

Patrick Leiner

# ROVERDROHNE SELBER BAUEN & TUNEN

Ohne Vorkenntnisse

- Autonomes Fahren
- Cockpitansticht mit FPV
- Akku über Solar laden

**Schritt für Schritt  
selbst gebaut**

Zusatz-  
material  
zum  
Download



Roverdrohne erweitern: drei verschiedene FPV-Kameras, Scheinwerfer und Solaranlage zum Laden der Akkus.

FRANZIS

Komplett  
in Farbe

Patrick Leiner

**ROVERDROHNE  
SELBER BAUEN & TUNEN**

Patrick Leiner

# ROVERDROHNE

## SELBER BAUEN & TUNEN

Ohne Vorkenntnisse



## Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Hinweis: Alle Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag und der Autor sehen sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, dass sie weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen können. Für die Mitteilung etwaiger Fehler sind Verlag und Autor jederzeit dankbar. Internetadressen oder Versionsnummern stellen den bei Redaktionsschluss verfügbaren Informationsstand dar. Verlag und Autor übernehmen keinerlei Verantwortung oder Haftung für Veränderungen, die sich aus nicht von ihnen zu vertretenden Umständen ergeben. Evtl. beigefügte oder zum Download angebotene Dateien und Informationen dienen ausschließlich der nicht gewerblichen Nutzung. Eine gewerbliche Nutzung ist nur mit Zustimmung des Lizenzinhabers möglich.

© 2017 Franzis Verlag GmbH, 85540 Haar bei München

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträgern oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen von Hard- und Software sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

**Lektorat:** Ulrich Dorn

**Aufmachergrafiken:** Mathias Vietmeier

**Satz & Layout:** DTP-Satz A. Kugge, München

**art & design:** [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)

ISBN 978-3-645-20524-5

# VORWORT

Der technische Wandel unserer Zeit schreitet schneller und zielstrebig voran als je zuvor. Selbstfahrende Autos, Drohnen, die Pakete ausliefern, und Flugzeuge, die bald Personen über die verkehrschaotischen Straßen hinweg befördern werden, um so jeden Stau zu umgehen – alles zielt auf ein großes technologisches Ziel ab, nämlich die autonome Robotik. Der Mensch strebt danach, immer intelligentere Maschinen zu entwickeln, die ihm das Leben erleichtern. Genau dafür werden heute schon Fahrzeuge, humanoide Roboter sowie natürlich die Hauselektronik weiterentwickelt, damit sie mit der Zeit komplexere Aufgaben erledigen können, ohne dass der Mensch eingreifen muss. Autonome Fahrzeuge, Flugzeuge und Roboter sind der Zukunftstrend schlechthin.

Nach meinem ersten Buch »Drohnen selber bauen & tunen«, in dem ich die gesamte Technik der Multicopterdrohnen erkläre sowie drei Projekte zum Nachbauen beschreibe, war ich mir sicher, dass es noch viele andere Möglichkeiten gibt, die Steuerelektronik der fliegenden Multicopterdrohnen zu nutzen, um weitere Projekte, auch am Boden, umzusetzen.

Man bekommt als Kind das allererste Modellauto geschenkt und ist sofort fasziniert von der Technik, mit der sich das Modell über eine Fernsteuerung lenken lässt.

Wenn man älter wird, werden auch die Modellautos immer größer, und ein Benzinmotor im Modell kann so richtig was hermachen. Mit dem Nitro-Monstertruck durch Staub und Matsch – das macht mächtig Spaß. Seit über 15 Jahren begeistern mich als Modellflugpilot nicht nur Modellflugzeuge, sondern auch die RC-Car-Welt. Wenn man sich außerdem für Raumfahrt und speziell für die Rovertechnik interessiert, drängen sich Gedanken dazu auf, wie man mit der Technik, die heute jedem zugänglich ist, solch ein Gefährt mit autonomer Steuerung, Kameras an Bord und einer Solaranlage, die die Akkus wieder auflädt, selbst bauen kann. Solch ein interessantes Projekt wie den Bau einer Roverdrohne muss man einfach realisieren.

Gerade die autonome Steuerung eines Rovers ist eine Herausforderung. Gut, dass es schon aus der Drohnenwelt Möglichkeiten, sprich Hard- und Software, gibt, die genau für solch einen Zweck eingesetzt werden können. Das Open-Source-System ArduPilot (APM), das neben der Steuerung eines Multicopters weitere Einsatzfelder vorprogrammiert hat, kann dafür wunderbar verwendet werden. Diesem autonomen Rover, dem ArduRover, werden wir uns in diesem Buch widmen. Sie werden den Aufbau des Systems und der Hardware kennenlernen sowie eine eigene Roverdrohne damit bauen und diese zudem mit einer FPV- und einer Solaranlage tunen. Viel Spaß beim Lesen und Bauen.

Patrick Leiner

## AN WEN RICHTET SICH DIESES BUCH?

Sie interessieren sich für ferngesteuerte Automodelle, Raumfahrt- und Rovertechnik sowie für neue Technologien wie etwa selbstfahrende Autos, oder Sie haben schon früher mit einem Lego®-Mindstorms-Roboter herumexperimentiert und möchten nun tiefer in die Welt der autonomen Fahrzeuge und ihrer Technik eintauchen, dann ist dieses Buch genau das richtige für Sie. Es richtet sich an alle technikbegeisterten Do-it-yourself-Elektronikbastler, die selbst einmal Schraubenzieher und Lötkolben in die Hand nehmen und ein eigenes, selbstfahrendes Roverfahrzeug mit vielen Features bauen möchten. Auch Trendthemen wie das Verbauen einer FPV-Anlage und der Antrieb mit einer Solaranlage kommen nicht zu kurz.

In diesem Buch lernen Sie von Grund auf, wie ein Roverfahrzeug aufgebaut ist, wie man es zu einer autonomen Roverdrohne umbauen kann und wie Sie das Gefährt tunen können, indem Sie eine FPV-Anlage mit drei verschiedenen Kameras und eine komplette Solaranlage, mit der der Akku geladen werden kann, planen und einbauen. FPV (*First Person View*) ist zurzeit voll im Trend und sorgt dafür, dass der Pilot des Fahrzeugs die Innenperspektive, mit Blick aus dem Rover heraus, einnimmt. Weite Feldwege, unwegsame Waldgebiete, ob bei Tag oder in der Nacht, mit der selbst eingebauten FPV-Anlage entdecken Sie immer wieder neue Gebiete, die es mit der Roverdrohne aus der Cockpitsicht zu erkunden gilt.

Beim Bau des Rovers spielt das Flugkontrollsystem ArduPilot (APM), das normalerweise in Multicoptern eingebaut ist, eine große Rolle. Die Roverdrohne wird mit dieser Technik ausgestattet, sodass sie auch autonome Missionen, die vorher geplant wurden, ausführen kann. Es wird also ein kompletter ArduRover geplant und gebaut. Wer braucht schon eine Steckdose?

