

› F. Alnajjar  
› C. Bartneck  
› P. Baxter

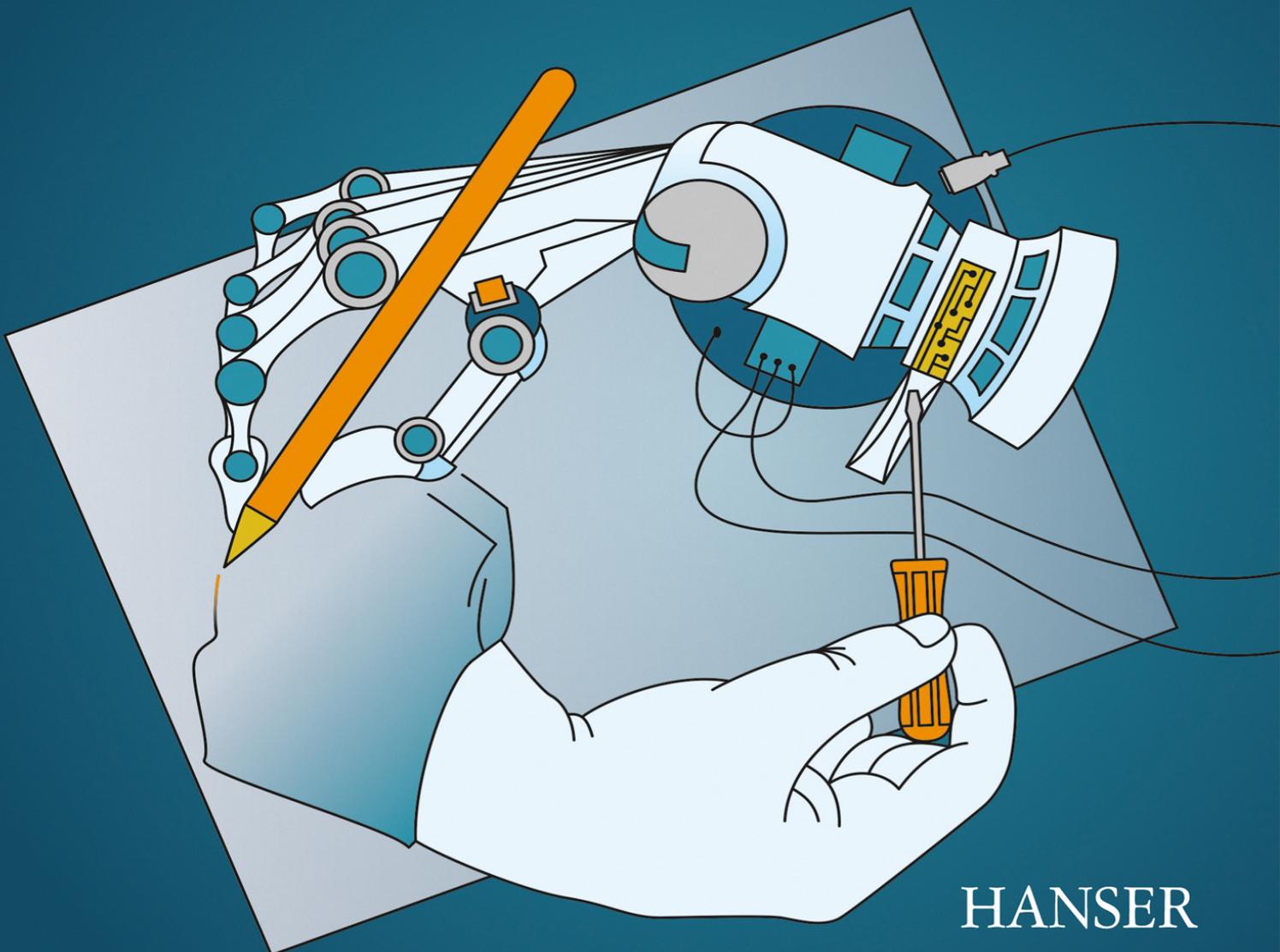
› T. Belpaeme  
› M. Cappuccio  
› C. Di Dio

