

# Der Raspberry Pi

In diesem Kapitel werden Sie die verschiedenen Komponenten des Raspberry Pi kennenlernen. Ich werde Ihnen die Anschlüsse und Interfaces vorstellen, die den Raspberry Pi mit der Außenwelt verbinden. Außerdem werde ich Ihnen kurz die zwei wichtigsten ICs auf dem Board und deren Funktion erläutern.

## 1.1 Das Board

Wenn Sie noch keinen Raspberry Pi besitzen, stellt sich zum einen die Frage, wo Sie ihn erwerben können und ob Sie etwas beim Kauf beachten müssen. Da sich der Raspberry Pi mittlerweile so großer Beliebtheit erfreut, ist er in fast jedem gut sortierten Elektronik-Versandhandel zu bekommen. Wenn Sie nach dem Raspberry Pi suchen, werden Ihnen wahrscheinlich unterschiedliche Modelle angezeigt, die sich erst mal im Preis unterscheiden. Die Modelle A und A+ sind mittlerweile schon ein bisschen aus der Mode gekommen, da sie über keinen Netzwerkanschluss verfügen und sich preislich kaum von den größeren Modellen mit Netzwerk unterscheiden. Oft wird das A-Modell auch nicht mehr zum Verkauf angeboten.

Der wesentliche Unterschied zwischen den Modellen B und B+ liegt an der Anzahl der GPIO-Ports. Was sich genau hinter den GPIO-Ports verbirgt, werde ich Ihnen weiter hinten noch aufzeigen. Im Gegensatz zu den A-Modellen bieten die B-Modelle doppelt so viel RAM-Speicher.

Das Flaggschiff der Raspberry-Pi-Modelle ist das Modell 2 B, das seit 2015 auf dem Markt ist. Es bietet den meisten Arbeitsspeicher und hat einen erheblichen Geschwindigkeitsvorteil gegenüber den kleineren Modellen, ist aber auch das teuerste Modell. Wenn man die Modelle mit dem 40-poligen Pfostenstecker miteinander vergleicht, so liegt der ungefähre Preis bei 23 Euro für das A+-Modell, 28 Euro für das B+-Modell und 38 Euro für das Modell 2 B. Für welches Modell man sich nun entscheidet, hängt auch von der Verwendung ab. Alle Beispiele, die in diesem Buch vorgestellt werden, laufen auch mit den B-Modellen. Die A-Modelle fallen bei einigen Anwendungen wegen des fehlenden Netzwerkanschlusses raus.

Modell	RAM-Speicher	USB	Ethernet	Pfostenstecker
A	256MB	1x	-	26
A+	256MB	1x	-	40
B	512MB	2x	10/100 Mbit	26

**Tabelle 1.1:** Die Modelle im Vergleich

Modell	RAM-Speicher	USB	Ethernet	Pfostenstecker
B+	512MB	4x	10/100 Mbit	40
2 B	1024MB	4x	10/100 Mbit	40

**Tabelle 1.1:** Die Modelle im Vergleich (Forts.)

Die B-Modelle unterstützen an ihren USB-Anschlüssen die meisten USB-2.0-Geräte. Wenn Ihnen die Anzahl der USB-Anschlüsse nicht ausreicht, können Sie über einen USB-Hub mit eigener Spannungsversorgung weitere hinzufügen. Wollen Sie zum Beispiel eine Tastatur, eine Maus und einen WLAN-Stick an den Raspberry Pi anschließen, kommen Sie bei den Modellen A, A+ und B nicht ohne einen USB-Hub aus.

### 1.1.1 Der Prozessor

Das Herzstück des Raspberry Pi ist ein sogenannter SoC. Die Abkürzung SoC steht für System-on-a-Chip und bedeutet so viel wie, dass in einem einzelnen Chip die wichtigsten Komponenten für ein Rechnersystem untergebracht sind. Das Konzept, mehrere Hardware-Komponenten in einem IC zu integrieren, wird in fast allen mobilen Geräten genutzt. Der Grund dafür ist natürlich die platzsparende Bauweise. Im Falle des Raspberry Pi handelt es sich außer bei dem Modell 2 B um den SoC BCM2835 der Firma Broadcom. In ihm ist die 32-Bit-CPU ARM1176JZF5 untergebracht. Sie wird mit 700 Mhz getaktet und unterstützt die Verarbeitung von Gleitkommazahlen.