Wenn Sie sich auch für das Thema Solarenergie und Solaranlagen begeistern und schon immer einmal ein Solarprojekt selber in Angriff nehmen wollten, kommen Sie von diesem Buch nicht mehr los, denn am Schluss des Roverdrohnen-Bauprojekts wird eine komplette Solaranlage geplant und verbaut, die nicht nur den Akku laden kann, sondern ihn bei der Fahrt auch aktiv entlastet, indem sie den Motoren einen extra Powerschub liefert. Wenn Sie sich also für einzelne oder sogar alle diese Themen interessieren und begeistern, werden Sie dieses Buch nicht mehr aus der Hand legen wollen.

## WIE IST DIESES BUCH AUFGEBAUT?

Dieses Buch führt Sie durch die Welt der Fahrzeugdrohnen (Roboterfahrzeuge), ihrer Bestandteile und des Selberbauens einer eigenen Roverdrohne. Vom kompletten Bau bis hin zum Tuning mit einem FPV-System und der Installation einer Solaranlage ist alles detailliert beschrieben und zum Nachbauen mit Bildern dokumentiert.

Der erste Teil des Buchs macht Sie mit der Technik und dem Aufbau eines Rovers sowie mit seinen Bestandteilen vertraut. Nachdem Sie wissen, wie ein Rover eigentlich zu einer Roverdrohne wird, befasst sich der zweite Teil des Buchs mit dem kompletten Bau einer eigenen Roverdrohne. Alles ist detailliert bebildert und dokumentiert, sodass das Nachbauen einfach zu realisieren ist und vor allem Spaß macht. In diesem Buch können Sie sich also auf folgende Kapitel und Themen freuen:

- ▶ **Kapitel 1 – Roverdrohne: der Fahrroboter**  
Im ersten Kapitel des Buchs dreht sich alles um die fahrende Roverdrohne. Was macht solch ein Fahrzeug aus, wo wird es eingesetzt, und wie wird überhaupt ein Rover zur Roverdrohne?
- ▶ **Kapitel 2 – Bausteine der Roverdrohne**  
Hier finden Sie alles, was Sie über eine Roverdrohne wissen müssen. Wie ist solch ein Gefährt aufgebaut, und aus welchen Bauteilen besteht es? Vom Grundgerüst über das eigentliche Roverfahrzeug und die RC-Car-Welt bis zu den Motoren und wie diese betrieben werden, finden Sie hier alles Wissenswerte. Auch das große und interessante Themengebiet der LiPo-Akkus wird behandelt, genauso wie der Aufbau und die Funktionsweise eines Flightcontrollers, der für den autonomen Betrieb benötigt wird.
- ▶ **Kapitel 3 – Bau einer Roverdrohne**  
In diesem Kapitel stellen wir die ersten Überlegungen an zum Bau der eigenen Roverdrohne und was sie alles können soll, denn gut geplant ist schon halb gebaut. Welche Bauteile benötige ich? Und was passt überhaupt zusammen?
- ▶ **Kapitel 4 – Stufe 1: Grundkonstruktion**  
In diesem Kapitel greifen Sie selbst zu Lötcolben und Schraubenzieher, denn hier beginnt der praktische Teil des Buchs, der Bau einer eigenen Roverdrohne. Die erste Stufe (Grundkonstruktion) befasst sich mit dem Umbau eines Rovers zu einer Roverdrohne. Hier wird der Flightcontroller APM 2.6 (ArduPilot – ArduRover) verwendet, um aus einem gewöhnlichen Rock-Crawler-Rover eine autonome Roverdrohne zu bauen.
- ▶ **Kapitel 5 – Stufe 2: FPV-Tuning**  
Dieses Kapitel befasst sich mit dem Verbauen einer kompletten FPV-Anlage an der Roverdrohne. Die Sicht aus dem Cockpit ist ein faszinierendes Erlebnis. Neue Landschaften werden erkundet – bei Tag und bei Nacht. Mit einer Action-Cam, einer FPV-Kamera, einer Kamera für die Fahrt bei Nacht und einem Scheinwerfer wird alles möglich.
- ▶ **Kapitel 6 – Stufe 3: Solar-Tuning**  
Wer braucht schon eine Steckdose, um den Akku aufzuladen? In diesem Kapitel wird gezeigt, wie eine komplette Solaranlage für das Aufladen des Akkus berechnet und installiert wird. Das Solarsystem wird während der Fahrt den Akku entlasten und ihn bei Stillstand des Rovers aufladen.



1

**Vorwort** ..... 5

**Roverdrohne: der Fahrroboter** ..... 10

Was ist ein Rover? ..... 12

Wo werden Rover überall eingesetzt? ..... 13

Wie wird ein Rover zur Drohne? ..... 18

**Bausteine der Roverdrohne** ..... 20

Grundgerüst der Roverdrohne ..... 23

Servo zur Steuerung des Fahrzeugs ..... 24

Geeigneter Maßstab für das RC-Car ..... 25

2WD- und 4WD-Antriebseinheiten ..... 26

Ausstattung und RC-Car-Setumfang ..... 26

Antrieb und Fernsteuerung ..... 27

Antriebsvarianten für RC-Cars ..... 27

Bauarten von Brushless-Motoren ..... 29

Energiequelle LiPo-Akku ..... 35

Funktionsweise der Fernsteuerung ..... 42

Aufgaben des Flightcontrollers ..... 45

Vom Multicopter direkt ins Auto ..... 45

Erweiterung des Einsatzgebietes ..... 54

**Stufe 1: Grundkonstruktion** ..... 68

Bau einer Roverdrohne ..... 70

Was der Rover alles können soll ..... 70

Bauteile, ohne die nichts geht ..... 73

Rock-Crawler und Flightcontroller ..... 73

Großer Lithium-Polymer-Akku ..... 74

Acrylglasplatte für den Aufbau ..... 74

Faktoren für die Fernsteuerung ..... 74

Holz- und Maschinenschrauben ..... 74

Bauphase Schritt für Schritt ..... 76

Grundlegende Vorarbeiten ..... 76

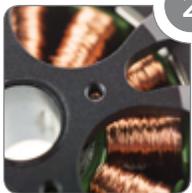
Die Umbauarbeiten starten ..... 78

Elektronikkomponenten einbauen ..... 85

Energieversorgung sicherstellen ..... 90

Flightcontroller und Empfänger miteinander verbinden ..... 94

APM-Flightcontroller konfigurieren ..... 102



2



3

Arming des Rovers .....	109
Beschleunigungssensoren kalibrieren .....	109
Ultraschallsensor einstellen .....	111
Telemetrier Verbindung einstellen .....	114
Wichtige Softwareeinstellungen .....	117

