

Plattformunabhängige App-Entwicklung für mobile Geräte

Grenzen und Möglichkeiten

BACHELORARBEIT

im Studiengang
MEDIENINFORMATIK
des Fachbereichs
INFORMATIK UND MEDIEN
der
Beuth Hochschule für Technik Berlin

Vorgelegt von
DANIEL MORGENSTERN

im Sommersemester 2014
Betreuende Lehrkraft:
Prof. Dr. Simone Strippgen

Formal überarbeitete Fassung.

Die an der Hochschule vorgelegte Originalausgabe ist einsehbar in der Bibliothek
der Beuth Hochschule für Technik Berlin.

Daniel Morgenstern, im Juni 2014

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Aufgabenstellung	1
1.2 Ziel und Aufbau der Arbeit	2
I Theoretische Grundlagen	4
2 Apps für mobile Geräte	5
2.1 Mobile (native) Apps	5
2.2 Web-Anwendungen	7
2.3 Hybride Apps	10
3 Plattformunabhängige App-Entwicklung	13
3.1 Überblick: Lösungen und Ansätze	13
3.2 Entwicklung von hybriden Apps	17
3.2.1 Die JavaScript-Bibliothek jQuery	17
3.2.2 Data-Binding mit Knockout	18
3.2.3 JQuery Mobile: Mobile Web-Oberflächen	20
3.2.4 PhoneGap / Cordova	23
3.2.4.1 Grundlegendes	23
3.2.4.2 Funktionsweise	26
3.2.4.3 Schnittstelle zur mobilen Plattform	33
3.2.4.4 PhoneGap Build	36
II Praktische Umsetzung	40
4 Konzeption	41
4.1 Vorüberlegungen	41
4.2 Beispiel-Anwendung	42

4.3 Ausgewählte Technologie und Architektur für die Implementierung	44
5 Implementierung der Geräte-Schnittstelle	47
5.1 Funktionsweise	47
5.2 Explorationsergebnisse	53
6 Auswertung und Eignung für die Praxis	58
6.1 Zusammenfassung der Explorationsergebnisse	58
6.2 Eignung der Hybrid-App-Technologie für die Praxis	59
Resümee und Ausblick	67
Resümee	67
Ausblick	69
Anhang	71
A Zusätzliche Illustrationen	72
B Anwendungsfälle der Beispiel-Anwendung	74
B.1 Diagramme	74
B.2 Anwendungsfallbeschreibung	76
C Quellcode	84
D Glossar	98
Begriffe und Abkürzungen	98
Technologien	102
Quellenverzeichnis	107
Bildquellen	107
Software-Quellen und Dokumentationen	108
Online-Quellen	110

Abbildungsverzeichnis

2.1	Schaubild Hybrid-Apps	12
3.1	MVVM-Pattern	19
3.2	Knockout-Beispiel im Browser	21
3.3	jQuery Mobile-Beispiel	23
3.4	Beispiel ohne <code>class</code> -Attribut	23
3.5	Beispiel ohne jQuery Mobile	24
3.6	Cordova Plattform- und Feature-Unterstützung	26
3.7	Cordova-Dateistruktur	27
3.8	Cordova-Beispiel-App im Browser	31
3.9	Cordova-Beispiel-App im Android-Emulator	31
3.10	Erstellung einer neuen App auf PhoneGap Build	38
3.11	PhoneGap Build-Pakete	38
3.12	PhoneGap Build-Workflow	39
4.1	Beispiel-Anwendung im iOS-Simulator	43
5.1	Die installierte App in der App-Übersicht	52
5.2	Natives Adressbuch mit Beispiel-Kontakten	53
5.3	Kontakt-Auswahl in der Anwendung	54
5.4	Übergabe der Kontakte an die Anwendung	55
6.1	Vergleich Ausführungsgeschwindigkeit	61
A.1	PhoneGap Build-Oberfläche	72
A.2	Tablet-Screenshot mit installierter PhoneGap Build-App	73
B.1	Akteure für die Spezifikation der Beispiel-Anwendung	74
B.2	Anwendungsfalldiagramm der Beispielanwendung	75

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation und Aufgabenstellung

Im Laufe der letzten Jahre hat sich auf dem Markt für mobile Endgeräte wie Tablet-Computer oder Smartphones durch viele konkurrierende Gerätehersteller eine Vielzahl von unterschiedlichen Gerätetypen und diversen mobilen Betriebssystemen herausgebildet. Durch diesen wachsenden Markt wird es hier für viele Anbieter mobiler Anwendungen immer wichtiger, ihre Apps für verschiedene Betriebssysteme anzubieten, um möglichst viele Nutzer unterschiedlicher Gerätesoftware zu erreichen.

Viele Webseiten-Betreiber bieten ihre Online-Dienste vermehrt auch als mobile App an und müssen, um einen breiten Nutzer- und Kundenstamm zu gewinnen, diese gleich für verschiedene mobile Betriebssysteme anbieten. Aufgrund der verschiedenen Technologien und Programmiersprachen der einzelnen Plattformen bedeutet dies jedoch im Normalfall einen hohen Mehraufwand, sodass viele Apps zum großen Teil lediglich in Versionen für die beiden größten mobilen Plattformen *iOS* oder *Android* angeboten werden und dadurch ein Teil der Nutzer von anderen Systemen wie *Microsoft Windows Phone*, *Blackberry* oder kleinere wie *Tizen* oder *Ubuntu Phone* nicht erreicht werden können. Für viele Firmen und Anwendungsentwickler bleibt da oft allenfalls die Erstellung einer mobilen Website, mit der zwar grundsätzlich alle mobilen Plattformen internetfähiger Mobilgeräte erreicht werden können, der Mehrwert einer installierten App wie die Nutzung verschiedener Geräte-Features oder die leichtere Kundenbindung durch die feste Platzierung von Icons in der App-Übersicht der Nutzers, die mit der Installation einer mobilen App einhergeht, jedoch ausbleibt.

Da viele Frameworks und Lösungen für die Entwicklung von plattformunabhängigen Apps standardisierte Webtechnologien wie *HTML5* in Kombination mit *JavaScript* etc. verwenden, kann eine solche Web-App mit entsprechenden Hilfsmitteln unter Umständen relativ leicht als mobile App portiert werden. Gerade Anwendungsentwickler, die schon gewisse Vorkenntnisse im Bereich der Web-Entwicklung mitbringen, können dadurch mit relativ geringem personellen wie finanziellen Aufwand ihre Software oder ihren Online-Dienst auf mehrere mobile Plattformen bringen. Die breite Vielfalt an entsprechenden Technologien deutet auf einen regen Markt für die Cross-Plattform-Entwicklung hin und zeugt von der Aktualität des Themas.

In dieser Arbeit soll ein kurzer Überblick über verschiedene Ansätze gegeben und anhand von theoretischen Erläuterungen sowie mit der Implementierung eines Praxis-Beispiels mithilfe einer ausgewählten Technologie Grenzen und Möglichkeiten für die plattformunabhängige App-Entwicklung aufgezeigt werden.

Als primäre Quellen wurden hier die einschlägigen Online-Dokumentationen der aufgezeigten und verwendeten Technologien sowie weitere Internet-Quellen verwendet.

1.2 Ziel und Aufbau der Arbeit

Der Hauptteil der vorliegenden Arbeit gliedert sich grundlegend in zwei Teile.

Im ersten Teil *Theoretische Grundlagen* soll ein Überblick über verschiedene Arten von mobilen Apps und deren prinzipielle Entwicklung gegeben werden. Dazu wird zunächst auf den üblichen Weg, mobile Apps für das jeweilige Betriebssystem zu entwickeln, eingegangen. Weiterhin werden Schwierigkeiten, die bei besonderen Anforderungen, insbesondere der Bedienung mehrerer Zielpлатzformen, auftreten können, aufgezeigt. Mit Web- und Hybrid-Apps werden zwei weitere Mechanismen für die mobile App-Entwicklung beschrieben, deren grundlegende Herangehensweise und Technologien dargelegt sowie Vor- und Nachteile erörtert werden.

Im Abschnitt *Überblick: Lösungen und Ansätze* soll ein Überblick über verschiedene konkrete Lösungen und Produkte wie Frameworks, Code-Generatoren und deren Funktions- und Herangehensweise gegeben werden. Mit Cordova, Knockout etc. werden die Grundlagen der für die Implementierung verwendeten und im Praxis-Teil erwähnten Technologien erläutert. Der Abschnitt *PhoneGap / Cordova* stellt hier den elementaren Teil dar, da diese Technolo-

gie die Grundlage für die Umsetzung plattformspezifischer Anforderungen im Praxis-Teil bildet. Es wird ein Einblick in die Verwendung eines konkreten Ansatzes zur plattformunabhängigen App-Entwicklung mithilfe von sogenannten *Hybrid-Apps* gegeben. Grundlegende Möglichkeiten des Frameworks werden aufgezeigt. Außerdem werden die Funktionsweise und Verwendung des Frameworks und der Geräte-Schnittstellen und weitere Möglichkeiten der Software erläutert.

Im zweiten Teil *Praktische Umsetzung* folgt die Beschreibung der Implementierung einer Beispiel-Anwendung mithilfe des Cordova-Frameworks, um Möglichkeiten des Frameworks zu erproben und Besonderheiten in dessen Verwendung aufzuzeigen. Hier soll zunächst die grobe Konzeption und Idee der zu implementierenden Beispiel-App beschrieben, die Herangehensweise und Struktur anhand von verwendeten Technologien und verwendeten Entwurfsmustern erläutert sowie Kriterien und Vorüberlegungen für die Bewertung der verwendeten Cross-Platform-Technologie aufgestellt werden.

In der Beschreibung der *Implementierung der Geräte-Schnittstelle* wird mithilfe der Verwendung eines Cordova-Plugins die Umsetzung eines Anwendungsfalls der vorher spezifizierten Beispiel-Anwendung, für den die Interaktion mit einer speziellen Funktionalität des Betriebssystems erforderlich ist, beschrieben. Dabei soll insbesondere auf die Möglichkeiten eingegangen werden, die die API für die Interaktion zwischen Anwendung und Betriebssystem bietet, sowie Grenzen und Besonderheiten in der Verwendung der implementierten Schnittstelle aufgezeigt werden.

Abschließend wird unter anderem anhand der vorher angestellten Vorüberlegungen sowie aus weiteren Informationen aus der jeweiligen Dokumentation eine Auswertung der explorierten Technologie vorgenommen und deren Vor- und Nachteile und Eignung für die Praxis erörtert. Dabei soll diskutiert werden, wo die Grenzen und Möglichkeiten von aktuellen Lösungen und Ansätzen liegen und inwieweit diese einen Mehrwert für Unternehmen und Entwickler verschiedener Motivation bietet.

Im letzten Teil *Resümee und Ausblick* werden die erarbeiteten Inhalte aus dem Überblick sowie der praktischen Umsetzung und deren hervorstechende Merkmale und Besonderheiten aufgezeigt. Außerdem soll ein Ausblick geben werden, wo die Untersuchung des Themas und Erprobung verschiedener Technologien erweitert werden könnte.

Teil I

Theoretische Grundlagen

Kapitel 2

Apps für mobile Geräte

2.1 Mobile (native) Apps

Unter mobilen *Apps* (*Kurzform für engl. „Application“*) versteht man im Allgemeinen Anwendungssoftware für Tablet-Computer oder Smartphones. Einige Gerätethersteller nutzen zum Ausführen dieser Apps die gleichen Betriebssysteme (wie beispielsweise Android oder Windows Phone), die sich unter den verschiedenen Installationen auf den Mobilgeräten nur in einigen herstellereigenen Anpassungen unterscheiden, grundlegend gibt es aber diverse Betriebssysteme für Mobilgeräte von unterschiedlichen Herstellern und Entwicklern. Im Entwicklungsbereich wird in dem Zusammenhang auch von *Plattformen* gesprochen.

Zu den Plattformen mit dem höchsten Marktanteil zählen *Googles* Betriebssystem Android, iOS von *Apple*, Windows Phone und *Blackberry 10* des gleichnamigen Smartphone-Herstellers *Blackberry* [61]. Da jede mobile Plattform ihre eigenen Toolkits, Bibliotheken und Programmiersprachen verwendet, sind die für die jeweilige Plattform entwickelten, sog. *nativen* Apps für die jeweiligen Plattformen nicht zu anderen Betriebssystemen kompatibel, können also nur auf der Plattform, für die sie konzipiert wurde, ausgeführt werden. Die App-Entwicklung für diese mobilen Betriebssysteme erfolgt mehr oder weniger ähnlich und soll im Folgenden, um auf die beiden größten Vertreter einzugehen, anhand von Android beziehungsweise iOS näher beschrieben werden.

Grundsätzlich müssen auf der *Entwicklungsumgebung* die entsprechenden *SDKs* der Plattform, für die entwickelt wird, installiert sein. Diese enthalten Softwarekomponenten, die zur Entwicklung der App notwendig sind, beispielsweise Klassen, die es einem erlauben, auf native Funktionalitäten des Betriebssystems wie zum Beispiel das Adressbuch, den Benachrichtigungsmechanismus

oder auch auf Hardwarekomponenten wie die Kamera, den Bewegungssensor oder das *GPS*-Modul zuzugreifen sowie die entsprechenden plattformspezifischen Oberflächenkomponenten des jeweiligen *GUI*-Toolkits zu nutzen.

Als Programmiersprache für die Android-App-Entwicklung wird *Java* verwendet. Das heißt, als Voraussetzung für die Entwicklung von Android-Apps ist lediglich eine geeignete Entwicklungsumgebung wie *Eclipse*, *Netbeans IDE* oder *IntelliJ IDEA* sowie eine Installation des Java- und des Android-SDK nötig. Seit 2013 bietet Google darüber hinaus die auf IntelliJ IDEA basierende und eigens für die Android-Entwicklung angepasste Entwicklungsumgebung *Android Studio* an [52], die bereits alle notwendigen Toolkits enthält. Nachdem der Code geschrieben ist, kann er kompiliert und zu einem lauffähigen Programm *gebaut* (engl. „build“) werden (siehe Abbildung 2.1). Anschließend kann die App in dem für die Zielplattform vorgesehenen Dateiformat ausgeliefert und auf dem Zielgerät installiert werden.

Auch der Software- und Computer-Hersteller Apple bietet mit *Xcode* eine firmeneigene Entwicklungsumgebung zur App-Entwicklung für sein mobiles Betriebssystem iOS an. Anders als Google geht der iPhone-Hersteller hier allerdings etwas restriktiver vor. So läuft die Entwicklungsumgebung Xcode, die man für die native iOS-Entwicklung benötigt, nur unter dem hauseigenen Betriebssystem *Mac OS X* und das wiederum nur auf den firmeneigenen Mac-Rechnern [24]. Darüber hinaus ist für iOS-Entwickler die Teilnahme am *iOS Developer Program* erforderlich, um Apps für Apple-Geräte auszuliefern und auf Geräten installieren zu können, wofür der Konzern einen jährlichen Mitgliedsbeitrag von 99 \$ im Jahr verlangt [57]. So sichert sich Apple, nicht nur durch die kostenpflichtige Mitgliedschaft im iOS Developer Program, sondern allein schon durch deren exklusive Plattformunterstützung durch den Entwicklungsrechner ihres eigenen Mobilbetriebssystems, auch mit jedem Entwickler einen neuen Kunden.¹

Ansonsten verläuft der Entwicklungsprozess bei der iOS-Entwicklung im Prinzip ähnlich zur Android-Entwicklung (siehe Abbildung 2.1). Als Programmiersprache wird *ObjectiveC* verwendet, eine um objektorientierte Elemente erweiterte Variante der Programmiersprache *C*.

Möchte ein Auftraggeber einer Software also statt seinen Kunden nur eine App für ein Betriebssystem anzubieten, einen größeren Nutzerkreis erschließen, muss die zu entwickelnde App für jede Zielplattform neu programmiert, getes-

¹ Diese Restriktion gilt allerdings auch für die unten beschriebene plattformunabhängigen App-Entwicklung, da iOS-Apps mit einem gültigen *Developer Profile* signiert werden müssen, um für die Plattform gebaut und ausgeliefert werden zu können (siehe Abschnitt 3.2).

tet und gebaut werden, was die native App-Entwicklung für potenzielle Auftraggeber zu einem sehr kostenaufwändigen Projekt werden lassen kann. Andererseits bietet die native App-Entwicklung vollständige Unterstützung der betriebssystemeigenen Funktionalitäten wie den Zugriff auf Kamera, Adressbuch, Bewegungssensoren etc. der jeweiligen Plattform, sodass ein Softwareprojekt mit solchen besonders hardware- oder betriebssystemnahen Anforderungen die Entwicklung einer nativen (plattformspezifischen) App notwendig erscheinen lassen kann.²

2.2 Web-Anwendungen

Eine *Web-App* (*oder dt. „Web-Anwendung“*) ist eine Anwendungssoftware, die auf einem Web-Server läuft und auf die der Nutzer mittels eines Browsers zugreifen kann; also eine dynamische Website, wie man sie auch schon vor dem Aufkommen von Smartphones und modernen Tablets kannte.

Die Grundlage für die Entwicklung von Internetseiten bildet der langjährige Standard *HTML*, mit dem Aussehen, Inhalt und Struktur der Oberflächen textuell beschrieben werden kann. In Kombination mit *CSS* für die modulare Gestaltung einer Website sowie *JavaScript*, einer Skriptsprache zur *DOM*-Manipulation, bietet die *HTML*-Spezifikation in ihrer neusten Version (*HTML5*) im Grunde alles, was für die Entwicklung einer modernen grafischen Benutzerschnittstelle notwendig ist. Die Fachlogik liegt, neben den Oberflächen-Komponenten in Form von *HTML*-, *CSS*- und *JavaScript*-Dokumenten, auf einem Webserver und verarbeitet und reagiert auf Anfragen des Clients.³ Als Server-Technologie ist ein breites Spektrum an Programmiersprachen und Umgebungen einsetzbar.⁴

Somit bietet die Entwicklung einer Web-App (abgesehen von einigen Browser-spezifischen Eigenheiten) bereits eine gewisse Plattformunabhängigkeit, da jedes moderne Betriebssystem über einen Webbrowser verfügt. Zwar müssen Entwickler in bestimmten Details bei der Erstellung des Codes auf die teilweise unterschiedliche Unterstützung (beispielsweise von *HTML*-Elementen) durch die verschiedenen Browser achten, aber darüber hinaus wird der Entwicklungsaufwand für eine Web-App nicht von der Anzahl der Zielplattformen bestimmt, da von Client-Seite aus verschiedene Browser durch die Verbreitung und Beachtung von Web-Standards weitgehend einheitliche *HTML*-Dokumente lesen

² Mehr dazu in Abschnitt 3.2 *Entwicklung von hybriden Apps*.

³ Die Rolle des Clients übernimmt hier also der Browser.

⁴ Einige sind beispielsweise *PHP*, *Java*, *ASP* u. v. a. m.

und interpretieren können und das Backend nicht auf Clients mit unterschiedlichen Plattformen, sondern auf Webservern liegt, deren Plattform bei der Entwicklung entweder schon bekannt oder nicht relevant ist.⁵

Auch vor den heute üblichen mobilen Touch-Geräten gab es Internet-Handys und Palmtops, die damals allerdings eher auf den Business-Bereich und speziell auf die Darstellung auf kleinen Displays ausgerichtet waren. Mit der massenhaften Verbreitung von mobilen, internetfähigen Geräten und deren (im Folgenden erläuterten) stark anwendungsorientierten Bedien-Konzepten boten viele herkömmliche Internet-Dienste nun auch zusätzlich eine native App für verschiedene mobile Plattformen an. So sind beispielsweise auch E-Mail-Dienste wie *GMX*, *Web.de* oder *Gmail* seit der Verbreitung von Smartphones und Tablets auch in Form einer eigenen App für Android und iOS vertreten, sodass der Nutzer, statt, wie von der Desktop-Computer-Nutzung gewohnt, einen anbieterunabhängigen Mail-Client zu konfigurieren, über den er seine E-Mails abruft, gleich die jeweilige App des E-Mail-Anbieters starten kann [60, 68, 76]. Das heißt, der Nutzer folgt einem gegenüber der herkömmlichen Computer-Nutzung geänderten Bedienungsmuster seines Mobilgeräts: Um beispielsweise Nachrichten zu lesen, ist es für Anwender heutiger Mobilsysteme naheliegend, gleich die passende App zu starten (z. B. die Tagesschau-App). Er muss er also nicht mehr die Frage beantworten, wie er zu einem bestimmten Ergebnis gelangt (einen Browser öffnen und zur gewünschten Seite navigieren (www.tagesschau.de)).

Dafür gibt es verschiedene mögliche Gründe. Zum einen muss im Gegensatz zu einer Website bei der mobilen App nicht die komplette Oberfläche⁶ übertragen werden, sondern lediglich die Nutzdaten,⁷ was dem Nutzer ein höheres Maß an Performanz einbringt. Zum anderen können trotz Vollbildmodus in bestimmten Fällen GUI-Elemente des Webbrowsers bei der Benutzung einer Web-Anwendung störend sein, so ist beispielsweise die Adresszeile am Rand nicht unbedingt erwünscht, wenn der Nutzer statt im Internet zu surfen dort eigentlich eine bestimmte Anwendung nutzen möchte. Ein anderes Beispiel für ein eventuell unerwünschtes Verhalten der Benutzerschnittstelle

⁵ Beispielsweise weil auch die Fachlogik plattformunabhängig mit PHP oder Java realisiert wurde.

⁶ HTML-, CSS- und JavaScript-Dokumente sowie Grafiken.

⁷ Also beispielsweise, um beim obigen Beispiel zu bleiben, die Nachrichten in Textform.

ist das der *Menü*-Taste bei Android-Geräten, die im Falle der Nutzung einer Web-Anwendung über den Browser nicht den Kontext der eigentlich benutzten Anwendung anzeigt,⁸ sondern lediglich den des Browsers.

In bestimmten Fällen kann eine nützliche Funktion einer App die Offline-Nutzung sein, wenn beispielsweise durch die abgedeckten Anwendungsfälle keine Verbindung oder Synchronisation mit einem Server nötig ist. Beispiele hierfür könnten, um nur einige zu nennen, ein Taschenrechner, kleine Spiele, oder eine Bildverarbeitungs-App sein. Für diese Offline-Nutzung einer App zeichnet die Web-Anwendung ein geteiltes Bild: Zwar wurden in den letzten Jahren mehrere Methoden entwickelt, eine Web-Anwendung auch offline nutzen zu können, doch durch ihre Ausrichtung auf die Nutzung via Internet stellt die Implementierung dieser Funktionalität für Entwickler einen Zusatzaufwand dar.

Einige Möglichkeiten, eine Web-Anwendung ohne Internetverbindung nutzbar zu machen, sind beispielsweise die aus der HTML5-Spezifikation hervorgehenden Technologien *WebStorage*, ein Mechanismus zum lokalen Speichern von größeren Datenmengen in Form von Schlüssel-Wert-Paaren [36] sowie *WebSQL* bzw. *IndexedDB*, beides auf Web-Anwendungen optimierte Datenbanken-Spezifikationen, die vom *W3C* herausgegeben werden [35, 38]. Allerdings bestehen auch bei diesen Mechanismen teilweise Einschränkungen durch die Browervielfalt beziehungsweise deren Versionen. So wird IndexedDB beispielsweise nicht von *Safari* oder iOS unterstützt, *Google Chrome* muss für die Nutzung mindestens in Version 23 oder höher vorliegen, *Mozilla Firefox* in 10 oder höher. Auch bei WebSQL zeichnet sich ein ähnlich diffuses Bild ab: Während Chrome die Technologie ab der Version 4 und iOS ab Version 3.2 unterstützt, ist für Nutzer der Browser Firefox und *Microsoft Internet Explorer* die Technik gar nicht verfügbar. Lediglich WebStorage wird weitgehend von allen gängigen Browern unterstützt [64]. Weiterhin wird die Offline-Funktionalität gegenüber der nativen App dadurch eingeschränkt, dass der Nutzer diese ohne weiteres Zutun des Entwicklers nur dann nutzen kann, wenn die entsprechende Internet-Seite im Offline-Zustand des Geräts bereits im Browser geöffnet ist, da diese nicht lokal auf dem Gerät, sondern auf einem Webserver gespeichert ist. Für vollständigen Offline-Zugriff müsste der Entwickler die komplette Website so paketieren, dass der Nutzer sie – wie eine native App – von seinem Gerät aus starten und nutzen kann.⁹

⁸ hier also der Website

⁹ siehe Abschnitt 2.3 und 3.2.

Allgemein kann man sagen, dass der Zugriff auf native Funktionalitäten des Geräts respektive des Betriebssystems nicht oder nur gering unterstützt wird, sodass der geringere Entwicklungsaufwand einer solchen Web-App (siehe Abbildung 2.1) unter Umständen zu Lasten des Funktionsumfangs und der Usability der Anwendung geht.

2.3 Hybride Apps

Die Hybrid-App verbindet Eigenschaften der Nutzung einer nativen App mit den Vorteilen der Web-Entwicklung mithilfe von Web-Technologien und entsprechenden *Frameworks* und löst damit beispielsweise das Problem der mangelnden Offline-Fähigkeit einer Web-App sowie deren geringe Unterstützung von plattformspezifischen oder hardware-nahen Funktionalitäten. Da jedes moderne mobile Betriebssystem für Entwickler auch die Möglichkeit bietet, eine *WebView* in die zu entwickelnde App einzubinden, also eine GUI-Komponente, in die HTML-Inhalte hinein geladen werden können, liegt der Ansatz für hybride Apps auf der Hand: Auf Entwicklungsebene wird die Anwendung als Web-App entwickelt, gleichzeitig mithilfe von entsprechenden *Programmierschnittstellen (APIs)* und Frameworks zur Anbindung an die native Ebene der Zielplattform in eine App für die jeweiligen Plattformen integriert, sodass auf Benutzerseite die Nutzung einer Web-Anwendung, die in puncto Funktionsumfang, Usability und Look-And-Feel einer nativen mobilen App sehr nahe kommt, möglich wird.

Dieses Vorgehen bietet unter anderem für Web-Entwickler den Vorteil, ihre bisherigen Programmierkenntnisse im Web-Bereich im Wesentlichen auch für die Entwicklung von hybriden Apps nutzen zu können. So wird in der Regel der grundlegende Teil des Codes für das *Frontend*, wie bei der Web-Entwicklung, mit HTML in Kombination mit CSS und JavaScript geschrieben und getestet. Da allerdings auf dem mobilen Gerät für das Backend, also die Verarbeitungsinstanzen, nicht, wie bei einer herkömmlichen Web-Anwendung, ein Server mit einer entsprechenden Server-Technologie wie PHP oder ASP läuft, wird auch dieser Teil der App bei der hybriden Entwicklung meist mit JavaScript bewerkstelligt. Anschließend muss die Anwendung für die verschiedenen Zielplattformen gebaut werden, um in das jeweilige Container-Format für Apps der verschiedenen Plattformen eingebunden werden zu können und den Zugriff auf die plattformspezifischen Toolkits durch die Cross-Platform-APIs zu ermöglichen (Abbildung 2.1). Hierfür kann es erforderlich sein, dass

auf der Entwicklungsplattform die jeweiligen SDKs installiert sind, was gegenüber der Web-Entwicklung einen administrativen Mehraufwand darstellt. Eine andere Variante ist die Auslagerung des Bauprozesses auf einen externen Build-Server, beispielsweise mithilfe eines externen Web-Service eines Drittanbieters, was den Vorteil hat, die SDKs für die Zielplattformen nicht auf jedem Entwicklungsrechner verwalten zu müssen. Allerdings hat der Entwickler durch die Herausgabe des Codes an einen solchen Dienstleister nicht mehr die vollständige Kontrolle über den Code, sodass die Variante der Auslagerung des Build-Prozesses gerade für Closed-Source-Projekte unter Umständen nicht in Frage kommt. Des Weiteren kann der Betreiber des Build-Services unter Umständen Restriktionen bezüglich der Plattformunterstützung erteilen, wodurch eventuell eine geringere Anzahl von Zielplattformen unterstützt wird, als von Entwicklerseite gewünscht oder erforderlich.¹⁰

¹⁰ Beispielsweise unterstützt *PhoneGap Build* in der neusten Version 3 nur noch die drei großen Mobilplattformen Android, iOS, und Windows Phone.

