

Dirk Fox
Thomas Püttmann



Bauen, erleben, begreifen: fischertechnik® Roboter mit Arduino

Modelle, Steuerung, Programmierung



edition **Make:**



dpunkt.verlag



Dirk Fox ist Informatiker, Gründer und Geschäftsführer eines Beratungsunternehmens für IT-Sicherheit, Herausgeber einer Fachzeitschrift für Datenschutz und Datensicherheit, Vorstand eines großen IT-Netzwerks - und begeisterter »fischertechniker«. Er gibt die fischertechnik-Zeitschrift »ft:pedia« heraus und setzt sich für den Ausbau des Technikunterrichts an deutschen Schulen ein - mit fischertechnik.



Thomas Püttmann ist außerplanmäßiger Professor für Mathematik an der Ruhr-Universität Bochum. Zur

Vermittlung von Themen aus den Bereichen Mathematik, Technik und Naturwissenschaften entwickelt er gezielt lehrreiche Modelle, wenn möglich aus fischertechnik. Als echter Mathematiker optimiert er seine Konstruktionen so lange, bis man keinen Stein mehr weglassen oder verschieben kann. Regelmäßig schreibt er Beiträge für die »ft:pedia«.

Dirk Fox und Thomas Püttmann sind auch die Autoren des erfolgreichen ersten fischertechnik-Buchs »Technikgeschichte mit fischertechnik«, das Ende 2015 im dpunkt.verlag erschienen ist.



Zu diesem Buch – sowie zu vielen weiteren dpunkt.büchern – können Sie auch das entsprechende E-Book im PDF-Format herunterladen. Werden Sie dazu einfach Mitglied bei dpunkt.plus+:

www.dpunkt.plus

Dirk Fox
Thomas Püttmann

Bauen, erleben, begreifen: fischertechnik®-Roboter mit Arduino

Modelle, Steuerung, Programmierung



Dirk Fox
Thomas Püttmann

dirk.fox@secorvo.de
thomas.puettmann@rub.de

Lektorat: Dr. Michael Barabas
Projektkoordinierung/Lektoratsassistentz: Anja Weimer
Copy-Editing: Ursula Zimpfer, Herrenberg
Satz: Ulrich Borstelmann, www.borstelmann.de
Herstellung: Stefanie Weidner, Frank Heidt
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de

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

ISBN:

Print 978-3-86490-426-4

PDF 978-3-96088-963-2

ePub 978-3-96088-964-9

mobi 978-3-96088-965-6

1. Auflage 2020
Copyright © 2020 dpunkt.verlag GmbH
Wieblinger Weg 17
69123 Heidelberg

Hinweis:

Der Umwelt zuliebe verzichten wir auf die Einschweißfolie.

Schreiben Sie uns:

Falls Sie Anregungen, Wünsche und Kommentare haben, lassen Sie es uns wissen: hallo@dpunkt.de.

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.

Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

Dies gilt insbesondere für »fischertechnik«, eine eingetragene Marke der fischertechnik GmbH, 72178 Waldachtal. Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0

Inhaltsverzeichnis

Zur Einführung

Eine kurze Geschichte der Roboter
fischertechnik-Roboter
Arduino-Steuerung
Warum dieses Buch?
Literatur

1 Der Arduino

- 1.1 Geschichte
- 1.2 Was ist der Arduino?
- 1.3 Der Arduino im Vergleich
- 1.4 Der ftDuino
- 1.5 Anschlüsse
- 1.6 Anbau
- 1.7 Motor Shield
- 1.8 Literatur und Links

2 Die Programmierung des Arduino

- 2.1 Grundsätzliches
- 2.2 Bibliotheken
- 2.3 Serieller Monitor
 - Ausgabe
 - Eingabe
 - Debugging
- 2.4 I/O-Ports

- Digitale Ports
- Analoger Output
- Analoge Ports
- 2.5 Interrupts
- 2.6 Timer
- 2.7 Serielle Protokolle
 - I²C-Protokoll
 - SPI-Protokoll
- 2.8 Mathematische Operationen
- 2.9 Adafruit Motor Shield
 - Gleichstrommotoren
 - Schrittmotoren
 - Servomotoren
- 2.10 Literatur und Links

3 Der Buggy

- 3.1 Die Geschichte des Buggys
- 3.2 Das Buggy-Basismodell
 - Mechanischer Aufbau
 - Akku, Controller und Motorsteuerung
- 3.3 Buggy-Steuerung
 - Tanzender Buggy
 - IR-Fernsteuerung
 - Bewegungssteuerung
 - Hinderniserkennung mit Bumpen
 - Hinderniserkennung mit Ultraschall
 - Spurfolger mit IR-Sensor
 - Objektfolger mit Kamera

Spurfolger mit Kamera

Tacho- und Hodometer

3.4 Literatur und Links

4 Der Flitzer

4.1 Einführung

4.2 Konstruktion des Flitzers

Vorderradlenkung

Karosserie und Beleuchtung – vorne

Hinterradantrieb

Karosserie und Beleuchtung – hinten

Erläuterung der Konstruktion

Controller, Akku und Verkabelung

Konstruktionsvarianten

4.3 Die Steuerung

Lenkung

Beleuchtung und Hupe

Tachometer

Funkfernsteuerung mit Joystick

Funkfernsteuerung mit Nunchuk

Geschwindigkeitsbegrenzer und

Abstandsregeltempomat

Spurverlasswarner und Spurhalteassistent

Parkmanöverassistent

4.4 Literatur

5 Der Plotter

5.1 Hintergrund

- 5.2 Mechanische Konstruktion
 - Grundplatte
 - Schlitten
 - Schreibkopf
 - Konstruktionshinweise
- 5.3 Antrieb
- 5.4 Anschluss an den Arduino
- 5.5 Ansteuerung des Plotters
- 5.6 Grafik-Beschreibungssprache
 - HP-GL
 - Befehlsumfang der Implementierung
 - HP-GL-Basisbefehle
 - Bresenham-Algorithmus
 - HP-GL-Vektorgrafik- und Vieleck-Befehle
 - HP-GL-Parser
 - Plotter-Steuerungsprogramm
- 5.7 Der Plotter im Betrieb
 - Papier
 - Einige einfache HP-GL-Dateien
 - Komplexere HP-GL-Vektorgrafiken
- 5.8 Literatur und Links