## Stufe 2: FPV-Tuning ..... 124

Bauteile, ohne die nichts geht .....	126
Bauphase Schritt für Schritt .....	132
Spannungsbereiche der Bauteile .....	132
Direkte Videosignalverbindungen .....	134
Anschlussschema für den Scheinwerfer .....	134
FPV-Anlage und Scheinwerfer einbauen .....	135
Anschluss der gesamten FPV-Anlage .....	148
Drei-Kanal-Switch als Kamerabildumschalter .....	149
Steuerung für Gimbal und Scheinwerfer .....	151
Finaler Check aller Anschlüsse .....	153
Die Action-Cam justieren .....	155



## Stufe 3: Solar-Tuning ..... 156

Steckdose? – Nein, danke .....	158
Berechnung der Solaranlage .....	159
Bauteile, ohne die nichts geht .....	161
Bauphase Schritt für Schritt .....	167
Vorarbeiten für den Anbau der Solaranlage .....	167
Seitenteile zuschneiden und montieren .....	169
Kunststoffplatte für den Anlagenaufbau .....	171
Elektrik für die Reihenschaltung klarmachen .....	175
Weitere Bauteile der Solarkonstruktion .....	179
Solarzellen zusammenlöten und montieren .....	186
Solaranlage für den Betrieb bereit machen .....	189



## Index ..... 190

## Bildnachweis ..... 192

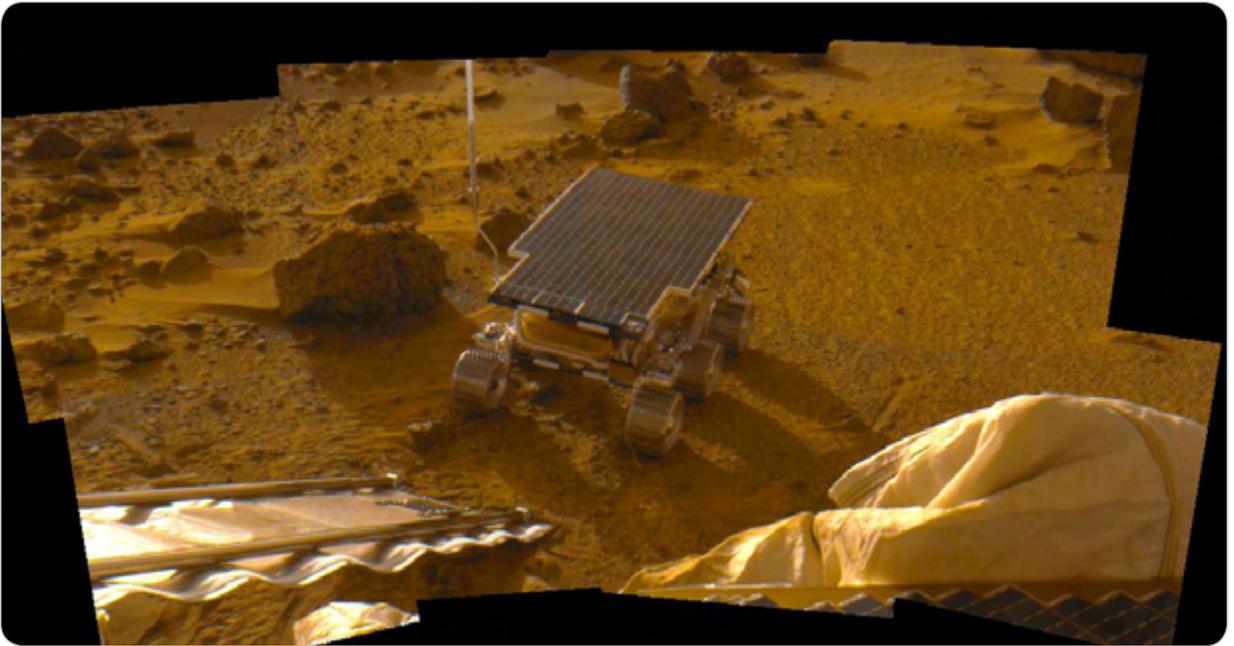




# 1

## ROVER- DROHNE: DER FAHRROBOTER

Was ist ein Rover? .....	12
Wo werden Rover überall eingesetzt? ....	13
Wie wird ein Rover zur Drohne? .....	18



Marsrover Sojourner der Pathfinder-Mission nach den ersten Zentimetern Fahrt auf dem Mars.

*Rover – dieses Wort kennen die meisten sehr wahrscheinlich aus den Nachrichten, wenn es um spektakuläre Raumfahrtmissionen geht, in denen ein Marsrover die weite Reise von der Erde aus bis zu unserem Nachbarplaneten, dem Mars, überstanden hat, eine kinoreife Landung im roten Marssand hinlegt und von nun an die unentdeckten Weiten der Marslandschaft erkundet. Aber tatsächlich werden viele Fahrzeuge heute mit dem Begriff »Rover« bezeichnet, weil sie ähnliche Eigenschaften wie ihre Weltraumkollegen aufweisen. Das Wort selbst stammt tatsächlich aus dem Englischen und bedeutet so viel wie »umherwandern«. Das trifft natürlich speziell auf solche Fahrzeuge zu, die beispielsweise für wissenschaftliche Zwecke eingesetzt werden und eine Gegend erkunden, die sich möglicherweise noch niemand vorher genauer angeschaut hat. In der Raumfahrt trifft das natürlich voll und ganz zu, aber auf der Erde gibt es ebenfalls viele Roverfahrzeuge, die ähnliche Aufgaben erfüllen müssen.*

## WAS IST EIN ROVER?

■ Rover sind richtige Alleskönner, denn um ihren Zweck – das Erkunden von Gebieten oder das Erledigen spezieller Aufgaben in einem Gebiet – erfüllen zu können, dürfen sie natürlich nicht bei der kleinsten Uneben-

heit den Dienst quittieren und ihrem Operator den Status »Out of Order« geben. Auf der Erde mag dies nur ein kleines Problem darstellen, wenn allerdings ein Rover Millionen von Kilometer in einer Raumkapsel auf einen anderen Planeten geschickt wird, muss er natürlich auf so ziemlich alles vorbereitet sein, was die Landschaft bietet. Auch größere Hindernisse wie einen Baum, wenn wir wieder an den irdischen Betrieb denken, sollte so ein Rover umfahren können.

