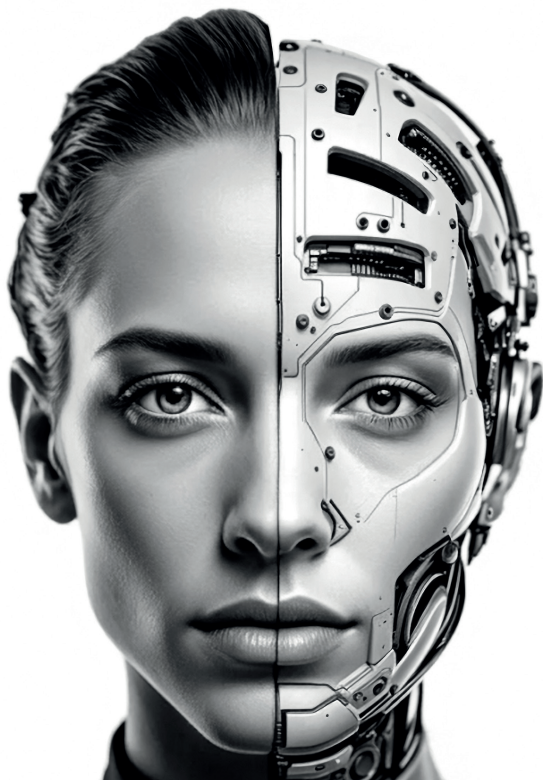


DR. MARIO HERGER



# HOMO SYNTHETICUS

Wie Mensch und Maschine verschmelzen

PLASSEN  
VERLAG

HOMO SYNTHETICUS

Dr. Mario Herger



DR. MARIO HERGER

# HOMO SYNTHETICUS

Wie Mensch und Maschine verschmelzen

PLASSEN  
VERLAG

Copyright 2026:

© Börsenmedien AG, Kulmbach

Gestaltung Cover: Anna Lena Schramm, Karla Sachs

Cover Bildquelle: Shutterstock

Gestaltung, Satz und Herstellung: Sabrina Slopek

Lektorat: Merle Gailing

Korrektorat: Claus Rosenkranz

Druck: CPI books GmbH, Leck, Germany

ISBN 978-3-68932-055-3

Alle Rechte der Verbreitung, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe und der Verwertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen vorbehalten.

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.

**BÖRSEN  MEDIEN**  
AKTIENGESELLSCHAFT

Postfach 1449 • 95305 Kulmbach

Tel: +49 9221 9051-0 • Fax: +49 9221 9051-4444

E-Mail: [info@plassen-buchverlage.de](mailto:info@plassen-buchverlage.de)

[www.plassen.de](http://www.plassen.de)

[www.facebook.com/plassenverlag](https://www.facebook.com/plassenverlag)

[www.instagram.com/plassen\\_buchverlage](https://www.instagram.com/plassen_buchverlage)

*Für Darian, Gabriel und Sebastian.  
Merci May Kou.*



# INHALT

<b>Vorwort</b> .....	<b>9</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>11</b>
<b>Teil I Am Rande des Bekannten</b> .....	<b>21</b>
<b>Teil II Bausteine für Humanoide</b> .....	<b>57</b>
<b>Teil III Roboterökonomie</b> .....	<b>127</b>
<b>Teil IV Natürliche Roboter</b> .....	<b>177</b>
<b>Teil V Humanoide Bedürfnisse</b> .....	<b>213</b>
<b>Teil VI Unsere Roboterzukunft</b> .....	<b>243</b>
<b>Epilog Vom Sapiens zum Syntheticus</b> .....	<b>265</b>
<b>Endnoten</b> .....	<b>271</b>



# VORWORT

Im Oktober 2017 erschien mein Buch „Der letzte Führerscheinuling ... ist bereits geboren“, in dem ich als Erster über den Status der autonomen (und elektrischen) Mobilität aus der Sicht des Silicon Valleys berichtete. Man erinnere sich: 2017 war noch nicht klar, ob eine Firma wie Tesla, die mit Elektromobilität die gesamte Automobilbranche durcheinandergewirbelt hatte, überleben würde. Auch musste ich damals auf Vortragsreisen und beim Besuch von Delegationsreisenden noch erklären, wer Elon Musk ist.