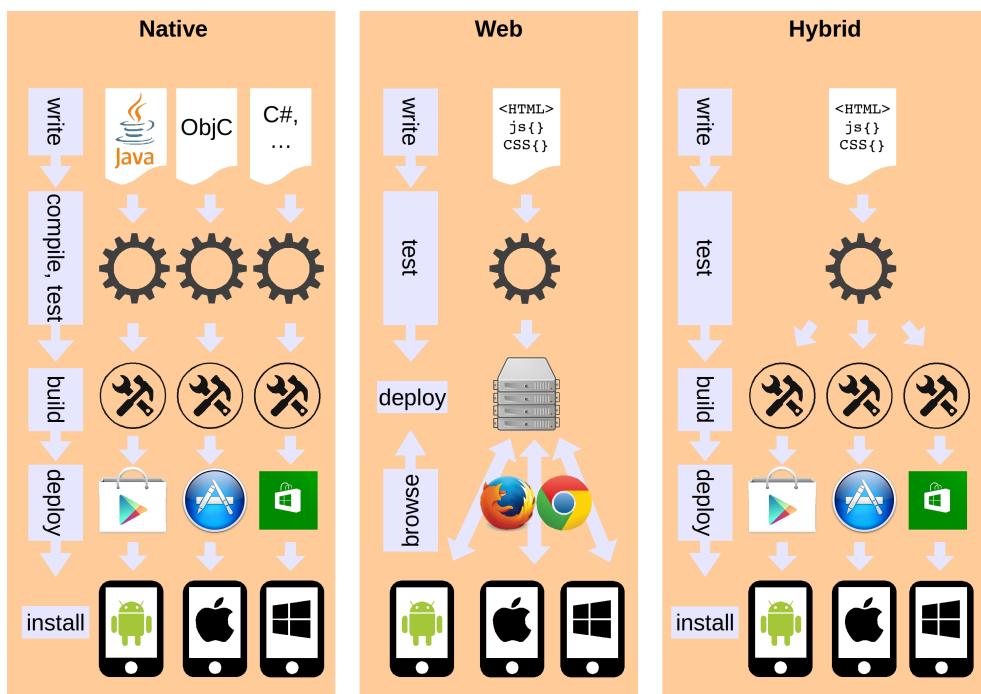


Abbildung 2.1: Entwicklungsstufen der verschiedenen Arten von Apps. Während bei der nativen App der gesamte Entwicklungszyklus einmal pro Plattform durchlaufen werden muss, verringert sich der Aufwand für die Web-App erheblich. Bei der Hybrid-App muss die Anwendung zwar einmal für jede Plattform gebaut und ausgeliefert werden, um die Schnittstellen für die nativen Plattformen zu implementieren, aber der hauptsächliche Entwicklungsaufwand des Programmierens und Testens fällt aufgrund des generischen Charakters nur einmal an.

Quelle: Eigene Grafik, erstellt aus verschiedenen Bildquellen [3–6, 8–12, 14, 16–18, 20, 22, 23].

Kapitel 3

Plattformunabhängige App-Entwicklung

3.1 Überblick: Lösungen und Ansätze für die plattformunabhängige App-Entwicklung

Es gibt sehr viele Frameworks und Lösungen zum Erreichen einer plattformunabhängigen App-Entwicklung. Die unterschiedlichen Ansätze begründen sich in unterschiedlichen Anforderungen an die zu entwickelnde App, unterschiedliche vorhandene Ressourcen und Infrastruktur der Entwickler und App-Betreiber sowie dem Ziel, bestehendes Know-How der Entwickler einbringen zu können. Im Folgenden soll ein Überblick über verschiedene Ansätze geben und konkrete Beispiele genannt werden. Dabei wird die im vorherigen Abschnitt vorgenommenen Gruppierung in native Apps, Web-Apps und hybride-Apps beibehalten.

Wie in Abschnitt 2.2 erwähnt, sind Web-Apps durch die Client-Server-Konzeption, in Verbindung mit Web-Standards, die jeder moderne Browser unterstützt, in gewisser Weise per se plattformunabhängig. Die fehlende Offline-Nutzbarkeit, der eingeschränkte Zugriff auf Hardwarekomponenten wie Gerätetasten, Kamera, GPS-Modul, Mikrofon,¹ der fehlende Zugriff auf Systemdaten wie das Adressbuch, Speicherkarten und das nicht native Systemdesign sind dabei offenkundige Nachteile der Web-Apps, die sie für manche Anwendungsgebiete nicht in Frage kommen lassen.

¹ Diese ist teilweise im noch nicht von allen Browsern voll umgesetzten HTML5-Standard begründet.

Wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, stellen Hybrid-Apps einen naheliegenden Ansatz zur plattformunabhängigen App-Entwicklung dar. Durch den Einsatz von Standard-Web-Technologien wie HTML, CSS und JavaScript in Verbindung mit einer in einer nativen Container-App erzeugten WebView, lassen sich schnell viele Plattformen erreichen. Hierzu gibt es Frameworks, die die nativen Container-Apps erstellen und zusätzlich APIs für Hardware-Zugriffe und Geräte- und Systemfunktionen, die nicht durch HTML abgedeckt werden, bereit stellen. Ein häufig genutztes Beispiel hierfür ist das in Unterabschnitt 3.2.4 beschriebene *PhoneGap / Cordova*.

Eine Problematik, die sich bei allen Ansätzen zur plattformunabhängigen App-Entwicklung stellt, sind die in Abschnitt 2.1 erwähnten unterschiedlichen Designs und Designrichtlinien sowie unterschiedlichen Bedienkonzepte. Soll die hybride App also dem *Look-And-Feel* einer nativen sehr nahekommen, so muss zu einem gewissen Grad die Benutzeroberfläche für jede Plattform beispielsweise mithilfe von Stylesheets separat angepasst werden.

Durch den konsequenten Ansatz von HTML, Design-Elementen über Stylesheets auszulagern, hat der Entwickler hier die Möglichkeit, seine Benutzeroberfläche für jedes System über das Laden unterschiedlicher Stylesheets anzupassen. Hierzu bietet beispielsweise *Intel* mit seinem *App Framework* eine JavaScript-Oberflächenbibliothek, der entsprechende Stylesheets für jede große Plattform zugrunde liegen. So wird diese Arbeit dem Entwickler abgenommen und die App soll sich so gut in das native Design einfügen [56]. Es sei allerdings erwähnt, dass weiterhin keine GUI-Elemente nativ gerendert werden, sondern lediglich versucht wird, durch das Anpassen von Farbe, Form und Schrift einen nativen Look zu erzeugen.

Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, kommen für das Entwickeln nativer Apps für jede Plattform andere Programmiersprachen, SDKs und GUI-Toolkits zum Einsatz. Um eine native App plattformunabhängig entwickeln zu können, sind daher Schnittstellen erforderlich, mit denen auf die Funktionen der nativen SDKs zugegriffen werden und eine native App kompiliert werden kann. Im Gegensatz zu hybriden Apps sollen also für die Benutzeroberfläche native Elemente verwendet werden, und keine eigene HTML Oberfläche geschaffen werden. Für die Umsetzung der Funktionslogik gibt es, grob gesprochen, zwei Möglichkeiten. Entweder wird ausgehend von einem Code nativer Bitcode für die jeweilige Plattform kompiliert, sogenanntes *Cross-Compiling*, oder eine Skriptsprache in einer integrierten Runtime-Environment interpretiert bzw. in einer virtuellen Maschine ausgeführt.

Ein Beispiel eines Frameworks, bei dem der gemeinsame Code in einer integrierten Runtime-Environment ausgeführt wird, ist *Titanium* der Firma *Appcelerator*. Programmiert wird in der Titanium-SDK komplett mit JavaScript. Es wird allerdings nicht, wie bei hybriden Apps, eine WebView mit einer Benutzeroberfläche in HTML5 erstellt, sondern der JavaScript Code wird zur Laufzeit in nativen Code übersetzt und dieser ausgeführt. Mit dem *MVC*-Framework *Alloy* steht dabei eine Benutzerschnittstellenabstraktion zur Verfügung, in der die Benutzeroberfläche in JavaScript geschrieben werden kann, und zur Laufzeit die nativen Methoden der jeweiligen Plattform aufgerufen werden [49, 43].

Ein Cross-Compiling Beispiel ist das von *Xamarin* gesponserte Projekt *Mono*. Mono ist eine *Open-Source-Cross-Plattform-Implementierung* der Programmiersprache *C#*. Mit den Mono nutzenden SDKs *Xamarin.iOS* (*Mono-Touch*) und *Xamarin.Android* können so native Apps für iOS und Android gebaut werden. Für Windows Phone wird standardmäßig in C# programmiert, so dass sich viele Bestandteile des Codes für alle drei Plattformen nutzen lassen. Xamarin bildet so ein Komplettpaket, dass einen gemeinsamen Code für die Funktionslogik, sowie durch eine entsprechende API, für die Benutzeroberfläche ermöglicht. Dabei wird durch den Kompiliervorgang auf die jeweiligen nativen Benutzeroberflächenelemente zurückgegriffen [77].

Im Bereich Cross-Compiling gibt es etwas allgemeiner Programmiersprachen, die sich in ausführbare Dateien vieler Plattformen, sowie andere Programmiersprachen übersetzen lassen. Ein Beispiel hierfür ist die Open-Source-Multiplattform-Programmiersprache Haxe, deren Code sich in JavaScript .js-Dateien, Flashs .swf-Dateien, Neko VM-Bytecode, PHP-Dateien, C++, C# und Java-Dateien übersetzen lässt. Zusammen mit den Bibliotheken *Lime* und *OpenFL* kann auf die gesamte Flash-API zugegriffen, und durch integrierte Unterstützung für SWF-Dateien die Möglichkeit der Nutzung der *Flash-Editing-Environment* für alle gängigen Plattformen ermöglicht werden. Das Projekt richtet sich hauptsächlich an Spieleentwickler, die so die relativ einfach zu erstellenden Flash-Spiele auf alle Plattformen bringen können [65, 44].

Ist bereits eine bestehende native App für eine Plattform vorhanden, die für andere Plattformen verfügbar gemacht werden soll, liegt der Ansatz nahe, zu versuchen, den bestehenden Quellcode für eine andere Plattform zu kompilieren. Ein solches Projekt ist *XMLVM*, was durch eine Reihe von Umwandlungsprozessen native iOS-Builts aus bestehendem Java-Android-Code erstellt [47].

Eine weitere Möglichkeit, ein Programm plattformunabhängig zu nutzen, besteht in einer Client-Server Konzeption, ähnlich den Web-Apps. Dieser Ansatz setzt natürlich eine Server-Infrastruktur voraus, ist aber beispielsweise für Firmen, die bereits eine Serveranwendung haben, die auf Mobilgeräten nutzbar gemacht werden soll, interessant. Hier soll *Tabris* vorgestellt werden.

Tabris ist ein Framework, mit dem mobile Apps komplett in Java geschrieben werden können und dennoch native Bedienelemente von Android, iOS und HTML5 beinhalten. Die eigentliche Anwendung wird dazu auf einem Server ausgeführt, auf dem die Funktionslogik läuft und alle Daten gespeichert werden. Die Apps auf den Mobilgeräten fungieren dann als Clients, die so die Benutzeroberfläche der Anwendung darstellen. So steht für die Software die volle *JavaEE (Java Platform Enterprise Edition)* zur Verfügung.

Die Clients greifen auf die Server-Anwendung über eine URL zu, über die sie die Benutzeroberfläche als *JSON* Repräsentation empfangen. Aus dieser wird dann durch den Client mit nativen Komponenten die Benutzeroberfläche gerendert. Diese sind *Cocoa Touch Widgets* in iOS, Java-basierte Widgets in Android und HTML5 in Webbrowsern. Der Anwendungsentwickler muss sich um diesen Mechanismus allerdings nicht weiter kümmern. Das Programm wird als herkömmliche Java-Applikation entwickelt, wobei für die Benutzeroberfläche das *Tabris User Interface Framework (Tabris UI)* zum Einsatz kommt.

Tabris UI baut auf *SWT*, *JFace* und *OSGi* auf und ermöglicht es, im Gegensatz zu reinem *SWT*, auf viele native Bedien- und Navigationselemente zugreifen. Solche sind zum Beispiel die *ActionBar* von Android, die *ViewControllers* von Apple² oder das gestengesteuerte Blättern zwischen Seiten durch eine Wisch-Geste auf dem Display (engl. „swipe“). Weiter erhält der Entwickler über entsprechende APIs einfachen Zugriff auf viele Geräte-Funktionen und Interaktionen mit anderen Systemfunktionen wie beispielsweise Geolokalisierung oder Verknüpfung des Programms mit den Kommunikationsschnittstellen (Telefonieren, SMS, E-Mail, etc.) [42].

² Diese sind für die Verwaltung der angezeigten Inhalte in iOS zuständig.

3.2 Entwicklung von hybriden Apps

Wie in 2.3 beschrieben, bildet die hybride App-Entwicklung die Schnittmenge aus der nativen App-Entwicklung und der Web-Entwicklung mithilfe von Web-Technologien und zusätzlichen Frameworks und Bibliotheken. Hier soll mit Cordova / PhoneGap die konkrete Nutzung eines dieser Frameworks und weitere verwendete Technologien wie *Knockout* oder *jQuery Mobile* erläutert werden.

3.2.1 Die JavaScript-Bibliothek jQuery

Bereits für die Entwicklung von reinen Web-Anwendungen stellen neben den grundlegenden Web-Technologien HTML, CSS und JavaScript Erweiterungen wie die JavaScript-Bibliothek *jQuery* nützliche Hilfsmittel dar, die viele Funktionen gegenüber der Verwendung von „reinem“ JavaScript deutlich vereinfachen. So ist beispielsweise der Programmieraufwand für den Zugriff auf Elemente einer HTML-Seite durch jQuery wesentlich geringer als ohne die Bibliothek.

Besonders deutlich wird dies an den unten aufgeführten Code-Beispielen, in denen ein Button exemplarisch die Funktionalität übernehmen soll, alle Absätze einer HTML-Seite auszublenden. Während bei herkömmlichem JavaScript für die Selektion aller Elemente die Funktion `getElementsByName()` aufgerufen werden muss (siehe Listing 3.2), ist bei jQuery der Zugriff auf alle Elemente eines *Tags* per Dollar(\$)-Notation deutlich verkürzt (siehe Listing 3.1).

Auch die nächste Anweisung zur Ausführung einer Operation für alle ausgewählten Elemente (hier: `hide()`, also *ausblenden*) fällt bei jQuery wesentlich kürzer aus, indem die Funktion noch in der selben Zeile wie der vorherige Selektor aufgerufen werden kann (`$("p").hide();`). Bei der reinen JavaScript-Variante ist nach der Selektion aller Absätze zunächst einmal ein Array ausgewählt, sodass, um auf den einzelnen Elementen Operationen ausführen zu können, durch alle Elemente des Arrays iteriert und die Funktion für jedes Element aufgerufen werden muss (siehe Listing 3.2, Zeilen 5 - 7).

Listing 3.1: jQuery-Beispiel-Code zum Ausblenden aller Absätze [58].

```

1 <html>
2   <head>
3     <script src="lib/jquery-1.10.2.min.js"></script>
4     <script>
5       $(document).ready(function() {
6         $("button").click(function() {
7           $("p").hide();
8         });
9       });
10    </script>
11  </head>
12  <body>
13    <h2>This is a heading</h2>
14    <p>This is a paragraph.</p>
15    <p>This is another paragraph.</p>
16    <button>Click me</button>
17  </body>
18 </html>

```

Listing 3.2: Die gleiche Funktionalität wie in Listing 3.1 mit reinem JavaScript.

```

1 <html>
2   <head>
3     <script>
4       function hideParagraphs() {
5         var paragraphs = document.getElementsByTagName("p");
6         for (i in paragraphs) {
7           paragraphs[i].style.display = "none";
8         }
9       }
10      </script>
11    </head>
12    <body>
13      <h2>This is a heading</h2>
14      <p>This is a paragraph.</p>
15      <p>This is another paragraph.</p>
16      <button onclick="hideParagraphs()">Click me</button>
17    </body>
18 </html>

```

3.2.2 Data-Binding mit Knockout

Neben jQuery bietet das Knockout-Framework ein weiteres nützliches Hilfsmittel für die Entwicklung von Web-Anwendungen, das ebenso wie jQuery und jQuery Mobile aus einer JavaScript-Bibliothek besteht und die Verbindung der HTML-Oberfläche mit der Programmlogik der Anwendung mittels *Data-Binding*, also der dynamischen Anbindung von *UI*-Komponenten zu Da-

tenfeldern auf Programmebene, erheblich vereinfacht. Das Data-Binding wird bei Knockout durch das *Model-View-ViewModel-Pattern (MVVM)* realisiert, das Entwicklern eine Trennung zwischen Benutzeroberfläche und UI-Logik ermöglicht. Diese Aufteilung dient unter anderem der Übersichtlichkeit des Codes und kann beispielsweise die Aufteilung der Entwicklung von Beninterschnittstellen erleichtern, indem die UI- und die Geschäftslogik von Softwareentwicklern übernommen werden kann, während Designer den Schwerpunkt auf die Gestaltung der Oberfläche legen können [63].

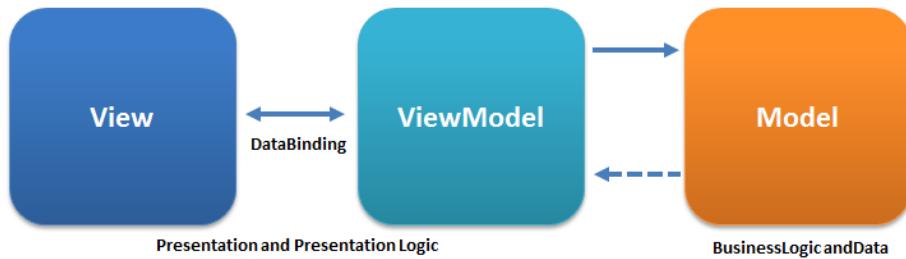


Abbildung 3.1: Schematische Darstellung des Entwurfsmusters MVVM: Die View ist über das Data-Binding mit dem ViewModel verbunden, indem die UI-Logik implementiert ist und das mit der Geschäftslogik (Model) interagiert.

Quelle: Wikimedia Commons [19].

Das MVVM-Pattern stellt eine Gliederung der Software in drei grundlegende Komponenten dar: Die *View* repräsentiert die Präsentationsschicht, also die Benutzeroberfläche, im Falle der Web-Anwendung also die HTML-Seite, deren Elemente per Data-Binding an Eigenschaften des *ViewModels* gebunden werden können. Das *Model* steht für die Geschäftslogik und beinhaltet das Datenmodell und die Funktionen, die vom ViewModel angefragt werden können, um beispielsweise Benutzereingaben zu validieren oder Daten für die Anzeige in der Oberfläche zu erhalten (siehe Abbildung 3.1).

Ein wesentlicher Mechanismus für die Aktualisierung der Oberfläche bei einer Änderung des ViewModels von Knockout ist die Verwendung von *Observables*, also Objekten oder Datenfeldern, welche bei Änderungen ihres Inhalts eine Nachricht aussenden, sodass andere Objekte automatisch auf die Zustandsänderung des Observables reagieren können, beispielsweise, um die Anzeige auf der Oberfläche zu aktualisieren.

Im Code-Beispiel unten (Listing 3.3) wird ein einfaches ViewModel mit drei Eigenschaften erstellt: `firstName`, `lastName`, und `fullName`, wobei die ersten beiden *Observables* darstellen und letztere aus den anderen beiden Feldern gene-

riert wird (Zeilen 10 - 13). Durch den Aufruf der Knockout-Funktion `observable` () ist es nicht notwendig, bei einer Änderung der Daten an der Oberfläche die Änderung der Anzeige der Daten (Zeile 27) explizit anzustoßen.³ Stattdessen übernimmt das Knockout-Framework die Durchreicherung aller Änderungen im ViewModel, sodass bei einer Benutzereingabe in eines der `<input>`-Felder eine Änderung der Daten im ViewModel registriert wird und automatisch alle damit verbundenen Views aktualisiert werden (siehe Abbildung 3.2).⁴

Listing 3.3: Einfaches Anwendungsbeispiel für die Verwendung der JavaScript-Bibliothek Knockout.

```

1 <html>
2   <head>
3     <script src="lib/jquery-1.10.2.min.js"></script>
4     <script src="lib/knockout-3.1.0.js"></script>
5     <script>
6       // jQuery-Standard: Erst ausführen, wenn Dokument geladen.
7       $(document).ready(function() {
8         // ViewModel:
9         var ViewModel = function(first, last) {
10           this.firstName = ko.observable(first);
11           this.lastName = ko.observable(last);
12           this.fullName = ko.computed(function() {
13             return this.firstName() + " " + this.lastName();
14           }, this);
15         };
16         ko.applyBindings(new ViewModel("Planet", "Earth"));
17       });
18     </script>
19   </head>
20   <body>
21     <p>First name:</p>
22     <input data-bind="value: firstName" />
23   </p>
24   <p>Last name:</p>
25   <input data-bind="value: lastName" />
26   </p>
27   <h2>Hello, <span data-bind="text: fullName"> </span>!</h2>
28 </body>
29 </html>

```

3.2.3 JQuery Mobile: Mobile Web-Oberflächen

Um das Erscheinungsbild und Verhalten von Webseiten an eine bessere Nutzung für mobile Geräte anzupassen, bietet sich der Einsatz eines entsprechenden GUI-Toolkits an. Die von der *jQuery Foundation* entwickelte GUI-

³ Beispielsweise per EventListener auf einer UI-Komponente.

⁴ Hier das `<h2>`-Element, das mit der ViewModel-Eigenschaft `fullName` verknüpft ist.

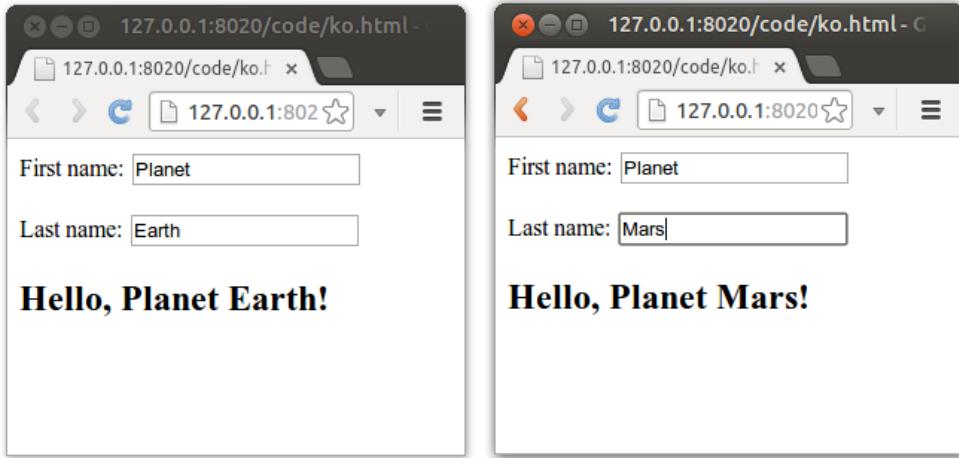


Abbildung 3.2: Knockout-Beispiel aus Listing 3.3 im Browser. Links im Bild: Anzeige bei Initialisierung der Oberfläche, rechts: Benutzereingabe ins Eingabefeld: „Mars“. Änderungen in der UI (Hier: im Eingabefeld) werden sofort im ViewModel registriert und automatisch an alle verknüpften Anzeigen weitergereicht (Hier an das fettgedruckte Begrüßungselement).

Quelle: Eigener Screenshot.

Bibliothek jQuery Mobile bietet hier Möglichkeiten für Entwickler von mobilen Webseiten, ihre Dokumente an verschiedene Eigenschaften anzupassen, die gemeinhin unter dem Begriff Look-And-Feel zusammengefasst werden, wie dem äußereren Erscheinungsbild, der Fähigkeit, mit Touch-Gesten umzugehen, der Anpassung an die geringere Display-Größe sowie von vielen mobilen Apps gewohnten Animationen, und somit erwartungskonform zu gestalten.

JQuery Mobile besteht mit einer JavaScript-Bibliothek und einem zusätzlichen Stylesheet in CSS, aus zwei Dokumenten, deren Einbindung in die HTML-Seite analog zu der von jQuery per Verlinkung als `<script>`- beziehungsweise `<link>`-Tag funktioniert. Da jQuery Mobile auf jQuery aufbaut, muss auch der Link zum jQuery-Script gesetzt sein, um auf die benötigten Funktionen zugreifen zu können (siehe Listing 3.4, Zeilen 3 - 5).

Listing 3.4: Einbindung von jQuery Mobile in eine HTML-Seite [59].

```

1 <html>
2   <head>
3     <link rel="stylesheet" href="lib/jquery.mobile-1.4.2.min.css">
4     <script src="lib/jquery-1.10.2.min.js"></script>
5     <script src="lib/jquery.mobile-1.4.2.min.js"></script>
6   </head>
7   <body>
8     <div data-role="page">
9       <div data-role="header">
10         <h1>Welcome To My Homepage</h1>
11       </div>
12       <div data-role="main" class="ui-content">
13         <p>I Am Now A Mobile Developer!!</p>
14       </div>
15       <div data-role="footer">
16         <h1>Footer Text</h1>
17       </div>
18     </div>
19   </body>
20 </html>

```

Die Definition von GUI-Elementen geschieht hierbei über das HTML-Attribut `data-role`, dem vordefinierte Werte wie `page`, `header`, `footer`, `button` u. v. a. m. zugewiesen werden können, anhand derer das jQuery Mobile-Framework den HTML-Elementen die jeweilige Style-Definition aus dem Stylesheet zuweisen kann (siehe Listing 3.4, Zeilen 8, 9, 12 und 15). Somit wird dem Entwickler ermöglicht, ohne zusätzlichen Entwicklungsaufwand für die Programmierung von GUI-Komponenten oder Erstellung von Style-Definitionen Webseiten mit zeitgemäßem und adäquaten Look-And-Feel für mobile Geräte anzupassen (siehe Abbildung 3.3 und 3.5).

Neben der Zuweisung von Rollen über das `data-role`-Attribut, durch die das Framework den GUI-Komponenten automatisch entsprechende Style-Definitionen zuweist, können weiterhin über das `class`-Attribut direkt Style-Klassen aus dem jQuery-Stylesheet verwendet werden. Beispielsweise sorgt im obigen Beispiel der Zusatz `class="ui-content"` (Listing 3.4, Zeile 12) für ein besseres Layout des `<div>`-Inhalts, wie der Vergleich ohne das `class`-Attribut in Abbildung 3.4 zeigt.

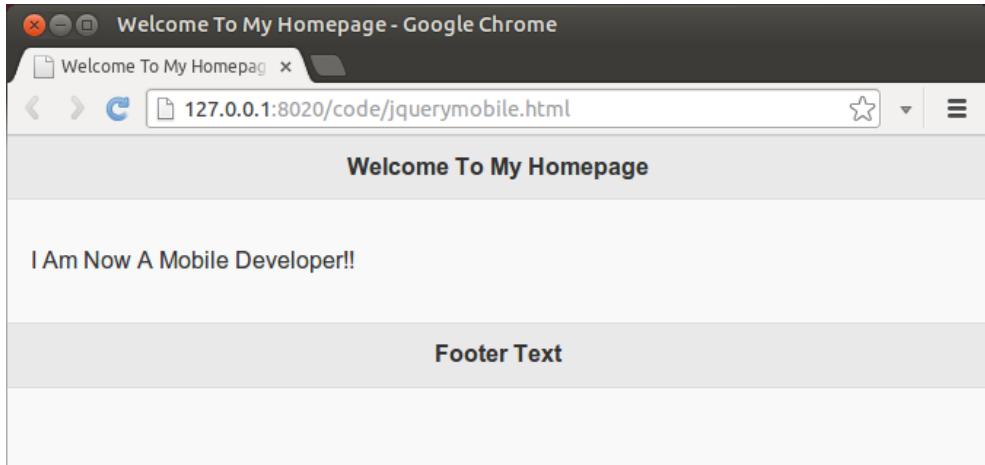


Abbildung 3.3: jQuery Mobile-Beispiel aus Listing 3.4 im Browser.

Quelle: Eigener Screenshot.