6 Der Greifer

- 6.1 Industrieroboter in Kinderzimmern
- 6.2 Steuerung mit Potenziometern
 - Aufbau und Motorisierung
 - Anschluss der Elektronik
 - Das Auslesen des Potis

- Die Motorsteuerung
- 6.3 Der Aufbau des Greifers
 - Der Körper
 - Der Oberarm
 - Die Greifhand
 - Der Unterarm
 - Das Schultergelenk
 - Die Kette und die Parallelführung des Greifers
 - Der Anbau der Motoren und der Potenziometer
 - Die Verkabelung
- 6.4 Die Ansteuerung der Motoren
 - Wie sich die Potenziometerwerte ändern
 - Die Anlaufwerte
 - Die Motorsteuerung
 - Die Steuerung der Greifhand
- 6.5 Die Türme von Hanoi
 - Die Lösung des Problems durch Rekursion
 - Das Programmieren der Rekursion
 - Teach-in: das Anlernen von Positionen
 - Die Funktion zum Bewegen einer Scheibe
 - Der Sketch im Überblick
- 6.6 Literatur und Links

7 Der Delta

- 7.1 Parallel ist klasse!
- 7.2 Aufbau und Verkabelung
 - Schultergelenke
 - Oberarme

Schultern
Motorisierung
Der Rahmen
Unterarme
Hand
Verkabelung

- 7.3 Positionserkennung und Motorsteuerung
 - Auslesen der Potenziometer
 - Motorsteuerung
 - Fehlerbehebung, Genauigkeit, Geschwindigkeit
- 7.4 Elektromagnet und Nunchuk
 - Elektromagnet und Kugeln
 - Nunchuk
- 7.5 Solitaire
 - Das Spiel
 - Teach-in
 - Die Programmierung
- 7.6 Tic-Tac-Toe
 - Das Spiel
 - Die Daten
 - Die Logik
 - Die Steuerung mit dem Nunchuk
 - Das Holen und Ablegen der Kugeln
 - Der globale Programmablauf
 - Bedienung per Tastsinn
- 7.7 Kinematik: Wo ist die Hand?
 - Winkel der Oberarme
 - Geometrie

- Direkte Kinematik
- Der Roboter als Maus
- 7.8 Die Hand zu vorgegebenen Koordinaten bewegen
- Inverse Kinematik
- Koordinaten anfahren
- Positionen geradlinig ansteuern
- 7.9 Manipulator mit Vakuumsauger
- Die Unterdruckeinheit
- Anbau an den Delta-Roboter
- Der Manipulator mit Nunchuk
- 7.10 Werkstücke sortieren mit der Pixy-Kamera
- Die Pixy-Kamera am Arduino
- Anbau am Delta-Roboter
- Anlernen von Werkstücken
- Die Arduino-Library für die Pixy-Kamera
- Werkstücke stapeln oder sortieren
- 7.11 Literatur und Links

Glossar: Akronyme

Bildnachweise

Zur Einführung

Eine kurze Geschichte der Roboter

Spätestens seit der Antike träumt der Mensch davon, etwas Künstliches zu schaffen, das Tätigkeiten automatisch ausführt und so den Eindruck erweckt, dass es lebt oder mittels »magischer Kräfte« funktioniert. So beschrieb schon *Heron von Alexandria* (1. Jhd. n. Chr.) in seinem Werk »Pneumatika« neben anderen einen Mechanismus, der automatisch die Türen eines Tempels öffnete, sobald ein Opferfeuer auf einem Altar angefacht wurde ([Abb. E-1](#)) [1].