Noch utopischer schien damals das autonome Fahren, das viele erst in 10 oder 20 Jahren für realistisch hielten, andere schrieben es gar als unmöglich ab. Heute, Anfang 2026, zur Zeit der Drucklegung dieses Buches, sind in China und vor allem in den USA etwa ein Dutzend Robotertaxifirmen aktiv. Sie bieten fahrerlose, kostenpflichtige Fahrten in Städten wie San Francisco, Los Angeles, Phoenix, Las Vegas, Austin, Peking, Schanghai, Shenzhen oder Guangzhou an. Die Google-Schwesterfirma Waymo führt monatlich mehr als zwei Millionen dieser Fahrten durch, mit stark steigender Tendenz.

Am Anfang des modernen autonomen Fahrens stand ein Wettbewerb der DARPA, einer mit fast fünf Milliarden Dollar jährlich ausgestatteten Forschungs- und Entwicklungsbehörde des US-Verteidigungsministeriums. In den Jahren 2004, 2005 und 2007 wurden im Rahmen der Grand Challenge Preise für Autos ausgeschrieben, die fahrerlos eine mehrere Hundert Kilometer lange Strecke über Feldwege sowie ländliche und städtische Straßen zurücklegen konnten. Nachdem die DARPA Grand Challenge 2004 ohne Gewinner geblieben war, holte sich 2005 ein Team der Stanford-Universität unter der Leitung des Deutschen Sebastian Thrun die Trophäe und den Ruhm. 2009 startete Thrun bei Google das Projekt Chauffeur, aus dem später Waymo hervorging.

Warum nun ein Buch über humanoide Roboter? Acht Jahre nach der ersten Grand Challenge für autonome Autos veranstaltete die DARPA einen anderen Wettbewerb: die DARPA Robotics Challenge. Zwischen 2012 und 2015 wurden Interessierte eingeladen, mit ihren semi-autonomen Robotern komplexe Aufgaben in einem gefährlichen, teils verwüsteten, von Menschen gestalteten Umfeld zu absolvieren. Dazu gehörten die Navigation über ein Trümmerfeld, das Entfernen von Schutt, das Öffnen von Türen, das Durchbrechen einer Wand und das Auffinden und Schließen eines Ventils.

Seit dem Erscheinen meines Buchs „Der letzte Führerscheinneuling ...“ sind ebenso acht Jahre ins Land gegangen und die Entwicklung humanoider Roboter hat eine ähnliche Sichtbarkeit erreicht wie die von autonomen (und elektrischen) Autos im Jahr 2017. Es ist also an der Zeit für ein Buch über Humanoide. Wenn sich der Zeitplan der Technologieentwicklung bei humanoiden Robotern ebenso entfaltet wie bei autonomen Autos, dann werden diese sich ab 2030 genauso selbstverständlich in unserem Umfeld bewegen wie besagte Autos seit einigen Jahren.

Ein guter Zeitpunkt, um sich mit Humanoiden und deren Auswirkungen auf Jobs, Wirtschaft, Politik, Ethik und Gesellschaft auseinanderzusetzen und zu verstehen, wie sie funktionieren und was sie für die Menschheit bedeuten. Legen wir los!

# EINLEITUNG

Man kann einfach nicht zwischen einem  
Roboter und den besten Menschen  
unterscheiden. – aus „I, Robot“

von Isaac Asimov

**D**er Sommer 2036 war wärmer als in den Vorjahren. Nur San Francisco hatte davon wenig mitbekommen, denn dort herrschte wie immer Schlechtwetter. Es war windig und mit 16 Grad zehn Grad kälter als beispielsweise in Palo Alto. Vor allem hing vormittags Nebel über der Stadt. Die Einwohner hatten für ihn sogar einen Namen: „Karl the Fog“. An der Stelle, an der der kalte und tiefe Pazifik auf die flache und warme Bucht der Bay Area traf, nämlich genau bei der Golden-Gate-Brücke, begann der Nebel in die Stadt zu wabern und sie zu einzuhüllen.

Touristen, die gedacht hatten, Kalifornien sei im Sommer warm und sonnig, wurden rasch eines Besseren belehrt. Ihr erster Weg führte sie in einen der Touristenshops am Fisherman's Wharf beim Pier 39. Dort deckten sie sich mit Hoodies mit „San Francisco“-Aufschriften ein, um sich gegen die Witterung zu wappnen. Kurze Hosen, Touristen-Hoodies und Sneakers. So waren die Besucher rasch identifizierbar.