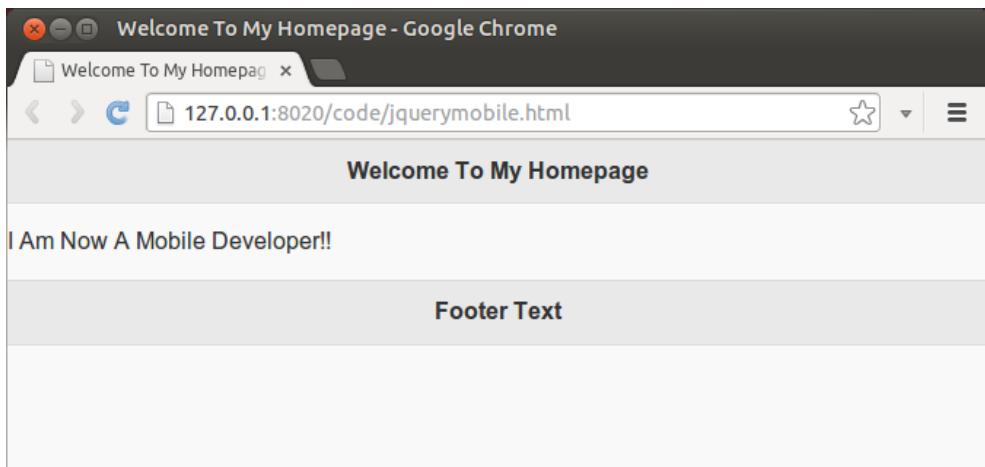


Abbildung 3.4: Beispiel-Oberfläche wie in Abbildung 3.3, ohne das class-Attribut in Listing 3.3, Zeile 12.

Quelle: Eigener Screenshot.

3.2.4 PhoneGap / Cordova

3.2.4.1 Grundlegendes

PhoneGap ist ein Open-Source-Framework von *Adobe Systems* zur Erstellung von hybriden Apps und bildet damit die Grundlage für den hier explorierten Ansatz zur plattformunabhängigen App-Entwicklung. Die Software wurde ursprünglich unter dem Namen PhoneGap von der Firma *Nitobi* entwickelt, die 2011 von Adobe aufgekauft wurde [45]. Später wurde die Code-Basis der *Apa-*

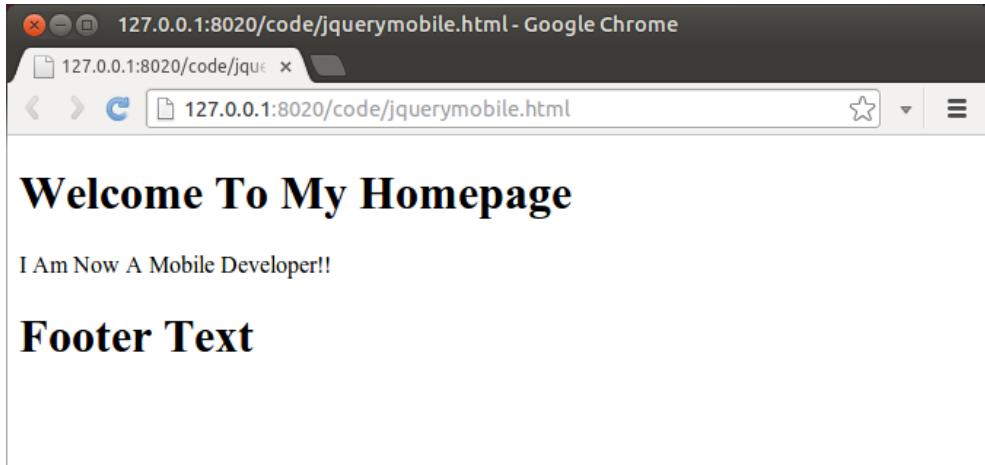


Abbildung 3.5: Beispiel-Oberfläche wie in Abbildung 3.3, aber ohne die jQuery Mobile-Bibliotheken.

Quelle: Eigener Screenshot.

che Software Foundation übergeben und dort in Cordova umbenannt, wodurch das Framework in den Quellen stellenweise unter beiden Namen erscheint. Adobe PhoneGap baut also als dessen Distribution auf Cordova auf, wobei derzeit der einzige wesentliche Unterschied im Namen des Pakets besteht (Stand: 19. März 2012), nach eigenen Angaben aber durchaus weitere Tools mit Bezug auf andere Adobe-Dienste in die PhoneGap-Distribution einfließen können [66].

Da das Apache-Framework als Open-Source-Basis auch die allgemeine Grundlage für weitere Cordova-Distributionen bildet und so auch die Community-Anlaufstelle zur Mitwirkung am Cordova-Projekt darstellt [66], wird im Folgenden weitgehend der Begriff „Cordova“ verwendet, die meisten Inhalte treffen aber ebenso auf die Adobe-Version PhoneGap zu.

Wie in Abschnitt 2.3 beschrieben, wird bei der hybriden App-Entwicklung eine Web-App programmiert, die dann in einen nativen App-Container „verpackt“ werden und somit auf dem jeweiligen Mobilgerät als mobile App ausgeführt werden kann. Das Cordova-Framework besteht darüber hinaus im Wesentlichen aus einer API in Form einer JavaScript-Bibliothek, die es dem Entwickler ermöglicht, auf native Funktionalitäten des mobilen Betriebssystems zuzugreifen sowie einem mitgelieferten *Kommandozeilen-Werkzeug* (*engl. Command-Line Interface, CLI*), das für die Erstellung, Erweiterung und An-

passung der Anwendung, zur Bewerkstelligung des Build-Prozesses für die verschiedenen Plattformen sowie auch der Ausführung in einem Emulator oder auf einem Mobilgerät zum Testen der Anwendung dient [26].

In der Cordova-Dokumentation werden zwei grundlegende Entwicklungs-szenarien beschrieben, für die das Framework verwendet werden kann. Mit der Version 3.0 wurde das CLI Teil des Software-Paktes, das viele Arbeitsschritte automatisiert ausführt und damit den Cordova-Entwicklungsprozess vereinfacht. Der Hauptfokus dieses Werkzeugs liegt im für die hybride App-Entwicklung grundlegenden Entwicklungsworkflow, dem *Web-Entwicklungsansatz*. Dieser Ansatz bietet die breiteste Plattformunterstützung bei möglichst geringem Mehraufwand für unterschiedliche Plattformen und bildet damit die Grundlage für den hier hauptsächlich fokussierten Ansatz [27].

Soll nur eine bestimmte Zielplattform bedient werden, kann auch nach dem *Nativen-Plattformansatz* entwickelt werden. Dabei wird das CLI in erster Linie für die Erstellung des Grundgerüsts der App verwendet, dessen Web-Oberfläche und nativer Kern dann mithilfe einer entsprechenden Entwicklungsumgebung in Kombination mit einem SDK der jeweiligen Plattform weiter verarbeitet und kompiliert werden können. Dieser Ansatz kann beispielsweise sinnvoll sein, wenn Entwickler mobiler Apps ihre Kenntnisse im Web-Bereich für die mobile App-Entwicklung nutzen möchten und sehr plattformspezifische Eigenschaften angepasst werden sollen, ist aber aufgrund des Mangels an entsprechenden Tools nicht oder nur gering für die Entwicklung plattformunabhängiger Apps geeignet [27].

Cordova stellt für die Verwendung von nativen Funktionalitäten des mobilen Betriebssystems mit seiner JavaScript-Plattform-API eine Verbindung von der Web-Anwendungsebene zu den jeweiligen SDKs der Zielplattformen her. Somit müssen, um auf plattformspezifische Features zugreifen zu können, auf der Entwicklungsplattform alle SDKs der gewünschten Zielplattformen installiert sein. Da die SDKs jedoch teilweise nur von bestimmten Desktop-Betriebssystemen unterstützt werden, muss das CLI unter Umständen auf mehreren Rechnern ausgeführt werden, die jeweils nur bestimmte mobile Plattformen bedienen (siehe Abbildung 3.6).

	amazon-fireos	android	blackberry10	Firefox OS	ios	Ubuntu	wp7 (Windows Phone 7)	wp8 (Windows Phone 8)	win8 (Windows 8)	tizen
cordova CLI	✓ Mac, Windows, Linux	✓ Mac, Windows, Linux	✓ Mac, Windows	✓ Mac, Windows, Linux	✓ Mac	✓ Ubuntu	✓ Windows	✓ Windows	✓	✗
Embedded Webview	✓ (see details)	✓ (see details)	✗	✗	✓ (see details)	✓	✗	✗	✗	✗
Plug-In Interface	✓ (see details)	✓ (see details)	✓ (see details)	✗	✓ (see details)	✓	✓ (see details)	✓ (see details)	✓	✗
Platform APIs										
Accelerometer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Camera	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Capture	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Compass	✓	✓	✓	✗	✓ (3GS+)	✓	✓	✓	✓	✓
Connection	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Contacts	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗
Device	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Events	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
File	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Geolocation	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Globalization	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗
InAppBrowser	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	uses Iframe	✗
Media	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Notification	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Splashscreen	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Storage	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓ localStorage & indexedDB	✓ localStorage & indexedDB	✓ localStorage & indexedDB	✓

Abbildung 3.6: Plattform- und Feature-Unterstützung des Cordova-Frameworks:

Bis auf wenige („kleinere“) mobile Betriebssysteme bietet Cordova auch über die am weitesten verbreiteten Plattformen wie Android, iOS und Windows Phone hinaus die volle Feature-Unterstützung für *Amazon FireOS*, Ubuntu Phone und eine fast vollständige für Blackberry 10.

Für Entwickler von hybriden Apps dürfte hier auch vor allem die erste Zeile *cordova CLI* interessant sein, da durch die Kompatibilität der jeweiligen Plattform-SDKs nur bestimmte Kombinationen von Entwicklungs- und Zielplattform möglich sind.

Quelle: Screenshot aus der Cordova-Dokumentation [28].

3.2.4.2 Funktionsweise

Nachdem das Cordova-Framework auf dem Entwicklungsrechner installiert ist, kann mit dem CLI ein neues App-Projekt angelegt werden. Dazu muss auf der Kommandozeile in das Entwicklungsverzeichnis für das zu erstellende Projekt navigiert und das Cordova-Tool mit dem `create`-Befehl aufgerufen werden (siehe Listing 3.5).

Listing 3.5: Befehl zum Erstellen einer Cordova-App.

```
1 $ cordova create hello-beuth de.beuth-hochschule.hello HelloBeuth
```

Das erste Argument `hello-beuth` spezifiziert dabei den Namen des Ordners für das zu erstellende App-Projekt, der mit dem `create`-Befehl angelegt wird. Die anderen beiden Parameter sind optional und geben mit der *ID* in der rückwärts geschriebenen Domain-Bezeichnung und dem Namen („HelloBeuth“), der später für die App angezeigt wird, weitere Informationen für die App an, die in einer *XML*-Datei im neu angelegten Projekt-Ordner gespeichert werden [27].

Mit der Ausführung dieses Skripts erstellt das Tool in einem neuen Ordner ein Grundgerüst für die App, das die nötige Struktur für den weiteren Entwicklungsprozess enthält (siehe Abbildung 3.7). Auf oberster Ebene liegt die Konfigurationsdatei `config.xml`, in der grundlegende Eigenschaften sowie Informationen für den Build-Prozess hinterlegt werden können (siehe Listing 3.6). Daneben werden unter anderem (zu diesem Zeitpunkt noch leere) Ordner für *Plugins* und plattformspezifischen Code sowie ein `www`-Ordner angelegt, der das Grundgerüst für den Web-Teil der Hybrid-App beinhaltet. Neben der Datei `index.html`, die die Beschreibung der Web-Oberfläche für die Anwendung darstellt, werden nach üblichen Konventionen in der Webentwicklung weiterhin die Unterordner `js`, `css` und `img` angelegt, worin die zur App gehörigen JavaScript- und CSS-Dateien bzw. Bilder gespeichert werden [27].

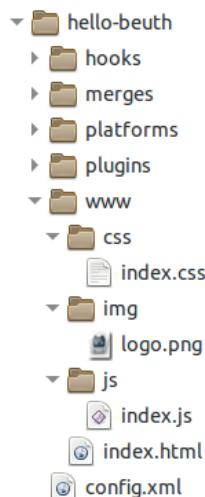


Abbildung 3.7: Dateistruktur einer mit Cordova erstellten App. Das Grundgerüst für die Hybrid-App wird automatisch angelegt und entspricht den üblichen Web-Entwicklungskonventionen.

Quelle: Eigener Screenshot.

Listing 3.6: Die Konfigurationsdatei config.xml, in der allgemeine Informationen über die Hybrid-App gespeichert werden. In Zeile 2 und 4 tauchen die in Listing 3.5 angegebenen optionalen Parameter *Id* und *Name* wieder auf.

```
1 <?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
2 <widget id="de.beuth-hochschule.hello" version="0.0.1"
3   xmlns="http://www.w3.org/ns/widgets" xmlns:cdv="http://
        cordova.apache.org/ns/1.0">
4   <name>HelloBeuth</name>
5   <description>
6     A sample Apache Cordova application that responds to the deviceready
7     event.
8   </description>
9   <author email="dev@cordova.apache.org" href="http://cordova.io">
10    Apache Cordova Team
11   </author>
12   <content src="index.html" />
13   <access origin="*" />
14 </widget>
```

Die Initialisierung der App erfolgt über den deviceready-Eventhandler, der standardmäßig von www/js/index.js referenziert wird (siehe Listing 3.7, Zeile 21 und Listing 3.8, Zeilen 11 u. 12).

Das in Zeile 18 referenzierte Script `cordova.js` stellt die o. g. wesentliche API zur nativen Betriebssystemebene dar, ist hier im www-Ordner jedoch noch nicht vorhanden, sondern wird erst nach Ausführung des `build`-Befehls in seiner jeweiligen plattformspezifischen Ausführung in das entsprechende Unterverzeichnis im Ordner `platforms` eingefügt.

Listing 3.7: Startseite der von Cordova erzeugten App, die auf das deviceready-Event reagiert.

```
1 <html>
2   <head>
3     <meta charset="utf-8" />
4     <meta name="format-detection" content="telephone=no" />
5     <!-- WARNING: for iOS 7, remove the width=device-width and
       height=device-height attributes. See https://issues.apache.org/jira/
       browse/CB-4323 -->
6     <meta name="viewport" content="user-scalable=no, initial-scale=1,
      maximum-scale=1, minimum-scale=1, width=device-width,
      height=device-height, target-densitydpi=device-dpi" />
7     <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/index.css" />
8     <title>Hello World</title>
9   </head>
10  <body>
11    <div class="app">
12      <h1>Hello Beuth</h1>
13      <div id="deviceready" class="blink">
14        <p class="event listening">Connecting to Device</p>
15        <p class="event received">Device is Ready</p>
16      </div>
17    </div>
18    <script type="text/javascript" src="cordova.js"></script>
19    <script type="text/javascript" src="js/index.js"></script>
20    <script type="text/javascript">
21      app.initialize();
22    </script>
23  </body>
24 </html>
```

Listing 3.8: Standardmäßig von Cordova angelegte JavaScript-Datei index.js

```

1 var app = {
2   // Application Constructor
3   initialize : function() {
4     this.bindEvents();
5   },
6   // Bind Event Listeners
7   //
8   // Bind any events that are required on startup. Common events are:
9   // 'load', 'deviceready', 'offline', and 'online'.
10  bindEvents : function() {
11    document.addEventListener('deviceready', this.onDeviceReady, false);
12  },
13  // deviceready Event Handler
14  //
15  // The scope of 'this' is the event. In order to call the
16  // 'receivedEvent'
17  // function, we must explicitly call 'app.receivedEvent(...);'
18  onDeviceReady : function() {
19    app.receivedEvent('deviceready');
20  },
21  // Update DOM on a Received Event
22  receivedEvent : function(id) {
23    var parentElement = document.getElementById(id);
24    var listeningElement = parentElement.querySelector('.listening');
25    var receivedElement = parentElement.querySelector('.received');

26    listeningElement.setAttribute('style', 'display:none;');
27    receivedElement.setAttribute('style', 'display:block;');
28
29    console.log('Received Event: ' + id);
30  }
31 };

```

Um die Oberfläche der App anzuzeigen, lässt sie sich, da sie im Wesentlichen aus einer HTML-Seite besteht, in einem herkömmlichen Browser öffnen (siehe Abbildung 3.8). Da jedoch das bei der hybriden App darunterliegende mobile Betriebssystem hier nicht zur Verfügung steht, ist hier auch keine Anbindung an dessen Funktionalitäten möglich. Dafür muss die Anwendung entweder direkt auf einem mobilen Gerät, dessen Plattform die App und das Cordova-API unterstützen, oder mithilfe eines Emulators ausgeführt werden (siehe Abbildung 3.9) [27].

Bevor die Hybrid-App mit Cordova zum Laufen gebracht werden kann, muss sie, wie die meisten Computerprogramme, in ein ausführbares Format überführt, also *gebaut* werden. Im Falle der Hybrid-App bedeutet das, dass diejenigen plattformspezifischen Komponenten der App hinzugefügt werden,

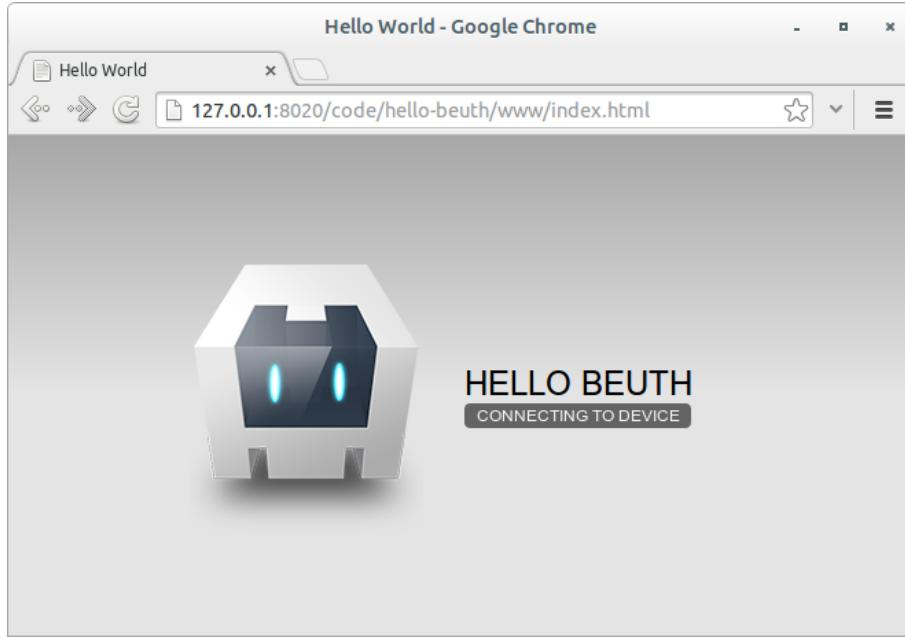


Abbildung 3.8: Die Startseite der Beispiel-App aus Listing 3.7 lässt sich auch im Desktop-Browser öffnen und anzeigen, allerdings kann hier kein `deviceready`-Event empfangen werden.

Quelle: Eigener Screenshot.

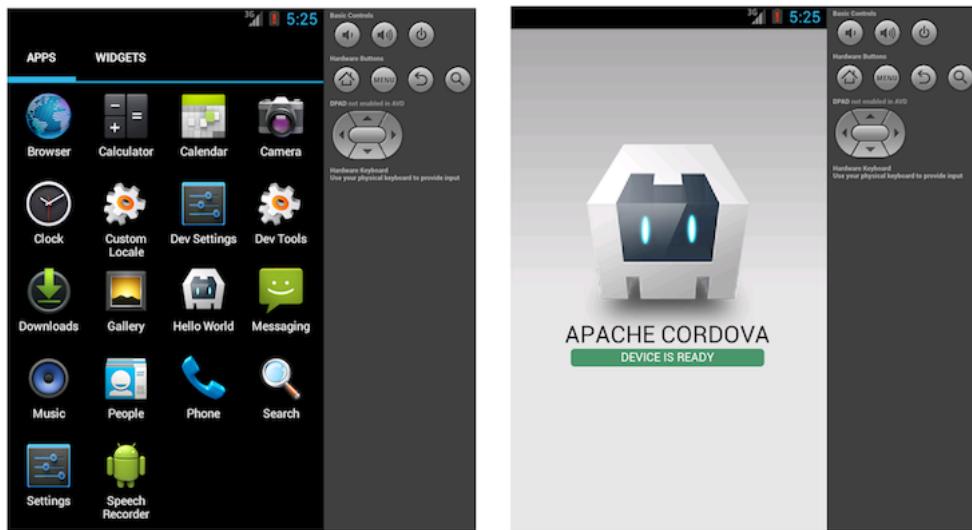


Abbildung 3.9: Anzeige in der App-Übersicht (links) und Ausführung der Cordova-Beispiel-App in einem Android-Emulator (rechts). Das grüne Label zeigt den Empfang des `deviceready`-Events an.

Quelle: Cordova-Dokumentation [1].

die nötig sind, um die Verbindung zwischen der plattformunabhängigen Web-Schicht und der nativen Schicht des jeweiligen Zielbetriebssystems herzustellen.

Damit das Cordova-Framework die entsprechenden Schnittstellen in die Anwendung einfügen kann, muss vor dem Build-Prozess ein Satz an Zielplattformen angegeben werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die SDKs der jeweiligen Zielplattformen zu der verwendeten Entwicklungsplattform kompatibel und installiert sind [27].

Über den Cordova-Befehl `platform` lassen sich mit den Optionen `add` und `remove` Plattformen zur Projektkonfiguration der Anwendung hinzufügen bzw. entfernen (siehe Listing 3.9). Die Ausführung dieser Befehle wirkt sich auf den Inhalt des `platforms`-Ordners innerhalb der Projektstruktur aus [27].

Listing 3.9: Cordova-Skript um Plattformen zum Projekt hinzuzufügen bzw. zu entfernen. Zeile 1 fügt die Plattform Android hinzu, Zeile 2 entfernt diese wieder.

```
1 $ cordova platform add android
2 $ cordova platform remove android
```

Der `list`-Befehl dient dazu, eine Liste aller Plattformen des Projekts auszugeben. Wie bei den meisten anderen Befehlen auch, kann synonym auch eine Kurzschreibweise (`ls`) verwendet werden (siehe Listing 3.10).

Listing 3.10: Cordova-Skript zum Auflisten aller Plattformen des Projekts.

```
1 $ cordova platforms list
```

Anschließend kann mit dem `build`-Befehl die App gebaut werden:

Listing 3.11: Bauen der Cordova-App für Android.

```
1 $ cordova build android
```

Der `build`-Befehl stellt dabei eine Kurzform für die beiden Befehle `prepare` und `compile` dar (siehe Listing 3.12). Diese Aufteilung kann beispielsweise sinnvoll sein, um erst den `prepare`-Befehl auszuführen und den plattformspezifischen Code, den Cordova in `platforms/android` generiert, anschließend mit einer entsprechenden Entwicklungsumgebung (wie beispielsweise Android-Studio) und deren nativem SDK anzupassen und zu kompilieren.⁵

⁵ vgl. Nativ-Entwicklungsansatz, siehe Unterunterabschnitt 3.2.4.1.

Listing 3.12: Ausführlichere Schreibweise für den `build`-Befehl aus Listing 3.11.

```
1 $ cordova prepare android
2 $ cordova compile android
```

Ist der Build-Prozess abgeschlossen, kann die fertige App auch mit dem Cordova-CLI getestet werden. Die Anwendung kann dafür entweder an einen Emulator, der in vielen Fällen mit dem jeweiligen SDK mitgeliefert wird, übergeben (siehe Listing 3.13) oder direkt auf einem an den Entwicklungsrechner angeschlossenen Mobilgerät ausgeführt werden (siehe Listing 3.14). Für letzteres müssen unter Umständen noch entsprechende Einstellungen auf dem Gerät vorgenommen werden [27].

Listing 3.13: Übergibt die App an den Emulator des Android-SDKs.

```
1 $ cordova emulate android
```

Listing 3.14: Führt die App auf einem angeschlossenen Mobilgerät aus.

```
1 $ cordova run android
```

3.2.4.3 Schnittstelle zur mobilen Plattform

Um den eigentlichen Mehrwert des Cordova-Frameworks zu nutzen, also auf native Features der Zielplattformen zuzugreifen, sind verschiedene Plugins nötig, die ebenfalls mit dem CLI verwaltet werden können. Plugins bestehen aus einem zusätzlichen Stück Code, der die Kommunikation zu den nativen Komponenten herstellt. Cordova bietet von Haus aus einen Basissatz von ca. 17 Kern-Plugins an,⁶ es können aber auch eigene entwickelt werden.⁷ Für die Erstellung und Veröffentlichung eigener Plugins stellt Apache in seiner Cordova-Dokumentation eine Entwicklungsanleitung bereit [25].

⁶ In den Quellen finden sich teilweise unterschiedliche Informationen über die Anzahl der Basis-Plugins. In der offiziellen Cordova-Dokumentation werden folgende aufgelistet: *Battery Status, Camera, Contacts, Device, Device Motion (Accelerometer), Device Orientation (Compass), Dialogs, FileSystem, File Transfer, Geolocation, Globalization, InApp-Browser, Media, Media Capture, Network Information (Connection), Splashscreen und Vibration* [29]. Auf der Cordova-Homepage finden sich zudem noch die beiden Einträge *Console* und *Statusbar* [75].

⁷ So bietet z.B. Adobe mit seiner PhoneGap-Variante noch einige weitere Plugins wie beispielsweise den Zugriff auf einen angeschlossenen Barcode-Scanner an, die über die Grundausstattung von Cordova hinausgehen [27].

Einrichten von Plugins: Für die Installation und Dokumentation von Plugins bietet Apache mit der *Apache Cordova Plugin Registry* ein Online-Portal an, in der sich zur Zeit 229 Plugins für das Cordova-Framework finden, darunter auch die o. g. Kern-Plugins von Apache [29]. Der überwiegende übrige Teil stammt von verschiedenen Entwicklern und Drittanbietern, die ihre nach dem *Plugin Development Guide* entwickelten Plugins diesem Portal hinzufügen können [25], und bieten häufig spezielle Unterstützung für bestimmte mobile Plattformen an [31]. Darüber hinaus gibt es auch weitere Portale dieser Art, wie beispielsweise *PlugReg* des Open-Source-Entwicklers Lee Crossley, das zur Zeit 843 Plugins von 585 verschiedenen Entwicklern listet [50].

Das Cordova-CLI bietet auch die Möglichkeit, alle verfügbaren Plugins zu durchsuchen, hinzuzufügen, aufzulisten und zu entfernen (siehe Listing 3.15, 3.16, 3.17 und 3.18).

Listing 3.15: Suchen von verfügbaren Plugins.

```
1 $ cordova plugin search contacts
```

Listing 3.16: Plugin zur App hinzufügen.

```
1 $ cordova plugin add org.apache.cordova.contacts
```

Listing 3.17: Analog zum `list`-Befehl für Plattformen (siehe Listing 3.10) können auch Plugins des aktuellen Projekts aufgelistet werden.

```
1 $ cordova plugin ls
```

Listing 3.18: Plugin entfernen.

```
1 $ cordova plugin rm org.apache.cordova.contacts
```

Verwendung von Plugins Cordova-Plugins können einen Satz von Methoden und Objekttypen mitbringen, mit deren Hilfe Entwickler die Funktionen der jeweiligen Plugins nutzen können. So beinhaltet beispielsweise das `contacts`-Plugin für den Zugriff auf die native Adressverwaltung des Geräts neben dem zentralen `Contact`-Objekt, das eine Instanz eines Eintrags im Adressbuch des Geräts repräsentiert, die Typen `ContactName`, `ContactField`, `ContactAddress`, `ContactOrganization`, die einige der Attribute des `Contact`-Objekts darstellen sowie das Konfigurationsobjekt `ContactFindOptions`, das bestimmte Optionen für

den Zugriff auf das Adressbuch kapselt und einen `ContactError`, welcher bei Auftreten eines Fehlers, beispielsweise bei der Suche nach Kontakten, behandelt werden kann [34].

Darüber hinaus können hier die beiden Methoden `navigator.contacts.create` und `navigator.contacts.find` verwendet werden, um neue Kontaktobjekte zu erstellen bzw. zu suchen (siehe Kapitel 5). Das Präfix `navigator` identifiziert ein elementares Objekt des JavaScript-Kerns, das in der Webentwicklung Informationen über den verwendeten Webbrower bereitstellt, wie beispielsweise den Namen oder dessen Version sowie Informationen über aktivierte Browser-plugins [69]. Das Cordova-Framework ersetzt mittels seiner zentralen, plattformspezifischen JavaScript-Datei `cordova.js` das JavaScript-Objekt `navigator` durch einen eigenen `CordovaNavigator` [30], dem dann durch die verschiedenen Plugins neue Eigenschaften und Methoden zugewiesen werden können über die der Zugriff auf verschiedene Plugins bewerkstelligt werden kann, wie in diesem Beispiel das `contacts`-Objekt, welches die beiden Plugin-Methoden `create` und `find` beinhaltet. Der o. g. JavaScript-Objekttyp `contact` ist in der *Cordova Contacts API* definiert und beinhaltet die Felder `id`, `displayName`, `name`, `nickname`, `phoneNumbers`, `code`, `addresses`, `ims`, `organizations`, `birthday`, `note`, `photos`, `categories` und `urls` sowie die Methoden `clone` zum duplizieren von Kontaktinstanzen, `remove`, um Kontakte aus dem Adressbuch zu entfernen und `save`, mit der sich neu erstellte Kontakte in der Adressverwaltung des Geräts abspeichern lassen [39].