› F. Eyszel  
› J. Handke  
› O. Mubin

› M. Obaid  
› N. Reich-  
Stiebert

# ROBOTER IN DER BILDUNG

Wie Robotik das Lernen im  
digitalen Zeitalter bereichern kann



HANSER

HANSER

Fady Alnajjar

Paul Baxter

Massimiliano L. Cappuccio

Friederike Eysel

Omar Mubin

Natalia Reich-Stiebert

Christoph Bartneck

Tony Belpaeme

Cinzia Di Dio

Jürgen Handke

Mohammad Obaid

## **Roboter in der Bildung**

Wie Robotik das Lernen im digitalen Zeitalter bereichern kann

## **Autoren:**

**Dr. Fady Alnajjar**, United Arab Emirates University, al-Ain (VAEU)

**Prof. Dr. Christoph Bartneck**, University of Canterbury, Christchurch (Neuseeland)

**Dr. Paul Baxter**, University of Lincoln, Lincoln (Großbritannien)

**Tony Belpaeme**, Universiteit Gent, Gent (Belgien), und University of Plymouth, Plymouth (Großbritannien)

**Massimiliano Cappuccio**, University of New South Wales, Sydney (Australien)

**Cinzia Di Dio**, Università Cattolica del Sacro Cuore, Mailand (Italien)

**Friederike Eyssel**, Universität Bielefeld

**Jürgen Handke**, Universität Marburg

**Dr. Omar Mubin**, School of Computing, Engineering and Mathematics, Western Sydney University, Kingswood (Australien)

**Dr. Mohammad Obaid**, Chalmers University of Technology, Göteborg (Schweden)

**Dr. Natalia Reich-Stiebert**, FernUniversität in Hagen

Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und 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(en, Herausgeber) 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.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) 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 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 benutzt werden dürften.

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.

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.

© 2021 Carl Hanser Verlag München

Internet: [www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: Anne Kurth

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Print-ISBN 978-3-446-46695-1