Die San Franciscaner – wie die Einheimischen genannt wurden – hatten in den vergangenen Tagen weniger die Touristen als vielmehr das gehäufte Auftreten beunruhigender Erschütterungen im Blick. Die San-Andreas-Verwerfung, auf der das Silicon Valley lag, war eine geologisch sehr aktive Zone. Jeden Tag kam es zu kleineren, zumeist nicht spürbaren Erschütterungen. Erdbebentracker informierten die Bevölkerung über die Stärke, den Ort, die Tiefe und die Art der Erschütterungen. „Erschütterung von 1,7 auf der Richterskala in Alum Rock in einer Tiefe von zwei Meilen mit horizontaler Welle“ lautete eine typische Meldung.

In den letzten Tagen hatte es eine Häufung kleinerer Erdbeben gegeben. Auch zwei Vulkanausbrüche auf dem sogenannten Ring of Fire, der sich von der Pazifikküste Nordamerikas über Alaska bis nach Russland und Japan erstreckte, hatten die Geologen beunruhigt. Die in der San Francisco Bay Area lebenden Menschen hatten von klein auf gelernt, immer einen Vorrat bereitzuhalten, falls ein Erdbeben zuschlagen sollte. Dazu gehörten Bargeld, eine ausreichende Menge Wasser pro Person und Tag, konservierte Lebensmittel, ein händischer Dosenöffner, Batterien für wichtige Elektronikgeräte, Gaskartuschen und – ja, wir sind in Amerika – Schusswaffen und Munition zur Abwehr von Plünderern.

Und dann, fast genau 130 Jahre nach dem verheerenden Erdbeben von 1906, das San Francisco in Schutt und Asche gelegt hatte, war es so weit. Das befürchtete und nach Einschätzung der Geologen längst überfällige große Erdbeben – „The Big One“ – war da. Sekunden vorher flogen Tausende Vögel unter lautem Geschrei auf, begannen Hunde zu bellen, rasteten Katzen aus und versuchten aus den Wohnungen ins Freie zu flüchten. Am Pier 39 beobachteten die Touristen zunächst amüsiert, wie Hunderte Seelöwen mit einem Schlag von den Pontons ins Wasser sprangen und in die Bay hinausschwammen. Normalerweise lagen sie faul auf den schwimmenden Plattformen, bellten sich gegenseitig an, führten Machtrituale aus und ignorierten die

## EINLEITUNG

gaffenden Menschen am Pier. Doch diesmal war alles anders und die Menschen ahnten in diesem Moment noch nicht, was auf sie zukommen würde.

Dann begann die Erde zu schwanken. Auf und ab, seitlich, als ob ein Verrückter großen Spaß daran hätte, den Teppich, auf dem man steht, in unterschiedliche Richtungen zu ziehen. Ein starkes Grummeln war zu hören, als würde jemand schwere Möbel über einen Holzboden ziehen und dabei absichtlich viel Lärm machen. Lampenmasten schwankten, geparkte Autos wackelten hin und her und versuchten mit der Kakophonie aus Tausenden ausgelösten Autoalarmanlagen das Grummeln zu übertönen. Die Robotaxis blieben stehen und forderten die Passagiere zum Aussteigen auf. Dann krachte ein Baum auf ein Gebäude nieder. Die Pfeiler am Pier 39 begannen einzusacken. Wellen schlugen immer stärker gegen die Küste. Das Splittern von Glas war zu hören, ebenso das Ächzen der Holzbalken, aus denen viele Häuser in San Francisco gebaut waren. Die auf Holzmasten montierten Stromleitungen gaben singende und schnalzende Geräusche von sich, als sie auf den Boden stürzten und dabei Funken sprühten. Immer mehr Krachen von herabfallenden Gebäudeteilen war zu hören.

Aus den Ritzen der Wände und Betonplatten wurde Staub aufgewirbelt, der die gesamte Umgebung einhüllte und es unmöglich machte, etwas zu sehen. In das Getöse mischten sich Schreie von Menschen. Kinder weinten, Eltern riefen nach ihren Kindern und Verletzte schrien vor Schmerz.