Das Modell 2 B hat den SoC BCM2836, in dem sich eine ARM-Cortex-A7-CPU befindet. Sie besitzt vier Kerne und wird mit 900 Mhz getaktet. Damit ist sie über sieben Mal schneller als die der einfachen B-Modelle.

### 1.1.2 Die GPU (Graphics Processing Unit)

In dem BCM2835 und BCM2836 befindet sich auch der Grafikprozessor Videocore 4 von Broadcom. Er ist in der Lage, BluRay-Qualität mit H.264 bei 40MBits/s zu verarbeiten. Um 3D-Grafiken schneller verarbeiten zu können, greift die GPU auf die mitgelieferte OpenGL-ES2.0-Bibliothek zu. Die Verarbeitung von Vektor- und Rastergrafiken wird durch die OpenVG-Bibliothek realisiert. Die hinter diesen Bibliotheken stehenden Spezifikationen wurden hauptsächlich für eingebettete Systeme wie Mobiltelefone und Spielkonsolen entwickelt.

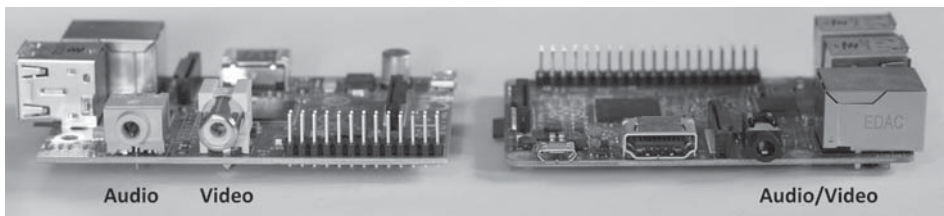
Damit Sie sich vorstellen können, wie leistungsfähig die GPU in Bezug auf die 3D-Verarbeitung ist, möchte ich Ihnen ein paar Eckdaten vorstellen. Für eine technische Bewertung des Grafikprozessors dienen die Werte GFLOPs/s, Gpixel/s und Gtexel/s. GFLOPs/s sind die maximale Anzahl von Fließkomma-Operationen in Giga pro Sekunde. Gpixel/s und Gtexel/s geben die maximale Anzahl zu verarbeitenden Pixel und Texturelemente in Giga pro Sekunde an. Da hier die reinen Zahlenwerte nicht wirklich ein Gefühl dafür geben, was der Grafikprozessor zu leisten vermag, habe ich die Videocore-4-GPU mit zwei Grafikkarten, wie sie in einem PC verwendet werden, verglichen und in der folgenden Tabelle gegenübergestellt.

Model	Rechenleistung in GFLOPS/s	Pixelfüllrate in Gpixel/s	Texelfüllrate in Gtexel/s
Raspberry Pi mit der Videocore 4	24	1	1,5
Geforce 8200 MG	19,2	1,6	3,2
Geforce 9800 MGTS	288	9,6	16

**Tabelle 1.2:** Die GPU des Raspberry Pi im Vergleich mit zwei anderen Grafikkarten

Den Video-Ausgang der GPU können Sie entweder über den HDMI-Anschluss mit einem Monitor oder wahlweise über den Composite-Ausgang für einen TV-Scart-Anschluss mit einem Fernseher verbinden. Wenn ich mal davon ausgehe, dass es in fast jedem Haushalt einen Fernseher oder ein Computermonitor gibt, der mindestens eine der beiden Schnittstellen unterstützt, sind dies wohl die einfachsten und auch günstigsten Varianten, um eine Ausgabe für den Raspberry Pi zu realisieren. Wenn Sie den HDMI-Anschluss verwenden, wird der Audio-Ausgang über den Klinkestecker nicht benötigt, da das HDMI-Interface auch Audio unterstützt.