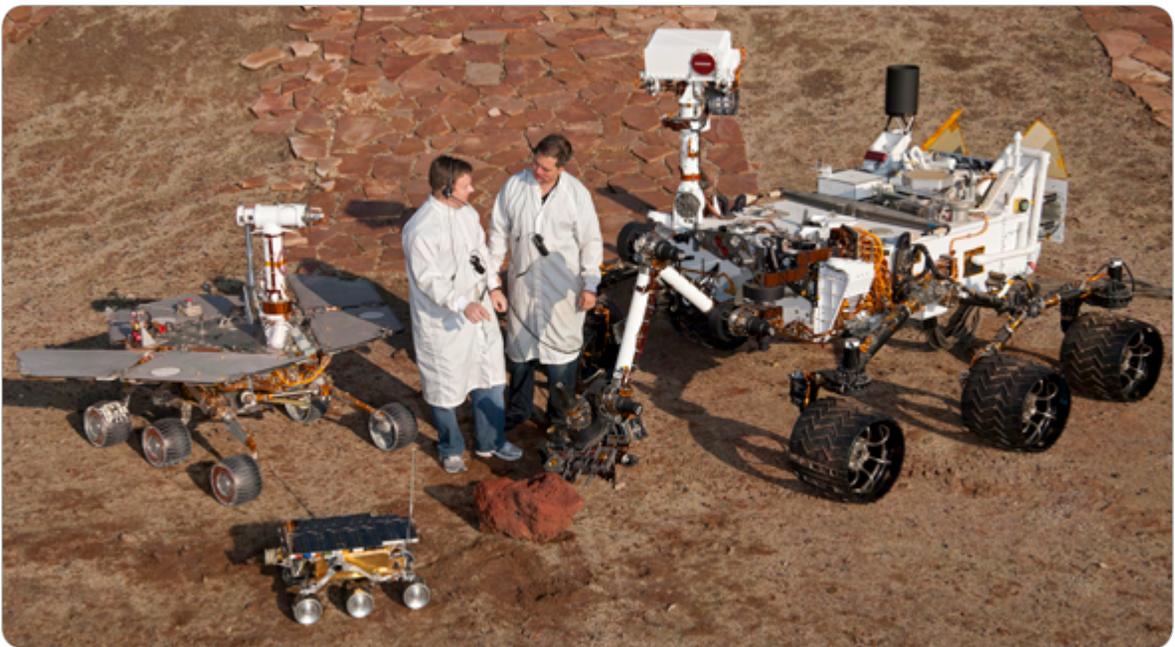
Genau das ist ein weiterer Punkt, der einen Rover so einzigartig macht. Denn viele Fahrzeuge dieser Gattung besitzen nicht nur ein geländetaugliches Fahrgestell und einen kraftvollen Antrieb, sie beinhalten oft auch echte Hochleistungscomputer, die mit verschiedensten optischen Sensoren gefüttert werden und das Gefährt teil- oder sogar vollautonom fahren lassen. Weiß also ein Rover, wo er gerade ist, und hat er die technische Ausrüstung an Board, um seinen Weg selbst zu finden, ist er optimal für seinen Einsatz in allerlei Gebieten gerüstet, sei es auf der Erde oder oben auf einem anderen Planeten.

## WO WERDEN ROVER ÜBERALL EINGESETZT?

Wo kommen Rover generell zum Einsatz? Interessant ist, dass sie in mehr Bereichen genutzt werden, als wir denken oder als uns bewusst ist. Einer der populärsten Anwendungsbereiche von Roverfahrzeugen ist sicherlich die sogenannte Space Exploration, also die Erkundung unserer Nachbarplaneten und Monde mit Fahrzeugen, die ferngesteuert oder autonom, Millionen Kilometer von der Erde entfernt spezielle Aufgaben erledigen können. Das ist schon sehr interessant und beeindruckend, wenn man einmal darüber nachdenkt, was so ein Meisterwerk der modernen Technik aushalten muss, bis es am Zielort ist, oder aus wie vielen Einzelteilen ein Rover besteht und wie viele Konstruktionsstunden dahinterstecken.

Speziell bei den Marsroverfahrzeugen der NASA ist eine faszinierende Entwicklung in der Rovertechnik zu erkennen. Wieso ist es vorteilhaft, einen Rover zu nutzen, um unentdeckte Gebiete, Gelände und Landschaften zu erforschen? Um in einem bisher unbekanntem Gelände etwas erforschen zu können, wird eine Forschungseinrichtung benötigt, die nicht nur statisch an einem Ort gewisse Messungen und Forschungen durchführen kann, sondern mobil einsetzbar ist und die Forschungsstation zu immer neuen Gebieten bringt. Man könnte meinen, Fluggeräte seien dafür doch viel effektiver.

Das stimmt vielleicht, jedoch war die Technik bislang noch nicht so weit, Forschung auf einem anderen Planeten oder Mond mithilfe eines Fluggeräts so zuverlässig durchzuführen wie mit einem mobilen Rover. Die Entwicklung der Marsrover zeigt deutlich, dass die Rovertechnik immer weiterentwickelt und immer zuverlässiger wurde. Sehr interessant ist der Fortschritt in der Entwicklung der Roverfahrzeuge, die speziell für die Marserkundung gebaut wurden und tatsächlich auf dem Mars zum Einsatz kamen oder immer noch weit weg von der Erde oben auf dem Roten Planeten durch die Landschaft rollen und den Wissenschaftlern stetig neue und faszinierende Bilder und Daten unseres Nachbarplaneten liefern.



Die jüngste Geschichte der Marsroverentwicklung der NASA: vorne links der Rover Sojourner, hinten links einer der beiden baugleichen Rover Spirit und Opportunity und rechts der Rover Curiosity.

Im obigen Bild ist die jüngste Entwicklung des Marsroverprogramms der NASA sehr gut zu sehen. Der kleinere Rover vorne links ist der 1996 gestartete Marsrover Sojourner, dahinter ist einer der beiden Zwillingsrover des MER-Programms zu erkennen. MER steht für *Mars Exploration Rover* und beinhaltet die beiden baugleichen Marsrover Spirit und Opportunity, die im Jahr 2003 auf den Mars geschossen wurden. Hier ist die Entwicklung recht deutlich zu sehen, denn rechts neben den NASA-Mitarbeitern befindet sich der aktuellste Marsrover Curiosity.

Der Rover Sojourner (Sojourner bedeutet so viel wie »Gast« – zu Gast auf dem Mars) konnte schon einige wissenschaftliche Tests auf der Marsoberfläche durchführen, Gesteinsproben analysieren und die Festigkeit des Marsbodens feststellen. Er war drei Monate auf dem Roten Planeten unterwegs.

Auf dem Rover befanden sich circa 0,2 Quadratmeter Solarzellen, die auf dem Mars eine Leistung von 15 W (Watt) erbringen konnten (dort herrscht eine geringere Sonnenenergieeinstrahlung als auf der Erde, da er weiter entfernt von der Sonne ist). Interessant ist auch, dass die Solarzellen nicht zum Laden des Akkus gedacht waren, denn der Rover hatte eine nicht aufladbare Batterie an Bord. Tagsüber konnte er also mit Sonnenenergie betrieben werden, auch wenn die Batterie schon so gut wie leer war.