Der Boden wollte einfach nicht zur Ruhe kommen. 30 Sekunden waren vergangen, dann eine Minute. Nach drei endlos scheinenden Minuten hörte es auf. Das Echo des Grummelns verstummte langsam in der Ferne. Die Menschen, die konnten, standen aus ihrer Kauerstellung auf, wischten sich den Schmutz aus den Gesichtern und richteten ihre Blicke durch den Staub auf die Umgebung. Sie fielen auf eine chaotische Szenerie: umgestürzte Masten und Bäume, aufgeworfene und aufgerissene Straßen, zersprungene Fensterscheiben, kreuz und

quer auf den Straßen stehende Autos und kauernde Menschen. Im Vergleich zu 1906 hatte dieses Erdbeben der Stadt jedoch wenig zuge-setzt. Die Lehren aus dem Leben in einer Erdbebenzone hatten zu strengen Bauvorschriften geführt, die kontinuierlich verschärft und angepasst worden waren und vor allem streng eingehalten wurden. Beim großen Erdbeben damals starben Menschen zuerst unter den eingestürzten Gebäuden und vielen Überlebenden machten dann die Feuer den Garaus, die durch das aus zerborstenen Gasleitungen ausströmende Gas genährt wurden und sich wegen des fehlenden Löschwassers ungehindert ausbreiten konnten.

Doch es gab noch einen weiteren Unterschied zu 1906: Während die Menschen abwartend verharrten, kamen ihnen von überall zuerst eine Handvoll, dann Hunderte und schließlich Tausende humanoide Roboter zu Hilfe. Sie analysierten die Situation und begannen mit der Ersthilfe. Bei einem verunfallten Auto standen mehrere Roboter, die mit vereinten Kräften die Seitentür aufbrachen, um den eingeklemmten Passagier zu befreien. Ein Dutzend anderer Roboter schob einen umgefallenen Strommast zur Seite, um einem Einsatzfahrzeug den Weg freizumachen.

Während mit dem Einsatzfahrzeug vorwiegend spezialisierte Feuerwehroter ankamen, waren alle anderen Helfer entweder gewöhnliche Haushaltsroboter, die üblicherweise in Wohnungen aufräumten, Wäsche wuschen, zusammenlegten und bügelten sowie Einkäufe erledigten, oder Hilfsroboter, die als Kellner, Tellerwäscher, Liefer- oder Bauroboter tätig waren. Im Katastrophenfall aktivierten sie ein Notfallprogramm, das Schutz-, Rettungs- und Aufräumarbeiten priorisierte. Sie konnten sich koordinieren, über Schutt gehen, gefährliche Stellen überwinden, schwere Stahlbalken anheben, mit ihren Sensoren Geräusche und Herztöne unter Trümmern erkennen, mit ihren Körpern einsturzgefährdete Wände und Decken abstützen, versperrte Türen aufbrechen und dank ihrer geteilten Kommunikation wichtige Hilfe dorthin schicken, wo sie am dringendsten benötigt wurde.

## EINLEITUNG

Eine weltweit ausgestrahlte Szene, die von einer der Roboterkameras aufgenommen wurde, ließ den Menschen warm ums Herz werden. Die Front eines Wohnhauses war eingestürzt und unter den Trümmern suchten die Ersthelfer nach Eingeschlossenen. Plötzlich kam heftige Aktivität auf, als die Sensoren der Roboter eine noch lebende Person unter dem Schutt orteten. Mehrere Roboter hoben koordiniert die Balken hoch, während andere den Schutt wegräumten, um einen Zugang zu schaffen. Minuten später tauchte ein kleines Kind aus einem Hohlraum unter den Trümmern auf. Es war über und über mit Staub bedeckt, schien aber bis auf ein paar Kratzer unverletzt zu sein. Es klammerte sich an die Brust des humanoiden Roboters. Es hustete, die Augen weit aufgerissen, und blickte zu dem mechanischen Gesicht auf. „Bist du ein Engel?“, flüsterte es. Der Roboter zögerte, verarbeitete die Frage und antwortete: „Ich bin das, was die Menschen aus mir gemacht haben.“

• • •

Dieses gerade geschilderte Szenario klingt futuristisch, denn seien wir ehrlich: Wer von uns ist bereits einem humanoiden Roboter begegnet? Und wer einem humanoiden Roboter, der heute schon sinnvolle Aufgaben erledigen kann?

Vielleicht haben wir Videos von zweibeinigen und zweiarmigen Robotern gesehen, die ungeschickt versuchen, einen Ball zu treten, oder langsam und wackelig Besuchern auf einer Konferenz eine Jute-tasche anbieten, ohne sich selbst viel zu bewegen. Oder wir haben gesehen, wie Roboter bei den World Humanoid Robot Games in Peking mehr umkippen und in die falsche Richtung laufen als den Befehlen ihrer Konstrukteure zu folgen. Die Bewegungen der Roboter, die bei der Eröffnungsshow mit menschlichen Tänzern mittanzten, wirken beinahe peinlich.