Die zur Verfügung stehenden Videoausgänge unterscheiden sich etwas bei den verschiedenen Modellen. So hat das Modell B für den Composite-Ausgang eine eigene Buchse. Bei den Modellen B+ und 2 B gibt es eine Buchse für einen Klinkestecker, auf dem der Composite-Ausgang und der Audio-Ausgang zur Verfügung liegen. Die HDMI-Ausgänge sind aber gleich geblieben. Schauen Sie sich dazu Abbildung 1.1 an. Dort ist auf der linken Seite das Modell B mit den zwei getrennten Buchsen für Audio und Composite und auf der rechten Seite das Modell 2 B mit einer Buchse für Audio und Composite zu sehen.



**Abb. 1.1:** Audio- und Videoausgänge beim Modell B und den Modellen 2 B und B+

### 1.1.3 Audio

Der Audio-Ausgang steht über einen 3,5-mm-Klinkestecker zur Verfügung und kann an einen Verstärker oder über ein Adapterkabel zusammen mit dem Composite-Ausgang auf einen Scart-Stecker gelegt werden. Die Ausgangsleistung ist aber so gering, dass Sie einen Lautsprecher nicht direkt ansteuern können. Sie benötigen hier also einen zusätzlichen Verstärker oder eine Aktivbox.

Die Tonqualität des Audio-Ausgangs über den Klinkestecker ist nicht bei allen Modellen gleich. Bei den Modellen A+, B+ und 2 B wurde die Audioqualität gegenüber den Modellen A und B verbessert. Dies macht sich aber erst bemerkbar, wenn Sie den Raspberry Pi an ein rauscharmes Netzteil anschließen. Wenn Sie auf bessere Audioqualität Wert legen, sollte das

Netzteil einen Filter besitzen. Für diese Zwecke ist dann ein klassisches Netzteil mit Trafo, Festspannungsregler und Filter gegenüber einem einfachen Schaltnetzteil vorzuziehen.

Neben dem Audio-Ausgang werden Sie vielleicht eine Eingangsbuchse vermissen, die Sie auf dem Board auch nicht finden werden. Wenn Sie Audio-Eingänge benötigen, können Sie diese z.B. über ein USB-Mikrofon realisieren. Für zusätzliche Audio-In/Out-Geräte steht außerdem der I<sup>2</sup>S-Bus auf dem GPIO-Interface zur Verfügung.

### 1.1.4 Netzwerk und USB

Bei einem Blick auf das Board fällt neben dem SoC noch ein zweites IC ins Auge. Und zwar das LAN9512 der Firma SMSC. In ihm steckt ein Netzwerk-Adapter mit 10/100-Ethernet- und Full-duplex-Betrieb-Unterstützung. Außerdem wird darüber der USB-2.0-Hub bereitgestellt.

In Abbildung 1.2 sehen Sie den Netzwerk- und USB-Anschluss des Raspberry Pi. Auf der linken Seite ist das Modell B und auf der rechten Seite das Modell 2 B im Vergleich dargestellt. Das Modell 2 B besitzt an seinem Netzwerkstecker zwei LEDs, wobei eine den Betriebsmodus des Netzwerkadapters und die andere die Netzwerkaktivität anzeigt. Bei dem Modell B sitzen diese LEDs direkt auf dem Board.

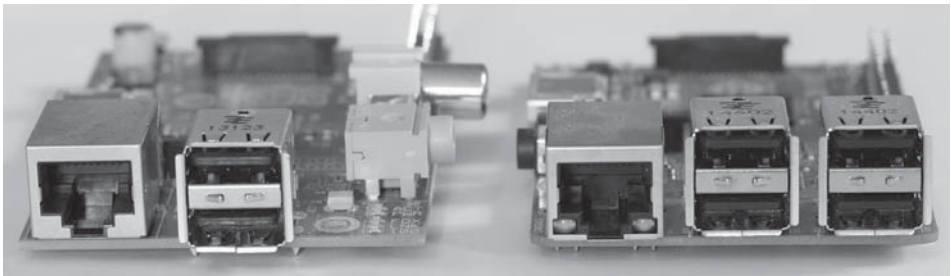


Abb. 1.2: Netzwerk- und USB-Anschlüsse beim Modell B und 2 B

### 1.1.5 CSI (Camera Serial Interface)

Für den Raspberry Pi gibt es zwei verschiedene 5-Megapixel-Keramodule, die über ein Folienbandkabel angeschlossen werden. Der verwendete Sensor ist bei beiden Modulen gleich und hat eine Auflösung von  $2592 \times 1944$  Pixeln und ist in der Lage, Videos mit einer Auflösung von 1080p und 30 Bildern in der Sekunde aufzunehmen. Zum Betrieb des Kameramoduls muss aber vorher ein Treiber installiert werden.