E-Book-ISBN 978-3-446-46802-3

E-Pub-ISBN 978-3-446-47014-9

# Inhalt

## Titelei

## Impressum

## Inhalt

## Danksagung

## 1 Einführung

### 1.1 Lehrtechnologien: Die digitale Wende in der Bildung

### 1.2 Definition von und Einführung zu Bildungsrobotern

### 1.3 Wissenschaft versus Fiktion

### 1.4 Gliederung des Buches

## **2 Theorien des Lernens**

### **2.1 Lerntheorien**

**2.1.1 Behaviorismus**

**2.1.2 Kognitivismus**

**2.1.3 Konstruktivismus**

### **2.2 Soziales Lernen**

### **2.3 Tutoring**

### **2.4 Kollaboratives und kooperatives Lernen**

### **2.5 Projektbasiertes Lernen**

### **2.6 Bildungstheorie und Roboter in der Bildung**

## **3 Der interaktive Verstand**

### **3.1 Kognitive Grundlagen des menschlichen Lernens**

**3.1.1 Aufmerksamkeit**

**3.1.2 Gedächtnis**

**3.1.3 Exekutive Funktionen**

## **3.2 Sozial-kognitive Grundlagen von Interaktionen**

3.2.1 Empathie

3.2.2 Nachahmung

3.2.3 Theorie des Geistes (Theory of Mind, ToM)

3.2.4 Anthropomorphismus

3.2.5 Nonverbale Kommunikation

## **3.3 Demografische Daten**

3.3.1 Biologisches und soziales Geschlecht (Sex und Gender)

3.3.2 Alter

3.3.3 Ethnizität

## **3.4 Sind sie wirklich „wie ich“?**

# **4 Was macht einen Roboter aus?**

## **4.1 Der Roboter**

4.1.1 Robotertypen und ihre Steuerung

4.1.2 Grundlegende Roboter-Hardware

## **4.2 Eingabe-Technologien**

4.2.1 Die Spracherkennung

4.2.2 Computer Vision

4.2.3 Näherungssensoren

4.2.4 Berührungssensoren

4.2.5 Physiologische Sensoren

## **4.3 Ausgabe-Technologien**

4.3.1 Motor-Bewegungen und Mobilität

4.3.2 Haptisches Feedback

4.3.3 Audio

4.3.4 Augen

## **4.4 Verarbeitungssoftware**

4.4.1 Entwicklungs-Tools

4.4.2 Roboter-Software-Middleware

4.4.3 Sprachverarbeitung

4.4.4 Einschränkungen

4.4.5 Lokalisierung und Kartierung

4.4.6 Künstliche Intelligenz

# **5 Roboter als Werkzeug**

## **5.1 Warum werden Roboter im Unterricht eingesetzt?**

## **5.2 Informatisches Denken (Computational Thinking)**

### **5.3 Hardware**

#### **5.3.1 Einsatzbereite Roboter (Ready-to-Run)**

#### **5.3.2 Roboter-Baukästen**

#### **5.3.3 TurtleBot**

#### **5.3.4 Benutzerdefinierte Hardware**

### **5.4 Software**

#### **5.4.1 Programmierung**

#### **5.4.2 Simulationsumgebungen**

### **5.5 Roboter-Wettbewerbe**

### **5.6 Herausforderungen**

#### **5.6.1 Mangelndes Vertrauen der Lehrkräfte**

#### **5.6.2 Roboter im Lehrplan**

5.6.3 Wirksamkeit von Robotern in der Bildung

5.7 Ausblick

## 6 Roboter als soziale Agenten

6.1 Was macht einen sozialen Roboter aus?

6.2 Rollen von sozialen Robotern in der Bildung

6.2.1 Der Roboter als Tutor

6.2.2 Der Roboter als Peer

6.2.3 Der Roboter als Novize

6.2.4 Der Roboter als Assistent im Klassenzimmer

6.2.5 Der Roboter als Prüfer

6.2.6 Der Roboter als Mediator

6.2.7 Der Roboter als Lernberater

6.2.8 Der Roboter als Telepräsenz-Tool

6.3 Ausblick

## 7 Anforderungen an den Einsatz von Robotern

## **7.1 Auswahl eines Roboters**

## **7.2 Finanzielle Fragen**

7.2.1 Wartung

7.2.2 Versicherung

## **7.3 Die Infrastruktur**

7.3.1 Eine Entwicklungs- und Testumgebung

7.3.2 Transport

7.3.3 Vorbereitung für den Gebrauch im Klassenzimmer

7.3.4 Internetzugang

## **7.4 Entwicklung/Programmierung**

7.4.1 Das Entwicklerteam

7.4.2 Die sozialen Medien

7.4.3 Installation

7.4.4 Das Entwicklungsumfeld

## **7.5 Ausblick**

# **8 Anwendungen**

## **8.1 Lernen**

8.1.1 Wissen

8.1.2 Fertigkeiten

8.1.3 Komplexe Themen

8.1.4 Rehabilitation und Entwicklung sozialer Fähigkeiten

8.1.5 Verhaltensänderung

8.1.6 Roboterunterstütztes Sprachenlernen

8.1.7 Hochschulbildung

## **8.2 Bewertung**

8.2.1 Prüfinstanz

8.2.2 Feedback

## **8.3 Ausblick**

# **9 Einstellungen gegenüber Robotern**

9.1 Technologieakzeptanz

9.2 Messung der Einstellung gegenüber Robotern

## 9.3 Einstellung zu Bildungsrobotern

# 10 Ethik

## 10.1 Was ist Ethik?

## 10.2 Ethik für Roboter

## 10.3 Ethische Bedenken im Klassenzimmer

## 10.4 Ausblick

# 11 Forschungsmethoden in der Bildungsrobotik

## 11.1 Kurz- und Langzeit-Untersuchungen

## 11.2 Forschungsprozess

### 11.2.1 Literaturübersicht

### 11.2.2 Definition der Forschungsfragen und Hypothesen

### 11.2.3 Definition der Methode

### 11.2.4 Analyse

### 11.2.5 Schreiben und Publizieren

# Literaturverzeichnis

---

# Danksagung

Dieses Buch ist das Ergebnis einer einwöchigen intensiven Schreibklausur, die – gefördert vom AI & Robotics Lab der Universität der Vereinigten Arabischen Emirate (UAEU) – im Januar und Februar 2020 in Al Ain, Emirat Abu Dhabi, stattfand.

Alle Koautoren haben aktiv an dieser Klausurtagung teilgenommen sowie an der Gestaltung, dem Entwurf und der Überarbeitung der Struktur und der ursprünglichen Inhalte mitgewirkt, aus denen dieses Buch besteht. Sie wurden von Frau Faith Bosworth ([Booksprints.net](https://booksprints.net)) bei der Implementierung des Book-Sprint-Workflow-Formats unterstützt.



Die Klausurtagung war mit dem 5. Joint UAE-Symposium über Social Robotics (JSSR2020) verbunden, an dem die Koautoren unmittelbar nach Abschluss der Schreibklausur als Referenten teilnahmen. Die Klausur und das Symposium wurden durch einen großzügigen Beitrag des College of Humanities and Social Sciences und des College of Information Technology der Universität der VAE ermöglicht. Die JSSR ist Teil der Aktivitäten, die die UAEU jährlich im Rahmen des Innovationsmonats unter der Schirmherrschaft ihres Kanzlers, S. E. Dr. Saeed Ahmed Ghobash, durchführen, dem wir für die Unterstützung unserer Initiative dankbar sind.

