

#makers
DO IT.



Stephan Hüwe

RASP- BERRY Pi

für Windows 10
IoT Core

Der praktische Einstieg für
Anwender und Entwickler

HANSER

Stephan Hüwe

Raspberry Pi für Windows 10 IoT Core



BLEIBEN SIE AUF DEM LAUFENDEN!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Stephan Hüwe

Raspberry Pi für Windows 10 IoT Core

Der praktische Einstieg für Anwender
und Entwickler

HANSER

Der Autor:

Stephan Hüwe, Augsburg

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht, auch nicht für die Verletzung von Patentrechten, die daraus resultieren können.

Ebenso wenig übernehmen Autor und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt also auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz- Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benützt werden dürften.

Bibliografische Information der deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

ISBN 978-3-446-44719-6

E-Book-ISBN 978-3-446-44809-4

© 2016 Carl Hanser Verlag München

Lektorat: Julia Stepp, Dipl.-Ing. Volker Herzberg

Korrektur: Sandra Gottmann, Münster-Nienberge

Herstellung: Cornelia Rothenaicher

Umschlagrealisation: Stephan Rönigk

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Ulm

Printed in Germany

www.hanser-fachbuch.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Für wen ist dieses Buch interessant?	1
1.2	Wie ist dieses Buch aufgebaut?	2
1.3	Wichtige Hinweise	3
1.4	Material zum Buch	4
2	Schnelleinstieg in die Welt des Raspberry Pi	5
2.1	Ursprung	5
2.2	Varianten	6
2.3	Der Weg zu Windows 10	8
2.4	Aufbau	8
2.5	Schnittstellen	9
2.5.1	GPIO	10
2.5.2	SPI	11
2.5.3	I ² C	11
2.5.4	UART	12
2.6	Prototyping und Testaufbauten	13
2.6.1	Breadboarding	13
2.6.2	Softwareunterstützung	14
2.6.2.1	Fritzing	14
2.6.2.2	Virtual Breadboard	16
2.7	Elektrotechnische Grundlagen	17
2.7.1	Vorsichtsmaßnahmen im Umgang mit Spannung	17
2.7.2	Statische Aufladung vermeiden	17
2.7.3	Ohmsches Gesetz	18
2.7.4	Energieversorgung am Raspberry Pi	18
2.7.4.1	Stromstärke und Wahl des Netzteils	19
2.7.4.2	Unterbrechungsfreie Stromversorgung	20

2.7.4.3	Mobile Stromversorgung	20
2.7.4.4	Energieversorgung und GPIO	21
2.7.5	Stromversorgung von Bauteilen (z.B. Motoren)	22
2.7.6	LEDs	23
2.7.7	Widerstände	25
2.7.8	Weitere Bauteile	26
2.8	Benötigte Ausrüstung	27
2.8.1	Raspberry Pi-Ausrüstung	27
2.8.2	Offizielles Zubehör	28
2.8.2.1	Offizieller WLAN-Adapter	28
2.8.2.2	Raspberry Pi-Touchscreen-Display	28
2.8.3	Allgemeine Elektronik	30
2.8.4	Was brauche ich sonst noch?	30
3	Internet of Things mit Windows 10 IoT Core	31
3.1	Chancen für Windows 10 IoT Core	31
3.2	Internet of Things (IoT)	34
3.2.1	Ursprung und Idee	34
3.2.2	IoT als wachsender Markt	35
3.3	Beschaffung und Wartung	36
3.4	Sicherheit	37
3.5	Rechtliche Themen	38
4	Windows 10 auf dem Raspberry Pi	41
4.1	Eine letzte Windows-Version für alle	41
4.2	Bezugsvarianten und Updates	42
4.3	Lizenzierung	43
4.4	Installation	44
4.4.1	Voraussetzung	44
4.4.2	Unterstützte Schnittstellen und Geräte	45
4.4.3	Download	46
4.4.4	Installation der Windows 10 IoT Core-Tools	46
4.4.5	Hinweise zur Netzwerkkumgebung	48
4.4.5.1	Verbindung in das lokale Netzwerk	49
4.4.5.2	Direktverbindung zu Ihrem PC	49
4.4.6	Raspberry Pi für den ersten Start vorbereiten	49
4.4.7	Bootvorgang und erster Start	50
4.4.8	Administration des Raspberry Pi	52