2003 folgte die sehr umfangreiche MER-Mission (*Mars Exploration Rover*), die aus gleich zwei Rovern bestand, Spirit und Opportunity. Die Rover sind baugleich und wurden in einem Abstand von nur einem Monat nacheinander auf den Mars geschossen.

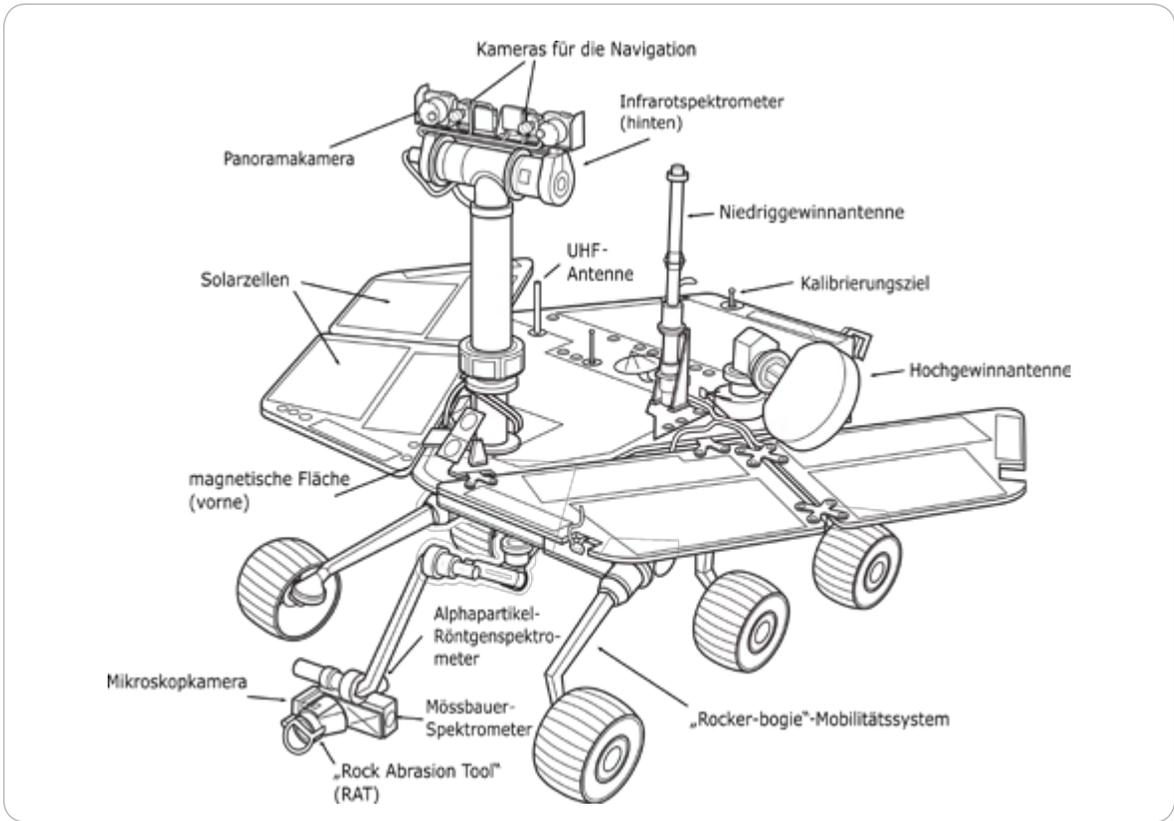


Künstlerische Darstellung des MER-Rovers Spirit.

Sie landeten in zwei unterschiedlichen Marsregionen und erkundeten, weit über ihre vorgesehene Lebensdauer hinaus, den Mars. Der Rover Opportunity ist tatsächlich schon seit 2004 auf dem Mars und immer noch voll mit wissenschaftlichen Aufgaben beschäftigt.

## MARSROVER SOJOURNER

**Der Marsrover Sojourner wurde 1997 mithilfe einer Landekapsel namens Mars Pathfinder auf dem Roten Planeten abgesetzt. Der kleine Rover wog nur 10,6 Kilogramm und erkundete den Mars drei Monate lang.**

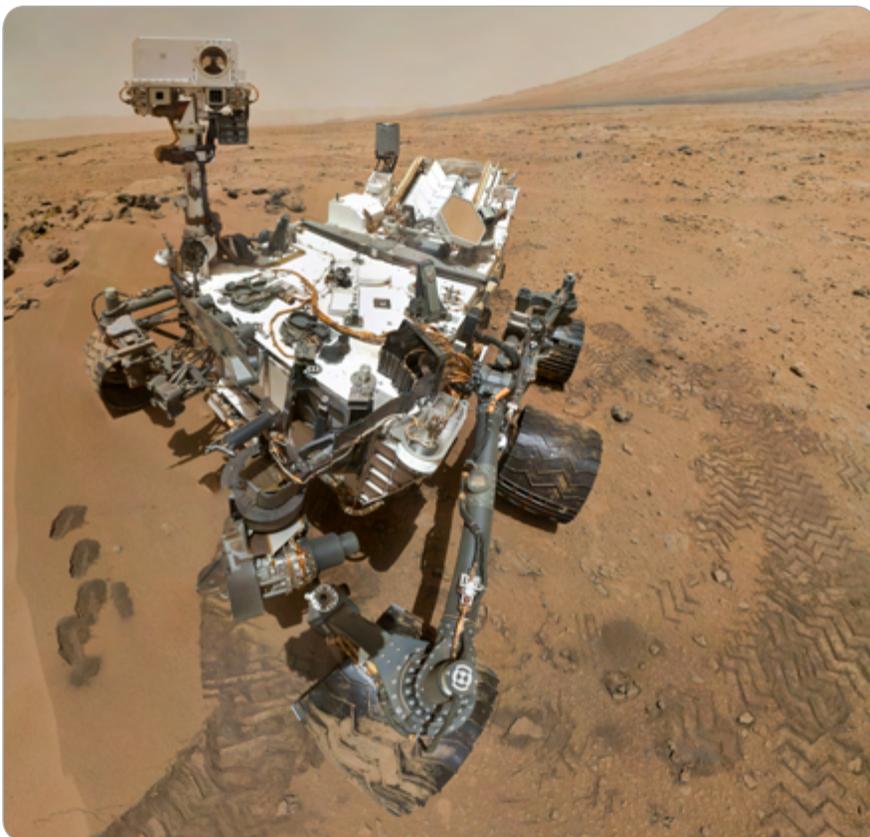


**Aufbau der NASA-MER-Rover Spirit und Opportunity.**

Eigentlich waren die Rover für lediglich 90 Tage ausgelegt, es war also ein echter Erfolg in der Raumfahrttechnik. Im Gegensatz zum Sojourner Rover wiegen die MER-Rover 185 Kilogramm und besitzen eine Solaranlage, die circa 300 W liefern kann, sowie einen aufladbaren Akku. Die Rover haben auch einiges mehr an wissenschaftlichem Gerät dabei, wie beispielsweise einen geologischer Bohrer.