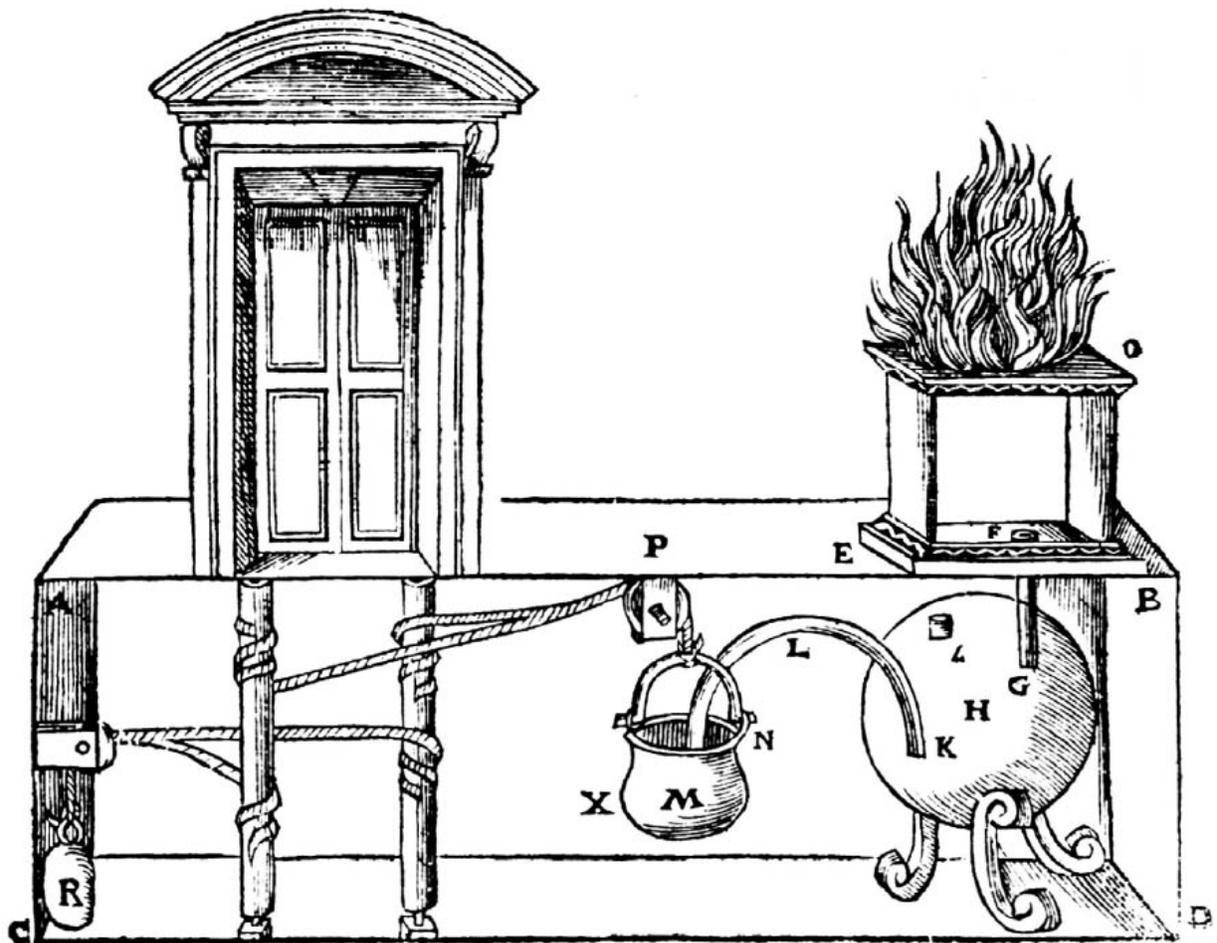


Abb. E-1 Die »automatischen« Tempeltüren nach Heron von Alexandria

Viele der Schau- und astronomischen Uhren an Kirchen und Rathäusern erhielten ab dem 14. Jahrhundert Schlag-, Spiel- und Automatenwerke, die zur vollen Stunde ausgelöst wurden und eine große Wirkung auf die Zuschauer ausübten. So kräht seit 1530 an der Berner Zytglogge ein Hahn vier Minuten vor dem Stundenschlag und schlägt mit den Flügeln; in der Folge dreht ein Bärenzug seine Runde und ein Narr schellt an zwei über ihm hängenden Glocken (Abb. E-2). Ein ähnlicher Hahn fand sich schon an der ersten Uhr des Straßburger Münsters aus dem Jahr 1353.



Abb. E-2 Figurenspiel an der Berner Zytglogge aus dem Jahr 1530

Leonardo da Vinci (1452-1519) konstruierte im 15. Jahrhundert zahlreiche Maschinen, die in Theatern und Fürstenhöfen Volk und Adel beeindruckten, darunter

bewegliche Ritterrüstungen und auch ein Fahrzeug, das sich, von zwei Federn angetrieben, selbstständig fortbewegte (Codex Atlanticus, ca. 1478-1480, [Abb. E-3](#)). Für den französischen König Franz I. entwickelte er im Jahr 1516 einen mechanischen Löwen, der auf den König zulief, sich auf die Hinterläufe setzte und aus seinem Maul oder Brustkorb Lilien vor dessen Füße fallen ließ.

Die Leistungsfähigkeit solcher Konstruktionen war allerdings begrenzt, denn es existierten nur simple Energiespeicher (wie z. B. Federn, Gewichte oder Wasserdruck). Zudem erlaubte die aus Holz realisierte grobe Mechanik nur sehr einfache Steuerungen. Mit der Entwicklung von verschleißarmen Metallgetrieben für Turmuhren und den Fortschritten in der Feinmechanik wurden komplexere Getriebe in deutlich geringerer Größe und mit weit weniger Reibungsverlusten möglich. Eine Blütezeit erreichten solche mechanischen Automaten im 18. Jahrhundert. So konstruierte z. B. *Jacques de Vaucanson* (1709-1782) im Jahr 1738 eine schnatternde, fressende, trinkende, verdauende und schwimmende mechanische Ente ([Abb. E-4](#)).

Weltberühmt wurde der vorgeblich humanoide Schachautomat von *Wolfgang von Kempelen* (1734-1804) aus dem Jahr 1769 ([Abb. E-5](#)). Über mehrere Jahrzehnte blieb seine Funktionsweise ein Geheimnis, was die öffentliche Diskussion und die Fantasie der Menschen stark anfancte. Auch wenn der Automat tatsächlich durch einen kleinwüchsigen Menschen gesteuert wurde, war dieser Apparat ein mechanisches Bravourstück, der das Gebiet stark beflügelte. Eine weit größere, aber viel weniger bekannte Leistung von Kempelens war die Konstruktion einer Sprechmaschine im Jahr 1791 - der erste funktionsfähige Sprachsyntheseapparat überhaupt.



