugins, die Sie entweder direkt verwenden können oder nur leicht modifizieren müssen.

Auf einen Blick

Inhalt

Index

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

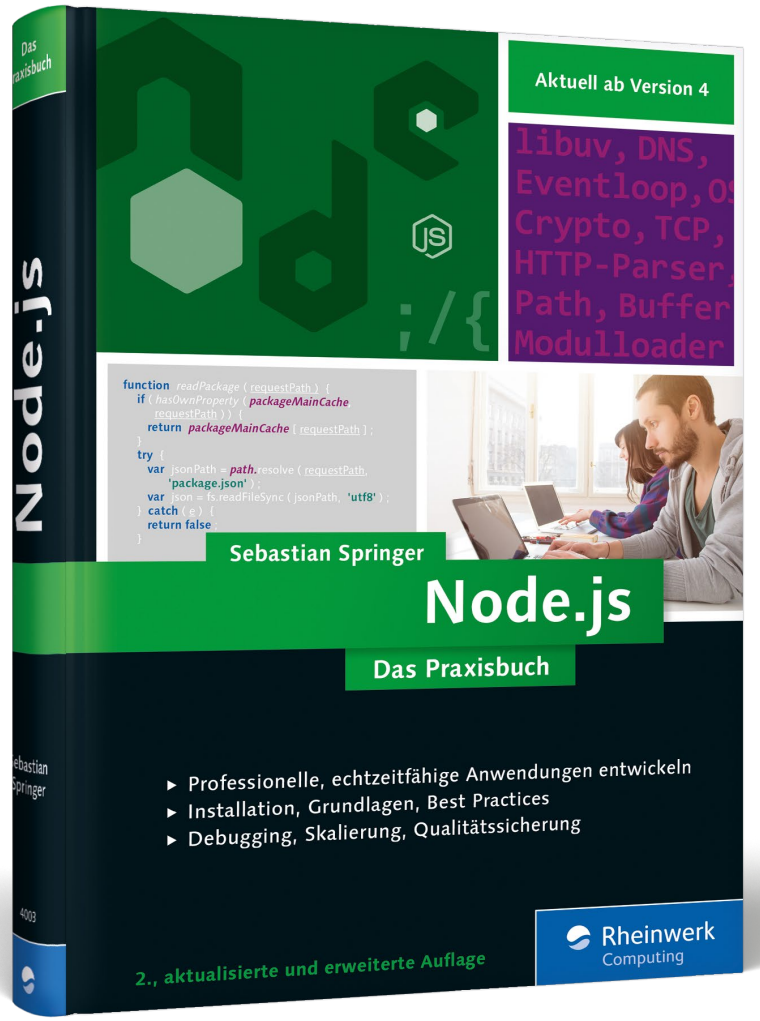
V

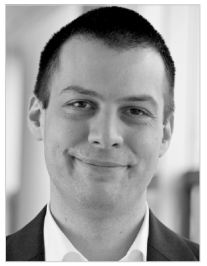
W

X

Y

Z





Sebastian Springer ist als JavaScript Engineer bei MaibornWolff tätig. Neben der Entwicklung und Konzeption von Applikationen liegt sein Fokus auf der Vermittlung von Wissen. Als Dozent für JavaScript, Sprecher auf zahlreichen Konferenzen und Autor versucht er die Begeisterung für professionelle Entwicklung mit JavaScript zu wecken.

Sebastian Springer

Node.js – Das Praxisbuch

560 Seiten, gebunden, 2. Auflage 2016
39,90 Euro, ISBN 978-3-8362-4003-1

www.rheinwerk-verlag.de/4037