Die beiden Kameramodule unterscheiden sich nur dadurch, dass das NoIR-Keramodul keinen Infrarotfilter besitzt. Hierdurch können Sie mit dieser Kamera Infrarotaufnahmen und Aufnahmen bei schlechter Beleuchtung durchführen.

### 1.1.6 DSI (Display Serial Interface)

Über den DSI-Anschluss können Sie Displays mit Folienbandkabel anschließen. Beim Kauf eines solchen Displays sollten Sie aber unbedingt darauf achten, dass es für das Display einen Treiber gibt, der für das Betriebssystem des Raspberry Pi getestet ist.

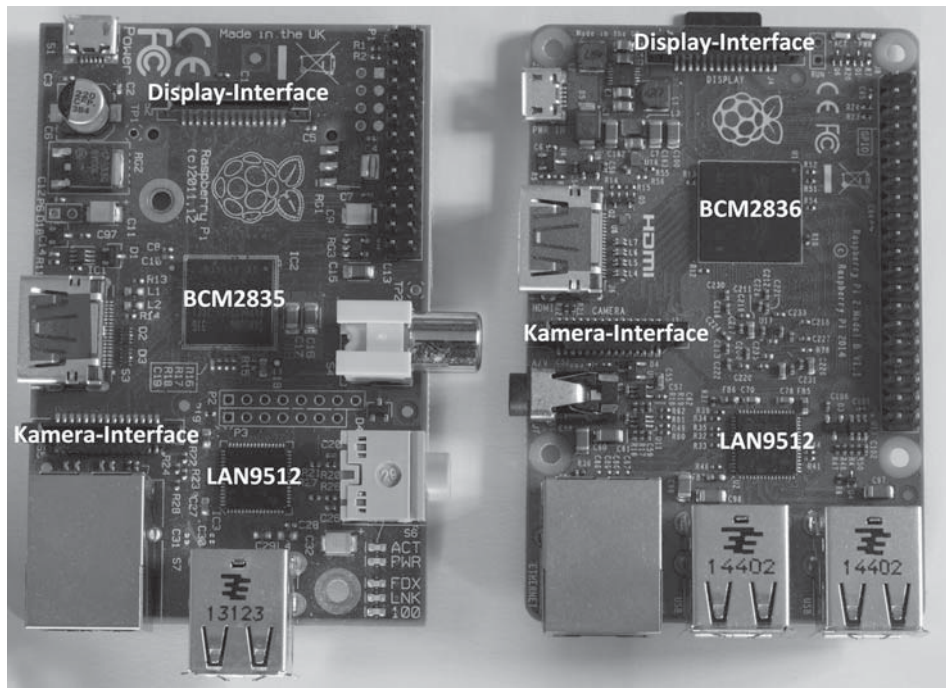
Das offizielle Raspberry-Pi-Display hat die Raspberry Pi Foundation im Juni 2015 vorgestellt. Es handelt sich dabei um ein 7-Zoll-Display mit einer Auflösung von 800 x 480 Punkten und wird über das DSI-Interface mit dem Raspberry Pi verbunden. Wenn Sie die aktuelle Betriebssystemversion nutzen, brauchen Sie für das Display auch keinen Treiber zu installieren. Die Kosten für dieses Display betragen ungefähr 80 Euro.

Einige Firmen bieten auch Displays an, die über die 26- oder 40-polige Steckerleiste des Raspberry Pi angeschlossen werden. So bietet die Firma HwLevel für den Raspberry Pi direkt vier verschiedene TFT-LCD-Displays zwischen 3,2" und 5" an, die alle direkt über den GPIO-Stecker mit dem Raspberry Pi verbunden werden. Für das günstigste Display liegt der Preis bei ca. 40 Euro.