4.5	Inbetriebnahme und Administration	52
4.5.1	Default-App	53
4.5.2	Raspberry Pi im Netzwerk finden	53
4.5.3	Verbindung über FTP	53
4.5.4	Verbindung über SSH	54
4.5.5	Verbindung über PowerShell	56
4.5.6	Allgemeine Kommandos	58
4.5.6.1	Lokale Benutzer anlegen	58
4.5.6.2	Benutzer zu Gruppen zuweisen	58
4.5.6.3	Passwort setzen	59
4.5.6.4	Gerätenamen abrufen und setzen	59
4.5.6.5	Netzwerkkonfiguration	59
4.5.6.6	Kopierwerkzeuge	59
4.5.6.7	Prozessverwaltung	59
4.5.6.8	Administration der Startup-App	60
4.5.6.9	Boot-Option festlegen	61
4.5.6.10	Geplante Aufgaben	61
4.5.6.11	Gerätetreiber	61
4.5.6.12	Zugriff auf die Registry	61
4.5.6.13	Dienste	61
4.5.6.14	Bootkonfiguration	61
4.5.6.15	Gerät herunterfahren oder neu starten	62
4.5.6.16	Bildschirmauflösung ändern	62
4.5.7	Weboberfläche	62
4.5.7.1	Grundlegendes	62
4.5.7.2	Administrationsbereiche	63
4.5.8	Bereich Home	63
4.5.9	Bereich Apps	64
4.5.10	Bereich Processes	65
4.5.11	Bereich Performance	65
4.5.12	Bereich Debugging	66
4.5.13	Bereich Realtime Event Tracking	67
4.5.14	Bereich Performance Tracing	68
4.5.15	Bereich Devices	69
4.5.16	Bereich Bluetooth	69
4.5.17	Bereich Networking	69
4.5.18	Bereich Windows Update	70

5	Entwicklung mit dem Raspberry Pi	71
5.1	Vorbereitung	71
5.2	Installation und Einrichtung	72
5.3	Windows IoT Core-Projektvorlagen	73
5.4	Das Konzept der Universal Apps	75
5.5	Beispielanwendung: Hello Pi	77
5.5.1	Benötigte Bauteile	78
5.5.2	Hardwareaufbau	78
5.5.3	Projekt in Visual Studio anlegen	79
5.5.4	Programmaufbau	81
5.5.4.1	Hinterlegen des Begrüßungstexts und Start-Buttons	82
5.5.4.2	Timer-Komponente	83
5.5.4.3	GPIO	83
5.5.5	Das gesamte Programm	84
5.5.6	Deployment und Debugging	86
5.5.6.1	Deployment und Test über Visual Studio	86
5.5.6.2	App-Pakete für den Store oder die lokale Verwendung	88
6	Projekte mit dem Raspberry Pi	95
6.1	Grundinformationen zum Source Code	95
6.2	Remote-Lichtschalter	96
6.2.1	Benötigte Komponenten	97
6.2.2	Hardwareaufbau	97
6.2.3	Softwareaufbau	97
6.2.4	Projektstruktur und Source Code	98
6.2.4.1	Besondere Projekteigenschaften	98
6.2.4.2	Modifizierung des Projekts	99
6.2.4.3	Hauptanwendung – HttpServer	100
6.2.5	Code auf GitHub	103
6.2.6	Demo	104
6.2.7	Ausblick	105
6.2.7.1	Verschönerung der Weboberfläche/Webservice	105
6.2.7.2	Schaltung einer „echten“ Lampe statt LED	105
6.3	Begrüßungsscreen für Besucher	108
6.3.1	Benötigte Komponenten	109
6.3.2	Hardwareaufbau	109
6.3.3	Softwareaufbau	109
6.3.4	Projektstruktur und Source Code	110
6.3.4.1	Format der Quelldaten	110