Dabei könnte der Eindruck nicht falscher sein. Die Entwicklung von Robotern hat in den vergangenen Jahren einen großen Schub erfahren,

nicht zuletzt dank der Fortschritte bei Batterietechnologien und Elektromotoren in Elektroautos einerseits und der rasanten Entwicklungen im Bereich der Künstlichen Intelligenz, des maschinellen Lernens und der Prozessoren andererseits. Dabei zähle ich hier nur die offensichtlichsten Technologiefortschritte auf. Auch aus der Ecke der Lebensmittelforschung und Biologie gibt es Entwicklungen, die die Robotik beeinflussen werden. Dazu aber später mehr. Die Fortschrittsschübe in vielen Disziplinen tragen auch für die Robotik Früchte und machen den jahrtausendealten Wunsch der Menschheit nach künstlichen Helfern langsam zur Realität.

Als ich 2017 zum ersten Mal den Stand der Dinge bei Elektroautos und dem autonomen Fahren in meinem Buch „Der letzte Führerscheinneuling ...“ beschrieben habe, klangen die Aussagen für viele Leser – milde gesagt – gewagt. Fast zehn Jahre später stellen Elektroautos eine signifikante Form der Mobilität dar. Und fahrerlose, autonome Autos absolvieren monatlich bereits Millionen von Fahrten in den USA und China.

Die Eingangsgeschichte legte ich bewusst zehn Jahre nach dem Erscheinen dieses Buches in die Zukunft. Nicht, dass ich das genaue Datum oder wenigstens das Jahr eines Erdbebens vorhersagen kann. Nein, dann wäre ich wohl in einem anderen, sehr wichtigen Berufsfeld tätig. Aber als Technologietrendforscher weiß ich, dass technologische Entwicklungen der nächsten drei bis fünf und sogar zehn Jahre relativ gut prognostiziert werden können. Die Bausteine für neue Technologien sind nämlich heute bereits vorhanden. Sobald Bausteine vorhanden sind, versuchen Menschen, sie zu etwas Neuem zusammenzufügen. Es überrascht daher nicht, dass viele Erfindungen und Innovationen innerhalb kurzer Zeit von verschiedenen Personen und Teams entwickelt wurden, ohne dass diese voneinander wussten. Die Ideen liegen in der Luft. Was etwa wann kommen wird, kann prognostiziert werden, von wem die Ideen sein werden, weniger.

## EINLEITUNG

Deshalb ist es höchste Zeit, über humanoide Roboter zu sprechen. Wir stehen ohne Übertreibung vor einer Roboterrevolution. In diesem Buch werde ich mich auf humanoide Roboter, oder kurz Humanoide, konzentrieren. Wie sie genau definiert werden, erkläre ich in den folgenden Kapiteln.

Im ersten Teil gehen wir auf humanoide Roboter ein: darauf, was sie sind, wie sie definiert werden und was sie uns bringen. Ebenso werde ich darauf eingehen, warum gerade jetzt der Zeitpunkt gekommen ist, sich mit humanoiden Robotern zu beschäftigen.

Im zweiten Teil geht es ans Eingemachte. Wir beschäftigen uns mit allen Körperteilen und deren Funktionen und Varianten, erhalten eine Übersicht über mehr als 200 Unternehmen, die fast 300 Humanoide entwickeln und anbieten, und lernen, wie sie zu einem nützlichen Werkzeug werden.

Im dritten Teil sehen wir uns die Kosten, die Marktgrößen und die Investitionsvolumina an und beantworten die Frage, welche Industrien von Humanoiden wie profitieren werden – und welche nicht.

Im vierten Teil werden Fragen gestellt, die heute noch nicht gestellt werden. Vor allem geht es darum, wie Humanoide von der Natur lernen und dadurch natürlicher werden. Wir besprechen einige Elemente, die Roboter dazu benötigen.