Modell	Größe	Auflösung
LCD-PI32	3,2"	320 × 240
LCD-PI33	3,3"	320 × 480
LCD-PI43	4,3"	480 × 272
LCD-PI50	5,0"	480 × 272

**Tabelle 1.3:** TFT-LCD-Displays der Firma HwLevel

In Abbildung 1.3 können Sie sich die Lage des Display- und Kamera-Interface von Modell B und 2 B anschauen.



**Abb. 1.3:** Überblick über die Modelle B und 2 B

### 1.1.7 Status-LEDs

Auf dem Board B befinden sich in der rechten oberen Ecke 5 Status-LEDs, die Ihnen einige wichtige Informationen liefern. Eine kurze Erklärung zu den Status-LEDs finden Sie in der folgenden Tabelle.

ACT	Leuchtet immer dann, wenn auf die SD-Karte zugegriffen wird.
PWR	Zeigt an, dass der Raspberry Pi mit der Stromversorgung verbunden ist.
FDX	Durch diese LED wird der Full-duplex-Betrieb des Netzwerkadapters angezeigt.
LNK	Immer wenn Netzwerk-Aktivitäten ausgeführt werden, zeigt LNK dies an.
100	Der Netzwerkadapter arbeitet im 100-Mbps-Modus.

Tabelle 1.4: Die Bedeutung der Status-LEDs

Bei den Modellen A+, B+ und 2 B befinden sich nur noch die zwei Status-LEDs ACT und PWR direkt auf dem Board. Zwei Status-LEDs für das Netzwerk finden sich bei diesen Boards direkt am Netzwerkstecker. Den Vergleich zwischen den beiden Modellen B und 2 B zeigt Abbildung 1.4.

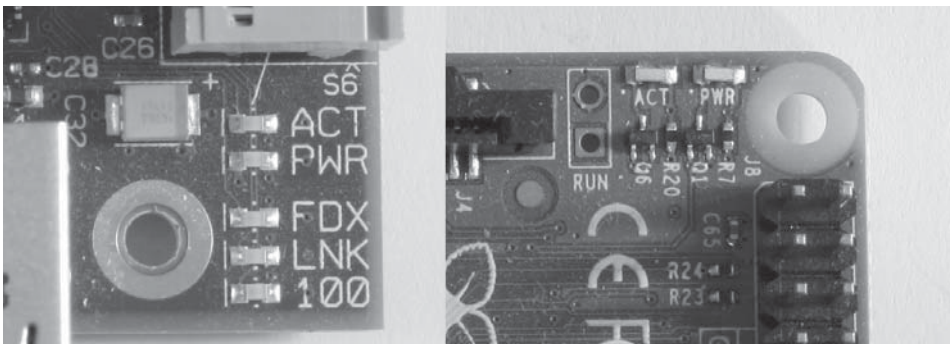


Abb. 1.4: Status-LEDs bei den Modellen B und 2 B

### 1.1.8 Der Schacht für die SD-Karte

Die Aufnahme für die SD-Karte befindet sich bei allen Modellen auf der Unterseite des Boards. Die SD-Karte wird hier von der Seite in den Schacht eingeschoben und ragt ein Stück über den Rand der Platine hinaus. Bei den Modellen A und B besitzt der Raspberry Pi einen SD-Schacht und bei den Modellen A+, B+ und 2 B einen microSD-Schacht. Den Vergleich zwischen beiden Varianten können Sie in Abbildung 1.5 sehen.

Im nächsten Kapitel werde ich Ihnen zeigen, wie Sie das Betriebssystem des Raspberry Pi auf die SD-Karte kopieren können. Auf ihr wird aber nicht nur das Betriebssystem installiert, sondern sie nimmt auch alle Daten und Programme auf, die Sie auf dem Raspberry Pi benötigen.