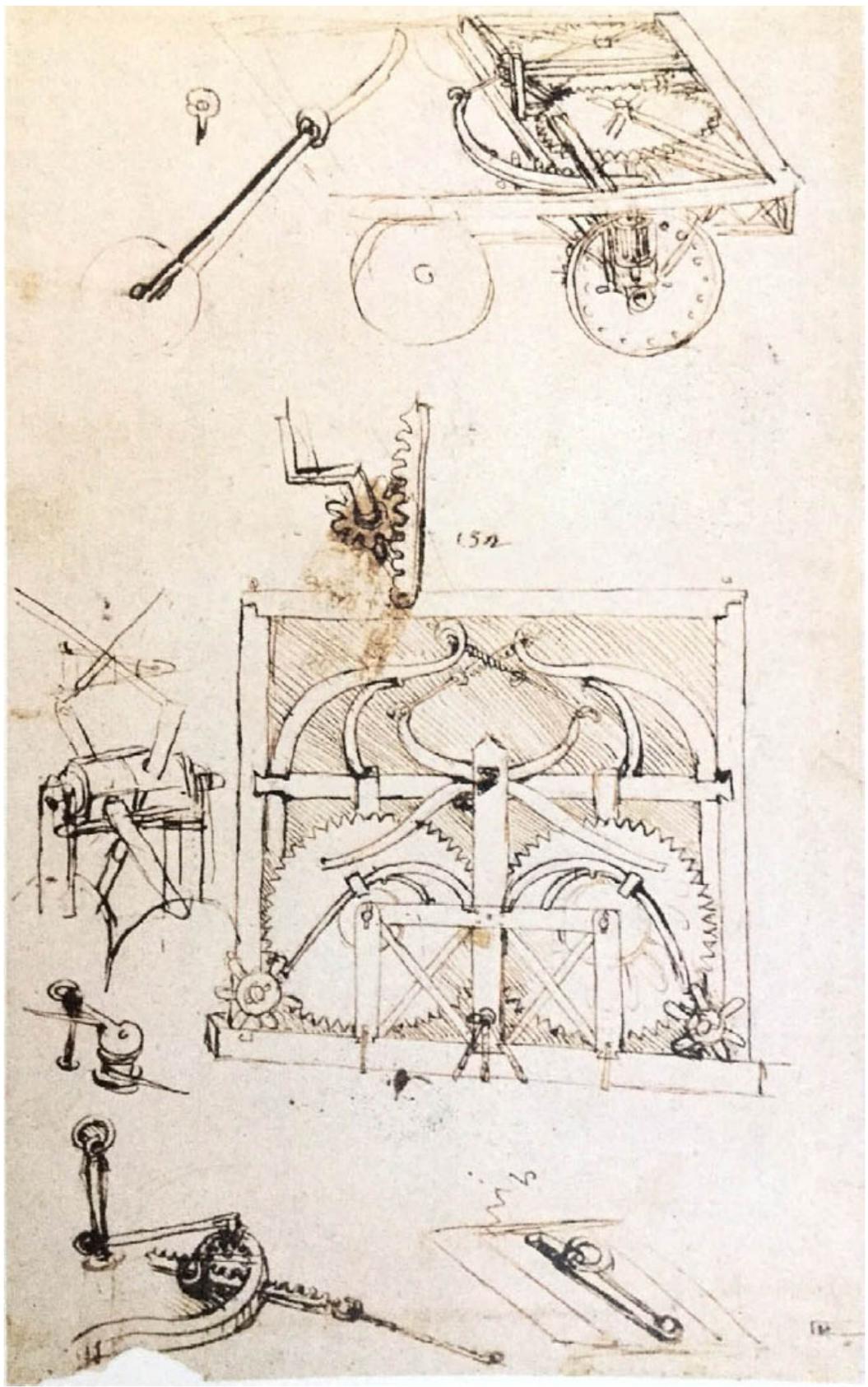


Abb. E-3 Leonardo da Vincis Konstruktion eines federgetriebenen Fahrzeugs (Codex Atlanticus) [2]