Die Autoren dieses Buches möchten auch Dr. Ghaleb Ali Alhadrami, Dr. Hassan Naboodah, Dr. Taieb Znati, Dr. Meera Alkaabi und Dr. Munkhjargal Gochoo für die Unterstützung der Organisation dieser Initiative danken. Unser besonderer Dank gilt Dr. Munkhjargal Gochoo und Dr. Fiona Baker für ihre hilfreichen

Anregungen und Einsichten während der Anfangsphase der Klausur.



# 1 Einführung

*„If we teach today’s students as we taught yesterday’s, we rob them of tomorrow.“*

– John Dewey: *Democracy and Education*. New York, Macmillan, 1944.



Was wird in diesem Kapitel behandelt:

- die sich wandelnde Natur der Bildung,
- eine kurze Geschichte der Bildungsroboter,
- echte Roboter versus fiktive Roboter,
- Ausblick auf die folgenden Themen.

*Ein modernes Lernszenario:* Sarah besucht einen Informatikkurs und arbeitet heute mit *Ozobot*. Mit ihm (siehe [Bild 5.5](#)) fängt sie Pokémon und lernt dabei spielerisch grundlegende Kodierungskonzepte kennen. *Ozobot* ist ein kleiner programmierbarer Roboter, entwickelt, um den Unterricht von Mathematik und Naturwissenschaften bis hin zur Kunst praxisnah zu unterstützen. Zur gleichen Zeit nimmt Ben an einem

Spanischkurs teil. Er interagiert mit *Pepper*, einem Roboter, der einem Menschen mit Armen und einem Gesicht, das als freundlich und niedlich empfunden werden soll, recht ähnlich sieht ([Bild 1.3](#)). Sie sprechen über das Leben von Straßenkindern in Lateinamerika. *Pepper* spricht langsam und ohne Akzent und wiederholt geduldig, wenn Ben ihn nicht verstanden hat. Er kann Lehren und Lernen in verschiedenen Disziplinen unterstützen. Er spricht 27 Sprachen und ist in der Lage, menschliche Emotionen zu erkennen und sozial zu interagieren.

Der Einsatz von Bildungstechnologien zur Unterstützung des Lernens und Lehrens hat sich von computergestützten Präsentationen und Online-Lernumgebungen hin zu den neuesten Lehrtechnologien, nämlich zum Einsatz von Bildungsrobotern wie *Ozobot* oder *Pepper* entwickelt. Schulen und Universitäten auf der ganzen Welt haben bereits damit begonnen, den Einsatz von Robotern im Klassenzimmer zu testen. Rasche technologische Innovationen, die unter dem Stichwort „Digitalisierung“ zusammengefasst werden, sind ein Grund für diese Entwicklung. Vor dem Hintergrund der digitalen Transformation spielt der kompetente Einsatz digitaler Medien im aktuellen Bildungsdiskurs eine immer wichtigere Rolle. Immer häufiger treten die sogenannten „Kompetenzen des 21. Jahrhunderts“ (die sog. 21<sup>st</sup> Century Skills) in den Vordergrund und umfassen u. a. Informations-, Medien- und Technologiekompetenz, Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit sowie Lern- und Innovationsfähigkeit. Eine Aufgabe von Unterricht ist daher, neue Kenntnisse und Kompetenzen zu vermitteln und neue Formen des Austauschs in einer zunehmend vernetzten Welt zu lehren. Die Robotik ist eine treibende Kraft in diesem technologischen Wandel und ihre Bedeutung in unserem zukünftigen Alltag wird stetig zunehmen.

Aus diesem Grund muss den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, sich diesem Thema zu nähern und sich Wissen darüber anzueignen, um auf heutige und zukünftige Lebens- und Arbeitsumgebungen vorbereitet zu sein. Was noch wichtiger ist: Die Forschung zeigt uns, dass das Lernen mit Robotern für Schüler<sup>1</sup> aller Altersgruppen interessant ist. Es fördert ihre Neugier gegenüber Themen, von denen die Betreffenden nie gedacht hätten, dass sie sie interessieren würden. Der Einsatz von Bildungsrobotern kann dazu beitragen, eine Lernumgebung zu schaffen, die Schüler durch die Neuartigkeit des Interaktionsmediums an den Inhalt fesselt.