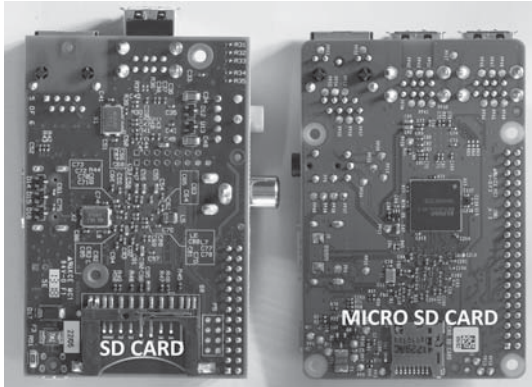


Abb. 1.5: Der SD-Schacht beim Modell B und der microSD-Schacht beim Modell 2 B

### 1.1.9 GPIO (General Purpose Input and Output)

Die 26- beziehungsweise 40-polige Steckerleiste ist die Schnittstelle zu einer ganzen Reihe von Bus-Systemen und einfachen digitalen Ein- und Ausgängen, die Sie über selbst geschriebene Programme ansprechen können. Die Modelle A und B besitzen eine 26-polige Steckerleiste und die Modelle A+, B+ und 2 B eine 40-polige Steckerleiste. In Abbildung 1.6 sehen Sie Position und Nummerierung der Steckerleiste.

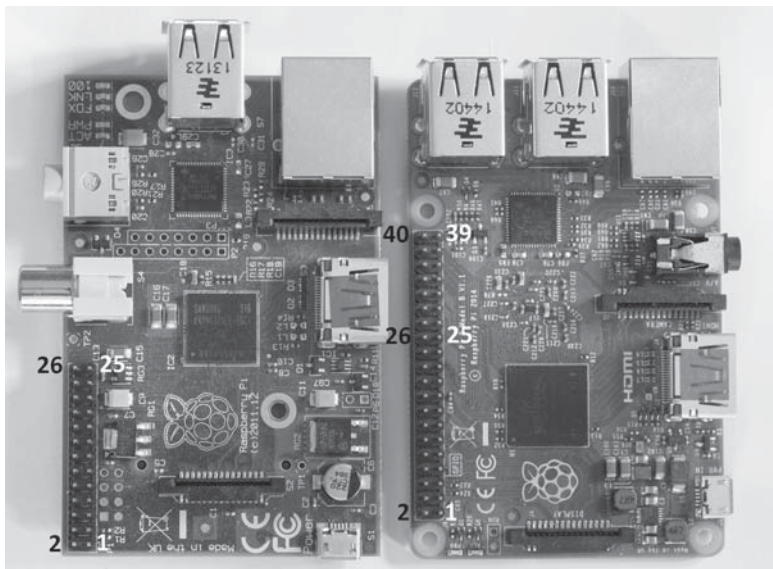


Abb. 1.6: Nummerierung der 26- und 40-poligen Steckerleiste

Einen ersten Überblick über die Belegung der einzelnen Pins zeigt die nächste Tabelle. Beachten Sie bitte, dass in der Tabelle die Belegungen für die 26- und 40-polige Steckerleiste angegeben sind.

Leider gibt es unterschiedliche Bezeichnungen für die einzelnen Pins. Dies liegt ganz einfach daran, dass oft die Pinbezeichnung angegeben wird, wie sie in der Spezifikation des Broadcom SoC definiert ist. Diese sehr Hardware-nahe Bezeichnung kann bei verschiedenen Releases zu einem Modell variieren. Die Bezeichnungen, die in der folgenden Tabelle zu sehen sind, beziehen sich alle auf die in diesem Buch benutzte Java-Bibliothek Pi4J. In Pi4J wurden diese Bezeichnungen abstrahiert und sind deshalb von der eigentlichen Hardwarebezeichnung unabhängig und machen es uns als Java-Programmierer einfacher, da Sie sich nicht um verschiedene Releases eines Boards kümmern müssen.

Die Bedeutung der einzelnen Ports auf der Steckerleiste werden Sie im Laufe des Buches noch kennenlernen.