Je nach Aufgabengebiet unterscheiden sich die verschiedenen Plugins in ihrer Verwendung. Während bei einigen, wie z. B. dem Cordova-Plugin, Schnittstellenmethoden über das `navigator`-Objekt bereitgestellt werden (siehe Listing 3.19), bieten andere wie beispielsweise das *Battery-Status*-Plugin die Behandlung verschiedener Events an,⁸ die über das Hinzufügen eines *Event-Handlers* zum `window`-Objekt⁹ verarbeitet werden können (siehe Listing 3.20) und wieder andere, wie z. B. das *Device*-Plugin stellen ein bestimmtes Objekt bereit, über das in diesem Fall Informationen abgefragt werden können [32–34].¹⁰

⁸ Im Beispiel des *Battery-Status*-Plugins geben diese Auskunft über eine Statusänderung des Ladezustands oder den Anschluss an ans Stromnetz [32].

⁹ Ähnlich wie das `navigator`-Objekt ist auch das `window`-Objekt Bestandteil der JavaScript-Spezifikation, das Eigenschaften und Methoden zur Information und Steuerung des Browser-Fensters bietet [70].

¹⁰ In diesem Beispiel über das verwendete Gerät (siehe Listing 3.21).

Listing 3.19: Beispiel für die Verwendung des *Contacts*-Plugins für die Erstellung eines neuen Contact-Objekts [34].

```
1 var myContact = navigator.contacts.create({
2   "displayName" : "Test User"
3});
```

Listing 3.20: Beispiel für die Verwendung des *Battery-Status*-Plugins [32].

```
1 window.addEventListener("batterystatus", onBatteryStatus, false);
2
3 function onBatteryStatus(info) {
4   // Handle the online event
5   console.log("Level: " + info.level + " isPlugged: " + info.isPlugged);
6 }
```

Listing 3.21: Beispiel für die Verwendung des *Device*-Plugins. Bei Empfang des *DeviceReady-Events* wird die Modell-Bezeichnung des Geräts in der Konsole ausgegeben [33].

```
1 document.addEventListener("deviceready", onDeviceReady, false);
2 function onDeviceReady() {
3   console.log(device.model);
4 }
```

3.2.4.4 PhoneGap Build

Mit seinem Online-Portal PhoneGap Build bietet Adobe einen webbasierten Build-Service für PhoneGap-Apps an, der den Bau-Prozess, im Falle der hybriden Apps also die eigentliche Anbindung an plattformspezifische Toolkits auf nativer Ebene sowie das Einbetten der Web-App in eine native WebView, auslagert und damit deutlich vereinfacht.

Wie in Abbildung 2.1 dargestellt, muss dieser Entwicklungsschritt im Gegensatz zu den vorherigen¹¹ trotz (oder gerade wegen) des plattformunabhängigen Charakters mehrfach (also einmal für jede Zielplattform) ausgeführt werden, um die vorher entwickelte Web-App in die Umgebung einer nativen App einzubetten (siehe Abschnitt 2.3). Dabei kann unter anderem besonderer Mehraufwand auf der administrativen Ebene entstehen, da, wie im Unterabschnitt 3.2.4 beschrieben, nicht jede Entwicklungsplattform zu den gewünschten Zielplattformen kompatibel ist, und somit für die Verwaltung der

¹¹ Also der Entwicklung des Codes und der Oberfläche sowie Tests.

verschiedenen SDKs und das Bauen der jeweiligen hybriden Apps der Einsatz mehrerer Entwicklungsplattformen nötig sein kann, sofern ein breites Spektrum an Zielplattformen angestrebt wird.

Um also nicht auf gar mehreren Entwicklungsrechnern sämtliche Toolkits aller erforderlichen Zielplattformen verwalten zu müssen, können PhoneGap-Entwickler hier ihren Quellcode hochladen und die App für die verschiedenen Zielplattformen im jeweiligen Format zusammenbauen bauen lassen. Allerdings bietet auch PhoneGap Build nicht für sämtliche mobilen Plattformen, die von Cordova / PhoneGap unterstützt werden, seinen Service an. Während bis Version 2.9 noch Apps für iOS, Android, Windows Phone, Blackberry 10, *webOS* und *Symbian* in dem Portal gebaut werden konnten, sind ab der Version 3.0 nur die drei größten Betriebssysteme iOS, Android und Windows Phone verfügbar [40].

Um den Build-Prozess über den Cloud-Build-Service einzuleiten, erstellt der Entwickler eine Web-App in seiner gewohnten Entwicklungsumgebung in Form von HTML-, JavaScript- und CSS-Dokumenten, die er anschließend auf PhoneGap Build hochlädt. Hierfür muss zunächst über die Web-Oberfläche des Portals eine neue App angelegt werden.

Abhängig vom jeweiligen Bezahlpaket haben PhoneGap-Entwickler die Möglichkeit, ihre Anwendung als private oder öffentliche App hochzuladen. Während private Apps entweder als Zip-Paket hochgeladen oder als Link zu einem *Git*-Repository¹² in PhoneGap Build eingestellt werden können (siehe Abbildung 3.10), müssen öffentliche (also Open-Source-) Apps in Form eines GitHub-Repositorys zugänglich gemacht werden.

„We only allow open-source apps to be built from public
Github repos“ [46]

Neben der Bezahlvariante gibt es auch ein kostenloses Paket, das eine private App beinhaltet, bei der kostenpflichtigen Variante sind bis zu 25 private Apps enthalten. Open-Source-Apps können bei allen Paketen unbegrenzt angelegt werden (siehe Abbildung 3.11).

Nach dem Hochladen des Codes auf PhoneGap Build wird dort automatisch der Build-Prozess für die Hybrid-Apps initiiert. Dabei sorgt PhoneGap Build dafür, dass für jede Plattform die entsprechende PhoneGap-JavaScript-Bibliothek injiziert wird, welche die API zur nativen Betriebssystemebe-

¹² Beispielsweise wie die öffentlichen Apps auf *GitHub* gehosted oder einem eigenen Git-Repository

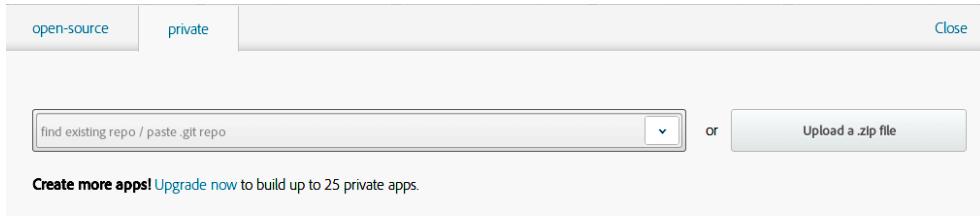


Abbildung 3.10: Dialog für die Erstellung einer neuen privaten App auf PhoneGap Build. Links das Eingabefeld zum Eintragen eines Git-Repository-Links und rechts der Button zum Hochladen von Zip-Archiven.

Quelle: Eigener Screenshot.

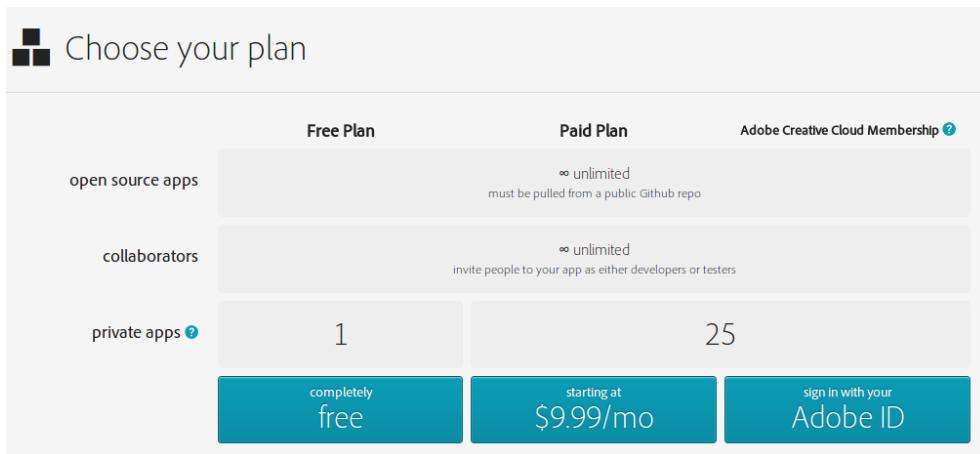


Abbildung 3.11: Übersicht über die verschiedenen Bezahlpakete von PhoneGap Build: Ab 9,99 € im Monat können Entwickler bis zu 25 private Apps anlegen, in der kostenlosen Variante nur eine private, aber unbegrenzt öffentliche.

Quelle: Eigener Screenshot [48].

ne enthält (siehe Unterabschnitt 3.2.4) [41]. Ist der Build-Prozess abgeschlossen, kann die App im jeweiligen Format für die verschiedenen Plattformen als Direkt-Link oder per *QR-Code* heruntergeladen werden (siehe Abbildung 3.12 und A.1).

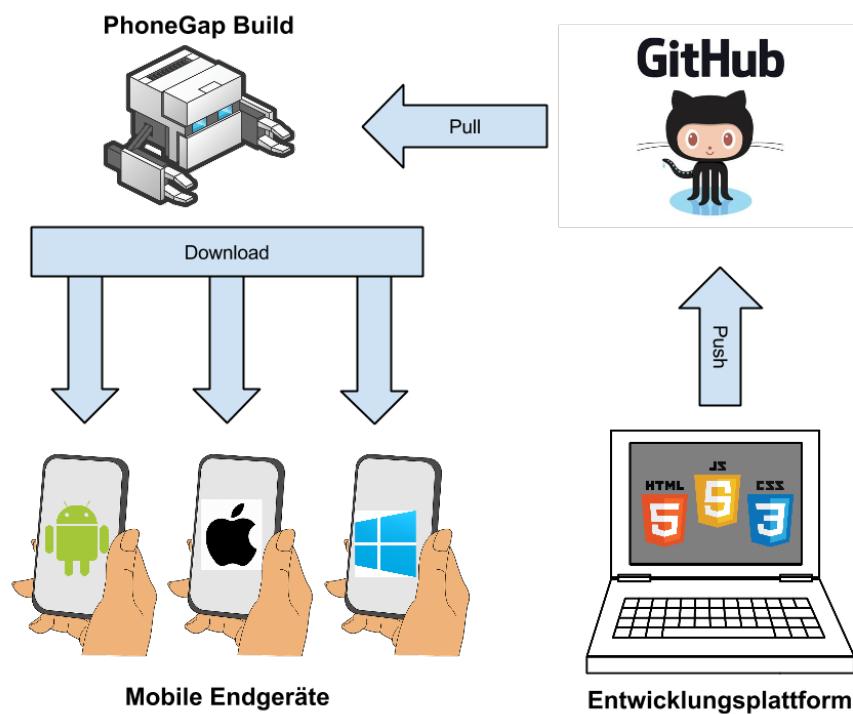


Abbildung 3.12: Schematische Darstellung eines möglichen Entwicklungsworkflows mit PhoneGap Build: Der Code wird als Web-Anwendung auf GitHub hochgeladen, bei PhoneGap Build über das GitHub-Repository aktualisiert und für die jeweiligen Plattformen gebaut, sodass die plattformspezifischen Apps heruntergeladen und auf den Zielgeräten installiert werden können.

Quelle: Eigene Grafik, erstellt aus verschiedenen Bildquellen [2, 7, 13, 15].

Teil II

Praktische Umsetzung

Kapitel 4

Konzeption

4.1 Vorüberlegungen

Um nachfolgend die Exploration der ausgewählten Cross-Plattform-Technologie zu erläutern und die Eignung für die Praxis zu erörtern, sollen hier einige Vorüberlegungen getroffen werden.

Die Anforderungen an mobile Anwendungen, sowie deren Einsatzgebiete bilden ein breites Spektrum ab. Verschiedene SDKs adressieren teilweise gezielt bestimmte Einsatzgebiete der späteren Applikation. Das führt zu der Frage, inwieweit die verwendeten Technologien für unterschiedlich motivierte Entwickler und Softwarefirmen, sowie deren Kunden, brauchbar sind. Hat ein Unternehmen beispielsweise bereits eine bestehende Software-Infrastruktur, sollte sich eine plattformunabhängige App gut in das bestehende System integrieren lassen.

Für Entwickler und Unternehmen wiederum, kann eine plattformunabhängige Entwicklung Ressourcen sparen und somit potentiell kleineren Unternehmen den Einstieg in den Markt für mobile Anwendungen erleichtern. Ein solches Ressourcenersparnis stellt sich allerdings nur ein, wenn der Aufwand zur Einrichtung und Benutzung des Frameworks kleiner ist, als der für die Entwicklung einer separaten App für jede Plattform. Hier fließt mit ein, wie viele Zielplattformen für die Auslieferung der App angestrebt sind, sowie die Benutzerfreundlichkeit des Frameworks aus Entwicklersicht, also die Frage, wie komfortabel sich Anwendungen entwickeln lassen.

Ein offensichtliches Kriterium zur Beurteilung des Frameworks anhand eines gegebenen Anwendungszwecks sind die zur Verfügung stehenden Features, die auf dem Mobilgerät genutzt werden können. Stimmt dieser nicht mit denen der nativen App-Entwicklung überein, ist zu klären, welche Features fehlen und auf welche der Entwickler eventuell verzichten kann oder muss.

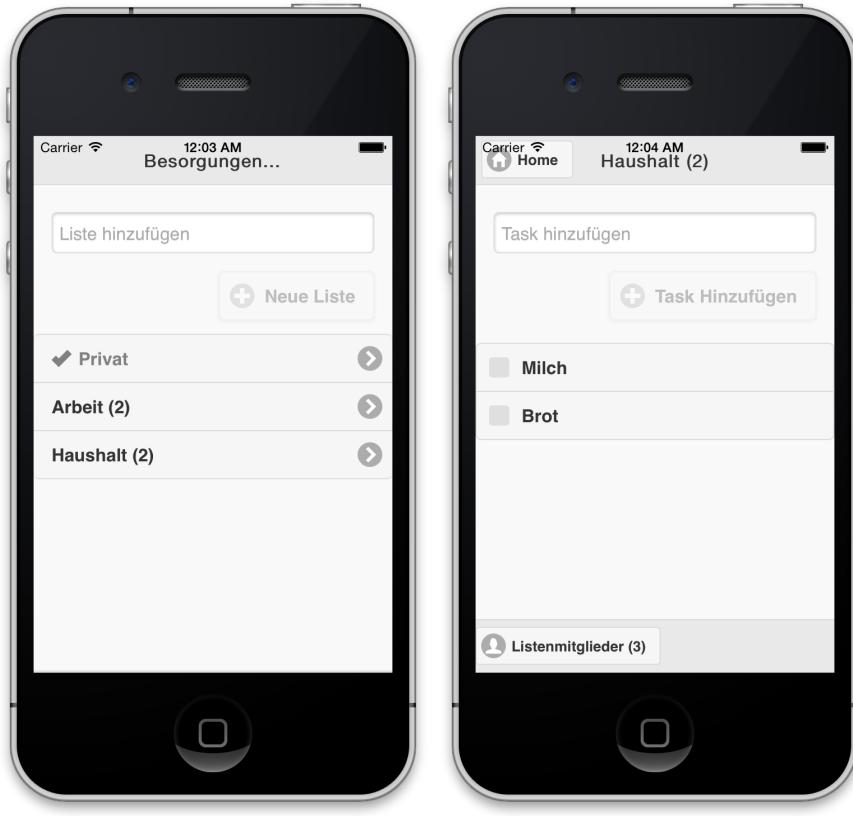
Weiter ist interessant, ob sich weitere potentielle Nachteile durch die Nutzung eines Frameworks zur hybriden App-Entwicklung ergeben und welche Vorteile sich heraus kristallisieren. Es ließe sich beispielsweise die Frage stellen, ob die verwendeten Web-Technologien einer hybriden App prinzipielle Stärken und Schwächen in puncto Performance haben. Hierüber wird die Beispiel-Anwendung allerdings wenig Aufschluss geben, da eine native Implementierung der gleichen Funktionen zur Vergleichbarkeit fehlt. Die Performance einer Hybrid-App ließe sich als einen Punkt der Nutzerfreundlichkeit bzw. Vor- und Nachteilen für den Endanwender sehen, was gerade für Consumer-Apps von großer Bedeutung ist.

Weitere Vor- und Nachteile hybrider Apps ließen sich an den Fragen der Stabilität einer solchen App, also deren Fehleranfälligkeit und damit verbundenen Abstürzen der Software, sowie der Sicherheit der Software erörtern. Dies schließt die Punkte mit ein, beispielsweise durch Manipulation des bestehenden Codes, so dass Schadcode in externe Systeme oder auch Client-Geräte eingeschleust werden kann, sowie der Verschlüsselung von Datenübertragungen. Wichtig ist unter anderem die Verschlüsselung von Nutzerdaten auf dem Gerät, sowie die sichere Kommunikation der App mit externen Diensten und Geräten.

Gerade für Client-Server-Anwendungen ist eine verschlüsselte Datenübertragung oft ein zentraler Punkt. Es lässt sich aber auch allgemeiner Fragen, wie gut sich solche Anwendungen durch hybride Apps umsetzen lassen. Gerade für eingangs erwähnte Firmen mit bestehender Infrastruktur kann dies eine wichtige Anforderung sein.

4.2 Beispiel-Anwendung

Für die praktische Erprobung und Untersuchung einer Technologie zur plattformunabhängigen App-Entwicklung sollte hier mit Cordova ansatzweise eine Beispiel-Anwendung in Form einer plattformunabhängigen mobilen App entwickelt werden. Für die Auswahl eines geeigneten Anwendungsgebiets war ein Kriterium die Maßgabe, möglichst solche Anforderungen der Anwendung zu



(a) Startbildschirm
der Beispielanwendung

(b) Listenansicht
der Beispielanwendung

Abbildung 4.1: Startbildschirm und Listenansicht der Beispiel-Anwendung im *iOS-Simulator*.

Quelle: Eigener Screenshot.

identifizieren, die eine gewisse plattformspezifische Anforderung haben, also („plattformkritische“) Features benötigen, die sich beispielsweise nicht ohne weiteres mit einer reinen Web-Anwendung umsetzen lassen, um den eigentlichen Mehrwert eines entsprechenden Cross-Plattform-Frameworks nutzen zu können und aufzuzeigen.

Dabei soll der Fokus nicht speziell auf der Umsetzung eines möglichst breiten Funktionsumfangs der Anwendung selbst oder deren Usability liegen, sondern vielmehr anhand einer beispielhaften Implementierung weniger grundlegender plattformkritischer Features die Verwendung der Cross-Plattform-Technologie erläutert werden, um Möglichkeiten und Grenzen aus Sicht des Entwicklers aufzuzeigen.

Die Beispiel-App trägt den Titel „Besorgungen“, soll also für den Anwender ein Hilfswerkzeug für die Erledigung alltäglicher Aufgaben darstellen. Letztendlich handelt es sich um eine etwas komplexere ToDo-Liste, in der sogenannte „Tasks“ (also Aufgaben, Besorgungen) in Listen kategorisiert und verwaltet werden können. Diese Listen können vom Nutzer selbst angelegt, gelöscht und verändert werden. Um von der Schnittstelle zum Geräte-Adressbuch Gebrauch zu machen, können Listen mit im Adressbuch vorhandenen Kontakten geteilt werden, d. h. es sollen Kontakte aus dem Adressbuch geladen und einer Liste als neues Listenmitglied hinzugefügt werden.

Weiterhin soll ein grundlegendes Prinzip darin bestehen, dass Tasks vielerlei Eigenschaften zugewiesen bekommen können. So zum Beispiel Fotos, die von der Kamera des Geräts aufgenommen werden sollen, Ortsangaben, um GPS-Daten zu empfangen und zu verarbeiten sowie Datumsangaben für die Interaktion mit dem nativen Kalender. Außerdem soll die Anwendung Benachrichtigungen über das Erreichen eines angegebenen Datums oder Ortes per nativem Benachrichtigungsmechanismus des jeweiligen Betriebssystems aussenden können.¹ Der Entwicklungsstand des hier beschriebenen Beispiel-Codes beschränkt sich jedoch auf die Umsetzung der o. g. Funktionalität, Listen zu teilen, also neue Listenmitglieder anhand der Daten aus der Kontaktverwaltung des Geräts zu Listenobjekten hinzuzufügen.

4.3 Ausgewählte Technologie und Architektur für die Implementierung

Da Cordova eins der meist genutzten Frameworks zur plattformunabhängigen App-Entwicklung darstellt, das kostenfrei, Open-Source und gut dokumentiert ist und zudem den Vorteil bietet, vorhandene Kenntnisse der Web-Entwicklung für die Erstellung von mobilen Apps nutzbar zu machen, wurde dieses hier für die Implementierung der in Abschnitt 4.2 beschriebenen Beispiel-Anwendung und zur näheren Beleuchtung ausgewählt. Weiterhin fand die auf jQuery aufbauende Oberflächen-Bibliothek für mobile Web-Oberflächen jQuery Mobile sowie die Data-Binding-Bibliothek Knockout für die Umsetzung der hybriden App hier Verwendung (Abschnitt 3.2 *Entwicklung von hybriden Apps*).

¹ Eine detailliertere Spezifikation der Anwendungsfälle für die geplante Beispiel-App findet sich in Anhang B auf Seite 74.

Wie in Unterabschnitt 3.2.2 beschrieben, stellt Knockout ein recht mächtiges und hilfreiches Mittel für die einfache und gut strukturierte Programmierung unter JavaScript dar. Der dadurch empfohlene und erleichterte Einsatz des MVVM-Patterns und die damit einhergehende klare und leicht wartbare Struktur bildet die Grundlage für die Architektur der hier beispielhaft implementierten Anwendung.

Grundlegend besteht die Anwendung aus den drei in Abbildung 3.1 abgebildeten Teilen *View* in Form einer HTML-Seite, dem JavaScript-Objekt *Model*, das den Zugriff auf das Gerät bewerkstellt und dessen Daten bereitstellt und dem *ViewModel*, welches die Eigenschaften und anzuseigenden Daten der View beinhaltet. Das JavaScript-Framework Knockout hält dabei durch das Data-Binding die Anzeige der Daten auf der View mit den Daten im ViewModel synchron (siehe Unterabschnitt 3.2.2).

Die Anbindung vom Model an das ViewModel wurde hier über das *Observer-Pattern* realisiert, mit dem eine lose Kopplung zwischen einer Komponente und deren *Observers* (engl. „*Beobachter*“) erzielt werden kann. Dabei registriert sich das ViewModel bei dessen Initialisierung beim Model per Aufruf der Methode `addEventListener(eventType, eventHandler)` (siehe Listing C.8) und übergibt dabei als Parameter „`eventType`“ einen *String*, der den Typ des Events angibt, auf dessen Aussendung sich das ViewModel registriert sowie eine Funktion als `eventHandler`, welche ausgeführt werden soll, sobald das Event empfangen wird (siehe Listing C.9). Dazu hat das Model einen Verweis auf eine `ObserverMap`, welche die registrierten Event-Handler der Observer in Listen speichert, die dem jeweiligen bei der Registrierung angegebenen Ereignistyp zugeordnet werden (siehe Listing C.5).

Statt also bei erfolgreicher Ausführung einer Operation die Daten direkt per Methodenaufruf an das ViewModel zu übergeben, wird hier lediglich die Methode `notifyObservers()` der `ObserverMap` aufgerufen, wodurch die registrierten Observer über das Auftreten des Ereignisses benachrichtigt werden. Das Model muss dabei keinerlei Kenntnis vom ViewModel haben, lediglich im ViewModel ist bekannt, welche Methoden des Models aufgerufen werden können, bzw. welche Events dieses aussendet.

Durch diese lose Kopplung kann einerseits die Entwicklung erleichtert werden, da bei einer möglichen Aufteilung der Implementierung das Entwicklerteam, das für die Implementierung des Models zuständig ist, keine Kenntnis über die Struktur des ViewModels oder gar der View haben muss. Darüber

hinaus könnten auch weitere Observer auf Benachrichtigungen des Models registriert werden, beispielsweise, um weitere Aktionen nach Auftreten eines Events durchzuführen.

Neben diesen architektonischen Aspekten wurde hier das Observer-Pattern für die Kopplung zwischen Model und ViewModel gewählt, da die `find`-Methode *asynchron* ausgeführt wird, das heißt, dass bei Anforderung der Daten durch das ViewModel noch nicht bekannt ist, wann diese Daten genau zurückgeliefert werden.²

Die Beispielanwendung wurde zur Abdeckung der beiden größten Mobilplattformen auf einem Android-Tablet mit Android 4.1.2 und einem iPad mini mit iOS 7.1.1 getestet.

² Beispielweise `navigator.contacts.find()` zum Anfordern der Kontaktdaten aus dem Adressbuch siehe Listing 5.1.

Kapitel 5

Implementierung der Geräte-Schnittstelle

5.1 Funktionsweise

Im Anwendungsfall *Liste teilen* der in Abschnitt 4.2 und Anhang B beschriebenen Beispielanwendung soll aus der Anwendung heraus auf das native Adressbuch des Geräts zugegriffen werden, um die bestehenden Kontakte zu laden und anzuzeigen. So können diese vom Nutzer ausgewählt, an die Anwendung übergeben und als neues Listenmitglied in ein Listenobjekt eingetragen werden.

Nachdem das Cordova-Plugin *Contacts*, wie in Unterabschnitt 3.2.4 *PhoneGap / Cordova* beschrieben, zur Anwendung hinzugefügt wurde, lässt sich damit der Zugriff auf die native Kontaktverwaltung des jeweiligen Betriebssystems bewerkstelligen. Dieses bietet beispielsweise die Möglichkeit, nach bestimmten Kontakten im Adressbuch zu suchen, neue Kontakte zu erstellen und dem Adressbuch hinzuzufügen, sowie bestehende Kontakte zu entfernen oder zu duplizieren [34].

Um Kontakte im Adressbuch zu suchen, muss im Wesentlichen die Methode `navigator.contacts.find(fields, onSuccess, onError, options)` ausgeführt werden, wobei `fields` die zu durchsuchenden Datenfelder repräsentiert, `onSuccess` die Funktion angibt, die bei erfolgreicher Ausführung der `find`-Methode ausgeführt werden soll, `onError` den *Error-Handler* bei Auftreten eines Fehlers beim Suchen der Kontakte und `options` zusätzliche Optionen wie Suchfilter oder ein *multiple-Flag*, das angibt, ob mehrere Kontakte zurückgegeben werden sollen (siehe Listing 5.1, Zeile 26). Die `find`-Methode wird asynchron ausgeführt, das

heißt, dass der Aufrufer nicht wissen kann, wann das Ergebnis zurückgeliefert wird. Es kann also nicht als Rückgabewert zurückgegeben werden, sondern wird bei erfolgreicher Suche an den o.g. *onSuccess-Handler* übergeben und kann dort weiter verarbeitet werden [34].

Da in diesem Beispiel (Listing 5.1) keine bestimmten, sondern *alle* Kontakte angezeigt werden sollen, wird der `find`-Methode kein spezieller `filter` übergeben (Zeile 23). Ebenso ist aus demselben Grund hier keine Einschränkung der durchsuchten Felder nötig, sodass der `fields`-Parameter den Wert `"*"` hat, und so alle Felder des `Contact`-Objekts durchsucht werden (Zeile 25). Bei erfolgreicher Ausführung der `find`-Methode werden die zurückgegebenen Kontaktdaten als Parameter in Form eines *Arrays*, das die entsprechenden JavaScript-Objekte vom Typ `Contact` beinhaltet, an die `onSuccess`-Methode übergeben und vom Model an dessen Observer (in diesem Fall das ViewModel) versendet (Zeile 13).

Der Bezeichner `events.FOUND_CONTACTS` stellt eine String-Konstante dar, die in einem globalen Konstanten-Objekt definiert wurde und den Typ des Events identifiziert (siehe Listing C.6).