In diesem Buch skizzieren wir zunächst verschiedene Lernparadigmen, die der Bildungsrobotik zugrunde liegen und betrachten dann das Potenzial von Robotern in der Bildung und die Rollen, die sie bei der Wissensvermittlung spielen können. Darüber hinaus werden wir technische Anforderungen und Anwendungspotenziale sowie mögliche damit verbundene Herausforderungen diskutieren. Schließlich werden wir untersuchen, wie die visuellen, sozialen und verhaltensbezogenen Signale eines Roboters das Lernen beeinflussen und welche Forschungsmethoden geeignet sind, um Mensch-Roboter-Interaktionen im Bildungsbereich zu untersuchen.

## **1.1 Lehrtechnologien: Die digitale Wende in der Bildung**

„Bildung“ ist im 21. Jahrhundert im Wandel. Die Rolle von Robotern in der zukünftigen Bildung kann daher nicht isoliert betrachtet werden, sondern muss im Zusammenhang mit den digitalen Veränderungen verstanden werden, die derzeit zu beobachten sind. Die zentrale Idee dieses neuen Ansatzes zum Lehren und Lernen besteht darin, dass die Wissensvermittlung und der Wissenserwerb heute weitgehend durch digitale Technologien erfolgen kann. Digitale Technologien erlauben es Lehrkräften, Lernen zu personalisieren und dem Lernenden die Verantwortung für seinen persönlichen Lernprozess zu übertragen.

Ein Trend in der digitalen Transformation der Bildung, der ein immenses Wachstum erlebt, ist das Online-Lernen. Statt einer textbasierten, statischen Lernerfahrung in einem Klassenzimmer oder einem Hörsaal arbeiten die Lernenden mit einem Online-Lernprogramm an Lernelementen, die in Produktionsstudios, Workshops oder außerhalb der Lernumgebung für sie zusammengestellt wurden. Diese Inhalte werden in der Regel über das Internet mithilfe von Lernmanagementsystemen (LMS) vermittelt. Einer der größten Vorteile dabei ist, dass die Studierenden ihre eigene Lernintensität und die Geschwindigkeit, mit der sie in ihrem Lernprozess voranschreiten, selbst bestimmen können. Kurse, die in solchen anpassbaren Formaten angeboten werden, können sehr viele Teilnehmer erreichen, da eine große Anzahl von Lernenden die digitalisierten Inhalte in sogenannten Massive-Open-Online-Kursen (MOOCs) abrufen kann.

Viele Bildungseinrichtungen betrachten MOOCs als Schlüssel zum Lehren und Lernen in einer modernen Welt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass dieses Format unter extrem niedrigen Erfolgsquoten leidet, die oft unter 5 % liegen. Khalil und Ebner

(2014) erwähnen, dass Zeitmangel, mangelnde Motivation der Lernenden, das Gefühl der Isolation und ein Mangel an Interaktivität die zentralen Probleme in solchen Online-Lehr- und Lernszenarien sind. Die versprochene Größenordnung, in der ein Tutor Tausende von Studierende und Nichtakademiker kostenlos unterrichtet, ist nicht erreicht worden (Neubök et al., 2015). Die hohen Produktionskosten von professionellen Online-Kursen führten dazu, dass erhebliche Einschreibgebühren erhoben werden müssen (Hollands, 2014). Diese Probleme bestehen auch in geschlossenen Online-Kursen, die von etablierten Universitäten angeboten werden, um beispielsweise Mikrozertifikate zu erwerben (Handke und Franke, 2013). Daher werden Online-Kurse wahrscheinlich nicht die Lösung für die Probleme des traditionellen Lehrens und Lernens sein.

Wir brauchen eine zusätzliche Komponente, in der das digital erworbene Wissen vertieft und eingeübt wird. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten für den Präsenzunterricht, der dann kompetenzorientiert und nicht primär auf den Wissenstransfer ausgerichtet sein kann. Deshalb wird ein zweiphasiges Lehr- und Lernszenario vorgeschlagen: Online-Inhaltsvermittlung und selbstgesteuerter Inhaltserwerb, jedoch mit angeleiteter Wissensvertiefung. Dieses Szenario, das lange Zeit mit dem Begriff „umgekehrter“ oder „invertierter Unterricht“ (Lage et al., 2000; Baker, 2000) assoziiert wurde, ermöglicht den Lernenden nicht nur ihren eigenen Lernstil und ihren eigenen Zeitrahmen beizubehalten, sondern auch einen hohen Grad an Individualisierung in der Online-Phase. Mehr noch, sie stützt sich auf eine anschließende Präsenzunterrichtsphase, in der das neu erworbene Wissen vertieft und eingeübt wird.