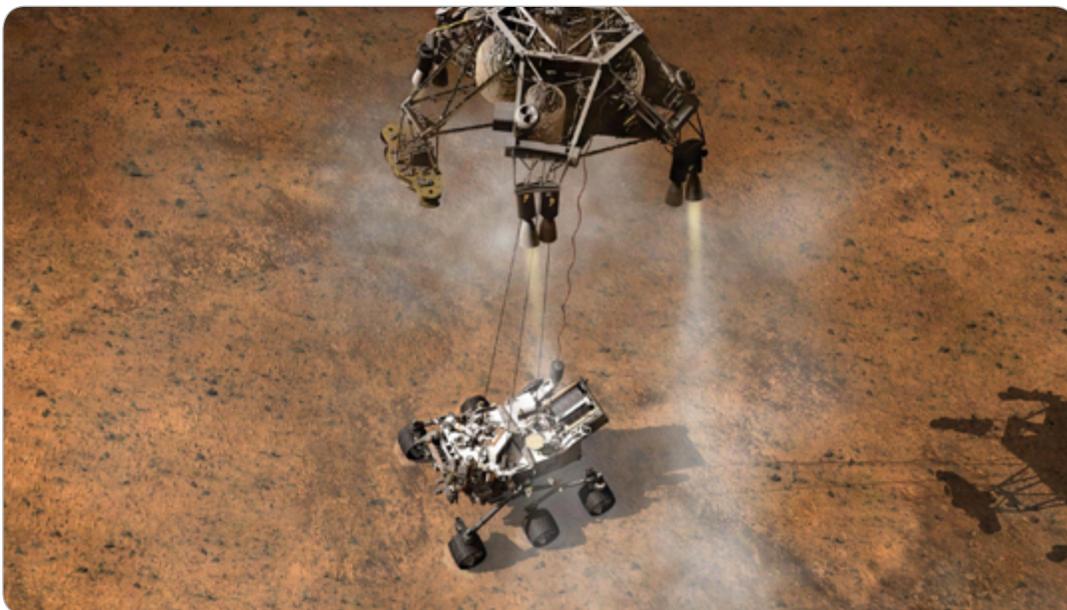
Curiosity ist der zurzeit größte und modernste Rover auf dem Mars.

Im Gegensatz zum 185 Kilogramm schweren MER-Rover wiegt Curiosity stolze 900 Kilogramm, so viel wie ein Kleinwagen. Der Rover landete im August 2012 sehr spektakulär auf der Marsoberfläche. Die Sonde, die den Marsrover auf der Oberfläche absetzte, klinkte wenige Hundert Meter über dem Grund ein sogenanntes Skycrane-System aus, an dem der Rover unten befestigt war. Das mit Raketenantrieb bestückte Landefährt zündete kurz vor der Oberfläche den Antrieb, ließ den Rover an einer Seilkonstruktion die letzten Meter auf die Marsoberfläche absinken, klinkte den Rover aus (setzte ihn ab) und flog dann auf und davon, bis es in sicherer Entfernung zum Rover aufschlug.



Selfie des Marsrovers Curiosity 2012 auf der Marsoberfläche im Gale-Krater.

Künstlerische Darstellung des Marsrovers Curiosity beim Landemanöver mithilfe des Skycrane.



Interessanterweise trägt der Rover keine Solarzellen. Curiosity besitzt einen Lithium-Ionen-Akku, der tatsächlich nicht über Solarzellen aufgeladen wird, sondern über einen Atomantrieb, genauer gesagt mithilfe einer Radionuklidbatterie. Hier wird tatsächlich der radioaktive Zerfall eines Isotops in elektrische Energie umgewandelt, was dem Rover eine Energie von 2,5 Kilowattstunden pro Tag beschert. Die Energieversorgung sollte mit dieser Technologie für 14 Jahre gesichert sein. Curiosity besitzt weit mehr wissenschaftliche Instrumente und Kameras als seine Vorgänger. Über zehn verschiedene Messinstrumente und Gerätschaften sind an dem Rover verbaut.

Teil- und vollautonome Roverfahrzeuge werden aber nicht nur in der Raumfahrt eingesetzt. Die Technologie der autonom agierenden Fahrzeuge findet sich auch immer öfter in unserem Alltag. Wer hat nicht schon von den autonom fahrenden Autos von Google, Tesla & Co. gehört, die uns in Zukunft einmal das Steuern des Autos abnehmen werden?

Auch kleinere Gefährte, wie der Paketroboter der Firma Starship Technologies, sind zurzeit in der Erprobungsphase und sollen uns in Zukunft einmal die Pakete bis vor die Haustür liefern.



Rasenmäherroboter.

Was uns die Arbeit im Alltag tatsächlich zunehmend erleichtert, sind autonom fahrende Roboter und Rover. In immer mehr Gärten und Häusern finden sich kleine Roboter, die uns das Leben erleichtern, indem sie uns vollautomatisch den Rasen mähen oder den Fußboden staubsaugen oder sogar wischen.

Viele Roboterfahrzeuge finden sich also schon in unserem Alltag, und es wird wohl immer mehr davon geben. Die Technologie steht gerade erst am Anfang, aber die Zukunft der Rovertechnik wirft schon jetzt ihren Schatten voraus, und wir können uns auf eine faszinierende und erstaunliche Technologie freuen.

## WIE WIRD EIN ROVER ZUR DROHNE?

Da wir nun wissen, was ein Rover ist, gelangen wir zu der Frage, was eigentlich der Unterschied zwischen einem reinen Rover und einer Roverdrohne ist. Nun, zuerst einmal müssen wir wissen, was der Begriff »Drohne« überhaupt bedeutet. Das Wort »Drohne« hat verschiedene Herkunftsrichtungen und bezeichnet beispielsweise auch die Arbeiterbiene in einem Bienenstock. In technischer Hinsicht stammt die Bedeutung des Worts allerdings aus dem Militärbereich.

Um Kampfpiloten an den Umgang mit scharfer Munition heranzuführen und Luftkämpfe so realistisch wie möglich zu gestalten, entwickelte das Militär schon sehr früh Flugzeuge ohne Bewaffnung, die unbemannt geflogen werden konnten und Übungszwecken dienten. Diese Flugzeuge wurden Drohnen genannt. Daher wird das Wort »Drohne« in der breiten Bevölkerung auch heute noch größtenteils mit Militär, Spionage oder Krieg verbunden.