6.3.4.2	ViewModel	111
6.3.4.3	Hauptanwendung – Code Behind	112
6.3.4.4	Hauptanwendung – XAML	114
6.3.5	Code auf GitHub	116
6.3.6	Demo	116
6.3.7	Ausblick	116
6.3.7.1	Darstellung von Geschäftszahlen	116
6.3.7.2	Unser eigener TV-Sender	117
6.3.7.3	Wochenplaner für die Familie	117
6.4	Temperatursensor mit SPI	117
6.4.1	Benötigte Komponenten	117
6.4.2	Hardwareaufbau	118
6.4.2.1	Temperatursensor TMP36GT9Z	118
6.4.2.2	A/D-Wandler MCP 3002	119
6.4.2.3	Aufbau der Schaltung	120
6.4.3	Softwareaufbau	122
6.4.4	Projektstruktur und Source Code	123
6.4.4.1	Hauptanwendung – Code Behind	123
6.4.4.2	Hauptanwendung – XAML	125
6.4.5	Code auf GitHub	126
6.4.6	Demo	126
6.4.7	Ausblick	126
6.5	Kamera-Projekt (Mobile und IoT)	128
6.5.1	Benötigte Komponenten	128
6.5.2	Hardwareaufbau	128
6.5.3	Softwareaufbau	129
6.5.4	Projektstruktur und Source Code	129
6.5.4.1	Hauptanwendung – Code Behind	129
6.5.4.2	Hauptanwendung – XAML	132
6.5.5	Code auf GitHub	133
6.5.6	Demo	134
6.5.7	Ausblick	135
6.6	Mobile Datenerfassung mit dem Raspberry Pi	135
6.6.1	Benötigte Komponenten	136
6.6.2	Hardwareaufbau	136
6.6.2.1	Stromversorgung	136
6.6.2.2	Benutzerinteraktion und Bildschirmausgaben	140
6.7	Raspberry Pi und Cloud	141
6.7.1	Benötigte Komponenten	143
6.7.2	Hardwareaufbau	144

6.7.3	Softwareaufbau	144
6.7.4	Einrichtung der Cloud	144
6.7.4.1	Registrierung des Raspberry Pi am IoT Hub	147
6.7.5	Projektstruktur und Source Code	150
6.7.5.1	Projekt zum Nachrichtenversand – MessageSender	151
6.7.5.2	Projekt zur Nachrichtenverarbeitung – MessageProcessor	153
6.7.6	Code auf GitHub	155
6.7.7	Demo	155
6.7.8	Ausblick	155
6.8	Weitere Projektideen	157
6.8.1	Kommunikation über Bluetooth	157
6.8.2	Sprachausgabe	159
6.8.3	Bildschirmausgabe	161
6.8.4	Motoren	164
6.8.4.1	Gleichstrommotoren	165
6.8.4.2	Schrittmotoren	165
6.8.4.3	Servo-Motoren	166
6.9	Exkurs: Arduino Wiring/Sketch	167
6.9.1	Der Arduino	167
6.9.2	Crashkurs Arduino Sketch	169
6.9.3	Arduino Wiring-Apps mit Visual Studio	171
6.9.4	Umstellung des Controller-Treibers	174
	Stichwortverzeichnis	177

1

Einführung

Der Raspberry Pi (auch RPi, RasPi oder einfach nur Pi genannt) hat die Computerwelt zweifellos umgekrempelt. Es handelt sich dabei um einen kreditkartengroßen, aber vollwertigen Computer. Er ist kostengünstig in der Anschaffung und benötigt nur eine 5V-Versorgungsspannung.