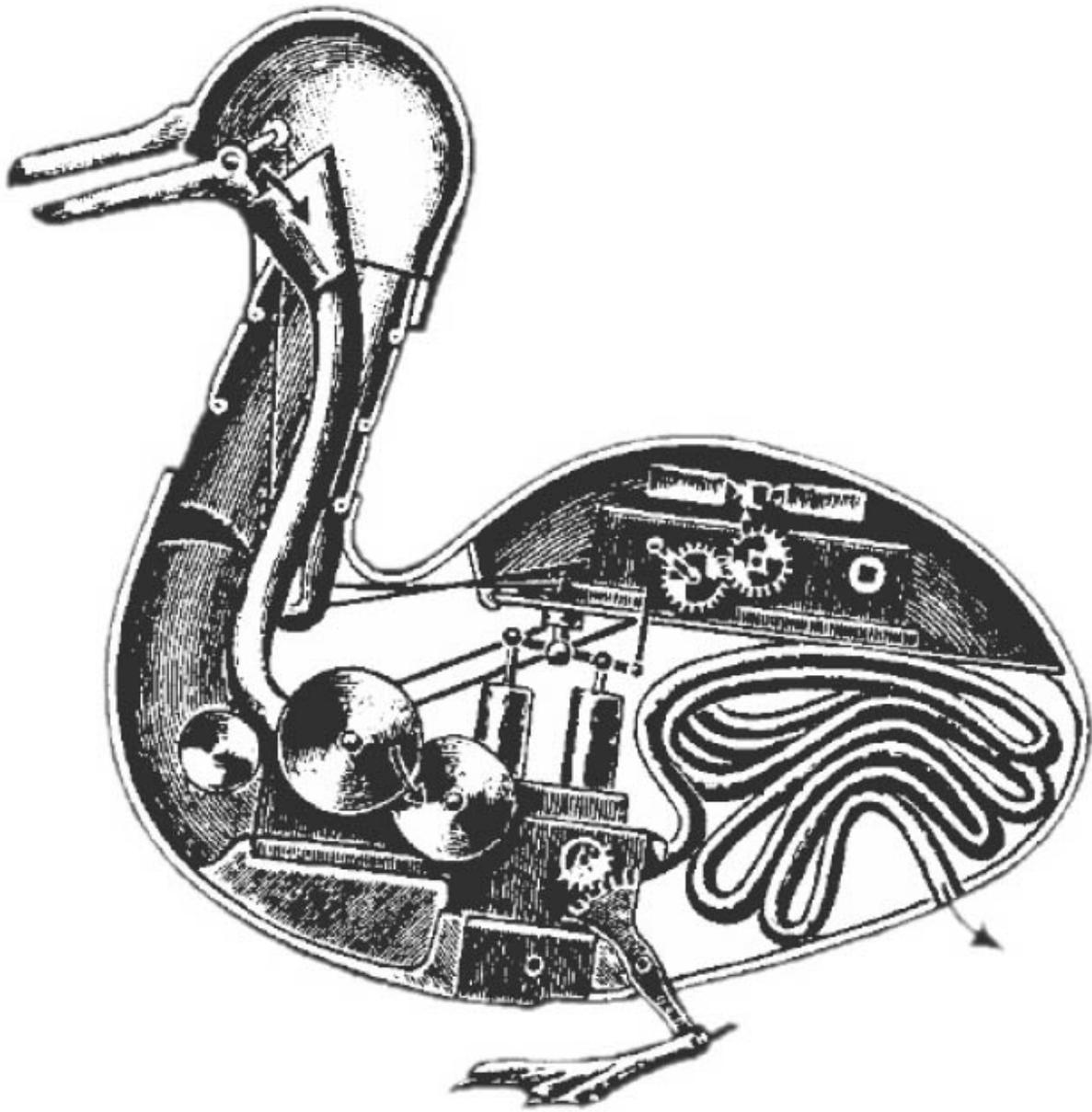


Abb. E-4 Mechanische Ente mit Verdauungsapparat von Jacques de Vaucanson

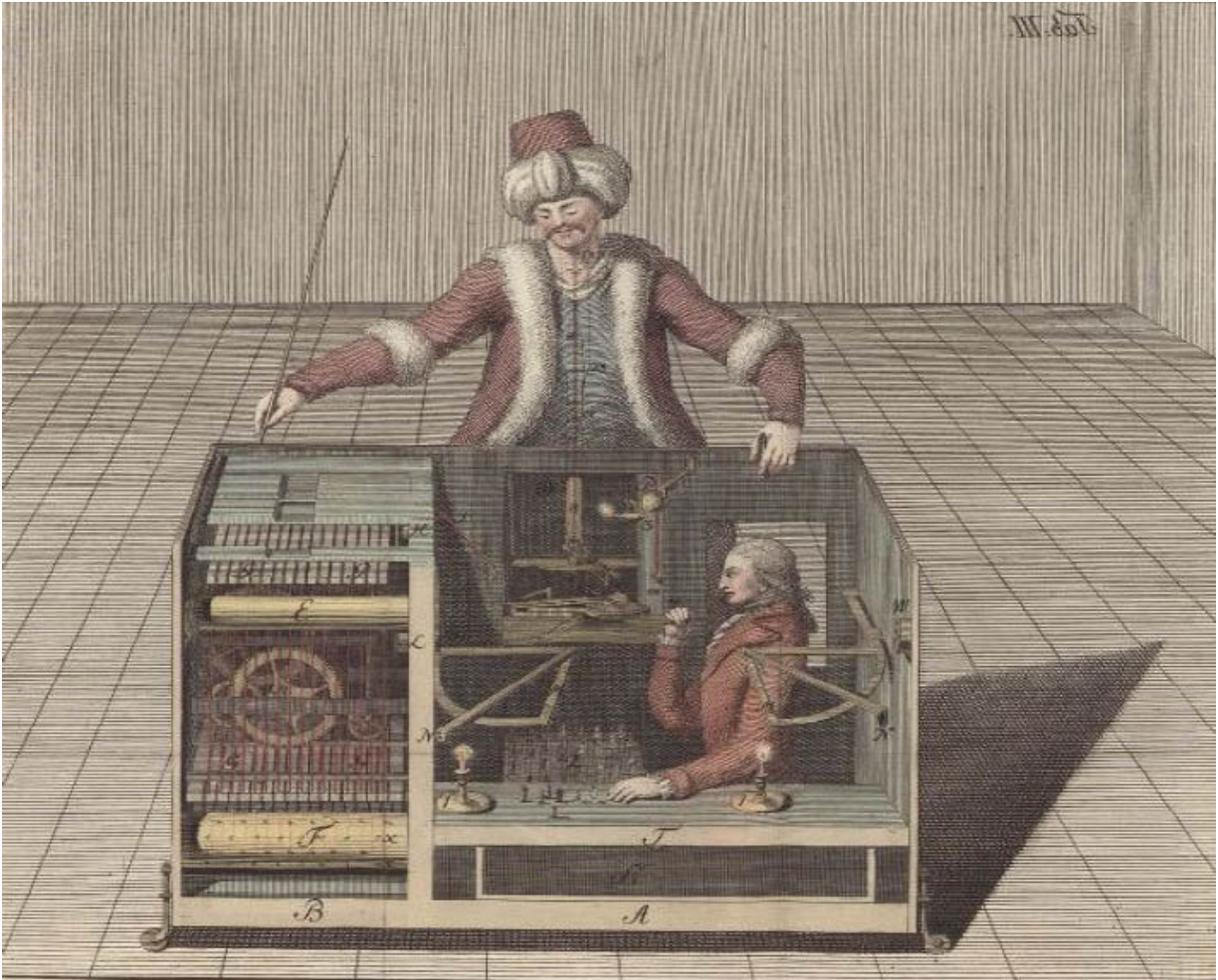


Abb. E-5 Versuch einer Nachbildung des Schachtürken von Wolfgang von Kempelen durch Joseph Friedrich von Racknitz (1789)

Mit der Dampfmaschine von *James Watt* (1736-1819) aus dem Jahr 1784 mit Planetengetriebe erhielt die Menschheit im ausgehenden 18. Jahrhundert die erste - und lange ersehnte - von Ort und Zeit unabhängige Kraftmaschine, den ersten Motor [3].

Wenig später, im Jahr 1805, stattete *Joseph-Marie Jacquard* (1752-1834) den 20 Jahre zuvor von *Edmund Cartwright* (1743-1823) erfundenen mechanischen Webstuhl mit einer Lochkartensteuerung aus - und baute damit den ersten »programmierbaren Automaten« (Abb. E-6). Mit Jacquards Webstuhl erreichte die Automation eine

neue Stufe: Zum ersten Mal hatte ein Automat einen echten Zweck und Nutzen jenseits davon, Menschen zu unterhalten oder zu beeindrucken.



Die Vorstellung, dass technische Automaten dem Menschen unangenehme, monotone, harte oder gefährliche Arbeiten abnehmen können, war entscheidend für den modernen Begriff »Roboter«. Er wurde 1920 vom tschechischen Künstler *Josef Čapek* (1887-1945) für die künstlichen Menschen im Theaterstück *R.U.R.* seines Bruders *Karel Čapek* (1890-1938) geprägt: »Robota« ist das tschechische Wort für »Zwangsarbeit« oder »Frondienst«.

Der wirkliche Durchbruch für die Entwicklung nützlicher und flexibel einsetzbarer Roboter gelang jedoch erst mit der Entwicklung des Computers und dessen anschließender kontinuierlicher Miniaturisierung. Durch die Erfindung des integrierten Schaltkreises (IC) im Jahr 1958/1959 durch *Jack Kilby* (1923-2005) und *Robert Noyce* (1927-1990) und die Entwicklung des Mikroprozessors im Jahr 1970 wurden sehr flexible, leichte, schnelle und verschleißfreie, vor allem aber *programmierbare* Steuerungen möglich.