Eine große Verbesserung der Online-Bildung, die sowohl im Präsenzunterricht als auch online genutzt werden kann, kam mit

dem Aufkommen virtueller und erweiterter Realitäten (VR, *Virtual Reality* und AR, *Augmented Reality*), die es den Lernenden ermöglichen, eine immersive Lernerfahrung zu machen. Virtuelle Realität ist eine computergenerierte Simulation von Umgebungen, in denen Benutzer dreidimensional und realistisch interagieren können und in denen sie sich durch elektronische Geräte wie Helme oder mit Sensoren ausgestattete Kleidung präsent fühlen können (Biocca, 1992; Steuer, 1992; Zhou und Deng, 2009). Aktuelle bekannte VR-Systeme sind z. B. die *CAVE*, ein begehbare Würfel, auf dessen Wände Bilder projiziert werden, sodass sich für den Anwender im Inneren des Würfels mit einer 3D-Brille der virtuelle Eindruck einer realen Szene ergibt (CAVE, Cruz-Neira et al., 1992). Andere Systeme setzen auf mit LCD-Bildschirmen ausgestattete sogenannte *Head-Mounted Displays* (HDM, Santos et al., 2009), auf dem Kopf tragbare Ausgabegeräte. *Augmented Reality* kombiniert Objekte und Elemente aus dem wirklichen Leben mit VR-Komponenten (Azuma, 1997). Im Vergleich zu VR koexistieren bei AR virtuelle Elemente in realen Umgebungen und ermöglichen so die Verschmelzung von Lernelementen im virtuellen Raum und in der realen Welt (Bower et al., 2014). Mobile mit GPS ausgestattete Geräte erhöhen die Mobilität und Interaktion der Lernenden untereinander und ermöglichen es, die reale Welt authentisch ergänzt durch virtuelle Elemente wie Bilder, Texte oder Videos zu erleben. AR-Lehrbücher sind ein Beispiel für solche Anwendungen in der Bildung. Vorlesungsaufzeichnungen werden durch Visualisierungen, 3D-Modelle oder Simulationen ergänzt, die eine neue interaktive Art des Lernens schaffen.

Ein großer Vorteil von *Virtual- und Augmented-Reality*-Anwendungen in der Bildung ist, dass sie realitätsnahe Erfahrungen auf immersive Weise ermöglichen. Neuere Arbeiten

zeigen, dass der Einsatz von VR- und AR-Systemen in der Bildung einen positiven Einfluss auf die Lernergebnisse haben kann, wie z. B. erhöhte Motivation und Interesse oder höhere Leistung und Kreativität (Makransky und Lilleholt, 2018; Alhalabi, 2016; Bower et al., 2014; Wu et al., 2013). Pädagogische Fragen und Herausforderungen ergeben sich jedoch aus der Implementierung sowohl von Online-Lernen als auch von VR- und AR-Anwendungen in der Bildung. Innovative Unterrichtsansätze in Ergänzung zu herkömmlichen lehrerzentrierten, umsetzungsorientierten Methoden sind erforderlich.

Eine Lehrkraft leistet heutzutage nicht mehr nur Wissensvermittlung, sondern Assistenz im Bildungsprozess: „Vom Weisen auf der Bühne zum Begleiter“ (King, 1993). Diese neue Rolle ist eine Herausforderung. Sie umfasst die Beantwortung von Fragen, die Betreuung von Projektarbeiten im Unterricht, Gruppenarbeit mit den Lernenden und die Steuerung von Technologien wie *Audience-Response-Systemen* (ARS) oder Lern-Apps. Das sind Aktivitäten, die inhaltsspezifische, mediale und technologische Kompetenzen erfordern. Eine einzelne Lehrkraft ist oft nicht in der Lage, alle diese Rollen ausreichend zu übernehmen, insbesondere in Klassen mit mehr als 25 Lernenden (Handke, 2020). Aber auch in kleineren Klassen kann der ständige Wechsel zwischen Inhalt und Technologie den Lehrer von der Zusammenarbeit mit den Lernenden ablenken. Infolgedessen benötigen wir mehr Assistenten, die diese Aufgaben übernehmen, idealerweise einen für jeden Studenten. Dies käme dem antiken Ideal nahe, dass Sokrates durch die Straßen Athens wandert, während er sich mit einem Studenten unterhält.