A+/B+/2 B	A/B	GPIO		A/B	A+/B+/2 B
3,3 V		1	2	5,0 V	
<b>GPIO8</b> SDA <sub>I</sub> (I <sup>2</sup> C)	<b>GPIO8</b> SDA <sub>O</sub> (I <sup>2</sup> C)	3	4	5,0 V	
<b>GPIO9</b> SCL <sub>I</sub> (I <sup>2</sup> C)	<b>GPIO9</b> SCL <sub>O</sub> (I <sup>2</sup> C)	5	6	0,0 V	
<b>GPIO7</b>		7	8	<b>GPIO15</b> TxD	
0,0 V		9	10	<b>GPIO16</b> RxD	
<b>GPIO0</b>		11	12	<b>GPIO1</b>	
<b>GPIO2</b>		13	14	0,0 V	
<b>GPIO3</b>		15	16	<b>GPIO4</b>	
3,3 V		17	18	<b>GPIO5</b>	
<b>GPIO12</b> MOSI (SPI)		19	20	0,0 V	
<b>GPIO13</b> MISO (SPI)		21	22	<b>GPIO6</b>	
<b>GPIO14</b> SCLK(SPI)		23	24	<b>GPIO10</b> CE <sub>O</sub> (SPI)	
0,0 V		25	26	<b>GPIO11</b> CE <sub>I</sub> (SPI)	
SDA <sub>O</sub> ( EEPROM)		27	28		SCL <sub>O</sub> ( EEPROM)
<b>GPIO21</b>		29	30	0,0 V	
<b>GPIO22</b>		31	32	<b>GPIO26</b>	
<b>GPIO23</b>		33	34	0,0 V	
<b>GPIO24</b>		35	36	<b>GPIO27</b>	
<b>GPIO25</b>		37	38	<b>GPIO28</b>	
0,0 V		39	40	<b>GPIO29</b>	

Tabelle 1.5: Die Pinbelegung der Steckerleiste

Wenn Sie weitere Information zu den verschiedenen Board-Versionen suchen, empfehle ich Ihnen die folgende Webseite

[http://elinux.org/Rpi\\_Low-level\\_peripherals](http://elinux.org/Rpi_Low-level_peripherals).



## 1.2 Ein Gehäuse für den Raspberry Pi

In vielen Veröffentlichungen sieht man den Raspberry Pi in interessanten Projekten die unterschiedlichsten Aufgaben ausführen. Nur leider liegt er dabei oft vollkommen schutzlos auf einem Schreibtisch oder einer Werkbank. Dabei reicht ein Stück Kupferdraht oder eine Büroklammer aus, um den kleinen Linux-Rechner ins Jenseits zu befördern. Ein Kurzschluss kann dann dazu führen, dass die sensible Elektronik zerstört wird und das Board nicht mehr zu reparieren ist. Und dies wäre doch echt schade, da ein einfaches Gehäuse für ca. 5 Euro den Raspberry Pi schon gut schützen kann. Aber nicht nur im Betrieb, sondern auch durch statische Aufladung oder zu starker mechanischer Beanspruchung der Multi-layer-Platine kann er für immer unbrauchbar werden. Für den Einsatz im Elektroniklabor bieten sich besonders die Gehäuse an, bei denen die Steckerleiste des Raspberry Pi von außen zugänglich ist. Bei einem solchen Gehäuse können Sie so die Ports der Steckerleiste mit einem Adapter auf ein Steckbrett führen.

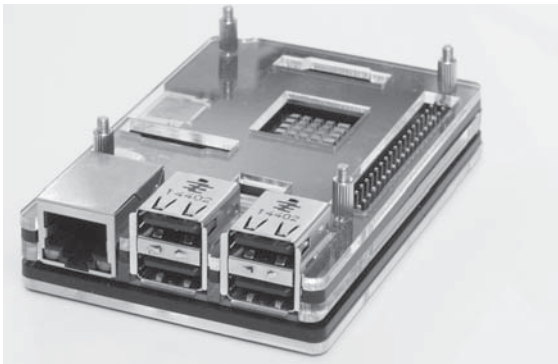


Abb. 1.7: Der Raspberry Pi im Gehäuse

## 1.3 Das richtige Netzteil

Für den Raspberry Pi benötigen Sie ein 5-V-Netzteil mit Micro-USB-Stecker. Eine einwandfreie Funktion ist aber nur gewährleistet, wenn das Netzteil auch ausreichend Strom liefern kann. Der minimale Verbrauch ohne angeschlossene Geräte ist hier für Modell B ab 700 mA und für Modell A ab 500 mA zu berücksichtigen. Sie sollten sich vor dem Anschließen weiterer Komponenten unbedingt über den Stromverbrauch informieren. So kann der Stromverbrauch von Maus und Tastatur zwischen 100 mA und 1000 mA liegen. Für die richtige Auswahl hilft hier die eLinux-Webseite, auf der viele getestete Komponenten zu finden sind.