In den vergangenen 50 Jahren wurden Energiespeicher, Steuerungen und Antriebe so leistungsfähig, klein und bezahlbar, dass Roboter den Menschen inzwischen zahlreiche komplexe Tätigkeiten abnehmen können. Heute durchdringen Roboter immer mehr Lebensbereiche. Moderne Produktionsanlagen sind ohne Roboter schlichtweg undenkbar geworden. Sie verrichten Tätigkeiten exakter, ohne Pausen und meist wesentlich schneller als Menschen – und sind dabei auch noch günstiger. Durch Roboter bleibt die Produktion auch in einem Hochlohnland wie Deutschland wirtschaftlich und ist die Herstellung vieler Präzisionsprodukte überhaupt erst möglich. Roboter sind daher eine moderne Ausprägung des

zentralen Ziels aller menschlichen Erfindungsgabe: der Verbesserung unserer Lebensumstände.

Zunehmend werden Roboter auch für Arbeiten in für Menschen tödlichen Umgebungen eingesetzt. Denn Roboter brauchen keinen Sauerstoff und können, bei geeigneter Konstruktion, weit höhere Temperaturen, Strahlungen und Drücke als Menschen ertragen. Sie arbeiten auch im Wasser, im All oder in verseuchtem Gelände zuverlässig. Daher werden sie auch als Lebensretter und Mechaniker eingesetzt – sie können Verschüttete bergen und Bomben entschärfen. Und schließlich können Roboter einige Dinge sogar deutlich besser als Menschen: Sie erkunden als fliegende Drohnen Gegenden aus jeder Höhe und Perspektive oder tauchen in sehr große Tiefen. Auch Rechenleistung und Reaktionsfähigkeit sind größer und schneller als die eines Menschen: Inzwischen spielen sie besser Schach, gewinnen im Tischtennis und sind gerade dabei zu beweisen, dass sie die besseren Autofahrer sind. Auch als Assistenten in der Medizin bewähren sie sich: Sie sind feiner steuerbar als Menschenhände, arbeiten immer konzentriert und ermüden nicht.

Neben der Verfeinerung der mechanischen Konstruktion und immer leistungsfähigeren, schnelleren und kleineren Mikroprozessoren für die Steuerung sind es vor allem hochauflösende Sensoren und ausgefeilte Algorithmen, z. B. zur Bildauswertung, die diese Leistungen möglich machen. In die Entwicklung eines Roboters fließen daher zahlreiche Spezialkenntnisse ein: Nur ein abgestimmtes Zusammenspiel von Mechanik, Programmierung, Sensorik und Elektronik führt zum gewünschten Ergebnis. Dabei helfen auch Erkenntnisse aus der Biologie (Stichwort »Bionik«): Viele Lebewesen haben optimierte Bewegungsapparate ausgebildet, die heute als Vorbild für

die Konstruktion von Robotern dienen – z. B. für deren Aerodynamik oder die Bewegungssteuerung.

fischertechnik-Roboter

Roboter sind – das belegen zahlreiche MINT-Initiativen und Wettbewerbe – für viele Jugendliche und an Technik interessierte Junggebliebene ein faszinierender Einstieg in MINT-Themen. Sie eignen sich auch aus einem weiteren Grund als Thema von MINT-Projekten: Um einen Roboter »zum Leben« zu erwecken, braucht man Kenntnisse aus allen vier MINT-Bereichen: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. An einem Roboter lässt sich daher auf hervorragende Weise und ganz konkret der praktische Nutzen dieser Kenntnisse vermitteln.

Dank der rasanten Entwicklung in der Informationstechnik ist die Konstruktion eines Roboters heute nicht mehr allein gut finanzierten Forschungsinstituten vorbehalten. Leistungsfähige Mikroprozessoren und hochwertige Sensoren gibt es inzwischen für wenige Euro – und hilfreiches Lernmaterial findet man zuhauf im Internet.

Für dieses Buch haben wir fünf Robotermodelle ausgewählt, an denen wir die praktische Anwendung von Grundlagen der Mechanik, der Regelungstechnik, der Mathematik und der Informatik vorstellen. Sie eignen sich nicht nur zum Selbststudium, sondern auch für den Einsatz im Unterricht – als Einführung in die Konstruktion und Steuerung komplexer technischer Systeme.

Inzwischen gibt es zahlreiche Bausätze für mobile Roboter. Sie ersparen dem Käufer den früher unvermeidlichen Gang in den Hobbykeller und erfreuen sich großer Beliebtheit – vor allem, weil gut ausgestattete Hobbykeller mit Werkbank, Bohrer, Säge und Feile

inzwischen wahrscheinlich Seltenheitswert besitzen. Allerdings haben Bausätze einen großen Nachteil: Das Zusammenstecken eines Bausatzes spart nämlich nicht nur Zeit, sondern reduziert auch Einsichten. Die Auseinandersetzung mit Schwerpunkt, Reibung, Gewicht und Drehmoment, einwirkenden Kräften und statischer Stabilität hat der Hersteller vorweggenommen; sie ist daher am Bausatz nicht mehr nachvollziehbar.

Und ein zweiter wichtiger Nachteil beschränkt die Einsatzmöglichkeiten eines Bausatzes erheblich: Variationen und Ergänzungen des Robotermodells sind meist nur in geringem Umfang möglich, es gibt (wie – leider – üblicherweise in der Schule) nur genau »die eine« richtige Lösung – ganz anders übrigens als im wirklichen Leben. Da nachhaltige Lernprozesse aber nachweislich erst bei einer vertieften Auseinandersetzung mit einer nicht alternativlosen Lösung einer Problemstellung einsetzen, nämlich durch Experimentieren, Ausprobieren und das Analysieren von Fehlversuchen, sind Bausätze didaktische Sackgassen: Der Lernerfolg ist auf die vom Hersteller vorgesehenen Elemente beschränkt, wirkt nicht darüber hinaus und vermeidet Lernen durch Fehler.