Der RasPi ist die perfekte Plattform zur Realisierung eigener (hardwarenaher) Projekte. Lange Zeit war nur Linux für den Raspberry Pi verfügbar. Das machte den Raspberry vor allem für Windows- bzw. .NET-Entwickler nicht sonderlich interessant. Man musste seine Projekte entweder mit einer anderen Programmiersprache (wie z.B. Python) umsetzen oder auf Mono zurückgreifen. Darüber hinaus musste man auf Visual Studio verzichten und beispielsweise auf MonoDevelop als IDE ausweichen. In der Summe ist dies jedoch alles sehr mühsam.

Die Kehrtwende erfolgte im März 2015, als Microsoft das sogenannte Windows 10 IoT Core (IoT = Internet of Things) für den Raspberry Pi ankündigte¹. Somit war klar, dass auch das .NET-Framework unterstützt werden würde und man wie gewohnt mit Visual Studio arbeiten kann.

Dieses Buch greift den Paradigmenwechsel auf und führt in die neue Welt rund um Windows 10, den Raspberry Pi und das Internet der Dinge ein.

■ 1.1 Für wen ist dieses Buch interessant?

Dieses Buch richtet sich an alle, die schon lange in die Welt des Raspberry Pi eintauchen wollten, aber durch Linux davon abgeschreckt wurden. Es bietet einen Einstieg mit gewohnten Werkzeugen aus der Windows-Welt. Es wendet sich damit an all jene, die ihre

¹ <https://blogs.windows.com/windowsexperience/2015/03/18/windows-10-iot-powering-the-internet-of-things>

Projekte lieber mit Windows und Visual Studio umsetzen möchten als beispielsweise mit Python unter Linux. Dies spart zusätzliche Einarbeitungszeit und nimmt viele Hürden.

Windows 10 IoT Core ist bestimmungsgemäß kein Desktop-Betriebssystem. Es lassen sich daher keine Anwendungen, wie z. B. ein Browser, installieren. Jedoch dient es als sichere Betriebssystemplattform für die Realisierung eigener Projekte.

Hinsichtlich der Entwicklung sollte man bereits über Grundkenntnisse in einer .NET-Programmiersprache verfügen. Was den Raspberry Pi und die damit verbundene Elektronik betrifft, kann man durchaus ein Neuling sein. Dennoch ist ein gewisses Verständnis von Physik und Computerhardware sicher von Vorteil.

Neben den Hobby-Programmierern und -Entwicklern richtet sich dieses Buch auch an all jene, die den Raspberry Pi nicht nur im privaten, sondern auch im professionellen Bereich einsetzen möchten. Auch wenn Sie sich selbst nicht mit der Entwicklung beschäftigen möchten, so bekommen Sie zumindest eine Idee davon, wie der Raspberry das Unternehmensumfeld prägen könnte. Sie erfahren, welche Probleme Sie mit ihm lösen oder welche Geschäftsfelder sich mit ihm eröffnen könnten. Auf die möglichen Risiken wird ebenfalls hingewiesen.

Die enthaltenen Projektideen liefern Ihnen erste Impulse für eigene Projekte. Mithilfe der erlernten Grundlagen werden Sie auch in der Lage sein, Linux-Projekte auf Windows IoT Core zu portieren.

■ 1.2 Wie ist dieses Buch aufgebaut?

Dieses Buch ist in sechs Kapitel gegliedert. Nach diesem Einführungskapitel wird in Kapitel 2 der Einstieg in die Welt des Raspberry Pi vorbereitet. Dabei wird die Evolution des Raspberry aufgezeigt, es werden Grundlagen der Elektrotechnik vermittelt und Sie erhalten eine Kaufempfehlung für eine Grundausstattung. Denn viele von Ihnen haben sicherlich noch gar keine Erfahrungen mit dem Einplatinencomputer gemacht und benötigen deshalb erst einmal ein paar grundlegende Informationen über den RasPi.

Kapitel 3 beschreibt perspektivisch, welchen Einfluss das Internet der Dinge und damit auch der Raspberry Pi in Zukunft haben werden, und wie Microsoft diese Entwicklung mit Windows 10 IoT Core und der Cloud-Plattform Azure IoT-Suite vorantreibt. Diese Informationen sind sowohl für den Entwickler („Wie kann ich Projekte im privaten oder professionellen Umfeld umsetzen?“), aber auch für Unternehmen („Wie müssen wir uns ausrichten, um neue Märkte zu eröffnen?“) interessant.