Listing 5.1: Verwendung des *Contacts*-Plugins von Cordova.

```
1 function findContacts() {
2
3     if (!model.deviceReady) {
4         var errorMsg = 'Gerät ist nicht bereit!';
5         console.error(errorMsg);
6         alert(errorMsg);
7         return;
8     }
9
10    var onSuccess = function(contacts) {
11        var successMsg = contacts.length + ' Kontakte gefunden.';
12        console.log(successMsg);
13        model.observerMap.notifyObservers(events.FOUND_CONTACTS, contacts);
14    };
15
16    var onError = function(contactError) {
17        var errorMsg = 'Fehler beim Laden der Kontakte!';
18        console.error(errorMsg);
19        alert(errorMsg);
20    };
21
22    var options = new ContactFindOptions();
23    options.filter = "";
24    options.multiple = true;
25    var fields = [ "*" ];
26    navigator.contacts.find(fields, onSuccess, onError, options);
27
28 }
```

Die in Listing 5.1 per Observer-Pattern versendeten Daten werden in der entsprechenden Handler-Methode an die `contacts`-Eigenschaft des ViewModels übergeben (Listing 5.2, Zeilen 16 - 18), deren Elemente (also die Kontakt-Objekte) anschließend durch das Data-Binding in der Oberfläche angezeigt werden (siehe unten).

Listing 5.2: Wesentlicher Ausschnitt des ViewModels.

```
1 function ErrandsView(lists) {
2     var self = this;
3
4     self.lists = ko.observableArray(lists);
5     self.newListName = ko.observable("");
6     self.contacts = ko.observableArray([ util.getDummyContact() ]);
7
8     // [...] Der Übersichtlichkeit halber gekürzt.
9
10    self.getContacts = function(event, ui) {
11        console.debug("Fordere Kontaktdateien an...");
12        model.findContacts();
13    };
14
15    self.bindEvents = function() {
16        model.addEventListener(events.FOUND_CONTACTS, function(contacts) {
17            self.contacts(contacts);
18        });
19    };
20
21    console.log("Init View...");
22    self.bindEvents();
23 }
```

Die Methode `findContacts()`, die den Aufruf zum Laden der Kontakte an das Model delegiert, wird hier per Event-Binding an die Kontakt-Komponente der Oberfläche gebunden, sodass diese jedes Mal aufgerufen wird, wenn die Kontaktliste auf- oder zugeklappt wird, um die Daten aus dem Model anzufordern (siehe Listing 5.3, Zeile 3). Durch die Bindung der Eigenschaft `contacts` in Form eines *Observable Arrays* des ViewModels (Listing 5.2, Zeile 6) an die *Listview* der Oberfläche werden in dieser Liste alle Kontakte des Adressbuchs angezeigt (siehe Listing 5.3, Zeile 7).

Listing 5.3: UI-Komponente zur Darstellung der Kontaktliste und Auswahl einzelner Kontakte.

```
1 <div data-role="collapsible" data-expanded-icon="carat-d"
      data-collapsed-icon="plus" data-theme="b"
      data-bind="jqmRefreshList: $root.contacts,
      event: { 'collapsibleexpand': $root.getContacts }">
2   <h4>Mitglieder hinzufügen</h4>
3   <ul data-role="listview" data-theme="b"
      data-bind="foreach: $root.contacts,
      jqmRefreshList: $root.contacts">
4     <li>
5       <a href="#" data-bind="text: name.formatted,
6          click: $parent.addMember,
7          css: $parent.memberStatus($data),
8          style: {
9            'background-color':
10           $parent.isMember($data) ? '#aed66f' : '#333'
11         }">
12       </a>
13     </li>
14   </ul>
15 </div>
```



(a) Die installierte App in der Android-Apps-Übersicht.

(b) Die installierte App in der iOS-Apps-Übersicht.

Abbildung 5.1: Nach der Ausführung des `cordova emulate`-Befehls wird die zu testende Cordova-App in der Übersicht des Betriebssystems im jeweiligen Emulator angezeigt.

Quelle: Eigener Screenshot.

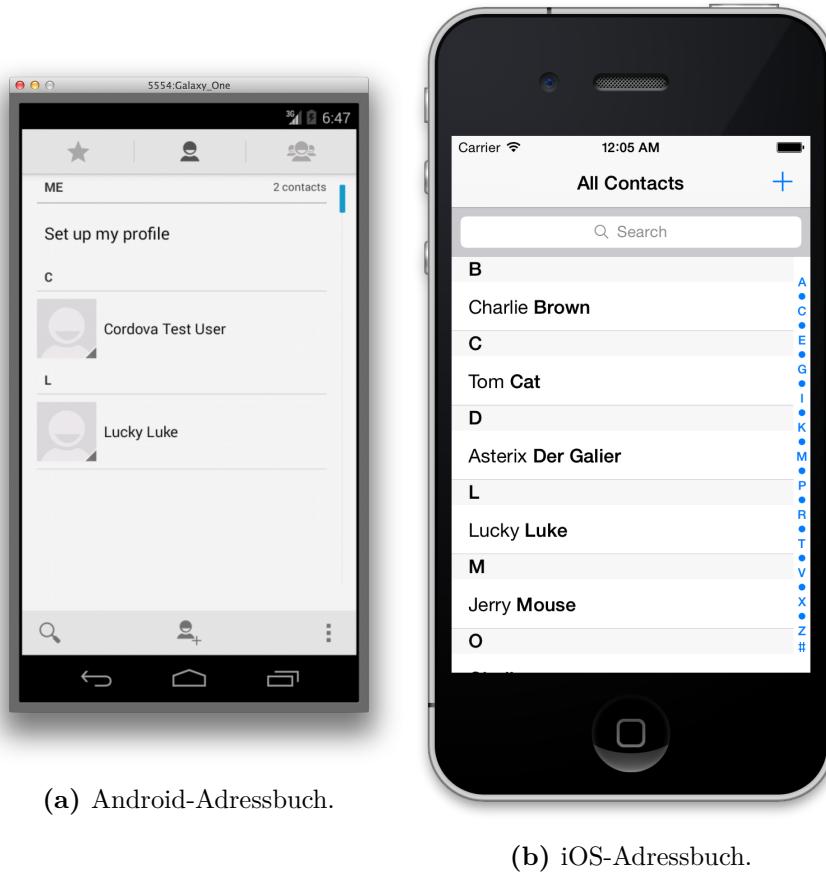
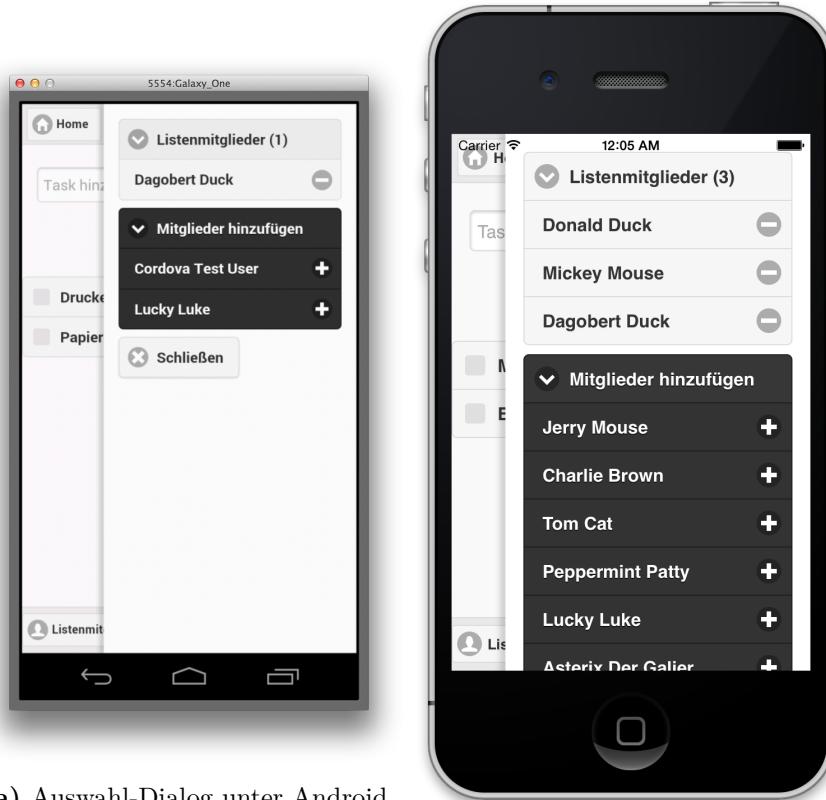


Abbildung 5.2: Anzeige des nativen Adressbuchs mit Beispiel-Kontakten.

Quelle: Eigener Screenshot.

5.2 Explorationsergebnisse

Einige Unterschiede ergeben sich bei der Verwendung des *Contacts*-Plugins zwischen den verschiedenen Zielplattformen. So können beispielsweise nicht alle Methoden der *Contacts API* auf allen mobilen Plattformen gleichermaßen ausgeführt werden. Die hier verwendete `find()`-Methode bietet mit der Unterstützung für Android, Blackberry 10, *Firefox OS*, iOS, Windows Phone und *Microsoft Windows 8* eine relativ breite Kompatibilität für alle größeren gängigen und mobilen Betriebssysteme. Allerdings werden einige Datentypen *nicht* von allen Plattformen unterstützt, so zum Beispiel das `ContactOrganization`-



(a) Auswahl-Dialog unter Android.

(b) Auswahl-Dialog unter iOS.

Abbildung 5.3: Kontakt-Auswahl-Dialog für das Hinzufügen von Kontakten aus dem Adressbuch. Die Anwendung lädt die Kontakte aus dem Adressbuch des Geräts in die Auswahl-Box der Anwendung (siehe Abbildung 5.2).

Quelle: Eigener Screenshot.

Objekt¹, das lediglich bei der Entwicklung für Android, Blackberry 10, Firefox OS, iOS und Windows Phone zur Verfügung steht, damit aber immer noch alle großen Plattformen unterstützt [34].

Doch auch bei den unterstützten Plattformen sind einige Besonderheiten zu beachten, wenn es um die Verwendung einzelner Attribute der verschiedenen Objekttypen geht. So ist beispielsweise das Feld `displayName` des `Contact`-Objekts unter iOS nicht verfügbar, sodass in diesem Fall auf das `name-` oder `nickname`-Feld zurückgegriffen werden muss. Ähnliches gilt auch für weitere Ob-

¹ siehe Unterunterabschnitt 3.2.4.1 *Grundlegendes*, Seite 23.



(a) Selektierte Kontakt-Einträge unter Android.

(b) Selektierte Kontakt-Einträge unter iOS.

Abbildung 5.4: Übergabe der Kontakte an die Anwendung: Wird ein Kontakt ausgewählt, wird dieser dem Observable-Array `contacts` des ViewModels (siehe Listing 5.2) hinzugefügt und als *ausgewählt* in der Oberfläche markiert.

Quelle: Eigener Screenshot.

jekte oder deren Methoden und Felder, die unter bestimmten Plattformen nicht oder nur teilweise unter Berücksichtigung bestimmter Besonderheiten funktionieren [34].

So wird beispielsweise `find`-Methode grundsätzlich mit Android, BlackBerry 10, Firefox OS, iOS, Windows Phone und Windows 8 von den wichtigsten mobilen Plattformen unterstützt, doch bei letzterer besteht die Einschränkung, dass aus der hybriden App heraus nicht ohne weiteres auf die Kontaktdaten zugegriffen werden kann, wie es bei den anderen Plattformen der Fall ist (siehe oben). Hier ist eine Nutzerinteraktion nötig, um Kontakte aus

dem Adressbuch auszuwählen und weiter zu verarbeiten, sodass bei Anfrage von Kontaktdaten die App für das native Windows 8-Adressbuch geöffnet wird und der Nutzer die gewünschten Kontakte selbst von Hand auswählen muss.

Darüber hinaus bieten Windows 8-Kontakte lediglich einen Lesezugriff; hier aus der Kontaktdatenbank geladene Objekte können nicht verändert, gelöscht oder dupliziert werden [34].

Eine Kategorisierung von Kontakten über das `categories`-Attribut wird bei Firefox OS sowie iOS nicht unterstützt, sodass beim Versuch, diesen Wert anzufragen, `null` zurückgegeben wird. In Bezug auf die Unterstützung des `Contact`-Objekts ergeben sich die meisten Einschränkungen für die Plattform Windows Phone. Hier finden sich in der Contacts API-Dokumentation beispielsweise Informationen über ein teilweise leicht inkonsistentes Verhalten beim Erstellen bzw. Suchen von Kontakten. So unterscheidet sich beispielsweise der Wert des `displayName`-Attributs, das bei Erstellung eines `Contact`-Objekts angegeben wird von dem, das bei der Suche zurückgeliefert wird. Ebenso können bei der Erstellung eines `Contact`-Objekts mehrere *URLs* angegeben werden, während bei den Objekten des Suchergebnisses nach Ausführung der `find`-Methode lediglich *eine* verfügbar ist.

Einige Listenfelder des `Contact`-Objekts besitzen ein Attribut mit dem Namen `pref`, dem ein boolescher Wert zugewiesen kann, der angibt, ob das jeweilige Objekt innerhalb einer Liste² das vom Nutzer präferierte darstellt. Dieses `pref`-Attribut wird ebenfalls unter einigen Plattformen nicht unterstützt, so z. B. für `phoneNumbers` und `emails` unter Windows Phone sowie beim `addresses`-Feld unter Android 2.X, Blackberry 10, iOS und Windows 8. Die `Contact`-Felder `note`, `ims`, `birthdays` und `categories` werden für Windows Phone gar nicht unterstützt.

Das o. g. `Contact`-Feld `name` hat den Datentyp `ContactName` und besteht aus den weiteren String-Attributen `formatted`, `familyName`, `code`, `middleName`, `honorificPrefix` und `code`. Grundlegend wird dieses Objekt zwar von allen elementaren Plattformen unterstützt, doch auch hier gibt es einige Einschränkungen. Das `formatted`-Attribut wird unter Android, Blackberry 10, Firefox OS und iOS nur teilweise unterstützt und bietet für Android, iOS sowie Firefox OS lediglich einen Lesezugriff. Unter Windows 8 stellt dieses das einzige Attribut des `ContactName`-Objekts dar, alle anderen werden nicht unterstützt.

² So beispielsweise bei den Feldern `emails`, `phoneNumbers` oder `addresses`, denen jeweils mehrere E-Mail-Adressen, Telefonnummern bzw. Adressen zugewiesen werden können.

Während bei der nativen App-Entwicklung für iOS oder Android UI-Komponenten für die Arbeit mit Kontakten bereitstehen, liefert die Contacts API hier lediglich Mechanismen für den Zugriff auf die Kontaktdata, jedoch nicht die entsprechenden UI-Komponenten, da diese vom jeweiligen verwendeten GUI-Toolkit abhängen. Die hier verwendete Oberflächen-Bibliothek jQuery-Mobile beinhaltet lediglich allgemeine *Widgets* wie Listen, Buttons, Tabellen etc., sodass die Erstellung einer UI-Komponente für die Auswahl von Kontakten dem Entwickler überlassen bleibt.

In Verbindung mit der Data-Binding-Bibliothek Knockout kann eine solche Komponente jedoch relativ einfach erstellt werden, indem die Felder in der Oberfläche an Eigenschaften des ViewModels gebunden werden, welches durch Benachrichtigungen des Models, das den Zugriff auf die native Ebene des Betriebssystems abwickelt, die Daten der Anwendung und des Geräts anzeigen kann (siehe Unterabschnitt 3.2.2 *Data-Binding mit Knockout*).

Grundsätzlich bietet die Contacts API trotz einiger Einschränkungen (siehe oben) ein nützliches Werkzeug mit einem relativ breiten Funktionsumfang für den grundlegenden Zugriff auf die Kontaktverwaltung der meisten großen mobilen Betriebssysteme. Der für dieses Feature definierte Anwendungsfall konnte mit den Mitteln der Cordova-API und weiteren Technologien der Webentwicklung wie Knockout oder jQuery Mobile gut für die hier verwendeten Plattformen iOS und Android umgesetzt werden. Trotz des grundsätzlich plattformunabhängigen Ansatzes sollte allerdings bei der Entwicklung mithilfe dieser API die Unterstützung der verwendeten Features und Attribute und deren Besonderheiten für die angestrebten Zielplattformen in der Contacts API-Dokumentation überprüft werden. Somit ist eine Kenntnis über die angestrebten Zielplattformen für die Verwendung eines solchen Plugins beinahe unabdingbar und die Entwicklung spezieller Funktionalitäten in gewisser Weise wieder ein Stück weit abhängiger von den verwendeten Plattformen.

Kapitel 6

Auswertung und Eignung für die Praxis

6.1 Zusammenfassung der Explorationsergebnisse

An dem Implementierungsbeispiel der Schnittstelle zur Adressverwaltung konnte gezeigt werden, dass die Cordova-API einen grundlegenden Funktionsumfang für die Interaktion zwischen der hybriden App und nativen Betriebssystemfunktionalitäten bietet.

So konnte der zuvor gesetzte Anwendungsfall Liste teilen, in dem primär Kontakte aus dem Adressbuch des Geräts geladen und der Anwendung hinzugefügt werden sollten, für beide getestete Betriebssysteme Android und iOS gut umgesetzt werden. Allerdings sind, wie in Kapitel 5 beschrieben, auch einige Besonderheiten bzgl. des Umgangs mit verschiedenen JavaScript-Objekten, die die API mitbringt, sowie der Verwendung von verschiedenen Attributen auf unterschiedlichen Plattformen, zu beachten.

Im hier implementierten Praxis-Beispiel konnte beispielsweise nicht auf das `displayName`-Attribut des `Contact`-Objekts zugegriffen werden, da die Anwendung sowohl unter Android als auch unter iOS laufen sollte und wie in Abschnitt 5.2 beschrieben, dieses unter iOS nicht zur Verfügung steht. Unter anderem mit dem `name`-Attribut bietet die `contacts-api` jedoch Ausweichmöglichkeiten, sodass diese Einschränkung kein Problem für Umsetzung des Anwendungsfalls darstellte. Soll also sehr detailliert mit Objekten größerer Geräteschnittstellen wie z. B. Kontakten gearbeitet werden, ist mindestens eine vorherige genaue Prüfung der unterstützten Eigenschaften nötig. In speziel-

len Fällen können bestimmte Anforderungen auch nicht umgesetzt werden, wie beispielsweise die Bearbeitung vieler oder einiger Kontakt-Details unter bestimmten mobilen Plattformen (siehe Abschnitt 5.2).

Ein Nachteil der Implementierung als Hybrid-App gegenüber der nativen Entwicklung ist sicherlich das in Abschnitt 5.2 *Explorationsergebnisse* erwähnte Fehlen von entsprechenden GUI-Komponenten für einen konkreten Anwendungsfall (beispielsweise *Kontakte auswählen*). Diese ist jedoch auch durch die flexible Einsetzbarkeit der Hybrid-Technologie mit deren Kombination aus verschiedenen durch den Entwickler ausgewählten Web-Technologien begründet. So entsteht hier zumindest dadurch ein Mehraufwand, dass Entwickler mehr als bei der nativen App-Entwicklung, wo verschiedenste Widgets der jeweiligen Plattform für die Umsetzung konkreter Anwendungsfälle bereit stehen, in die Auswahl von geeigneten GUI-Bibliotheken und anderen Hilfsmitteln oder gar die Entwicklung eigener UI-Komponenten investieren müssen.

Wie in Abschnitt 5.2 erwähnt, kann unter Windows 8 nicht programmatisch auf das Adressbuch für die Auswahl von Kontakten zugegriffen werden, diese müssen also vom Nutzer in der Windows 8-Adressbuch-Applikation händisch ausgewählt werden. In der Dokumentation findet sich allerdings kein Hinweis, ob dieses Prozedere auch unter anderen Plattformen als Workaround für die Auswahl von Kontakten genutzt werden kann, erscheint für eine bloße Auswahl von Kontaktobjekten durch den Nutzer diese Interaktion mit einer anderen nativen App doch durchaus praktikabel, gerade vor dem Hintergrund des Ziels eines möglichst erwartungskonformen (hier also möglichst nativen) Look-And-Feels.

6.2 Eignung der Hybrid-App-Technologie für die Praxis

Im Folgenden wird anhand der in Abschnitt 4.1 angestellten Vorüberlegungen eine Auswertung des Hybrid-App-Frameworks Cordova vorgenommen und diskutiert, inwieweit diese Technologie für Entwickler unterschiedlicher Motivation brauchbar sein kann.

Wie in Abschnitt 4.1 erläutert, lässt sich über die Performance der Hybrid-App hier keine klare Angabe machen, da durch die Konzeption der ausschließlich hybriden App-Implementierung keine Vergleichswerte mit einer entsprechenden nativen App vorliegen. Im Praxis-Test scheint die Oberfläche der

hybriden JavaScript-App allerdings vom ersten Eindruck her vor allem auf dem Android-Gerät etwas langsamer zu laufen als man es von einer einfachen mobilen App, wie sie hier prototypisch umgesetzt wurde, erwarten würde.

Andere Quellen berichten hier jedoch auch von differenzierenden und hiervon abweichenden Ergebnissen. So beispielsweise ein Performance-Test, der mit der Erzeugung einer großen Anzahl von Objekten im Speicher sowie der Berechnung der 30. Fibonacci-Zahl unter verschiedenen mobilen Betriebssystemen jeweils in JavaScript- und nativem Code die Performance-Unterschiede von Hybrid-Apps der unterschiedlichen Plattformen misst (siehe Abbildung 6.1). Dabei lässt sich keine klare Aussage über die Performance von Hybrid-Apps im Allgemeinen machen, da die Testergebnisse auf den unterschiedlichen Plattformen sehr unterschiedlich ausfallen:

„Der in Phonegap-Apps implementierte Javascript-Code wird je nach Zielplattform unterschiedlich schnell ausgeführt. Auf Android-Geräten ist Javascript der nativen Implementierung sogar überlegen. Unter iOS ist die native Variante rund neunmal schneller als Javascript, unter Windows Phone 7 sogar 50-mal. Ein weiterer Performance-Test zeigt, dass das Erzeugen von Objekten unter Javascript auf allen Plattformen wesentlich performanter abläuft als in den jeweiligen nativen Sprachen.“ [53]

Die Eignung des Hybrid-App-Frameworks Cordova für Unternehmen mit einer bestehenden Anwendungsinfrastruktur, wie beispielsweise einem komplexeren Client-Server-System, hängt unter anderem davon ab, ob bereits ein gewisses Know-How im Bereich der Web-Entwicklung oder der generellen Entwicklung von mobilen Apps vorliegt. Muss dieses Know-How erst noch aufgebaut werden, wird hier eine Kosten-Nutzen-Abwägung über den dadurch entstehenden Mehraufwand nützlich sein.

Eine Hybrid-App kann durchaus in ein bestehendes System integriert werden, sofern die Verarbeitungslogik Anfragen verarbeiten kann, die mit JavaScript erstellt werden können, wie, z. B. bei der Integration in eine Client-Server-Anwendung, mittels der Ajax-Technologie zur asynchronen Datenübertragung. Besteht also nicht die Anforderung einer Offline-Nutzbarkeit der zu entwickelnden App, so muss nicht, wie in dem hier aufgezeigten Praxis-Beispiel angedeutet, die Verarbeitungslogik in JavaScript neu implementiert werden, sondern kann als bestehende Client-Server-Architektur weiter genutzt werden.

VERGLEICH AUSFÜHRUNGSGESCHWINDIGKEIT		
	AUSFÜHRUNGSGESCHWINDIGKEIT EINER KOMPLEXEN BERECHNUNG ¹⁾ [MS]	DAUER DER RESERVIERUNG VON HAUPTSPEICHER FÜR DIE AUSFÜHRUNG DER APP ²⁾ [MS]
Android		
Nativ / Java	396	579
Phonegap / Javascript	251	61
Rhodes / Ruby	2518	351
iPhone		
Nativ / Objective-C	290	1185
Phonegap / Javascript	2494	74
Rhodes / Ruby	7020	1177
Windows Phone 7.1		
Nativ / C#	74	314
Phonegap / Javascript	3788	75
Rhodes / Ruby	402460	10201

1) Dauer der Berechnung der 30. Fibonacci-Zahl 2) Dauer der Erzeugung von 4000 Instanzen einer einfachen Klasse

Quelle: Trivadis

Abbildung 6.1: Vergleich der Ausführungsgeschwindigkeit von Berechnungen durch nativen und JavaScript- bzw. Ruby-Code auf unterschiedlichen mobilen Plattformen. In diesem Test zeigt JavaScript vor allem auf Android-Geräten eine besonders gute Performance (schneller als nativ), bei iOS und vor allem Windows Phone dagegen ist der native Code deutlich schneller.

Quelle: Swiss IT Magazine [21].

den, indem die mit Cordova und entsprechenden Web-Technologien entwickelte App den Client darstellt und (beispielsweise per Ajax-Anfragen) mit der Server-Anwendung kommuniziert.

Für PhoneGap / Cordova gibt es mehrere Online-Plattformen wie die Cordova Plugin Registry, PlugReg, die durch viele Dritt-Entwickler mit Plugins versorgt werden. Durch das offene und modulare Prinzip von Cordova, je nach benötigtem Feature das entsprechende Plugin aus diesen Pools zu laden und der Anwendung hinzuzufügen, kann bereits ein sehr breites Spektrum an Gerätespezifischen Anforderungen erfüllt werden. Besteht darüber hinaus Bedarf an der Nutzung von bisher nicht unterstützten Geräteeigenschaften und Funktionalitäten, können Entwickler die entsprechenden Schnittstellen mithilfe des in der Cordova-Dokumentation bereitgestellten Plugin Development Guide in Form von weiteren selbst erstellten Plugins implementieren.

Durch die Nutzung dieser Plugins kann beinahe jede Funktionalität, die die mobile Plattform zur Verfügung steht, mithilfe einer entsprechenden Schnittstelle auch in einer Hybrid-App genutzt werden. Allerdings haben selbst die

von Cordova mitgelieferten Kern-Plugins, die großteils bereits ein breites Spektrum an Betriebssystemen bedienen, teilweise ihre Einschränkungen in der Nutzbarkeit auf unterschiedlichen Plattformen, es kann also die Vermutung angestellt werden, dass auch bei der Entwicklung eigener Plugins Schwierigkeiten in der Unterstützung von detaillierten Objekteigenschaften und Geräte-Features auftreten können, die sich nicht ohne weiteres mit JavaScript umsetzen lassen. Als Ursache für diese Einschränkungen liegt allerdings vor allem auch die Vermutung nahe, dass bei der Definition von Datentypen, die Objekte verschiedener Plattformen abbilden, stets nur der kleinste gemeinsame Nenner gefunden werden kann und so beispielsweise Datenfelder, die nur Objekttypen einer bestimmten Plattform beinhalten, bei anderen Plattformen entweder auf andere Attribute gemappt werden müssen oder schlicht nicht zur Verfügung stehen.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass durch das modular erweiterbare Prinzip der Cordova-Plugins eine nahezu vollständige Unterstützung einer speziellen Zielplattform durch die Hybrid-App durchaus bewerkstelligen lässt. In konkreten Fällen kann hierdurch ein mit Zusatzaufwand entstehen.

Für Entwickler und kleine Unternehmen, die sich mit möglichst geringem Aufwand am Markt für mobile Anwendungen etablieren wollen, stellt sich die Frage nach der Eignung der Verwendung einer solchen Cross-Plattform-Technologie vor allem anhand der Zielsetzung bzgl. der Vielfalt von zu bedienenden Zielplattformen.

Soll ohnehin nur eine Plattform erreicht werden,¹ so ist der Entwicklungsaufwand vermutlich vergleichbar dem für die Entwicklung einer nativen App, da der Code in beiden Fällen (sowohl bei der nativen als auch für die Hybrid-App) einmal geschrieben werden muss. Bei einer Zielsetzung möglichst breiter Plattformunterstützung und geringer geräte- und plattformspezifischer Anforderungen liegt der Mehrwert der hybriden App-Entwicklung auf der Hand. Und selbst mit der Maßgabe einer Implementierung von Schnittstellen zu Gerätefunktionalitäten kann die Entwicklung einer hybriden App in vielen Fällen lohnenswert sein, da, wie oben beschrieben, durch die Vielfalt an Cordova-Plugins die meisten grundlegenden Features auf verschiedenen Plattformen umsetzbar sind.

¹ Beispielsweise in dem Fall, dass mit bereits vorhandenen Kenntnissen in der Web-Entwicklung eine mobile App entwickelt werden soll oder die Möglichkeit offen gehalten werden soll, die App zu einem späteren Zeitpunkt auch für mehrere Plattformen anzubieten.