[http://elinux.org/RPi\\_VerifiedPeripherals](http://elinux.org/RPi_VerifiedPeripherals)

Verbinden Sie den Raspberry Pi über ein HDMI-Kabel mit einem Monitor, müssen Sie hier mit einem Verbrauch von 50 mA und beim Anschluss des Kameramoduls mit 250 mA rechnen. Die GPIO-Ports dürfen zusammen nicht mehr als 50 mA liefern. Ein einzelner Port kann aber maximal 16 mA bereitstellen.

Wenn Sie für den ersten Probelauf Ihres Raspberry Pi eine Maus und eine Tastatur mit geringem Stromverbrauch und einen Monitor über HDMI anschließen, reicht ein 1,0-A-Steckernetzteil aus. Bei einigen Projekten in diesem Buch muss das Netzteil aber nicht nur den Raspberry Pi, sondern auch zusätzliche Hardware mit Strom versorgen. Aus diesem Grunde habe ich mich hier für ein 2-A-Schaltnetzteil entschieden. Wollen Sie später zusätzliche Geräte über die USB-Anschlüsse nutzen, sollten Sie hierfür einen USB-Hub mit eigener Stromversorgung verwenden.

## 1.4 Tastatur, Maus und HDMI-Kabel

Wenn Sie eine Tastatur und Maus für den Raspberry Pi kaufen wollen, sollten Sie sich, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, die Liste mit getesteten Geräten auf der eLinux-Webseite anschauen. Auch wenn wir den Raspberry Pi so konfigurieren wollen, dass er headless betrieben werden kann, benötigt man doch immer wieder die Eingabe über Tastatur und Maus.

Ich habe alle Java-Programme, die ich in diesem Buch erläutern werde, direkt am Raspberry Pi entwickelt. Die Entwicklungsumgebung, die ich Ihnen später noch vorstellen werde, läuft über einen direkten Zugang viel flüssiger als über eine Remote-Verbindung.

Wenn Sie keinen Monitor mit HDMI-Eingang besitzen, gibt es für den Anschluss an einen Monitor mit DVI-Eingang Adapterkabel. Für die Verbindung zu einem Monitor mit VGA-Eingang reicht ein einfaches Adapterkabel nicht aus. Hier benötigen Sie dann einen aktiven Adapter mit eigener Stromversorgung. Als letzte Alternative können Sie Ihren Raspberry Pi natürlich auch über den Composite-Ausgang mit einem Fernseher verbinden.

## 1.5 Die SD-Karte

Um den Raspberry Pi starten zu können, benötigen Sie eine SD-Karte mit einem Linux-Betriebssystem. Die Raspberry Pi Foundation stellt auf ihrer Webseite eine Reihe von verschiedenen Betriebssystemen zum Download zur Verfügung, die alle auf dem Raspberry Pi laufen und für ihn optimiert worden sind. Egal, für welches System man sich entscheidet, man braucht mindestens eine Speicherkapazität von 4 GB. Da man neben dem reinen Betriebssystem noch weitere Software installieren und natürlich auch eigene Daten speichern möchte, sollte die SD-Karte ausreichend groß sein. Auch hier empfehle ich Ihnen einen Blick auf die eLinux-Webseite, auf der es eine riesige Auswahl getesteter Karten gibt.

[http://elinux.org/RPi\\_SD\\_cards](http://elinux.org/RPi_SD_cards)

Neben der Größe sollten Sie auch auf die Klasse der Karte achten, die ein Maß für die Geschwindigkeit der Schreib-/Lesezugriffe angibt. Ich würde Ihnen hier immer eine schnelle Karte empfehlen, die positiv getestet wurde.

Stellen Sie beim Arbeiten am Raspberry Pi fest, dass Sie Text nicht zügig schreiben können oder die Eingabe immer wieder stockt, wird dies wahrscheinlich an einer langsamen SD-Karte liegen und nicht an der Verarbeitungsgeschwindigkeit des Prozessors.