Kapitel 4 beschäftigt sich intensiv mit Windows 10, insbesondere mit der IoT Core-Variante. Hier erfahren Sie alles von der Bezugsquelle über die Installation und Inbetriebnahme bis hin zur Verwendung.

Kapitel 5 erklärt, wie Sie Software für den Raspberry entwickeln können – und das natürlich unter Verwendung des Dreigespanns Raspberry Pi, Windows 10 und Visual Studio.

Kapitel 6 enthält eine Vielzahl von Beispielprojekten. Diese haben zwei Aufgaben: Anhand der Beispiele erlernen Sie wichtige Grundlagen und sammeln eigene Erfahrungen. Darüber hinaus sollen diese Beispiele selbstverständlich auch das Sprungbrett für die Umsetzung eigener Ideen sein.

■ 1.3 Wichtige Hinweise

Neben der Programmierung hat dieses Buch logischerweise auch einen deutlichen Hardwarebezug. Von daher gibt es auch viele Projekte, die mit elektrischen Schaltungen und damit einer Stromquelle zu tun haben. Das mag für den reinen Softwareentwickler vielleicht Neuland sein.



Deshalb gilt der Grundsatz: Der leichtsinnige Umgang mit Strom ist immer gefährlich. Die Netzspannung mit 220 V ist generell tabu. Aber auch niedrigere Spannungen können gefährlich sein.

Von daher der dringende Rat: Sollte Ihnen etwas unklar sein, machen Sie nicht weiter, sondern suchen sich den Rat eines Fachkundigen. Überprüfen Sie vor jedem Testlauf gewissenhaft den Aufbau auf mögliche Gefahren.

Windows 10 IoT Core ist noch relativ neu am Markt. Während der Entstehung des Buches war es noch nicht fertig entwickelt. Aber auch mit Erscheinen dieses Buches wird es vermutlich noch weiter einen steten Wandel durchlaufen.

Von daher kann es gut sein, dass sich einige der hier ausgeführten Sachverhalte in der Zwischenzeit geändert haben. Dies habe ich beim Schreiben vor allem hinsichtlich der Hardwareunterstützung und möglichen Bugs gemerkt. Sofern möglich, habe ich erwähnt, mit welcher Version ich getestet habe.

Darüber hinaus habe ich auch immer die URLs angegeben, von denen der aktuelle Stand abgerufen werden kann. Da Microsoft jedoch dafür bekannt ist, die eigenen Webseiten ständig umzubauen, kann es sein, dass ein Link ins Leere führt. In diesem Fall empfehle ich Ihnen, gezielt nach der URL zu suchen. Oft findet sich in Foren von Microsoft ein Hinweis auf die aktuelle Webadresse.

Lassen Sie sich also nicht entmutigen, wenn die Microsoft-Welt ein wenig anders aussieht, als sie in diesem Buch dargestellt wird. Mit ein wenig Tüftelei kommt man häufig schnell zum Ziel. Machen Sie möglichst viele Fehler, denn so lernt man am besten.

Sollte Ihnen etwas partout nicht gelingen, so kontaktieren Sie mich jederzeit gerne. Ich versuche im Rahmen meiner Möglichkeiten weiterzuhelfen.

■ 1.4 Material zum Buch

Sämtliche Codebeispiele und Projekte aus diesem Buch sind bei GitHub hinterlegt und können dort kostenlos heruntergeladen werden. Die Projektseite finden Sie unter:

<https://github.com/stephanhuewe/PiBuch>

Sofern notwendig, werden diese Projekte kontinuierlich verbessert und überarbeitet. Ich freue ich mich auch über Forks (Abspaltungen) Ihrer eigenen Projekte.