Tatsächlich wird der Begriff aber sehr umfangreich und allgemein definiert. Als Drohne werden alle Fahrzeuge bezeichnet, egal ob Flugzeuge, Autos oder Schiffe, die unbemannt sind und ferngesteuert werden oder autonom agieren. Hieraus wird ersichtlich, dass es eine Unterteilung in Luft-, Land- und Wasserfahrzeuge gibt. Dafür werden in der Fachsprache eindrucksvoll klingende englische Wörter und Abkürzungen verwendet. Eine Flugdrohne wird auch als UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), ein Landfahrzeug als UGV (*Unmanned Ground Vehicle*) und ein Schiff als USV (*Unmanned Surface Vehicle*) bezeichnet.

Bei unserer Roverdrohne handelt es sich um ein sogenanntes UGV. Streng genommen sind tatsächlich auch schon kleine Spielzeugautos, die wir im Supermarkt kaufen können, Drohnen. Ein ferngesteuertes Auto bietet eine Möglichkeit, eine Roverdrohne zu bauen. Soll solch ein RC-Auto auch selbstständig fahren können, soll es also automatisch (autonom) seinen Weg finden oder eine vorher definierte Strecke abfahren, werden weitere Bauteile benötigt, um aus einem ferngesteuerten RC-Auto eine selbstfahrende Autodrohne zu machen.

Es gibt viele Möglichkeiten, einen Rover so auszustatten, dass er eine vorher definierte Strecke abfährt. Im Bereich der Lego®-Kategorie Lego®-Mindstorms beispielsweise können an einem fahrenden Roboter viele verschiedene Parameter eingestellt werden, damit er automatisch eine gewisse Zeit oder eine bestimmte Strecke geradeaus oder in Kurven abfährt. Mithilfe eines Ultraschallsensors kann ein solcher Lego®-Roboter sogar eine Kollision mit Hindernissen vermeiden. Dieses System zur Steuerung und grundlegenden Programmierung eines Roboters ist gerade für die ersten Schritte im Bereich der Robotik gut geeignet.

Wer schon mehr Erfahrung im allgemeinen Bereich der Mikrocontroller oder der Robotik hat, kann einen fahrenden Roboter, also in unserem Sinn eine Roverdrohne, auch mithilfe von Arduino-basierten Mikrocontrollern oder mit einem Raspberry Pi bauen. Diese Controller können ebenfalls mit verschiedenen Sensoren ausgestattet werden und eignen sich ebenfalls dazu, einen Rover zu einer Roverdrohne umzubauen.

# Index

## Symbole

2,4 GHz 43  
3DR 50

## A

Accelerometer 46, 47  
Akku 36  
APM 49, 73, 85, 94  
  Arming 109  
  Declanation 113  
  GPS-Modul 97  
  GUI 51  
  Kompass 113  
  Kompasskalibrierung 105  
  Mission 122  
  Mission Planner 102  
  Parameter 117  
  Powermodul 90, 105  
  Setup 94  
  Software 53, 102  
  Steuerkanäle 107  
  Stromversorgung 82  
  Telemetrie 90, 114  
  Ultraschallsensor 89  
APM-Rover 50  
ArduPilot 49  
ArduRover 50  
  Fahrmodi 52  
Auto-Modus 53  
Autopilot 45  
AV-Out 140

## B

Barometer 46, 47  
BEC 32  
Benzinmotor 35

Beschleunigungssensor 47  
Binding 43  
BL-Regler 30  
BMS 162  
Brushless-Motor 28  
  Außen-/Innenläufer 29  
  Permanentmagnete 29  
  Wechselstrom 30  
Brushless-Regler 30  
Bürstenmotor 27  
Bypassdiode 67, 179, 184, 188

## C

Chargerate 41  
Clover-Leaf 59  
Crawler 74  
C-Wert 40

## D

Declanation 113  
Drehratensensoren 46  
Drohne 18  
  Bedeutung 18  
Duplex 44

## E

Elektroantrieb 27  
Empfänger 43, 88, 153  
Energiedichte 36  
ESC 82, 96  
  Ampere 33  
  BEC 32  
  Funktionsweise 30  
  Gegenspannung 30  
  Hall-Sensoren 30  
  Opto 33

Pulsweitenmodulation 32  
RC-Car 31  
Spannung 33  
UBEC 34, 135, 146  
Zellenzahl 33

## F

Fahrmodi 52  
Fahrtenregler 30  
Fasst 44  
Fernsteuerung 42, 43, 70, 107, 119,  
  150, 152  
  Binding 43  
  Pistolenfernsteuerung 42  
Flightboard 45  
Flightcontroller 45, 85, 153  
  Funktion 45  
  mögliche Projekte 45  
  Schema 48  
  Varianten 49  
  Verbindungsschema 48  
Flugcontroller 45  
Fotoeffekt 63  
Fotovoltaikanlage 63  
FPV 54  
  5,8 GHz 57  
  Abstrahlwinkel 60  
  Antennen 59  
  Betriebsspannung 56  
  Einbau 132  
  FPV-Anlage 128, 134  
  FPV-Brille 58  
  FPV-Monitor 155  
  FPV-Sender 141  
  FPV-Switch 133  
  Frequenzen und Kanäle 57

Komponenten 55  
 OSD 60  
 Verbindungsschema 59

## G

Gimbal 127, 135, 140, 151  
 Glow Engines 35  
 GPS 46, 47, 87  
 GPS-Drift 47  
 GPS-Modul 161  
 GPS-Störung 47  
 Guided-Modus 53  
 Gyroskop 46

## H

Höhenmesser 47  
 Hold-Modus 53

## K

Kill-Switch 161, 179  
 Kompass 47  
 Kreisel 46

## L

Ladegerät  
 Ladestrom 159  
 Learning-Modus 52  
 LiPo-Akku 36, 159  
 Aufbau 40  
 Balanceranschluss 37, 185  
 Chargerate 41  
 C-Wert 40  
 Defekt 39  
 Energiedichte 36  
 Kapazität 40

Ladeendspannung 37  
 Lade-/Entladeverhalten 37  
 Ladestrom 159  
 Lagerung und Wartung 41  
 Lebensdauerzyklen 164  
 LiPo-Brand 40  
 LiPo-Checker 38, 39  
 LiPo-Warner 38, 93  
 Memory-Effekt 36  
 Nachteile 37  
 Nennspannung 36  
 Reihenschaltung 40  
 Spannungsgrenzen 38  
 Teilzyklen 164  
 Vorteile 36  
 LiPo-Checker 38  
 Lötverbinder 177