Für Entwickler, die mit ihren Kenntnissen in der mobilen App-Entwicklung bereits herkömmliche Apps entwickelt oder gar am Markt etabliert haben, kann der Umstieg auf eine Hybrid-App unter Umständen schwierig sein, da hier der komplette Aufwand für die Neuentwicklung einer bereits bestehenden Software noch einmal anfällt und eventuell die Anwendungsentwicklung mit Web-Technologien neu erlernt werden muss.

Für den Endanwender kann die Nutzung einer Hybrid-App bedeuten, dass das Look-And-Feel der Anwendung nicht dem auf der jeweiligen Plattform üblichen ist, da dieses allenfalls mit entsprechenden Stylesheets angepasst werden kann. Doch durch die breite Plattformunterstützung besteht für viele Anwender die größere Chance, dass die entwickelte App auch für ihr Betriebssystem zur Verfügung steht.

Aus Entwicklersicht ist die Erstellung von hybriden Apps mithilfe des Cordova-Frameworks ist durch die in Abschnitt 3.2 *Entwicklung von hybriden Apps* beschriebenen Hilfsmittel durchaus recht praktikabel, wirkt aber im Vergleich zur nativen App-Entwicklung ein wenig umständlicher. Beispielsweise müssen, wie in Unterabschnitt 3.2.4 *PhoneGap / Cordova* beschreiben, im Normalfall sämtliche SDKs der angestrebten Zielplattformen auf dem Entwicklungsrechner verwaltet werden. Hier kann der Einsatz von externen Build-Services wie PhoneGap Build hilfreich sein, der die Verwaltung der SDKs und den Bauprozess für die App übernimmt. Auch hier muss jedoch überprüft werden, ob der Dienst die gewünschten Zielplattformen unterstützt (siehe Unterabschnitt 3.2.4.4 *PhoneGap Build*).

Bei der nativen Entwicklung für die beiden größten Plattformen Android und iOS stehen komplett SDKs bereit, die neben einer Entwicklungsumgebung, die durch das entsprechende SDK alle notwendigen Bibliotheken wie GUI-Toolkits und andere Komponenten für native App-Entwicklung und die Umsetzung plattformspezifischer Anforderungen auch gleich die passenden Emulatoren sowie Schnittstellen zu an den Entwicklungsrechner angeschlossenen Testgeräten für die Ausführung der zu entwickelnden App mitliefern.

Für die App-Entwicklung mit Web-Technologien muss eine geeignete GUI-Bibliothek ausgewählt und integriert werden, wo unter anderem mit Bibliotheken wie *Sencha Touch*, *Telerik*, Intels App Framework oder dem in Unterabschnitt 3.2.3 *JQuery Mobile: Mobile Web-Oberflächen* beschriebenen jQuery-Mobile wieder viele verschiedene Lösungen zur Verfügung stehen [56, 59, 71, 73]. Darüber hinaus ist es ratsam, für eine klare und gut wartbare Struktur

des JavaScript-Codes auf weitere Bibliotheken wie beispielsweise Knockout zurückzugreifen, die Mechanismen wie Data-Binding oder *Dependency Tracking* übernehmen.

Der JavaScript-Kern beinhaltet einige aus vielen Programmiersprachen bekannte Konzepte wie Objektorientierung und hat eine Syntax, die der von vielen anderen Programmiersprachen wie beispielsweise Java oder C# ähnlich ist. Jedoch lässt sie auch einige Mechanismen, wie beispielsweise Klassen, Schnittstellen oder Typsicherheit vermissen, die z. B. für größere Projekte hilfreich sein können. Das bedeutet, dass bei der Verwendung von Schnittstellenmethoden² beispielsweise nicht durch einen Compiler angezeigt werden kann, welchen Typ eine Rückgabewert hat. Der ausschließliche Zugriff auf Schnittstellen-Eigenschaften wird also nicht durch den Compiler erzwungen und der Programmierer muss eine sehr genauer Kenntnis über Eigenschaften von verwendeten Objekten haben.

Doch auch hier gibt es wieder Alternativen und Hilfsmittel wie z. B. die in Abschnitt 3.1 beschriebene Multiplattform-Programmiersprache Haxe, die es dem Entwickler erlauben, entsprechende Mechanismen zu verwenden. Der Code kann dann in herkömmlichen JavaScript-Code übersetzt und somit in allen gängigen Browsern beziehungsweise WebViews interpretiert und ausgeführt werden.

Der Standard-Workflow für die hybride App-Entwicklung mit Cordova sieht keine spezielle IDE für die Entwicklung des Codes vor. Das hat den Vorteil, dass Entwickler sehr flexibel entscheiden können, welche Entwicklungswerkzeuge verwendet werden sollen. Entscheidend hierfür ist sicherlich, im Gegensatz zu reinen SDKs für die native App-Entwicklung, Cordova lediglich die Schnittstelle zwischen der entwickelten Web-App und dem Gerät bildet und bis auf die Festlegung auf den weit verbreiteten JavaScript-Standard ansonsten relativ unabhängig von weiteren verwendeten Technologien ist.

Dies bietet Entwicklern zwar ein hohes Maß an Flexibilität und Entscheidungsfreiheit, andererseits müssen dadurch nützliche Werkzeuge für die Software-Entwicklung sozusagen stets selbst zusammen gestellt werden. So müssen beispielsweise neben einer IDE unter Umständen die entsprechenden Plugins für die verwendeten Web-Technologien und weitere geeignete Werkzeuge das Web-

² Mit „Schnittstellen“ ist hier gemeint, dass beispielsweise Methoden aus anderen Objekten aufgerufen werden können (siehe Kapitel 5, Aufruf der `find`-Methode der Cordova-Contacts API).

Debugging-Tool *Weinre* für das Remote-Debuggen einer hybriden App auf einem entfernten Testgerät, den Browser-basierten Emulator *Ripple* für das Testen von Hybrid-Apps einzeln recherchiert und installiert werden.

Darüber hinaus gibt es aber auch Lösungen, die die verschiedenen Tools zusammenführen und so eine Art Komplett-SDK schaffen, sodass Entwickler hybrider Apps nicht zwangsläufig aus verschiedensten Tools die passendsten auswählen müssen, sondern mit kombinierten Lösungen sofort eine Art „Werkzeugkasten“ mit vielen wichtigen Tools, wie den oben genannten und sogar grafische GUI-Design-Werkzeuge, vorfinden [51, 55, 71].

Zum Thema Sicherheit lässt sich hier anmerken, Cordova / PhoneGap-Apps grundsätzlich auf die Möglichkeiten und Mechanismen der jeweiligen Plattform beschränkt sind, auf der sie ausgeführt werden [67]. Zur verschlüsselten Datenübertragung kann hier, wie in herkömmlichen Web-Technologien auch, das Verschlüsselungsprotokoll *SSL* genutzt werden. Darüber hinaus gibt es ein PhoneGap-Plugin, für den Umgang mit SSL-Zertifikaten, um die Datenübertragung vor Angriffen zu schützen [72].

Resümee und Ausblick

Resümee

Mit der Beschreibung von verschiedenen Lösungen und Produkten zur Erstellung von Cross-Plattform-Apps konnte ein Überblick über die grundsätzlichen Möglichkeiten und unterschiedlichen Ansätze im Bereich der plattformunabhängigen App-Entwicklung gegeben werden. Hierbei wurden neben dem Ansatz von hybriden Apps mittels Web-Technologien weitere Ansätze erläutert, die das plattformunabhängige Erstellen nativer Apps ermöglichen. Für die Implementierung einer plattformübergreifenden App innerhalb einer bestehenden (beispielsweise Java-basierten) Client-Server-Anwendung bieten Frameworks wie Tabris einen vielversprechenden Ansatz, bei dem native mobile Clients mit der eigentlichen Anwendung auf dem Server kommunizieren können. Durch die Abstraktion der Oberflächenbeschreibung kann so auf native Elemente des Betriebssystems zugriffen werden, was vor allem für einen Fokus auf ein möglichst natives Look-And-Feel interessant scheint.

In der Beschreibung der Implementierung eines beispielhaften Anwendungsfalls mithilfe des Cordova-Frameworks konnte gezeigt werden, dass sich plattformspezifische Anforderungen durchaus gut mit einer hybriden App umsetzen lassen. Somit konnte mit relativ geringem Entwicklungsaufwand auf einer Code-Basis eine Funktionalität, die den Zugriff auf Gerätefunktionen verlangt, für mehrere Plattformen realisiert werden.

Durch die Auslegung der Geräte-APIs auf mehrere unterschiedliche Plattformen müssen die verarbeiteten Daten abstrahiert werden, sodass zwar nicht alle, aber doch die meisten Plattform-Features auch plattformunabhängig umgesetzt werden können. In konkreten Anwendungsfällen ergeben also sich teilweise Besonderheiten wie die Verwendbarkeit von bestimmten Objekten und Schnittstellenmethoden.

Durch die Erweiterbarkeit mithilfe von Plugins stellt die Entwicklung von hybriden Apps eine vielfältig einsetzbare Technologie für eine plattformübergreifende Umsetzung gerätespezifischer Anforderungen dar. Auch hybride Apps lassen sich grundsätzlich in bestehende Systeme eingliedern, durch die

hauptsächliche Verwendung von Web-Technologien ist jedoch ein entsprechendes Know-How und eine grundsätzliche Kompatibilität (beispielsweise mithilfe entsprechender Server-Schnittstellen) nötig. Aufgrund des kombinierenden Ansatzes von nativen und web-basierten Technologien ist die Entwicklung von hybriden Apps besonders interessant für die Ausweitung einer Web-Anwendung auf verschiedene mobile Betriebssysteme.

Durch den wachsenden Markt und die breite Vielfalt an angebotenen Lösungen sowie deren diversen Erweiterungsmöglichkeiten und meist guter Dokumentation bietet die plattformunabhängige App-Entwicklung zwar technisch einen deutlich anderen Entwicklungsansatz als die herkömmliche Herangehensweise für die plattformspezifische Realisierung nativer Apps, der jedoch kaum Möglichkeiten offen zu lassen scheint.

Dass der Markt für Apps in den nächsten Jahren weiter wachsen wird, scheint außer Zweifel zu stehen. Die Deutsch-Amerikanische Handelskammer beispielsweise prognostiziert bis 2016 einen Anstieg der App-Downloads für 2016 auf 310 Mrd. weltweit [62]. Aufgrund mehrerer unterschiedlicher Plattformen ist es für Anbieter von mobilen Apps wünschenswert, ihre Produkte für alle Plattformen anbieten zu können. Eine plattformunabhängige Realisierung mobiler Anwendungen scheint hier eine naheliegende Lösung zu sein.

Abschließend kann man festhalten, dass die plattformunabhängige App-Entwicklung in vielen Fällen eine lohnenswerte Alternative zur Erstellung mobiler Anwendungen bietet. Die Eignung für den jeweiligen Entwickler und den konkreten Anwendungsfall muss jedoch unter Umständen im Einzelfall abgewogen werden.

Ausblick

Um genauere Aussagen über die Besonderheiten, Grenzen und Möglichkeiten der im Praxis-Teil verwendeten Technologie machen zu können, wäre eine Implementierung von weiteren der spezifizierten plattformkritischen Anwendungsfälle sinnvoll. Außerdem könnte mit der Exploration mehrerer unterschiedlicher Lösungen zur plattformunabhängigen App-Entwicklung eine Abwägung über die Vor- und Nachteile sowie passende Einsatzgebiete erörtert werden. Darüber hinaus könnte für die technische Weiterentwicklung der vorgestellten Software eine genauere Untersuchung der dahinterliegenden technischen Funktionsweisen anstelle des starken Fokus auf die Entwickler-Sicht stattfinden.

Es finden sich eine Vielzahl von Lösungen zur Cross-Plattform-Entwicklung und Quellen, aus denen ein rasch wachsender Markt für mobile Apps unterschiedlicher Plattformen hervorgeht. Die darauf abgeleitete Relevanz des Themas für den praktischen Einsatz könnte durch Evaluationen wie Befragungen von Firmen und Entwicklern gestützt oder relativiert werden.

Die Vielfalt an Plugins für das Cordova-Framework bietet bereits ein sehr breites Spektrum an Möglichkeiten, geräte- und plattformspezifische Anforderungen umzusetzen. Da auch die Entwicklung solcher Plugins mit weiteren Technologien um das Cordova-Framework und eine entsprechende Dokumentation unterstützt wird, könnte ein eigenes Plugin entwickelt werden, das eine spezifische Anforderung realisiert, die bis dato nicht oder nur schwer mit den zur Verfügung stehenden Lösungen realisierbar ist.

Dabei könnten die Grenzen der Technologie genauer ausgelotet werden, indem beispielhaft gezeigt wird, ob durch die modulare Erweiterbarkeit eines Frameworks wie Cordova der plattformunabhängigen App-Entwicklung tatsächlich keine Grenzen in der Machbarkeit, sondern eher in der Abwägung, ob sich der Implementierungsaufwand lohnt, gesetzt sind. Für den Produktiv-

Betrieb, beispielsweise in größeren Unternehmen oder kritischen Anwendungsbereichen, könnten Sicherheitsaspekte, wie in Teil II beschrieben, genauer beleuchtet werden.

Der Überblick an Möglichkeiten und Lösungen sowie die Erläuterungen der Technologien und der Verwendung des Cordova-Frameworks kann für Entwickler eine Grundlage bilden, um in der Konzeption und Auswahl von Technologien für die Entwicklung von mobilen Anwendungen die plattformunabhängige Entwicklung als ernstzunehmende Alternative zur nativen App-Entwicklung heranzuziehen.

Anhang

Anhang A

Zusätzliche Illustrationen

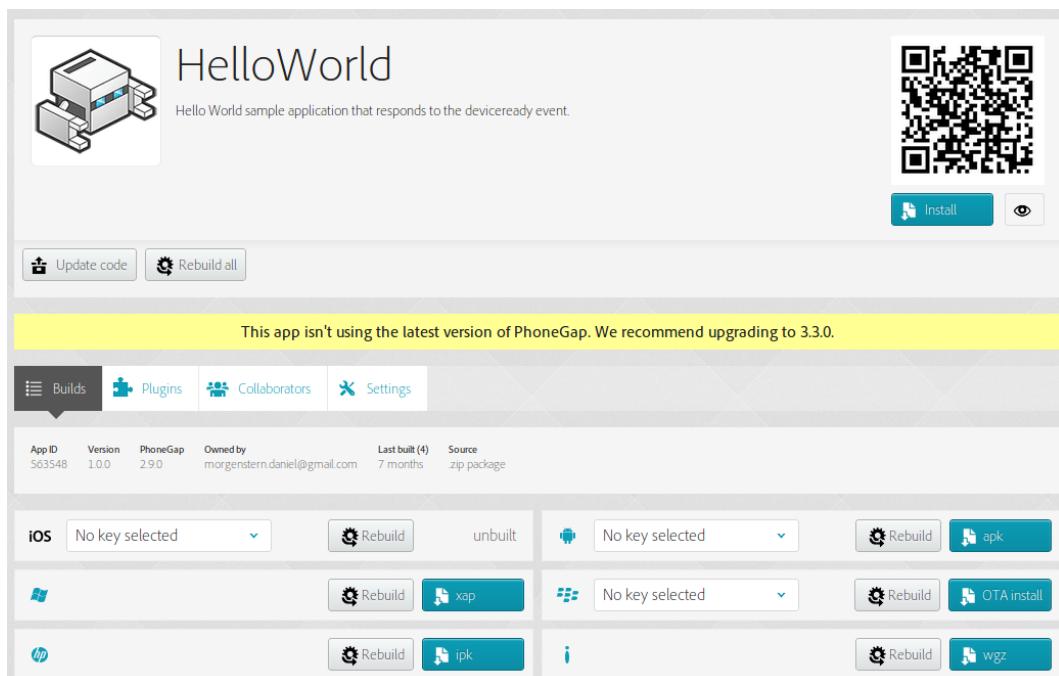


Abbildung A.1: Oberfläche des PhoneGap Build-Portals: Detailansicht für eine Beispiel-App. Hier können verschiedene Einstellungen vorgenommen werden, sowie der Code aus einem Repository aktualisiert und die fertig gebaute App per Download-Button oder QR-Code heruntergeladen werden.

Quelle: Eigener Screenshot.

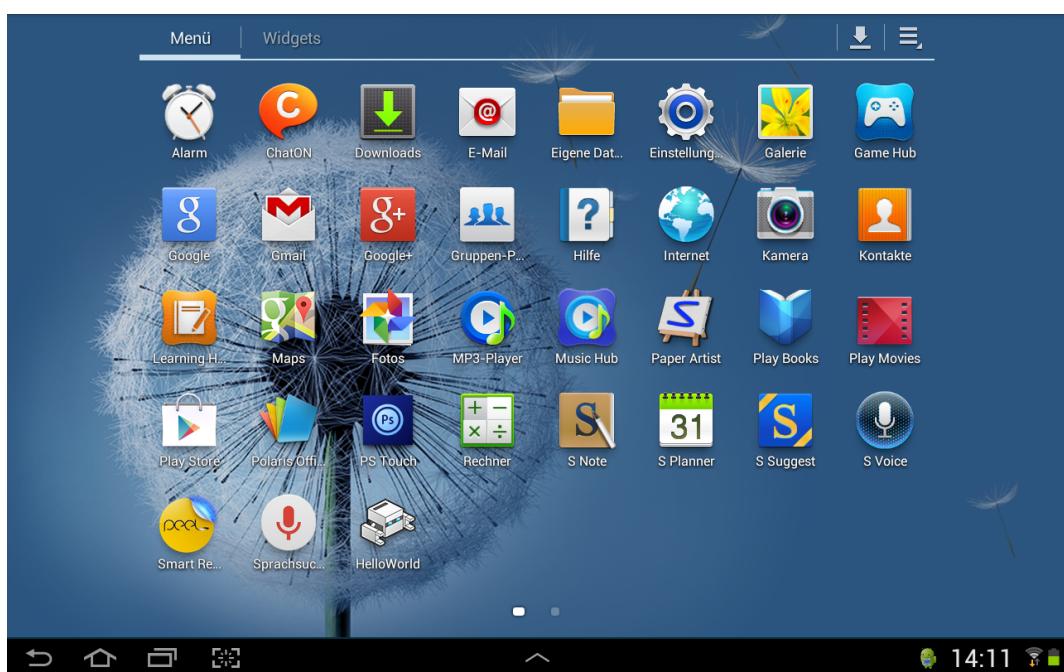


Abbildung A.2: Die Beispiel-App („HelloWorld“) aus Abbildung A.1 aus PhoneGap Build auf einem Android-Gerät installiert.

Quelle: Eigener Screenshot.

Anhang B

Anwendungsfälle der Beispiel-Anwendung

1

B.1 Diagramme

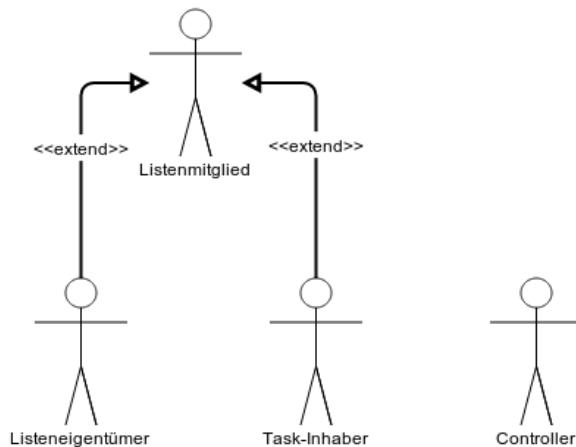


Abbildung B.1: Beziehung zwischen den Akteuren für die Spezifikation der Beispiel-Anwendung (siehe Abbildung B.2).

Quelle: Eigene Grafik.

¹ Die hier beschriebenen Anwendungsfälle und deren Spezifikation sind aus einer frühen Konzeptionsphase eines App-Prototypen, der primär für die Exploration eines Frameworks zur plattformunabhängigen App-Entwicklung und weniger für die tatsächliche Funktionstüchtigkeit konzipiert ist (siehe Abschnitt 4.2 *Beispiel-Anwendung*).

Daher deckt sich diese Beschreibung und der Umfang der beschriebenen Funktionalität zum großen Teil nicht mit dem Zustand der in Teil II beschriebenen Implementierung.

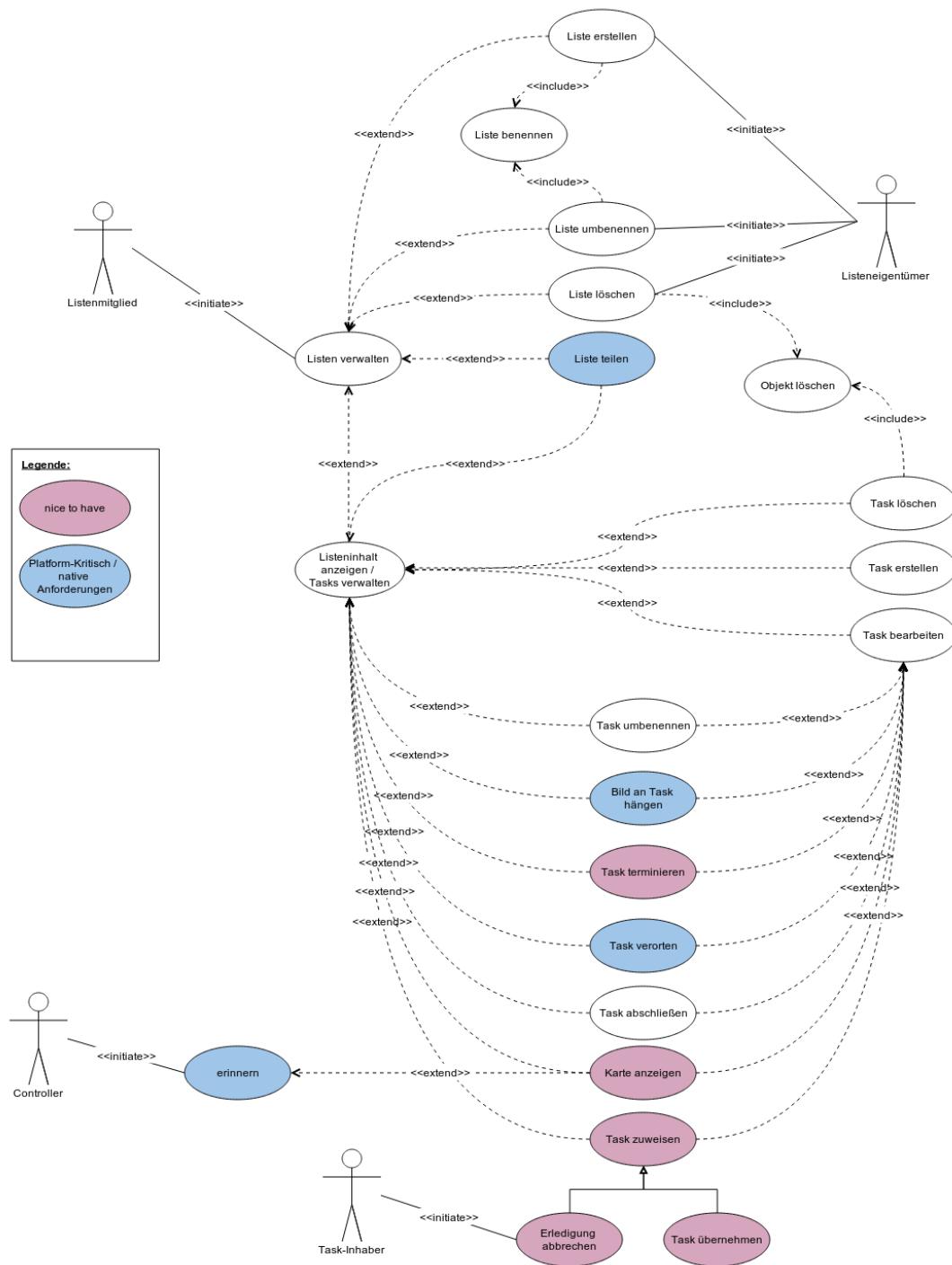


Abbildung B.2: Anwendungsfalldiagramm der Beispielanwendung.

Quelle: Eigene Grafik.

B.2 Anwendungsfallbeschreibung

Listen verwalten

Akteure

initiiert vom Listenmitglied

Anfangsbedingung

Es existieren Listen für den angemeldeten Benutzer. (Das System legt für jeden Benutzer mindestens eine Standardliste an.)

Beschreibung

1. Das System zeigt eine Übersicht der gespeicherten Listen, derer der aktive Benutzer Mitglied ist.
2. Für alle Listen hat er hier die Möglichkeit,
 - (a) sich den Listeninhalt anzeigen zu lassen
(extend *Tasks verwalten / Listeninhalt anzeigen*) und
 - (b) Listen zu teilen (extend *Liste teilen*).
3. Für alle Listen, deren er darüber hinaus Eigentümer ist, hat er die Möglichkeit, diese
 - (a) zu löschen (extend *Liste löschen*),
 - (b) umzubenennen (extend *Liste umbenennen*) und
 - (c) zu erstellen (extend *Liste erstellen*).
4. Das System prüft den verfügbaren Bildschirmspace und initiiert, sofern der Platz dafür ausreicht, automatisch den Anwendungsfall *Tasks verwalten / Listeninhalt anzeigen* anzeigen für die erste Standardliste.

Liste erstellen

Akteure

Initiiert vom Listeneigentümer

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er eine neue Liste erstellen möchte.
2. Weiter mit *Liste benennen*.

Liste umbenennen

Akteure

Initiiert vom Listeneigentümer

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er eine Liste umbenennen möchte.
2. Weiter mit *Liste benennen*.

Liste benennen**Akteure**

Initiiert vom Listeneigentümer

Beschreibung

1. Das System zeigt ein Eingabefeld, in dem der neue Listenname eingegeben werden kann.
2. Der Nutzer gibt den Namen für die neue Liste ein und bestätigt die Eingabe.
3. Das System speichert die Liste mit dem eingegebenen Namen ab (je nach Kontext eine neu angelegte oder die alte mit neuem Namen).
4. Die Ansicht wechselt wieder zur Listenansicht, in der jetzt auch die neu angelegte Liste erscheint.

Liste löschen**Akteure**

Initiiert vom Listeneigentümer

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er eine Liste löschen möchte.
2. Weiter mit *Objekt löschen*.

Objekt löschen

Teil-Anwendungsfall.

Beschreibung

1. Das System öffnet einen Dialog, in dem der Nutzer gefragt wird, ob er sicher ist, dass er das ausgewählte Objekt löschen möchte.
2. Der Nutzer bestätigt den Dialog zum Löschen.
3. Das System löscht das gewählte Objekt aus dem System und wechselt wieder zur vorherigen Ansicht.

Alternative Verläufe

2. Der Nutzer bricht den Vorgang ab.

Liste teilen

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er andere Nutzer zu einer Liste einladen möchte.
2. Das System wechselt zum Adressbuch des Betriebssystems.
3. Der Nutzer wählt einen oder mehrere Kontakte aus seinem Adressbuch aus und bestätigt die Eingabe mit „Fertig“.
4. Das System wechselt wieder zur Besorgungen-App und zeigt einen Dialog, in dem die ausgewählten Kontakte noch einmal aufgelistet werden.
5. Der Nutzer bestätigt die Eingabe mit „Liste teilen“.
6. Das System speichert die Information der neuen Listenmitglieder ab.
7. Das System versendet Benachrichtigungen an die eingeladenen Nutzer, dass eine Liste mit ihnen geteilt wurde.

Tasks verwalten / Listeninhalt anzeigen

Akteure

initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System mit der Auswahl einer Liste, dass er deren Inhalt anzeigen oder verwalten möchte.
2. Das System zeigt neben den vorher schon angezeigten Listen nun auch den Inhalt der selektierten Liste, also die darin enthaltenen Tasks an.
3. Von hier aus hat der Nutzer folgende Interaktionsmöglichkeiten (extend):
 - (a) *Liste teilen*
 - (b) *Task erstellen*
 - (c) *Task zuweisen*
 - (d) *Task bearbeiten*

Außerdem werden dem Nutzer je nach verfügbarem Bildschirmplatz auch für alle Tasks Shortcuts zu allen Extend-Anwendungsfälle von *Task bearbeiten* angezeigt.

Task löschen

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er einen Task löschen möchte.
2. Weiter mit *Objekt löschen*.

Task erstellen**Akteure**

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er einen Task erstellen möchte.
2. Das System öffnet ein Eingabefeld, in das der Name für den neuen Task eingetragen werden kann.
3. Der Nutzer trägt den Namen für den Task ein und bestätigt die Eingabe.
4. Das System speichert den neuen Task in die ausgewählte Liste ab.