Weiterführende Informationen finden Sie auf der Website zum Buch:

<http://www.pibuch.de>

2

Schnelleinstieg in die Welt des Raspberry Pi



In diesem Kapitel erfahren Sie,

- wo der Ursprung des Raspberry Pi liegt und welche Idee dahintersteckt.
- welche Varianten des RasPi existieren.
- wie Windows 10 für den Raspberry verfügbar wurde.
- wie das Innere des Raspberry aufgebaut ist.
- welche Schnittstellen der Raspberry bietet und wozu diese genutzt werden können.
- welche elektrotechnischen Grundlagen Sie für die Bedienung des Raspberry Pi kennen müssen.
- welche Software Ihnen bei der Projektumsetzung weiterhilft.
- welches Zubehör sinnvoll ist (mit einer Kaufempfehlung).

■ 2.1 Ursprung

Mir begegnen bei meinen Lehrveranstaltungen immer wieder Studenten, die über keinen eigenen Computer verfügen. Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Einerseits bedingt die Welt von Smartphones und Tablets nicht mehr zwingend, einen echten Computer zu besitzen. Andererseits ist es mit Sicherheit auch eine Kostenfrage.

Auch gibt es immer mehr fertige Anwendungen, beispielsweise als Apps, die man per Knopfdruck installieren kann. Die Notwendigkeit, etwas selbst entwickeln zu müssen, ist immer seltener gegeben. All dies bedingt, dass einerseits die Programmierkenntnisse immer weniger ausgeprägt sind, andererseits das Verständnis für Hardware immer weiter verloren geht.

Ähnliche Eindrücke haben offensichtlich die Erfinder des Raspberry Pi an der Universität in Cambridge gesammelt – dem Geburtsort des Raspberry. Die 2009 gegründete wohl-

tätige Raspberry Foundation hat sich zur Aufgabe gemacht, diesem Trend entgegenzuwirken und die Idee des klassischen Heimcomputers (wie z.B. der C64 einer war) wieder stärker zu fördern. Die geringen Kosten und die Verbundenheit zu Open-Source-Software standen von Anfang an im Fokus. Die Namensgebung des Raspberry („Himbeere“) geht auf die Tradition zurück, Computer nach Obstsorten zu benennen. Die bekannteste „Computer-Frucht“ kennt man heute noch überall: „Apple“.



HINWEIS: Auch wenn die Aussprache „Pie“ lautet und eine kulinarische Kombination zum Himbeerkuchen verlockend wäre, so steht das Pi beim Raspberry für „Python Interpreter“. Ursprünglich sollte es einen fest eingebauten Interpreter geben, wie es z.B. beim C64 mit Basic der Fall war.

Die erste Serienproduktion begann 2011. Bis heute wurden bereits über acht Millionen Geräte verkauft (Stand: Februar 2016).

■ 2.2 Varianten

Die Entwickler des Raspberry Pi haben es geschafft, ihn über die Zeit technisch weiterzuentwickeln, ohne signifikant die Preise zu erhöhen. Preislich bewegt er sich daher seit Veröffentlichung zwischen 30 und 40 Euro.

Mit dem Raspberry Pi 2 (Modell B) wurde im Frühjahr 2015 ein neuer Meilenstein gesetzt und die Plattform auf den neuesten technologischen Stand gebracht. Der Pi 2 ist das einzige Modell, das hinsichtlich Leistung für Windows 10 geeignet ist. Ausschlaggebend ist hier insbesondere die Größe des Arbeitsspeichers mit 1 Gigabyte. In diesem Buch liegt daher der Fokus auf diesem Modell.

Im Frühjahr 2016 wurde der Raspberry Pi 3 veröffentlicht. Dieser verfügt über eine stärkere CPU und durch den Broadcom BCM43438 Chip liefert er erstmalig WLAN (2.4GHz 802.11 n) und Bluetooth 4.1 bereits onboard mit. Dies macht ein USB-WLAN Adapter in Zukunft überflüssig. Der Preis wurde fast nicht erhöht. Leider liefert Windows 10 im aktuellsten Build (Version 14295, April 2016) noch keine Treiberunterstützung für das WLAN/Bluetooth-Modul. Grundsätzlich ist der Raspberry Pi 3 jedoch tauglich für Windows 10 IoT Core. Die Funktionen der GPIO-Pins wurden nicht verändert.