Im fünften Teil werfen wir einen Blick in die Zukunft, in der wir uns an humanoide Roboter gewöhnt haben und uns nicht mehr vorstellen können, wie wir bis in die 2020er-Jahre ohne sie auskamen. Gleichzeitig zeichnet sich eine rasche Weiterentwicklung humanoider Roboter ab. Sie werden zu bio-organischen Mischwesen, die wir zum ersten Mal zu Recht als Wesen mit Bewusstsein erkennen werden.

Im letzten Teil, dem Epilog, der mehr als zehn Jahre in die Zukunft blicken wird, werde ich das Thema des von uns Menschen geschaffenen künstlichen Lebens anschneiden und die Frage aufwerfen, wie sich der Mensch selbst verwandelt.



Bevor wir loslegen, möchte ich meine Leserinnen und Leser bitten, nicht mit der falschen Einstellung an dieses Buch über humanoide Roboter heranzugehen. Unsere westliche Welt ist geprägt von Filmen, die sich in dystopischen Roboterszenarien suhlen. Zugegeben, ich schaue sie mir auch mit großem Vergnügen an. „Terminator“, „Ex Machina“, „AI“, „Blade Runner“, „Raumschiff Enterprise“ oder „Star Wars“ sind nur einige der populärsten Film- und Serienfavoriten, ohne die unsere Welt an Unterhaltung ärmer wäre. Zugleich kommen darin Roboter aber vorwiegend in negativen Rollen als Tötungsmaschinen oder Bedrohung für die Menschheit vor. Einige haben wir ins Herz geschlossen, wie R2-D2 oder Data, doch Ava oder der Terminator verfolgen eigene, für uns bedrohliche Ziele.

In anderen Teilen der Welt stehen die Menschen Robotern hingegen positiver gegenüber. Sie betrachten sie sogar als beseelte Subjekte und nicht als leblose Objekte. Dadurch fällt es den Menschen leichter, mit Begeisterung an die Entwicklung und den Einsatz von Robotern heranzugehen. Es ist nicht überraschend, dass asiatische Firmen, insbesondere aus China und Japan, bei der Robotik die Nase vorn haben.

Dabei wurden paradoxerweise die Europäer von den Asiaten als Roboterbauer bezeichnet. Zur Zeit der historisch belegten indischen Könige Ajatasattu und Ashoka wurden die heiligen Reliquien des Buddha nicht nur von mechanischen Soldaten bewacht, sondern ihre Entstehung wurde auch mit dem griechisch-römischen Reich in Verbindung gebracht. Im Land der „Yantakara“ („Robotermacher“) leben die „Yavanas“ („Griechisch Sprechende“ oder „Leute des Westens“) in „Roma-visaya“ („römisches Königreich“). Sie besitzen eine streng gehütete, geheime Technologie von „bhuta vahana yanta“ („beseelten Bewegungsmaschinen“).

Besonders reich an solchen technologischen Erzählungen sind die griechische, etruskische und römische Mythologie. So war der grie-

## EINLEITUNG

chische Gott Hephaistos für die künstlerische Gestaltung und Verarbeitung von Metallen zuständig, er war also ein Schmied. Nach moderner Interpretation war er der Gott der Innovation, ein Bastler, ein Maker. Er stellte nicht nur einfache Gebrauchsgegenstände, Geschmeide und Waffen her, sondern auch das, was wir heute als Automaten oder Roboter bezeichnen würden.

Roboter zu bauen, die Faszination dafür und der Wunsch danach sind Teil einer zutiefst europäischen Tradition. Zu Recht brüsten wir uns nach wie vor mit unseren Erfolgen im Maschinenbau und seiner Bedeutung für unsere Wirtschaft und unsere Arbeitsplätze. Roboter sind die neueste Inkarnation einer langen Geschichte der Maschinenbautradition. Der Begriff Roboter leitet sich bekanntermaßen vom slawischen Wort „rabota“ für Arbeit, Fronarbeit oder Knechtschaft ab. In Karel Čapeks Theaterstück „R.U.R.“ aus dem Jahr 1920 sind Roboter künstlich geschaffene Menschen, die als Zwangsarbeiter eingesetzt werden – und, wenig überraschend, zu revoltieren beginnen.

Trotz – oder gerade wegen – der weitverbreiteten Skepsis sollten wir mit echtem Interesse an humanoide Roboter herangehen und dafür sorgen, dass sie das werden, was wir aus ihnen machen wollen: Engel und keine Teufel. Wenn wir das für uns und unsere Kindeskinde sicherstellen wollen, dann ist jetzt die Zeit gekommen, damit zu beginnen.