Task umbenennen**Akteure**

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er einen Task umbenennen möchte.
2. Das System öffnet ein Eingabefeld, in das der neue Name für den Task eingetragen werden kann.
3. Der Nutzer trägt den Namen für den Task ein und bestätigt die Eingabe.
4. Das System ändert den Namen des Tasks und speichert ihn ab.

Task bearbeiten**Akteure**

initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er einen Task bearbeiten möchte.
2. Das System öffnet den Bearbeiten-Dialog für den ausgewählten Task.
Der Nutzer hat folgende Interaktionsmöglichkeiten:
 - (a) *Bild an Task hängen*
 - (b) *Task terminieren*

- (c) *Task verorten*
- (d) *Task zuweisen*
- (e) *Task abschließen*
- (f) *Erledigung abbrechen (Task zurückgeben)*
- (g) *Task umbenennen*

Bild an Task hängen

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er ein Bild an einen Task hängen möchte.
2. (In der Prototyp-Version deaktiviert) Das System öffnet einen Dialog, in dem gefragt wird, ob ein Bild mit der Kamera aufgenommen oder ein Bild aus der Galerie ausgewählt werden soll.
3. Der Nutzer wählt die Option „Von der Kamera“.
4. Das System wechselt zur Kamera-Anwendung des Betriebssystems.
5. Der Nutzer nimmt ein Foto auf und bestätigt die Eingabe mit „Fertig“.
6. Das System wechselt wieder zur Besorgungen-App und zeigt in einem Dialog das aufgenommene Foto.
7. Der Nutzer bestätigt die Eingabe mit „Anhängen“.
8. Das System speichert das Foto zum ausgewählten Task ab.

Task terminieren

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass ein Task an einem bestimmten Datum erledigt werden soll.
2. Das System zeigt ein Datumsauswahlfeld an.
3. Der Nutzer gibt das entsprechende Datum in das Feld ein.
4. Das System fragt in einem Dialog, ob der Task auch in den Kalender des Betriebssystems eingetragen werden soll.
5. Der Nutzer bestätigt den Dialog.

6. Das System speichert den Task als ganztägigen Termin in den Kalender des Betriebssystems ab und gibt eine entsprechende Meldung über das erfolgreiche Speichern zurück.

Task verorten

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass ein Task an einem bestimmten Ort erledigt werden soll.
2. Das System zeigt ein Eingabefeld, um den Ort einzugeben.
3. Der Nutzer trägt den Ort in das Eingabefeld ein (entweder gleich als Freitextsuche oder vorerst nur als reine GPS-Koordinaten).
4. Das System speichert den angegebenen Ort zum betreffenden Task ab.

Task zuweisen

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er einen Benutzer für einen Task zuständig zuweisen möchte.
2. Das System zeigt eine Liste der Listenmitglieder der aktuellen Besorgungsliste.
3. Der Nutzer wählt einen Nutzer aus dieser Liste aus.
4. Das System speichert den ausgewählten Nutzer als neuen Task-Inhaber ab und zeigt mit einem kleinen Icon am Task an, wem dieser Task zugewiesen ist.

Erledigung abbrechen (Task zurückgeben)

Akteure

Initiiert vom Task-Inhaber

Anfangsbedingung

Der Task wurde einem Nutzer zugewiesen, der dadurch zum Task-Inhaber wird.

Beschreibung

1. Verlauf wie bei *Task zuweisen*.

2. Statt 3.: Der Nutzer wählt aus der Liste den Default-Wert „(kein)“ aus.

Task übernehmen

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Verlauf wie bei *Task zuweisen*.
2. Statt 3.: Der Nutzer wählt aus der Liste sich selbst aus.

Task abschließen

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass ein Task erledigt ist.
2. Das System speichert den Task als erledigt ab und stellt dieses visuell dar (Bspw. durchgestrichen, auf Erledigt-Liste verschoben).

Erinnern

Akteure

Initiiert vom Controller; Listenmitglied ist beteiligt.

Beschreibung

1. Das System erkennt durch den permanenten GPS-Abgleich der zugeordneten Listenmitglieder mit den verorteten Tasks, dass sich ein Nutzer gerade in der Nähe des Ortes eines Tasks befindet.
2. Das System sendet eine Benachrichtigung an den nativen Benachrichtigungsmechanismus des Betriebssystems, aus der hervorgeht, dass der Nutzer sich gerade in der Nähe eines Ortes eines zu erledigenden Tasks befindet.

Karte anzeigen

Akteure

Initiiert vom Listenmitglied

Anfangsbedingung

Es wurde ein Ort für den betreffenden Task hinterlegt (*Task verorten*).

Beschreibung

1. Der Nutzer signalisiert dem System, dass er den Ort eines bestimmten Tasks auf der Karte ansehen möchte.
2. Das System wechselt zur nativen Karteanwendung des Betriebssystems und zeigt (neben dem aktuellen Standort) den Ort des Tasks mit einer Markierung auf der Karte an.

Anhang C

Quellcode

Listing C.1: HTML-Oberflächenbeschreibung der hier implementierten Beispiel-Anwendung.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <!--
3 Licensed to the Apache Software Foundation (ASF) under one
4 or more contributor license agreements. See the NOTICE file
5 distributed with this work for additional information
6 regarding copyright ownership. The ASF licenses this file
7 to you under the Apache License, Version 2.0 (the
8 "License"); you may not use this file except in compliance
9 with the License. You may obtain a copy of the License at
10
11 http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0
12
13 Unless required by applicable law or agreed to in writing,
14 software distributed under the License is distributed on an
15 "AS IS" BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY
16 KIND, either express or implied. See the License for the
17 specific language governing permissions and limitations
18 under the License.
19 -->
20 <html>
21   <head>
22     <meta charset="utf-8" />
23     <meta name="format-detection" content="telephone=no" />
24     <!-- WARNING: for iOS 7, remove the width=device-width and height=device-height
25         attributes. See https://issues.apache.org/jira/browse/CB-4323 -->
26     <meta name="viewport" content="user-scalable=no, initial-scale=1, maximum-scale=1
27       , minimum-scale=1, target-densitydpi=device-dpi" />
28
29     <link rel="stylesheet" href="lib/jquery.mobile/1.4.2/jquery.mobile-1.4.2.css" />
30     <link rel="stylesheet" href="css/index.css" />
31     <link rel="stylesheet" href="css/style.css" />
32     <script type="text/javascript" src="cordova.js"></script>
33
34     <!-- Reihenfolge der Scripts ist relevant! -->
35     <script src="lib/jquery/jquery-2.1.1.min.js"></script>
36     <script src="lib/jquery.mobile/1.4.2/jquery.mobile-1.4.2.js"></script>
37     <script src="lib/knockout/knockout-3.1.0.debug.js"></script>
38
39     <!-- Weinre Debugger: -->
```

```
38 <script src="http://localhost:8080/target/target-script-min.js#anonymous">
39   </script>
40
40   <title>Besorgungen</title>
41 </head>
42 <body>
43
44   <!--
45     MAIN PAGE: LISTS
46   -->
47 <div data-role="page" id="home">
48
49   <header data-role="header">
50     <h1 data-bind="text: heading"></h1>
51   </header>
52
53   <!--
54     UI-CONTENT
55   -->
56 <div data-role="main" class="ui-content">
57   <div class="insert-new">
58     <form data-bind="submit: addList">
59       <input data-bind='value: newListName, valueUpdate: "afterkeydown"' type="text" placeholder="Liste hinzufügen" />
60       <button data-role="button" data-bind="enable: newListName().length>0" type="submit" class="add-button"> Neue Liste </button>
61     </form>
62   </div>
63   <br />
64   <ul data-role="listview" id="lists" data-bind="foreach: lists,
65     jqmRefreshList: lists">
66     <li data-bind="visible: $root.lists().length > 0">
67       <a href="#" data-transition="slide" data-bind="html: displayName, attr: {
68         href: page, class : allDone() ? 'all-done ui-btn ui-btn-icon-right
69         ui-icon-carat-r' : 'ui-btn ui-btn-icon-right ui-icon-carat-r'}, style: { color:
70         allDone() ? 'gray' : 'inherit' }"></a>
71     </li>
72   </ul>
73   <br />
74 </div>
75   <!-- END UI-CONTENT -->
76 </div>
77
77   <!--
78     SUBPAGE: TASKS
79   -->
80 <!-- ko foreach: lists -->
81 <div data-role="page" data-bind="attr: { id: id } ">
82
83   <header data-role="header">
84     <a href="#home" data-role="button" class="ui-btn ui-btn-left ui-icon-home
85       ui-btn-icon-left">Home</a>
86     <h1 data-bind="text: displayName"></h1>
87   </header>
88
89   <!-- UI-CONTENT -->
90   <div data-role="main" class="ui-content">
91     <div class="insert-new">
92       <form data-bind="submit: addTask">
93         <input data-bind='value: newTaskName, valueUpdate: "afterkeydown"' type="text" placeholder="Task hinzufügen" />
```

```
90         <button data-bind="enable: newTaskName().length > 0" data-role="button"
91         type="submit" class="add-button"> Task Hinzufügen </button>
92     </form>
93     </div>
94     <br />
95     <fieldset data-role="controlgroup">
96         <div data-bind="foreach: tasks, jqmRefreshList: tasks">
97             <label data-bind="attr: { for: id }, text: name, style: { textDecoration:
done() ? 'line-through' : 'none', color: done() ? 'gray' : 'inherit' }"></label>
98             <input type="checkbox" name="task" data-bind="value: id, attr: { id: id
}, checked: done" />
99         </div>
100     </fieldset>
101 </div>
102 <!-- END UI-CONTENT -->
103
104 <!--
105 CONTACTS PANEL
106 -----
107 <div data-role="panel" data-bind="attr: { id: contactsPanelID() }"
108 data-position="right" data-display="overlay" data-dismissible="true" class="over
109 layPanel">
110     <div class="ui-panel-inner">
111         <div class="panel-content">
112             <div data-role="collapsible" data-expanded-icon="carat-d"
113             data-collapsed-icon="carat-r" data-bind="jqmRefreshList: members">
114                 <h4><span data-bind="text: membersHeading"></span></h4>
115                 <ul data-role="listview" data-bind="foreach: members, jqmRefreshList:
116                     members">
117                     <li>
118                         <a href="#" class="ui-icon-minus" data-bind="text: name.formatted,
119                         click: $parent.removeMember"></a>
120                     </li>
121                 </ul>
122             </div>
123             <div style="height: 8px"></div><!-- Platz geht sonst nach automatischem
124             Refresh wieder verloren. -->
125             <div data-role="collapsible" data-expanded-icon="carat-d"
126             data-collapsed-icon="plus" data-theme="b" data-bind="jqmRefreshList:
127             $root.contacts, event: { 'collapsibleexpand': $root.findContacts }">
128                 <h4>Mitglieder hinzufügen</h4>
129                 <ul data-role="listview" data-bind="foreach: $root.contacts,
130                     jqmRefreshList: $root.contacts, visible: $root.contactsNotEmty" data-theme="b">
131                     <li>
132                         <a href="#" data-bind="text: name.formatted, click:
133                             $parent.addMember, css: $parent.memberStatus($data), style: { 'background-color':
134                             $parent.isMember($data) ? '#aed66f' : '#333' }"></a>
135                     </li>
136                 </ul>
137             </div>
138             <a href="#" data-rel="close" data-role="button" class="close-button"
139             data-bind="click: $root.reset">Schließen</a>
140         </div>
141     </div>
142 </div>
143 <!-- END CONTACTS PANEL -->
144
145 <footer data-role="footer" data-position="fixed">
146     <a data-bind="attr: { href: contactsPanelRef() }, text: membersHeading"
147     data-role="button" class="ui-btn ui-icon-user ui-btn-icon-left"></a>
148 </footer>
```

```

135   </div>
136   <!-- /ko -->
137
138   <!-- END SUBPAGE: TASKS -->
139
140   <!--
141   SCRIPTS
142   ----->
143
144   <!-- TYPES ----->
145   <script src="js/types/Contact.js"></script>
146   <script src="js/types/ContactAddress.js"></script>
147   <script src="js/types/ContactError.js"></script>
148   <script src="js/types/ContactField.js"></script>
149   <script src="js/types/ContactFindOptions.js"></script>
150   <script src="js/types/ContactName.js"></script>
151   <script src="js/types/ContactOrganization.js"></script>
152   <script src="js/types/List.js"></script>
153   <script src="js/types/Task.js"></script>
154
155   <!-- BASIC SCRIPTS ----->
156   <script src="js/ObserverMap.js"></script>
157   <script src="js/consts.js"></script>
158   <script src="js/util.js"></script>
159
160   <!-- MODEL -->
161   <script src="js/model/storage.js"></script>
162   <script src="js/model/model.js"></script>
163
164   <!-- VIEW MODEL -->
165   <script src="js/viewModel/ViewModel.js"></script>
166   <script src="js/viewModel/bindingHandlers.js"></script>
167
168   <!-- APP SCRIPTS ----->
169   <script src="js/index.js"></script>
170   <script>
171     app.initialize();
172   </script>
173 </body>
174 </html>

```

Listing C.2: style.css. Einige Style-Definitionen für die Anzeige der Task-Listen-App.

```

1 .insert-new {
2   text-align: right;
3 }
4 .add-button {
5   margin-right : 0em;
6 }
7 .all-done {
8   background-image : url("../img/check-gray.svg");
9   background-repeat : no-repeat;
10  background-size: 18px 18px;
11  background-position: 1em 50%;
12  padding-left: 40px;
13 }

```

Listing C.3: List.js. Listenobjekt der Beispielanwendung. Diese Listenobjekte halten eine Liste von Tasks sowie einen Namen und eine Liste von Listenmitgliedern.

```
1 /*****  
2 * List Object  
3 *****/  
4 function List(id, name, members, tasks) {  
5     /* ======  
6      * Properties  
7      * ====== */  
8     this.id = id;  
9     this.name = ko.observable(name);  
10    this.members = ko.observableArray(members);  
11    this.tasks = ko.observableArray(tasks);  
12    this.page = "#" + id;  
13    this.listviewID = id + consts.LISTVIEW;  
14  
15    this.membersHeading = ko.computed(function() {  
16        return consts.LIST_MEMBERS + " (" + this.members().length + ")";  
17    }, this);  
18  
19    this.countOpenTasks = ko.computed(function() {  
20        var count = 0;  
21        this.tasks().forEach(function(task) {  
22            if (!task.done()) {  
23                count++;  
24            }  
25        });  
26        return count;  
27    }, this);  
28  
29    this.allDone = ko.computed(function() {  
30        return (this.countOpenTasks() == 0) && (this.tasks().length > 0);  
31    }, this);  
32  
33    this.displayName = ko.computed(function() {  
34        var countDisplay = " (" + this.countOpenTasks() + ")";  
35  
36        if (this.countOpenTasks() > 0) {  
37            displayName = this.name() + countDisplay;  
38        } else {  
39            displayName = this.name();  
40        }  
41        return displayName;  
42    }, this);  
43  
44    this.memberStatus = function(contact) {  
45        return this.isMember(contact) ? 'ui-icon-check' : 'ui-icon-plus';  
46    };  
47  
48    this.contactsPanelID = ko.computed( function() {  
49        return consts.CONTACTS_PANEL + this.id;  
50    }, this);  
51  
52    this.contactsPanelRef = ko.computed( function() {  
53        return "#" + this.contactsPanelID();  
54    }, this);  
55  
56    /* ======  
57     * Operations  
58     * ====== */  
59 // Add New Task:  
60 this.newTaskName = ko.observable("");  
61 this.addTask = function() {
```

```

62     var newTaskID = util.createUID(consts.TASK);
63
64     var newTask = new Task(newTaskID, this.newTaskName(), false);
65
66     if (this.newTaskName() != "") {
67         this.tasks.push(newTask);
68         this.newTaskName("");
69     }
70
71 }.bind(this);
72
73 this.addMember = function(contact) {
74
75     // Nicht hinzufügen, wenn Kontakt bereits Mitglied.
76     /*
77      * TODO Genauer Prüfen!! Bspw. über E-Mail-Adressen (Über reload der
78      * Kontakte können Objekte doch wieder zweimal hinzugefügt werden).
79      */
80     if (this.isMember(contact)) {
81         console.warn("Der Kontakt '" + contact.name.formatted
82             + "' ist bereits Mitglied der Liste.");
83         return;
84     }
85
86     console.log("addMember: " + contact.name.formatted);
87     this.members.push(contact);
88
89 }.bind(this);
90
91 this.removeMember = function(member) {
92     console.log("removeMember: " + member.name.formatted);
93     this.members.remove(member);
94
95 }.bind(this);
96
97 this.isMember = function(contact) {
98     var result = this.members().indexOf(contact) > -1;
99     console.debug("isMember(" + contact.name.formatted + ") : " + result);
100    return result;
101 };
102
103 }

```

Listing C.4: Task.js. Objektbeschreibung des Task-Objekts für die Beispielanwendung.

```

1 ****
2  * Task Object
3  * TODO Weitere Attribute hinzufügen
4 ****
5 function Task(id, name, done) {
6     /**
7      * Properties
8      */
9     this.id = id;
10    this.name = ko.observable(name);
11    this.done = ko.observable(done);
12
13 /**
14  * Operations
15 */
16 }

```

Listing C.5: ObserverMap.js. In diesem Hilfsobjekt werden die möglichen Observer für die Realisierung des MVVM-Pattern-Patterns registriert. Diese werden hier in Listen eingesortiert, je nach dem eventType, das bei der Registrierung angegeben wurde.

```
1 /*****
2  * Helper for an observable object.
3  *
4  * Saves a list of the observer's eventHandlers for each eventType, that are
5  * mapped to a given eventType-string and calls them when notifyObservers() is
6  * called.
7 ****/
8 function ObserverMap() {
9     console.debug("Init new ObserverMap.");
10
11     var self = this;
12
13     self.handlerLists = new Array();
14
15     /**
16      * Adds an EventHandler to the collection.
17      *
18      * @param eventType
19      *          The string that specifies the type of the event, on which
20      *          appearance the eventHandler should be called.
21      * @param eventHandler
22      *          A function that is called, when the event is dispatched.
23      */
24     self.put = function(eventType, eventHandler) {
25
26         var handlerList = self.findHandlerList(eventType);
27
28         if (handlerList == null) {
29             // If no HandlerList was found, create a new one.
30             console.debug("No matching HandlerList found, "
31                         + "creating a new one.");
32             handlerList = new HandlerList(eventType);
33             self.handlerLists.push(handlerList);
34         }
35         handlerList.addEventHandler(eventHandler);
36
37     };
38
39     /**
40      * Notifies all saved observers that are registered for the given eventType.
41      *
42      * @param eventType
43      *          The string that specifies the type of the event, on which
44      *          appearance the eventHandler should be called.
45      * @param data
46      *          Some data, that the model can ship with the event dispatch, so
47      *          that observers can handle them.
48      */
49     self.notifyObservers = function(eventType, data) {
50         console.debug("Searching for observer to notify...");
51
52         var matchingHandlerList = self.findHandlerList(eventType);
53
54         if (matchingHandlerList != null) {
55             console.debug();
```

```
56     matchingHandlerList.notifyObservers(data);
57 } else {
58     console.warn("No Observer with type '" + eventType + "' found. "
59                 + "Nobody to notify.");
60 }
61 }
62 };
63 */
64 /**
65 * Find a List of EventHandlers for a specified eventType string.
66 */
67 self.findHandlerList = function(eventType) {
68     console.debug("Searching for matching HandlerList....");
69
70     var result = null;
71
72     self.handlerLists.forEach(function(handlerList) {
73         if (handlerList.eventType.valueOf() === eventType.valueOf()) {
74             console.debug("Found matching HandlerList: " + eventType);
75             result = handlerList;
76         }
77     });
78
79     if (result == null) {
80         console.debug("No handlerList for type '" + eventType + "' found.");
81     }
82
83     return result;
84 };
85 }
86 */
87 /**
88 * A List of EventHandlers for one EventType.
89 *
90 * @param {String} eventType
91 *           A String that specifies the Type of the event.
92 */
93 function HandlerList(eventType) {
94     var self = this;
95
96     console.debug("Init HandlerList for type '" + eventType + "'.");
97
98     self.eventType = eventType;
99     self.eventHandlers = new Array();
100
101    self.addEventHandler = function(eventHandler) {
102        console.debug("Adding EventHandler '" + eventHandler.name + "'.");
103        self.eventHandlers.push(eventHandler);
104    };
105
106    self.notifyObservers = function(data) {
107        console.debug("HandlerList '" + self.eventType
108                    + "' Notify observers...'");
109        self.eventHandlers.forEach(function(eventHandler) {
110            eventHandler(data);
111        });
112    };
113
114 }
```

Listing C.6: In der Datei `consts.js` werden allgemeine String-Konstanten sowie Event-Bezeichner definiert, die in der gesamten Anwendung nach Laden dieses Skripts (siehe Listing C.1) verwendet werden können, um Tipp-Fehler zu vermeiden und die Lesbarkeit des Codes zu erleichtern.

```

1  ****
2  * Konstanten für die gesamte Anwendung
3  ****
4  var consts = {
5    TITLE : "Besorgungen",
6    LIST : "list",
7    TASK : "task",
8    USER : "user",
9    LISTVIEW : "_listview",
10   LIST_MEMBERS : "Listenmitglieder",
11   CONTACTS_PANEL : 'contactsPanel',
12   DUMMY_CONTACT : null
13 };
14
15 ****
16  * EventTypes for mapping EventHandlers to a specific type of event.
17 ****
18 var events = {
19   DEVICE_READY : 'deviceready',
20   FOUND_CONTACTS : 'foundcontacts'
21 };

```

Listing C.7: `util.js`. Einige Hilfsfunktionen für die Anwendung. Quelle für die UUID-Berechnung: [54].

```

1  ****
2  * Allgemeine Utility-Funktionen, die von überall per util.FUNCTIONNAME()
3  * aufgerufen werden können
4  ****
5
6  var util = {
7    ****
8    * Script zum generieren einer rfc4122 version 4 Uniqpe ID. Quelle:
9    * https://stackoverflow.com/questions/105034/
10   * how-to-create-a-guid-uuid-in-javascript
11   */
12   createUID : function(prefix) {
13
14     var uid = 'xxxxxxxx-xxxx-4xxx-yxxx-xxxxxxxxxx'.replace(/[xy]/g,
15       function(c) {
16         var r = Math.random() * 16 | 0, v = c == 'x' ? r
17           : (r & 0x3 | 0x8);
18         return v.toString(16);
19     });
20     return prefix + uid;
21   },
22
23   /**
24    * Erstellt ein leeres Dummy-Contact-Object nach der
25    * navigator.contacts-Schnittstelle
26    * http://plugins.cordova.io/#/package/org.apache.cordova.contacts
27    */
28   createDummyContact : function() {
29     return new Contact(null, null, new ContactName(null, null, null, null,
30       null, null), null, [], [], [], [], null, null, [], []);
31   },

```

```

31
32     getDummyContact : function() {
33         if (consts.DUMMY_CONTACT === null) {
34             consts.DUMMY_CONTACT = this.createDummyContact();
35         }
36         return consts.DUMMY_CONTACT;
37     },
38
39     /*****
40      * Initial Test-Data:
41      *****/
42     getTestUsers : function() {
43         return new Array(new Contact(util.createUID(consts.USER), "Donald",
44             new ContactName("Donald Duck", "Duck", null, null, null, null, null,
45             "Don", null, null, null, null, null, null, null, null, null, null,
46             null), new Contact(util.createUID(consts.USER), "Mickey",
47             new ContactName("Mickey Mouse", "Mouse", "Mickey", null, null,
48             null, "Mick", null, null, null, null, null, null, null, null,
49             null, null, null, null), new Contact(util
50             .createUID(consts.USER), "Dagobert", new ContactName(
51             "Dagobert Duck", "Duck", "Dagobert", null, null, null),
52             "Daggy", null, null, null, null, null, null, null, null, null,
53             null));
54     },
55
56     getTestLists : function() {
57         return new Array(new List("list1", "Privat", [ this.getTestUsers()[0],
58             this.getTestUsers()[1] ], [
59                 new Task("task1", "Kind abholen", true),
60                 new Task("task2", "Arztermin", true) ]), new List("list2",
61                 "Arbeit", [ this.getTestUsers()[2] ], [
62                     new Task("task3", "Druckerpatronen", false),
63                     new Task("task4", "Papier", false) ]), new List(
64                     "list3", "Haushalt", this.getTestUsers(), [
65                         new Task("task5", "Milch", false),
66                         new Task("task6", "Brot", false) ]);
67     },
68     /*****
69      * Mehre CSS-Klassen dynamisch meheren Elementen eines Typs (Bsp.
70      * ' addButton' ) zuweisen, statt die selbe Reihe von Class-Werten mehrfach zu
71      * definieren.
72      */
73     applyStyles : function() {
74
75         $('.add-button').addClass(
76             "ui-btn ui-icon-plus ui-btn-icon-left ui-btn-inline ui-shadow");
77         $('.close-button')
78             .addClass(
79                 "ui-btn ui-icon-delete ui-btn-icon-left ui-btn-inline ui-shadow");
80         $('.ok-button').addClass(
81             "ui-btn ui-icon-check ui-btn-icon-left ui-shadow");
82         $('.overlay-panel')
83             .addClass(
84                 "ui-panel ui-panel-position-right ui-panel-display-overlay ui-body-b
85                 ui-panel-animate ui-panel-open");
86          $('[data-role=button]').addClass("ui-corner-all");
87
88         console.debug("Applying custom styles...");
89     }

```

```
90 };
```

Listing C.8: model.js. Von Cordova standardmäßig erzeugte, umbenannte Datei index.js (siehe Listing 3.8, Seite 30). Das Model realisiert den Zugriff auf die Geräte-Schnittstelle.

```
1  /*
2   * Licensed to the Apache Software Foundation (ASF) under one
3   * or more contributor license agreements. See the NOTICE file
4   * distributed with self work for additional information
5   * regarding copyright ownership. The ASF licenses self file
6   * to you under the Apache License, Version 2.0 (the
7   * "License"); you may not use self file except in compliance
8   * with the License. You may obtain a copy of the License at
9   *
10  * http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0
11  *
12  * Unless required by modellicable law or agreed to in writing,
13  * software distributed under the License is distributed on an
14  * "AS IS" BASIS, WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY
15  * KIND, either express or implied. See the License for the
16  * specific language governing permissions and limitations
17  * under the License.
18  */
19 /*
20  * Grundgerüst von Cordova erstellt.
21  */
22 var model = {
23
24  deviceReady : false,
25  observerMap : new ObserverMap(),
26
27  /*****
28   * Model Constructor
29   */
30  initialize : function() {
31    console.log("Connecting to Device...");
32    this.bindEvents();
33  },
34
35  /*****
36   * Bind Event Listeners
37   *
38   * Bind any events that are required on startup. Common events are: 'load',
39   * events.DEVICE_READY, 'offline', and 'online'.
40   */
41  bindEvents : function() {
42    document.addEventListener(events.DEVICE_READY, this.onDeviceReady,
43      false);
44  },
45
46  /*****
47   * deviceready Event Handler
48   *
49   * The scope of 'this' is the event. In order to call the 'receivedEvent'
50   * function, we must explicitly call 'model.receivedEvent(...);'
51   */
52  onDeviceReady : function() {
53    model.deviceReady = true;
54    model.receivedEvent(events.DEVICE_READY);
55  },
56
```

```

57  ****
58  * Update DOM on a Received Event
59  */
60  receivedEvent : function(id) {
61      console.log('model received Event: ' + id);
62  },
63
64  ****
65  * DeviceAccess:
66  */
67  findContacts : function() {
68
69      if (!model.deviceReady) {
70          var errorMsg = 'Gerät ist nicht bereit!';
71          console.error(errorMsg);
72          alert(errorMsg);
73          return;
74      }
75
76      var onSuccess = function(contacts) {
77          var successMsg = contacts.length + ' Kontakte gefunden.';
78          console.log(successMsg);
79          model.observerMap.notifyObservers(events.FOUND_CONTACTS, contacts);
80      };
81
82      var onError = function(contactError) {
83          var errorMsg = 'Fehler beim Laden der Kontakte!';
84          console.error(errorMsg);
85          alert(errorMsg);
86      };
87
88      var options = new ContactFindOptions();
89      options.filter = "";
90      options.multiple = true;
91      var fields = [ "*" ];
92      navigator.contacts.find(fields, onSuccess, onError, options);
93
94  },
95
96  addEventListener : function(eventType, eventHandler) {
97      model.observerMap.put(eventType, eventHandler);
98  },
99
100 removeEventListener : function(eventType, eventHandler) {
101     // TODO implement.
102     console.error("removeEventListener(): Diese Methode ist noch nicht implementiert.
103     ");
104
105 };

```

Listing C.9: ViewModel.js. Das ViewModel beinhaltet alle wesentlichen Objekte der Oberfläche und die Interaktionslogik.