Im November 2015 kam der Raspberry Pi Zero¹ auf den Markt. Es handelt sich dabei um ein sehr kompaktes Modell (65 mm × 30 mm × 5 mm). Trotz dieser geringen Maße bringt

¹ <http://www.heise.de/make/meldung/Raspberry-Pi-Zero-Der-neue-Bastel-Kleincomputer-ist-winzig-und-kostet-nur-5-Dollar-3022787.html>

das Modell 512 MB Arbeitsspeicher und eine 1-GHz-CPU mit. Dieses Modell wird zum Preis von nur 5 US-Dollar angeboten.

Tabelle 2.1 liefert Ihnen einen Überblick über die einzelnen Ausbaustufen des Raspberry Pi über die Jahre hinweg. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass auch ein Modell A+ verfügbar ist, das sich vor allem für Projekte im Embedded-Bereich eignet.

Tabelle 2.1 Übersicht der existierenden Raspberry Pi-Modelle

	2011 Modell A	2013 Modell B	2014 Modell B+	2015 Modell Pi 2 B	2016 Modell Pi 3 B
RAM	256 MB	512 MB	512 MB	1024 MB	1024 MB
CPU	700 MHz, ARM v6	700 MHz, ARM v6	700 MHz, ARM v6	900 MHz, ARM v7	1.2 GHz, ARM Cortex-A53
Peripherie	1 Core, 1 USB, keine Netzwerkkarte	1 Core, 2 USB, Netzwerkkarte	1 Core, 4 USB, Netzwerkkarte	4 Core, 4 USB, Netzwerkkarte	4 Core, 4 USB, Netzwerkkarte, WLAN + Bluetooth 4.1

Darüber hinaus haben sich im Laufe der Zeit die Anzahl der GPIO-Pins und die Verfügbarkeit weiterer Schnittstellen leicht geändert. Vom Grundaufbau her ist der Pi jedoch weitestgehend gleichgeblieben.

Wichtig ist die Tatsache, dass auf dem Raspberry ein ARM-Prozessor seinen Dienst verrichtet. Dabei handelt es sich um eine CPU mit RISC-Architektur (Reduced Instruction Set Computer). Im Hinblick auf Windows steht diese Designphilosophie im Gegensatz zu den gängigen x86-Prozessoren von Intel und AMD. Diese basieren grundlegend auf der CISC-Architektur (Complex Instruction Set Computer), auch wenn sie heute schon als Hybriden entworfen werden.

Nichtsdestotrotz bedeutet dies, dass Software für ARM-Prozessoren neu kompiliert werden muss. Bei Treibern und Betriebssystemkomponenten ist teilweise eine Neuentwicklung erforderlich.

■ 2.3 Der Weg zu Windows 10

Der Einsatz von Windows war für die Riege der Kleinstcomputer lange Zeit undenkbar. Einerseits wollte Microsoft früher mit Open Source nichts zu tun haben, andererseits war der Raspberry anfangs von seiner Leistung her für Windows zu schwach.

Dies änderte sich in den letzten Jahren. Microsoft strebt die stetige Annäherung zur Open-Source-Community an und der Pi wurde über die Jahre leistungsfähiger. Es war daher keine große Überraschung, dass Microsoft im Februar 2015 bekanntgab, Windows 10 für die „Himbeere“ zu veröffentlichen. Die finale Version erschien im Sommer 2015. Als Besonderheit gilt anzumerken, dass Windows 10 für viele Einsatzbereiche kostenfrei zur Verfügung gestellt wird.

Die Verfügbarkeit einer Windows-Plattform ebnet den Weg in das professionelle Umfeld und heraus aus der Ecke des belächelten Bastelrechners. In Kombination mit dem erprobten Entwicklungswerkzeug Visual Studio wird ein großes Feld für die Softwareentwicklung von morgen erschlossen.