Heute gibt es jedoch eine neue Option. Eine Lehrtechnologie, die die Bildung in nicht allzu ferner Zukunft prägen wird, ist der Einsatz von Robotern für das Lehren und Lernen. Wir glauben, dass Roboter ein besonders großes Potenzial haben, die Zukunft der Bildung zu gestalten und Schüler zum Lernerfolg zu führen. Einschlägige Lernerfahrungen mit Bildungsrobotern (seien es Roboter als Werkzeuge oder als soziale Akteure), wie z. B. beim Programmieren oder einfach durch die Zusammenarbeit mit ihnen, können die Kreativität anregen, das Problemlösen trainieren und diejenigen selbstregulierenden Lernfähigkeiten fördern, die Lernende benötigen, um im heutigen und zukünftigen Arbeitsleben erfolgreich zu sein. Bildungsroboter als soziale Akteure können zumindest in gewissem Umfang einige der Aufgaben von menschlichen Lehrkräften übernehmen und diesen dadurch neue Freiräume für individuelle Beratung und Betreuung ermöglichen. Ein Einsatz von Robotern, der den Menschen nicht ersetzt, sondern unterstützt, ist ein wesentlicher Bestandteil der digitalen Wende. Während die Rolle des Lehrers und die des Roboters die Lernerfahrung verändern wird, machen Roboter den Lehrer nicht überflüssig. Die Programmierung der Roboter, die Erstellung von Inhalten und die Wartung werden sogar zu vielen neuen Arbeitsplätzen führen.

Man könnte an dieser Stelle argumentieren, dass virtuelle „Lehrkräfte“, die auf Bildschirmen oder mobilen Anwendungen basieren, diese Aufgabe ebenfalls erfüllen könnten und keine teure Hardware benötigen würden. In diesem Buch werden wir jedoch argumentieren, dass die einzigartige physische Verkörperung und die interaktiven Fähigkeiten von sozialen Robotern der Schlüssel zur Bildung einer sozialen und doch einfühlsamen Bindung zwischen den Lernenden und den Robotern ist und, dass diese Bindung die Lernerfahrung

verbessert. Mechanische Roboter sind dagegen vielleicht nicht in der Lage, sich mit einem Menschen zu unterhalten, aber durch ihren Formfaktor oder ihre manipulative modulare Struktur bieten sie eine Plattform, um etwas über Technik und Wissenschaften zu lernen. Daher enthält dieses Buch Kapitel über beide Arten von Robotern: als soziale Akteure und als Werkzeuge.

Was ist mit der Vergangenheit? Gab es Beispiele von Robotern, die menschliche Lehrer in der Bildung vor der Digitalisierung begleitet haben? Gibt es darüber hinaus Beispiele für den Einsatz von Robotern in Lehr- und Lernumgebungen, die über die beschriebenen hinausgehen? Die folgenden Passagen geben zunächst einen allgemeinen Überblick und befassen sich dann mit dem Potenzial von Robotern im Vergleich von Wissenschaft und Fiktion und dem, was zur imaginären und realen Welt gehört.

## 1.2 Definition von und Einführung zu Bildungsrobotern

Unter „Bildungsroboter“ werden alle Roboter verstanden, die im Bildungskontext eingesetzt werden können. Je nach ihrem Interaktionsstil mit Menschen lassen sie sich in Roboter einteilen, die als Werkzeuge oder als soziale Akteure eingesetzt werden können. Als Werkzeuge werden sie entweder eingesetzt, um Lernende über Roboter an sich zu unterrichten oder, um durch ihre Programmierung technisches Wissen zu vermitteln (Eguchi, 2012). Zu dieser Kategorie gehören Roboter wie die *LEGO Mindstorms* oder der *Aibo*-Roboter (*Sony*).

In ihrer Rolle als soziale Akteure werden Roboter als Lernbegleiter betrachtet (Miller und Nourbakhsh, 2016). Durch soziale Interaktionen bieten sie Unterstützung und Hilfe. Sie können in einem fächerübergreifenden Kontext eingesetzt werden. Zu dieser Gruppe gehören humanoide Roboter wie der *Pepper-Roboter (SoftBank Robotics)* oder Telepräsenzroboter wie der *Beam-Roboter (Suitable Technologies)*. Wie wir in späteren Kapiteln sehen werden, handelt es sich bei dieser Unterteilung eher um ein Kontinuum als um eine binäre Unterscheidung.