## M

Magnetometer 46, 47  
 Manual-Modus 52  
 Memory-Effekt 36  
 Mission 122  
 Mission Planner 51, 53, 102  
 M-LINK 44

## N

NASA 14  
 Curiosity 16  
 Mars Exploration Rover 14  
 Opportunity 15  
 Pathfinder-Mission 12  
 Raumfahrttechnik 16  
 Skycrane 16  
 Sojourner 15  
 Spirit 15

Neodym 28  
 NiCd 36  
 NiMh 36  
 Nitro 35

## O

Optical-Flow-Sensor 46, 48  
 Optokoppler 33  
 OSD 60

## P

Parallelschaltung 176  
 String 66  
 PCB 162  
 PCM 162, 163, 179  
 Pixhawk 51  
 PPM 43  
 Pulsweitenmodulation 32  
 PWM 32

## R

RC-Anlage  
 Hersteller 44  
 RC-Cars 23  
 2WD/4WD 26  
 Antrieb 27, 34  
 ARR 26  
 BND 26  
 Buggy 23  
 Crawler 24, 74  
 Maßstab 25  
 Monstertruck 23  
 Offroad 23  
 Onroad 23  
 RTR 26

Reihenschaltung 160, 176

String 66

Rover 12, 22

Anwendung 13

Curiosity 16

Opportunity 15

Paketroboter 18

Rasenmäherroboter 18

Raumfahrttechnik 16

Roverdrohne 18, 72

Spirit 15

Roverdrohne 72

bauen 72

## S

Scheinwerfer 134, 146

Schottkeydiode 188

Servo 24, 95, 101

Servo-Signalumkehrer 151

Solaranlage 62, 158

Bau 175

Berechnung 66, 159

Bypassdiode 67

Elektronenloch 64

Fotoeffekt 63

freies Elektron 64

Funktionsweise 63

löten 175

Lötverbinder 177

Parallelschaltung 176

Reihenschaltung 176

Solarzelle 64

String 66

Solarzelle 64, 175

Sonar 47

Sonnenaktivität 47

Spannungsregler 164, 179, 185, 189

Spektrum 44

Steering-Modus 53

Steuerplatine 45

## T

Telemetrie 90, 114

Trägerfrequenz 43

## U

UAV 19

UBEC 34, 135, 146

UGV 19

Ultraschallsensor 46, 47, 89, 99, 111

USV 19

## V

Verbrennungsmotoren 34

Benzinmotor 35

Nitro 35

Vorwiderstand 135, 146

## X

XT-60 82

## Y

Y-Kabel 151

## BILDNACHWEIS

Alle Bilder in diesem Buch wurden von **Patrick Leiner** erstellt.

Ausgenommen: **S. 12** Wikipedia (o). **S. 14** Wikipedia (m). **S. 15** Wikipedia (m). **S. 16** Wikipedia (o). **S. 17** Nasa. **S. 18** Pixabay (l). **S. 29** Graupner (m). **S. 31** Graupner. **S. 32** Graupner (u). **S. 35** Wikipedia (or). **S. 42** Graupner. **S. 65** SpaceX (u). **S. 158** Pixabay (o).

Patrick Leiner

# ROVERDROHNE SELBER BAUEN & TUNEN

Ohne Vorkenntnisse

Sie sind begeistert von Roverfahrzeugen in der Raumfahrt, ihrem Aufbau und ihrer Technik? Sie interessieren sich auch für ferngesteuerte RC-Cars und die neue Technik der Multicopterdrohnen? Dann verbinden Sie doch beides und bauen einen eigenen, autonomen Rover.

Das Buch zeigt Ihnen an einem ausführlichen Selbstbauprojekt, wie Sie mit viel Spaß und überschaubarem Aufwand eine vielseitig einsetzbare Roverdrohne planen, bauen, tunen und einsetzen.



FPV-Anlage mit drei Kameras

## Schrauben, kleben, löten und rein ins Cockpit

Sie erfahren, wie die Einzelkomponenten für den Bau einer Roverdrohne ausgewählt werden und worauf Sie beim Bauen, Einstellen, Fahren und Optimieren achten sollten. Besonders die autonome Steuerung eines Rovers ist eine Herausforderung. Praktisch, dass aus der Welt der Multicopterdrohnen Hard- und Softwarekomponenten zur Verfügung stehen, die für diesen Zweck eingesetzt werden können: Nutzen Sie das bekannte und beliebte Open-Source-System ArduPilot (APM), um Ihren Rover auf autonome Missionen zu schicken.

## Tuning für atemberaubende Geländefahrten

Erfahren Sie, wie Sie eine Kamera mit Gimbal für Geländeaufnahmen installieren oder die Fahrzeiten Ihrer Drohne mit einer Solaranlage optimieren – über die Kapazität des Akkus hinaus. Integrieren Sie ein FPV-System, mit dem Sie bei Tag und bei Nacht die faszinierende Sicht aus dem Cockpit genießen.

## HIGHLIGHTS

- So wird ein Rover zur Drohne
- RC-Car als Grundgerüst der Roverdrohne
- Antriebsvarianten und Fernsteuerung
- Brushless-Motoren und ihre Bauarten
- Energiequelle LiPo-Akku
- Den Flightcontroller fürs Auto nutzen
- Was die Roverdrohne alles können soll
- Softwareeinstellungen und Beschleunigungssensoren kalibrieren
- Bauplan und Definition einer Roverdrohne
- Bauteile, ohne die nichts geht
- Ultraschallsensor und Telemetrieverbindung einstellen
- Wichtige Softwareparameter
- Autonomes Fahren und Missionen erstellen
- FPV-Tuning Schritt für Schritt
- Anschluss der gesamten FPV-Anlage
- Steuerung für Gimbal und Scheinwerfer
- Berechnung, Bau und Inbetriebnahme einer Solaranlage



Solaranlage zum Laden des Akkus

## ÜBER DEN AUTOR

Patrick Leiner, geboren in Zweibrücken, ist gelernter Technischer Produktdesigner in der Fachrichtung Maschinen- und Anlagentechnik. Nach seiner Ausbildung absolvierte er ein Studium der Wirtschaftswissenschaften im Fachbereich Technische Betriebswirtschaft. Seit 15 Jahren ist er begeisterter Modellpilot und beschäftigt sich umfassend mit der RC-Modellbautechnik. Schon im Rahmen seines Studiums setzte Leiner eigene Multicopter-Projekte um; auch seine Bachelorthesis und weitere wissenschaftliche Arbeiten befassen sich mit der Entwicklung und dem Bau von Multicoptern.

Alle Beispieldateien auf:  
[www.buch.cd](http://www.buch.cd)

Besuchen Sie unsere Website:  
[www.franzis.de](http://www.franzis.de)

FRANZIS