```

1 ****
2 * Main ViewModel:
3 ****
4 function ErrandsViewModel(lists) {
5     console.log("Init ViewModel...");
```

```
8
9  /* =====
10   * Properties:
11   * ===== */
12
13 self.lists = ko.observableArray(lists);
14 self.newListName = ko.observable("");
15 self.contacts = ko.observableArray([ util.getDummyContact() ]);
16
17 self.countAllOpenTasks = ko.computed(function() {
18     var count = 0;
19     self.lists().forEach(function(list) {
20         count += list.countOpenTasks();
21     });
22     return count;
23 }, self);
24
25 self.heading = ko.computed(function() {
26     var openTasks = self.countAllOpenTasks();
27     if (openTasks > 0) {
28         return consts.TITLE + " (" + openTasks + ")";
29     } else {
30         return consts.TITLE;
31     }
32 }, self);
33
34 /* =====
35  * Operations
36  * ===== */
37
38 self.addList = function() {
39     var newListID = util.createUID(consts.LIST);
40
41     var newList = new List(newListID, self.newListName(), [], []);
42     if (self.newListName() != "") {
43         self.lists.push(newList);
44         self.newListName("");
45     }
46 }.bind(self);
47
48 self.findContacts = function(event, ui) {
49     console.debug("Fordere Kontaktdaten an...");
50     model.findContacts();
51 };
52
53 self.contactsNotEmpty = ko.computed(function() {
54     return (self.contacts().length != 0
55         && self.contacts()[0] != util.getDummyContact());
56 }, this);
57
58 self.bindEvents = function() {
59     model.addEventListener(events.FOUND_CONTACTS, function(contacts) {
60         self.contacts(contacts);
61     });
62 };
63
64 self.bindEvents();
65 }
```

Listing C.10: bindingHandlers.js. Wird zum erneuten Rendern der jQuery Mobile-Komponenten nach einer Manipulation durch Knockout benötigt.

```

1 /*****
2 * Trigger for re-apply QJM-Styles after adding items
3 *****/
4 ko.bindingHandlers.jqmRefreshList = {
5   update : function(element, valueAccessor) {
6     // just to create a dependency:
7     ko.utils.unwrapObservable(valueAccessor());
8
9     // Refresh Listview after update:
10    $(element).listview().listview("refresh");
11
12    // Refresh CheckboxFieldset after update
13    $("[data-role=controlgroup]").enhanceWithin().controlgroup()
14      .controlgroup("refresh");
15
16    $(element).enhanceWithin().collapsibleset().collapsibleset("refresh");
17
18    // Apply dynamic style classes:
19    util.applyStyles();
20  }
21 };

```

Listing C.11: index.js. Start-Script für die Cordova-Anwendung.

```

1 /*****
2 * Main start script for the app.
3 *****/
4 app = {
5   viewModel : null,
6   initialize : function() {
7
8     // Initialize Model
9     model.initialize();
10
11    // Initialize ViewModel with test data
12    this.viewModel = new ErrandsViewModel(util.getTestLists());
13    ko.applyBindings(this.viewModel);
14    console.log("Applying DataBindings...");
15
16    // Apply custom styles
17    util.applyStyles();
18
19  }
20 };

```

Anhang D

Glossar

Begriffe und Abkürzungen

ActionBar	Eine vierteilige Menüleiste am oberen Bildschirmrand des mobilen Betriebssystems Android.
API	Application Programming Interface (dt. „Programmierschnittstelle“).
App	Kurzform für engl. „Application“ (dt. „Anwendung“) im Sinne von Anwendungssoftware. Im deutschsprachigen Raum meist im Zusammenhang mit Smartphones oder Tablet-Computern.
asynchron	In diesem Kontext: ein Prinzip der Datenübertragung, bei dem eine Antwort auf eine Datenanfrage nicht <i>synchron</i> , also unmittelbar nach stellen der Anfrage (bspw. als Rückgabewert) eintrifft, sondern als Ergebnis zurückgesendet wird, sobald dieses vorliegt (siehe Kapitel 5).
Built	Ein ausführbares Programm.
Bytecode	Kompilierter Code, der auf einer virtuellen Maschine ausgeführt werden kann.
Cross-Compiling	Kompiliervorgang, bei dem Builts für andere Plattformen als diejenige, auf der der Compiler läuft, hergestellt werden.

Data-Binding	Verbindung von UI-Komponenten mit Datenfeldern auf Programmebene.
DOM	Document Object Model.
Entwicklungsumgebung	Eine Entwicklungsumgebung (IDE, für engl. „Integrated Development Environment“) ist eine Software, mit der Computer-Programme entwickelt werden können.
Error-Handler	Spezieller Teil im Programmcode, der aufgerufen wird, wenn ein Fehler zur Laufzeit auftritt.
Event	dt. „Ereignis“. Eine plötzliche Veränderung eines Zustands oder Parameters, auf die ein Programm reagiert.
Event-Handler	dt. „Ereignisbehandler“. Spezieller Teil im Programmcode, der aufgerufen wird, wenn ein Event ausgelöst wird.
Flag	Statusvariable zur Kennzeichnung bestimmter Zustände.
Framework	dt. „Rahmenstruktur“. Ein Rahmenwerk zur Erstellung von Anwendungssoftware.
Frontend	Softwareschicht, die nahe der Benutzeroberfläche liegt.
GPS	Global Positioning System.
GUI	Graphical User Interface (dt. „Grafische Benutzeroberfläche“).
Handler	dt. „Behandler“.
Hybrid-App	Anwendungssoftware, die Web-Technologien verwendet.
ID	engl. „Identifier“. Eindeutiger Kenner (bspw. eines Objekts).
Listview	Ein scrollbarer Container zur Anzeige von Elementen in einer Liste.

Look-And-Feel	Aussehen und Verhalten einer Benutzeroberfläche.
Model	Enthält das eigentliche Datenmodell der Anwendung und die wesentliche Verarbeitungslogik.
MVC	Model-View-Controller. Ein Entwurfsmuster in der Informatik.
MVVM-Pattern	Model-View-ViewModel-Pattern. Ein Entwurfsmuster (engl. „pattern“) der Informatik zur Trennung von Benutzeroberfläche und UI-Logik.
Observable	Ein zu beobachtendes Objekt (engl. <i>to observe = beobachten, überwachen</i>), dessen Zustandsänderungen an eine Menge von Observers übermittelt werden können.
Observer	Dt. „Beobachter“. Das Objekt, das bspw. innerhalb des Observer-Patterns ein anderes Überwacht und so über dessen Änderungen und Nachrichten informiert werden kann.
Observer-Pattern	Ein Entwurfsmuster (engl. „pattern“) in der Softwareentwicklung, bei dem Objekte zueinander in Beziehung stehen, um konsistent gehalten zu werden. Ändert sich der Zustand eines Objekts, werden alle davon abhängigen Objekte (observer) benachrichtigt und entsprechend aktualisiert.
Plattform	Basis-Software-Umgebung, in der eine andere Software (bspw. Anwendungen und Dienste) ausgeführt wird. Hier ist das Betriebssystem mobiler Geräte gemeint.
Plugin	Eine Erweiterung für eine Software.
QR-Code	Eine zweidimensionale Darstellung von Zeichenketten.
SDK	Software Development Kit.

Tag	Ein Element von Auszeichnungssprachen. In XML-Dialekten wie bspw. HTML erkennbar an der Syntax mit spitzen Klammern. (Bsp.: <head>).
UI	User Interface (dt. „Benutzerschnittstelle“).
URL	Uniform Resource Locator (dt. „einheitlicher Quellenanzeiger“) steht für die Angabe eines Ortes in Netzwerken.
View	Die Oberfläche oder eine Anzeige einer grafischen Anwendung.
ViewModel	Mittlerer Teil im MVVM-Pattern-Pattern. Vermittelt zwischen der View und dem Model.
W3C	World Wide Web Consortium.
Web-App	Kurzform für Webanwendung. Oft im Kontext mobiler Apps verwendet.
WebView	Eine GUI-Komponente innerhalb einer Anwendung, in die HTML-Inhalte hinein geladen werden können.
Widget	Window Gadget. Ein Element einer grafischen Benutzeroberfläche.

Technologien

Android Studio	Eine Entwicklungsumgebung für die Entwicklung von Apps für das Betriebssystem Android.
Knockout	Ein JavaScript-Framework für Data-Binding und Dependency Tracking.
jQuery	Eine vielseitige JavaScript-Bibliothek für die Vereinfachung von JavaScript-Programmierung.
Ajax	Asynchronous JavaScript and XML. Eine Technologie für die asynchrone Datenübertragung zwischen Client und Server in Webanwendungen.
Alloy	Framework zu Erstellung von Benutzeroberflächen.
Amazon FireOS	Mobiles Betriebssystem der Firma Amazon.
Android	Smartphone- und Tablet-Betriebssystem von Google.
App Framework	Ein UI-Framework für mobile Anwendungen der Firma Intel.
Appcelerator	Amerikanische Softwarefirma.
Blackberry 10	Smartphone-Betriebssystem für Blackberry-Geräte der Firma Blackberry. Blackberry 10 ist der Nachfolger des vorherigen Betriebssystems <i>Blackberry OS</i> .
C	Eine imperative Programmiersprache.
C++	Eine objektorientierte Erweiterung der Programmiersprache C.
C#	Eine von Microsoft entwickelte objektorientierte Programmiersprache.
CLI	Kommandozeilen-Werkzeug (oder „Befehlszeilenschnittstelle“ von engl. Command-Line Interface (CLI)).
Cocoa Touch Widgets	Benutzeroberflächen-Framework der Firma Apple.

Cordova	Ein Framework zur Erstellung von plattformunabhängigen Apps auf der Basis von Web-Technologien (s. PhoneGap).
CSS	Cascading Style Sheets.
Eclipse	Eine u.a. durch Plugins stark anpassbare Entwicklungsumgebung von der <i>Eclipse Foundation</i> .
Firefox OS	Ein Smartphone- und Tablet-Betriebssystem der Mozilla Corporation.
Flash-Editing-Environment	Entwicklungsumgebung für Flash-Software.
Git	Eine Versionsverwaltungssoftware.
GitHub	Online-Portal, in dem Git-Repositories erstellt und verwaltet werden können mit dem Fokus auf Open-Source-Software.
HTML	HTML (Hyper Text Markup Language) ist eine Auszeichnungssprache für Websites. „HTML is the publishing language of the World Wide Web“ [74].
HTML5	Version 5 der HTML-Spezifikation. Unter HTML5 werden im Allgemeinen Web-Technologien wie HTML, CSS und JavaScript zusammengefasst, die es Entwicklern ermöglichen, auch komplexere Web-Anwendungen ohne die Notwendigkeit von zusätzlichen Technologien wie Browserplugins etc. zu entwickeln.
IndexedDB	Eine Datenbanktechnologie für Webanwendungen.
IntelliJ IDEA	Eine Entwicklungsumgebung für Java der Firma JetBrains.
iOS	Smartphone- und Tablet-Betriebssystem der Firma Apple.

JavaScript	Eine Skriptsprache, die in einer größeren Umgebung (wie beispielsweise einem Browser) ausgeführt wird und in diesem Kontext z. B. verwendet werden kann, um HTML um dynamische Elemente, wie der Veränderung von Inhalten, aber auch Ausführung von Prozeduren etc., zu erweitern [37].
JavaEE	Java Plattform der Firma Oracle.
JFace	Ein auf SWT aufbauendes Benutzeroberflächen-Toolkit.
jQuery Mobile	Eine Oberflächen-Bibliothek für mobile Webseiten.
JSON	JavaScript Object Notation.
Lime	Eine Haxe-Bibliothek.
Mac OS X	Betriebssystem für Mac-Rechner der Firma Apple.
Mono	Open source Implementierung von Microsofts .NET-Framework.
MonoTouch	Framework zu Erstellung von iOS-Apps.
NekoVM	Programmiersprache.
Netbeans IDE	Eine Entwicklungsumgebung auf Java-Basis von der <i>Oracle Corporation</i> .
ObjectiveC	Eine um objektorientierte Elemente erweiterte Variante der Programmiersprache C.
OpenFL	Eine Haxe- Bibliothek.
OSGi	Open Services Gateway initiative. Eine auf der JVM aufbauende hardwareunabhängige Softwareplattform.
PhoneGap	Ein Framework zur Erstellung von plattformunabhängigen Apps auf der Basis von Web-Technologien (s. Cordova).

PhoneGap Build	Online-Portal von Adobe, das den Build-Prozess von PhoneGap-Apps in die Cloud auslagert und damit die Anbindung von Hybrid-Apps an plattformspezifische Komponenten verschiedener Mobilgeräte erleichtern soll.
SSL	Secure Sockets Layer. Ein Verschlüsselungsprotokoll für die sichere Datenübertragung im Internet.
SWF	Shockwave Flash. Ein Dateiformat.
SWT	Standard Widget Toolkit. Eine Benutzeroberflächenbibliothek für Java.
Symbian	Handy- und Smartphone-Betriebssystem der Firma Nokia.
Tabris	Framework zur Erstellung plattformunabhängiger Client-Server Mobilanwendungen mit Java.
Tabris UI	Framework zur Erstellung von Benutzeroberflächen mit Tabris.
Titanium	Entwicklungsumgebung der Firma Appcelerator.
Ubuntu Phone	Ein Smartphone-Betriebssystem der Firma Cononical.
WebSQL	Eine Datenbanktechnologie für Webanwendungen.
WebStorage	WebStorage (auch: „LocalStorage“) ist eine Spezifikation des W3C zur lokalen Speicherung von größeren Datenmengen einer Webanwendung auf Client-Seite in Form von Schlüssel-Wert-Paaren.) [36].
webOS	Ein Open-Source-Smartphone- und Tablet-Betriebssystem.
Windows Phone	Smartphone-Betriebssystem von Microsoft.
Windows 8	Aktuelles Desktop- / Hybrid-Betriebssystem der Firma Microsoft.

Xamarin	Amerikanische Softwarefirma.
Xamarin.Android	Framework zur Programmierung von Android-Apps in C#.
Xamarin.iOS	Framework zur Programmierung von iOS-Apps in C#.
Xcode	Eine Entwicklungsumgebung für die Entwicklung von iOS- und Mac OS X-Software.
XML	Extensible Markup Language (dt. „erweiterbare Auszeichnungssprache“). Eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchischer Inhalte in Textform.
XMLVM	Projektname eines Cross-Compilers.

Quellenverzeichnis

Bildquellen

- [1] URL: http://cordova.apache.org/docs/en/3.4.0/img/guide/cli/android_emulate_install.png (siehe S. 31).
- [2] *Adobe PhoneGap Buildbot*. URL: <https://build.phonegap.com/images/marketing/buildbot-hero.png> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 39).
- [3] *Apple App Store*. Apple. URL: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Available_on_the_App_Store_\(black\)_SVG.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Available_on_the_App_Store_(black)_SVG.svg) (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [4] *Available on the App Store*. URL: https://github.com/emilevictor/What's-In-There-Android/blob/master/advertising/Available_on_the_App_Store_Badge_US-UK_135x40.svg (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [5] *Full Build Icon*. URL: <http://paulmasek.com/wp-content/themes/paulmasek/images/full-build-icon.svg> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [6] *Gear*. URL: <http://www.clipartbest.com/cliparts/jix/BRo/jixBRo7iE.svg> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [7] *GitHub*. URL: <http://marceloomens.com/lib/wp/wp-content/uploads/2013/11/github-logo-600x400.jpg> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 39).
- [8] *Google Android Robot*. URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Android_\(Betriebssystem\)#mediaviewer/Datei:Android_robot.svg](http://de.wikipedia.org/wiki/Android_(Betriebssystem)#mediaviewer/Datei:Android_robot.svg) (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [9] *Google Chrome*. Google. URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Chrome_2011_Logo.svg (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [10] *Google Play*. Google. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Android-app-on-google-play.svg> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [11] *Google Play Store*. URL: http://www.phonekr.com/wp-content/uploads/2013/04/ic_launcher_play_store_promo.png (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).

- [12] *HTML*. Wikimedia Commons. URL: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HTML.svg> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [13] *HTML5 CSS3 Java Skript*. URL: http://dropsha.re/files/+prCawA/web-trifecta_html5_css3_js-strict.svg (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 39).
- [14] *Java Logo*. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Java-Logo.svg> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [15] *Laptop Clipart*. URL: <http://www.clipartsfree.net/svg/14-laptop-of-vector-vector.html> (besucht am 09.06.2014) (siehe S. 39).
- [16] *Mac App Store*. URL: <http://www.beyond-print.de/wp/wp-content/uploads/2011/12/micon-lion-appstore.png> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [17] *Mehrere Server*. URL: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Server-multiple.svg> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [18] *Mozilla Firefox*. URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mozilla_Firefox_logo_2013.svg (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [19] *MVVMPattern*. Wikimedia Commons. URL: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MVVMPattern.png> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 19).
- [20] *Pen*. URL: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pen_1.svg (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [21] *Vergleich Ausführungsgeschwindigkeit*. URL: http://www.itmagazine.ch/imgserver/artikel/Illustrationen/2012/big/ITM0708_66.jpg (besucht am 09.06.2014) (siehe S. 61).
- [22] *Windows*. Microsoft. URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Windows_logo_2012-Black.svg (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).
- [23] *Windows Store*. URL: http://www.wintouch.de/wp-content/uploads/2013/02/windows_store_by_brebenel_silviu-d59r59w.png (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 12).

Software-Quellen und Dokumentationen

- [24] *Apache Cordova Documentation*. Apache Foundation. Kap. iOS Platform Guide. URL: http://cordova.apache.org/docs/en/3.4.0/guide_platforms_ios_index.md.html#iOS%20Platform%20Guide (besucht am 28.04.2014) (siehe S. 6).
- [25] *Apache Cordova Documentation*. Apache Software Foundation. Kap. Plugin Development Guide. URL: http://cordova.apache.org/docs/en/edge/guide_hybrid_plugins_index.md.html#Plugin%20Development%20Guide (besucht am 23.05.2014) (siehe S. 33, 34).

- [26] *Apache Cordova Documentation*. Feb. 2014. Kap. Overview. URL: http://cordova.apache.org/docs/en/3.4.0/guide_overview_index.md.html#Overview (besucht am 22.04.2014) (siehe S. 25).
- [27] *Apache Cordova Documentation*. Feb. 2014. Kap. The Command-Line Interface. URL: http://cordova.apache.org/docs/en/3.4.0/guide_cli_index.md.html#The%20Command-Line%20Interface (besucht am 22.04.2014) (siehe S. 25, 27, 30, 32, 33).
- [28] *Apache Cordova Documentation*. Apache Foundation. Feb. 2014. Kap. Platform Support. URL: http://cordova.apache.org/docs/en/3.4.0/guide_support_index.md.html#Platform%20Support (besucht am 22.04.2014) (siehe S. 26).
- [29] *Apache Cordova Documentation*. Version 3.5. Apache Software Foundation. 2014. Kap. Plugin APIs. URL: https://cordova.apache.org/docs/en/3.5.0/cordova_plugins_pluginapis.md.html#Plugin%20APIs (besucht am 02.06.2014) (siehe S. 33, 34).
- [30] *Cordova Android*. Version 3.5.0. Apache Software Foundation, Feb. 2014. URL: <https://github.com/apache/cordova-android/blob/3.5.0/framework/assets/www/cordova.js#L1178> (siehe S. 35).
- [31] *Cordova Plugin Registry*. Apache Software Foundation. Kap. Browse all 229 plugins. URL: <http://plugins.cordova.io/#/viewAll> (besucht am 23.05.2014) (siehe S. 34).
- [32] *Cordova Plugin Registry*. Version 0.2.8. Apache Software Foundation. Kap. org.apache.cordova.battery-status. URL: <http://plugins.cordova.io/#/package/org.apache.cordova.battery-status> (besucht am 24.05.2014) (siehe S. 35, 36).
- [33] *Cordova Plugin Registry*. Version 0.2.9. Apache Software Foundation. Kap. org.apache.cordova.device. URL: <http://plugins.cordova.io/#/package/org.apache.cordova.device> (besucht am 24.05.2014) (siehe S. 35, 36).
- [34] *Cordova Plugin Registry*. Version 0.2.10. Apache Software Foundation. Apr. 2014. Kap. org.apache.cordova.contacts. URL: <http://plugins.cordova.io/#/package/org.apache.cordova.contacts> (besucht am 15.05.2014) (siehe S. 35, 36, 47, 48, 54–56).
- [35] Ian Hickson. *Web SQL Database*. W3C. 18. Nov. 2010. URL: <http://www.w3.org/TR/2010/NOTE-webdatabase-20101118/> (siehe S. 9).
- [36] Ian Hickson. *Web Storage*. W3C. 2013. URL: <http://www.w3.org/TR/2013/REC-webstorage-20130730/> (siehe S. 9, 105).
- [37] *JavaScript Web APIs*. W3C. URL: <http://www.w3.org/standards/webdesign/script> (besucht am 08.04.2014) (siehe S. 104).

- [38] Nikunj Mehta u. a. *Indexed Database API*. W3C. Juli 2013. URL: <http://www.w3.org/TR/2013/CR-IndexedDB-20130704/> (siehe S. 9).
- [39] *org.apache.cordova.contacts*. Version 3.0.0. Juli 2013. URL: <https://github.com/apache/cordova-plugin-contacts/blob/3.0.0/www/contacts.js> (besucht am 24.05.2014) (siehe S. 35).
- [40] *PhoneGap Build Documentation*. Kap. Supported Platforms. URL: http://docs.build.phonegap.com/en_US/introduction_supported_platforms.md.html#Supported%20Platforms (besucht am 22.04.2014) (siehe S. 37).
- [41] *PhoneGap Build Documentation*. Kap. Getting Started with Build. URL: http://docs.build.phonegap.com/en_US/introduction_getting_started.md.html#Getting%20Started%20with%20Build (besucht am 15.04.2014) (siehe S. 38).
- [42] *Tabris 1.3 Developer Guide*. Version 1.3. 2014. URL: <http://developer.eclipsesource.com/tabris/docs/1.3/> (siehe S. 16).
- [43] *Titanium Alloy*. Appcelerator. 2014. Kap. Alloy Quick Start. URL: http://docs.appcelerator.com/titanium/latest/#!/guide/Alloy_Framework (besucht am 20.05.2014) (siehe S. 15).
- [44] *What is Haxe*. 2014. Kap. 1.1. URL: <http://haxe.org/manual/introduction-what-is-haxe.html> (siehe S. 15).

Online-Quellen

- [45] *Adobe Announces Agreement to Acquire Nitobi, Creator of PhoneGap*. URL: <http://www.adobe.com/aboutadobe/pressroom/pressreleases/201110/AdobeAcquiresNitobi.html> (besucht am 15.04.2014) (siehe S. 23).
- [46] *Adobe PhoneGap Build*. URL: <https://build.phonegap.com/apps> (besucht am 14.04.2014) (siehe S. 37).
- [47] *Android to iPhone*. URL: <http://xmlvm.org/android/> (siehe S. 15).
- [48] *Choose your plan*. URL: <https://build.phonegap.com/plans> (besucht am 15.04.2014) (siehe S. 38).
- [49] *Comparing Titanium and Phonegap*. URL: <http://kevinwhinnery.com/post/22764624253/comparing-titanium-and-phonegap> (siehe S. 15).
- [50] Lee Crossley. *PlugReg - The Cordova / PhoneGap Plugin Registry*. URL: <http://plugreg.com/> (besucht am 09.06.2014) (siehe S. 34).
- [51] *DaVinci Studio*. URL: <http://doc.davincisdk.com/?p=5609&lang=en> (besucht am 15.05.2014) (siehe S. 65).

- [52] Xavier Ducrohet, Tor Norbye und Katherine Chou. *Android Studio: An IDE built for Android*. Mai 2013. URL: <http://android-developers.blogspot.in/2013/05/android-studio-ide-built-for-android.html> (siehe S. 6).
- [53] *Eine App für alle Plattformen*. URL: http://www.itmagazine.ch/Artikel/Seite/50408/6/Eine_App_fuer__alle_Plattformen.html (besucht am 09.06.2014) (siehe S. 60).
- [54] *How to create a GUID / UUID in Javascript?* URL: <https://stackoverflow.com/questions/105034/how-to-create-a-guid-uuid-in-javascript> (besucht am 28.03.2014) (siehe S. 92).
- [55] *Intel XDK*. Intel. URL: <http://xdk-software.intel.com> (besucht am 19.05.2014) (siehe S. 65).
- [56] *Intel's App Framework*. URL: <http://app-framework-software.intel.com/> (siehe S. 14, 63).
- [57] *iOS Developer Program*. Apple Inc. URL: <https://developer.apple.com/programs/ios/> (besucht am 28.04.2014) (siehe S. 6).
- [58] *jQuery Examples*. URL: http://www.w3schools.com/jquery/tryit.asp?filename=tryjquery_hide_p (besucht am 11.04.2014) (siehe S. 18).
- [59] *jQuery Examples*. URL: http://www.w3schools.com/jquerymobile/tryit.asp?filename=tryjqmob_start (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 22, 63).
- [60] *Kostenlose GMX Mail App. Ihr Postfach immer & überall dabei*. 1&1 Mail & Media GmbH. URL: <http://www.gmx.net/produkte/mobile/mail-app> (siehe S. 8).
- [61] Ramon Llamas, Ryan Reith und Michael Shirer. *Android Pushes Past 80% Market Share While Windows Phone Shipments Leap 156.0% Year Over Year in the Third Quarter, According to IDC*. IDC Corporate USA. Nov. 2013. URL: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS24442013> (siehe S. 5).
- [62] *Mobile Apps*. Deutsch-Amerikanische Handelskammer, Inc. 2013. URL: <http://www.gaccwest.com/industrien/informationstechnologie-it/mobile-apps/> (besucht am 09.06.2014) (siehe S. 68).
- [63] *Model View ViewModel*. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/MVVM> (besucht am 13.04.2014) (siehe S. 19).
- [64] *Offline - HTML5 Rocks*. Google Inc. URL: <http://www.html5rocks.com/de/features/storage> (siehe S. 9).
- [65] *OpenFl*. URL: <http://www.openfl.org/> (siehe S. 15).

- [66] PhoneGap Blog. *PhoneGap, Cordova, and what's in a name?* 19. März 2012. URL: <http://phonegap.com/2012/03/19/phonegap-cordova-and-what%C3%A2%C2%80%C2%99s-in-a-name/> (besucht am 15.04.2014) (siehe S. 24).
- [67] *Platform Security.* Juli 2013. URL: <https://github.com/phonegap/phonegap/wiki/Platform-Security> (besucht am 09.06.2014) (siehe S. 65).
- [68] Rene Ritchie. *Google releases official Gmail app for iPhone, iPad.* Nov. 2011. URL: <http://www.imore.com/google-releases-official-gmail-app-iphone-ipad> (siehe S. 8).
- [69] *SELFHTML: JavaScript / Objektreferenz / navigator.* URL: http://de.selfhtml.org/javascript/objekte/navigator.htm#java_enabled (besucht am 24.05.2014) (siehe S. 35).
- [70] *SELFHTML: JavaScript / Objektreferenz / window.* Jan. 2014. URL: <http://de.selfhtml.org/javascript/objekte/window.htm> (besucht am 24.05.2014) (siehe S. 35).
- [71] *Sencha Touch Bundle.* Sencha Inc. URL: <http://www.sencha.com/products/touch-bundle> (besucht am 18.05.2014) (siehe S. 63, 65).
- [72] *SSL Certificate Checker.* Version 3.0. 2013. URL: <https://build.phonegap.com/plugins/149> (besucht am 09.06.2014) (siehe S. 65).
- [73] *UI for PhoneGap.* Telerik. URL: <http://www.telerik.com/phonegap-ui> (besucht am 19.05.2014) (siehe S. 63).
- [74] *W3C HTML.* URL: <http://www.w3.org/html/> (besucht am 06.04.2014) (siehe S. 103).
- [75] *Want to Contribute?* Apache Software Foundation. URL: <http://cordova.apache.org/#contribute> (besucht am 02.06.2014) (siehe S. 33).
- [76] *WEB.DE App - Postfach Apps für Smartphone, iPhone und iPad.* 1&1 Mail & Media GmbH. URL: https://produkte.web.de/freemail_mobile_startseite (siehe S. 8).
- [77] *What is Mono.* URL: www_mono-project_com/What_is_Mono (siehe S. 15).