Bildungsroboter gibt es schon seit vielen Jahren. Da Roboter zuerst in Fabriken eingeführt wurden, fokussierte sich der Unterricht im Rahmen von Mechatronik-Lehrplänen auf den Bau und die Programmierung von Industrieroboterarmen. Die Komplexität dieser Maschinen (wie z. B. der KUKA-Roboterarm) machte sie für nicht ingenieurwissenschaftliche Studierende mehr oder minder unzugänglich.

Das *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* begann bereits 1987 mit der Arbeit an einer Ausbildungsroboterplattform unter dem Titel „*Logo Brick*“, die mittlerweile zu ihrem „*Red Brick*“ weiterentwickelt wurde. *The LEGO Group (TLG)* interessierte sich für diese Entwicklung und begann 1996 mit dem MIT zusammenzuarbeiten, woraus 1998 der erste programmierbare LEGO-Baustein namens „*Robotics Invention System*“ (RIS) entstand (Martin et al., 2000). Er wurde als *LEGO Mindstorms* vermarktet. Das ursprüngliche Design wurde mit den *Mindstorms NXT* und *EV3* verbessert ([Bild 1.1](#)).

*LEGO Mindstorms* ist heute das wohl am weitesten verbreitete Robotik-Lehrmedium (Kubilinskiene et al., 2017). Allerdings haben mehrere neue Plattformen, die auf fortschrittlichen Mikrocontrollern basieren, *LEGO Mindstorms* aus technologischer

Sicht übertroffen. Zwei solcher Geräte sind der *Raspberry Pi* ([Bild 1.2](#)) und der *Arduino*. Diese Geräte sind dazu gedacht, Robotik und Programmierung zu lehren. Sie können zwar auch für die Lehre anderer Themen verwendet werden, ihr Schwerpunkt liegt jedoch nach wie vor in der Informatik und im Ingenieurwesen. Wir werden diese Systeme in [Kapitel 5](#) ausführlicher vorstellen.



**Bild 1.1** LEGO Mindstorms-Roboter (von links nach rechts: RCX, NXT, EV3)



**Bild 1.2** *Raspberry Pi* (© Michael Henzler)

Im Jahr 2008 entwickelte *Aldebaran Robotics* (jetzt *SoftBank Robotics*) einen vollständig integrierten humanoiden Roboter mit dem Namen „*NAO*“. Dabei handelte es sich nicht mehr um einen Satz von Bausteinen, Sensoren oder Aktoren, die zusammengebaut werden mussten, sondern um einen voll funktionsfähigen, einsatzbereiten Roboter. Er wurde schnell zu einer beliebten Forschungsplattform (fast ein De-facto-Standard) und in vielen Studien über den Einsatz von Robotern in der Bildung verwendet. Während *NAO* auch für den Unterricht über Robotik eingesetzt werden kann, wurde er für viele andere Lehrbereiche verwendet, wie z. B. für den Zweitspracherwerb (Kennedy et al., 2016). Nachdem *SoftBank Robotics* die Firma *Aldebaran Robotics* gekauft hatte, wurde der Roboter „*Pepper*“ entwickelt und 2014 auf den Markt gebracht ([Bild 1.3](#)). *Pepper* erschließt durch seine Fähigkeit zur Emotionserkennung, eine Tablet-Integration und die Eignung für Multi-User-Tracking und Interaktion auch den Bildungsbereich.



**Bild 1.3** Roboter *Pepper* (© SoftBank Robotics)

Andere Arten von Bildungsrobotern sind zoomorphe Roboter, d. h. Roboter, die wie Tiere geformt sind, z. B. Hunde und Katzen. Sony brachte 1999 den Roboter *Aibo* auf den Markt. Obwohl der *Aibo* ursprünglich nicht für den Bildungsbereich konzipiert war, stellte *Sony* Werkzeuge zur Programmierung des Roboters zur Verfügung, mit denen Forscher maßgeschneiderte Programme erstellen konnten, sodass er in Lehrplänen verwendet werden konnte (Yamamoto et al., 2006). Die ersten Versionen des *Aibo* wurden zwischen 1999 und 2006 produziert. Im Jahr 2018