Daher schlossen wir die Verwendung von Bausätzen für dieses Buch aus. Eine komplette Roboter-Eigenkreation stellt jedoch schon in Ermangelung gut ausgestatteter Hobbykeller keine geeignete Alternative dar. Deshalb haben wir uns für die Verwendung eines Konstruktionsbaukastens mit sehr geringen Herstellungstoleranzen und einem professionellen Verbindungssystem (Nuten, Zapfen, Riegel) entschieden, das die Entwicklung vielfältiger mechanischer Modelle und insbesondere Roboter-Prototypen erlaubt sowie deren spätere Modifikation, Ergänzung und Erweiterung ermöglicht. Wollen wir die Gestaltungsmöglichkeiten so

offen wie möglich halten, also eine stabile Mechanik mit Statik, Getrieben und Antrieben, mit Pneumatik, Sensoren und Elektronik koppeln, ist das Konstruktionssystem fischertechnik dafür eine ideale Wahl.

Zumal mit fischertechnik bereits in den frühen 80er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts erste Robotermodelle für Schulen entwickelt und eingesetzt wurden. 1987 widmete sich ein ganzes Buch der Programmierung von fischertechnik-Robotern [4], und im selben Jahr ließ ein CHIP-Sonderheft einen fischertechnik-Portalroboter Mühle spielen (Abb. E-7, [5]).

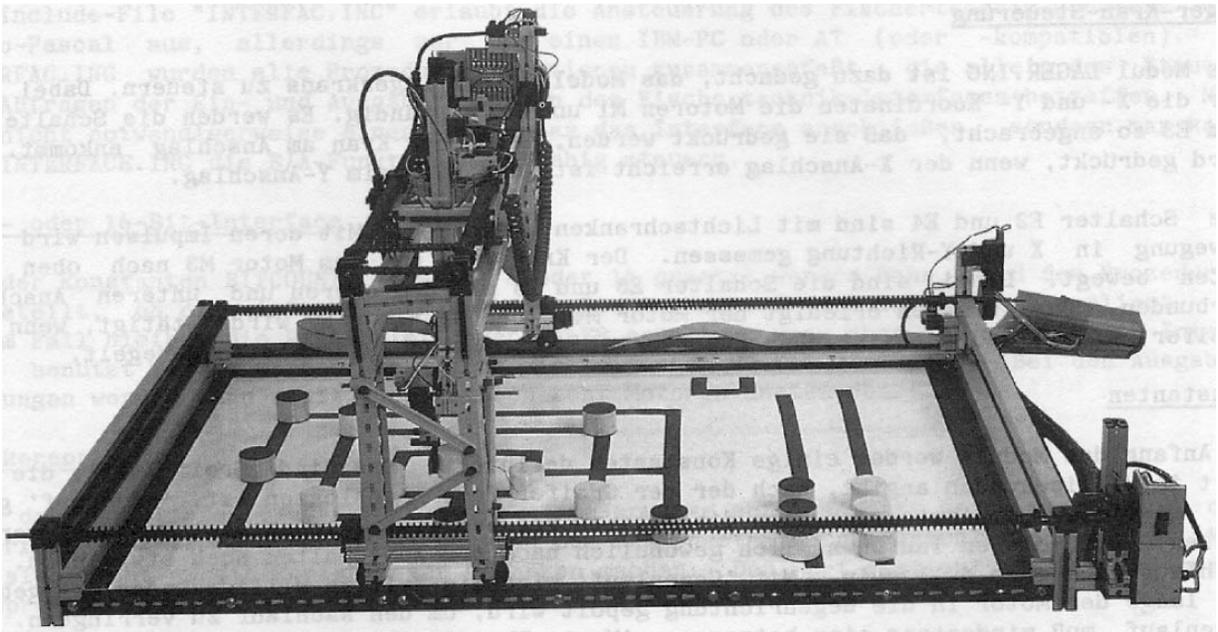


Abb. E-7 Portalroboter spielt Mühle (CHIP Special, 1987) [5]

Die in diesem Buch vorgestellten fünf fischertechnik-Roboter sind Neuentwicklungen und eine Hommage an diese ersten, vor über 30 Jahren konstruierten fischertechnik-Roboter zugleich. Sie nutzen einerseits die statische, mechanische und konstruktive Leistungsfähigkeit des fischertechnik-Systems und zeigen andererseits,

welche Möglichkeiten in der Verwendung heutiger Mikrocontroller und Sensoren stecken.

Die fünf Roboter lassen sich allesamt mit aktuellen fischertechnik-Bauteilen nachbauen und wurden von uns so gestaltet, dass sie mit relativ wenigen Bauteilen auskommen. Damit können sie auch mit kleineren fischertechnik-Bauteilsammlungen nachgebaut werden. Einzelne fehlende Teile lassen sich entweder durch kreative Konstruktionsvarianten ersetzen oder auch im Einzelteilvertrieb nachbestellen. Zu allen Modellen haben wir dafür Bauteillisten zusammengestellt, die auf der Webseite zum Buch zum Download bereitstehen.

Grundsätzlich sind auch zahlreiche Varianten unserer Konstruktionsvorschläge möglich – genau dazu wollen unsere Modellvorschläge anregen. Der Lerneffekt wird darunter nicht leiden, ganz im Gegenteil.

Arduino-Steuerung

Die Firma fischertechnik bietet mehrere Controller zur Steuerung von fischertechnik-Modellen an: für junge Einsteiger den Smart BT Controller (als Nachfolger des ROBO LT Controllers) und für »Profis« den (sehr leistungsfähigen) ROBOTICS TXT Controller (als Nachfolger des ROBO TX Controllers). Beide können mit der beeindruckend flexiblen und leistungsfähigen grafischen Programmiersprache ROBO Pro programmiert werden, die wir vor allem Programmierneinsteigern auch sehr empfehlen.

Zur Steuerung der in diesem Buch vorgestellten fischertechnik-Roboter verwenden wir dennoch keinen der fischertechnik-Controller, sondern einen Arduino Uno ([Abb. E-8](#)). Zwar nimmt sich ein Arduino Uno mit seinem 16-MHz-8-Bit-Mikroprozessor und mickrigen 2 KB RAM

geradezu wie ein Kinderspielzeug im Vergleich mit dem »Herz« des TXT Controllers aus – einem mit 600 MHz getakteten ARM Cortex A8, ausgestattet mit 256 MB RAM und 128 MB Flash-Speicher.