■ 2.4 Aufbau

Obwohl der Raspberry lediglich über die Dimensionen einer Kreditkarte verfügt, handelt es sich hierbei um ein vollwertiges System. Für die meisten Einsatzzwecke wird daher keine weitere Hardware benötigt. Bild 2.1 zeigt eine Übersicht der verfügbaren Anschlüsse des Raspberry Pi 2:

- HDMI
- Audio-/Klinkenstecker
- 4× USB 2.0
- Ethernet 100 Mbit/RJ 45
- CCI (Camera Connector Interface), zum Anschluss der Raspberry-Kamera
- DSI (Display Serial Interface), zum Anschluss eines LCD-Displays/Monitors
- 40 GPIO-Pins
- Steckplatz für die MicroSD-Karte

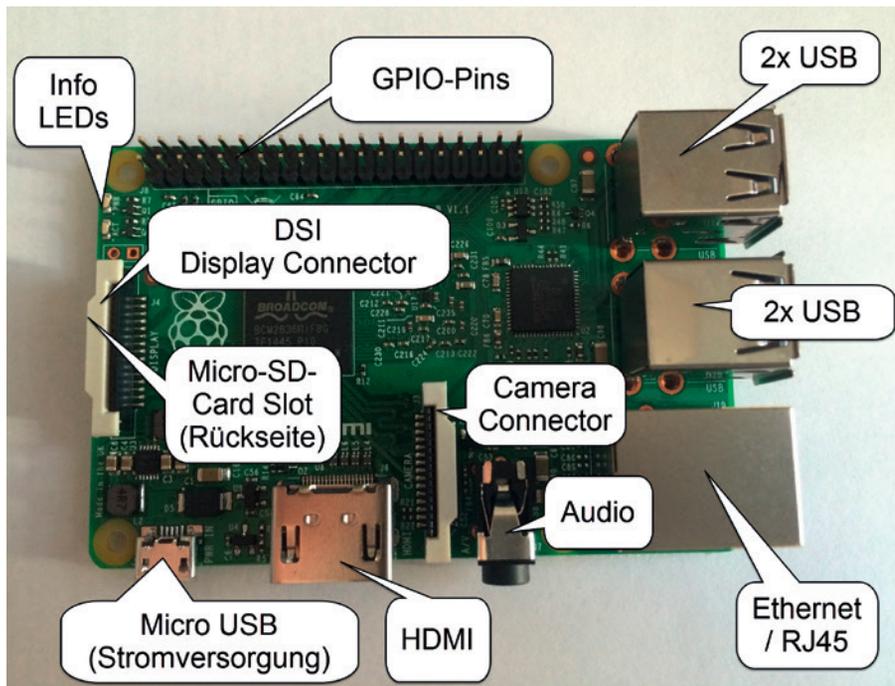


Bild 2.1 Übersicht der Anschlüsse des Raspberry Pi 2

■ 2.5 Schnittstellen

Der Raspberry verfügt über eine 40-polige Steckerleiste, auf der die GPIO-Ports angeordnet sind. Über diese Steckerleiste werden verschiedenste Schnittstellen zum Raspberry bereitgestellt. Bild 2.2 zeigt eine Übersicht über die GPIO-Pins. Dieser Zeichnung können Sie die Nummerierung der Ports als auch deren Beschaltung entnehmen.

Die angebotenen Pins haben unterschiedliche Funktionen. Da sind zunächst die Pins zur Versorgungsspannung (3,3V und 5V) und Masse-Pins (Ground, 0V). Bei den restlichen Pins handelt es sich um Kontakte, die frei als Ein- oder Ausgänge verwendet werden können (GPIO). Einige dieser GPIO-Ports haben noch eine Sonderfunktion, da sie weitere Schnittstellen (I²C, UART und SPI) bereitstellen.

In den folgenden Abschnitten werden diese Schnittstellen näher erläutert, da diese auch für die Programmierung unter Windows 10 zur Verfügung stehen.