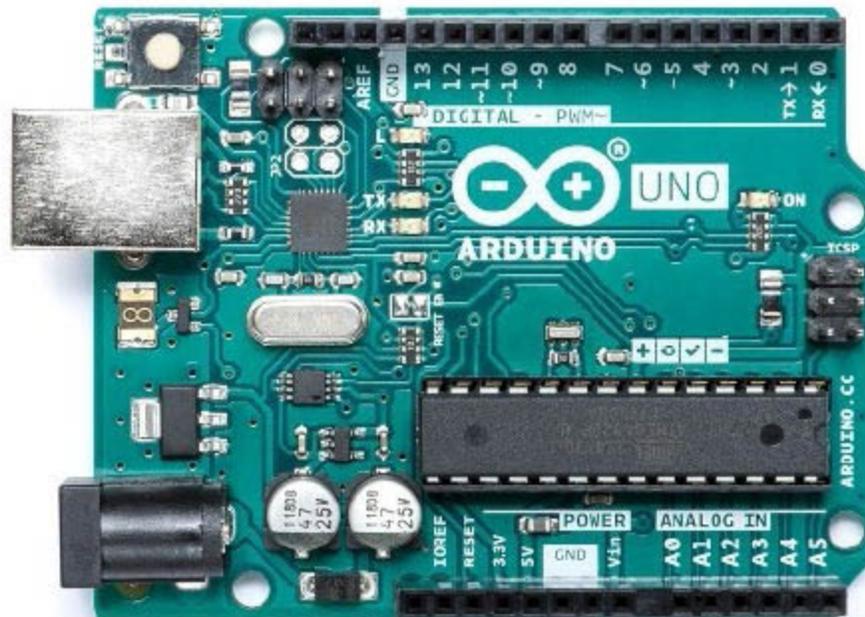


Abb. E-8 Arduino Uno (Rev. 3)

Für die Wahl des Arduino sprechen jedoch vor allem zwei gewichtige Gründe:

- Der fischertechnik-Controller ist selbst zum »Straßenpreis« von etwa 200 € kein Schnäppchen: Für einen Einsteiger, der die Leistungsfähigkeit des Controllers so bald nicht ausreizen wird, ist das eine hohe Investition. Der Smart BT Controller für rund 80 € wiederum besitzt zahlreiche Beschränkungen (wie die geringe Zahl an Ein- und Ausgängen und das Fehlen einer Möglichkeit zum Programm-Upload), die ihn für die Steuerung eines autonomen mobilen Roboters schlichtweg ungeeignet machen. Wer günstig einsteigen will, dem bleibt nur die Wahl eines anderen Mikrocontrollers.

- Für Einsteiger in die (Roboter-)Programmierung, die eine gängige Programmiersprache wie C, Java oder Python verwenden möchten, ist die Verwendung des TXT Controllers eine Herausforderung: Mit Linux und einem C-Compiler sollte man umgehen können, bevor man hier die ersten Schritte wagt, auch wenn die fischertechnik-»Community« eine eigene Firmware entwickelt hat, die z. B. die Programmierung mit Python durch eine Schnittstelle unterstützt.¹

Der Preis eines Arduino Uno liegt mit 10-25 € bei einem Bruchteil des Preises eines TXT und er verfügt über eine Entwicklungsumgebung (IDE), in der Steuerungen in einem Derivat der Programmiersprache C/C++ entwickelt werden können. Entwicklungsumgebung, Hardware und Programmiersprache sind sehr ausgereift, schließlich gibt es den Arduino bereits seit dem Jahr 2005. Schon in den ersten drei Jahren wurden mehr als 50.000 Arduino-Boards verkauft; seitdem wird das Open-Source-Projekt kontinuierlich weiterentwickelt. Da das Board über einen 9-V-Anschluss verfügt, können wir den Arduino sogar mit einem fischertechnik-Netzteil betreiben.

Allerdings erkaufte man sich den niedrigen Preis des Arduino mit verschiedenen Einschränkungen:

- Der Arduino kommt ohne ein fischertechnik-kompatibles Gehäuse daher, das einen Einbau in fischertechnik-Modelle erleichtern würde und die Platine vor Beschädigungen und Kurzschlüssen schützt.
- Er benötigt für die Ansteuerung der fischertechnik-Motoren sowie für die Kommunikation über WLAN oder Bluetooth zusätzliche aufsteckbare Boards (*Shields*), die den Preisvorteil abschmelzen.
- Die Ein- und Ausgänge des Arduino sind nicht kurzschlussfest – wer sie verwendet, sollte daher

wissen, was er tut, sonst ist der Controller schnell zerstört.

- Zwar werden die Steuerungsprogramme in das RAM des Arduino geladen, aber der äußerst begrenzte Speicher erlaubt keine besonders umfangreichen Programme.

Dafür gibt es für fast jede denkbare Anwendung einen Beispiel-Sketch und für jeden verfügbaren Industriesensor eine kostenlose, in der Community getestete Treiberbibliothek, die man lediglich herunterladen und in die IDE des Arduino importieren muss. Der Arduino verfügt auch über deutlich mehr Ports (Input-Output-Anschlüsse) als die fischertechnik-Controller. Außerdem wartet er im Detail mit dem einen oder anderen Pluspunkt auf, den er selbst einem TXT Controller voraushat - mehr dazu im ersten Kapitel.

Warum dieses Buch?

Mit diesem Buch wollen wir nicht nur zeigen, welche faszinierenden Möglichkeiten die Kombination eines ausgereiften technischen Baukastensystems mit einem komfortabel programmierbaren Mikrocontroller und zahlreichen Sensoren für den Roboterbau eröffnet. Wir möchten außerdem an konkreten Beispielen belegen, dass sich die Beschäftigung mit den Grundlagen der Informatik, Mathematik und Mechanik lohnt: Wer zuerst rechnet, seine Mechanik systematisch konstruiert und der Programmierung eine geeignete Modellbildung vorausschickt, kommt zu erheblich leistungsfähigeren Lösungen.

In unseren Robotermodellen verwenden wir ausgewählte, frei verfügbare Arduino-Bibliotheken und