

Zeitschrift: Dissonanz = Dissonance
Herausgeber: Schweizerischer Tonkünstlerverein
Band: - (2017)
Heft: 138

Artikel: Wenn Menschen mit Robotern ... : von einer Zukunft mit Musical Robots und Robotic musicians
Autor: Zimmermann, Bastian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-927429>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 11.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wenn Menschen mit Robotern ...

Von einer Zukunft mit Musical Robots und Robotic musicians

Bastian Zimmermann

Die vergangenen zwei Jahrzehnte haben durch das Internet und das Smartphone massive Umwälzungen unseres alltäglichen Lebens mit sich gebracht. Und das war erst der Anfang: Die ersten Patente für Kontaktlinsen, die unseren Computer als Hologramm in den Raum werfen, sind angemeldet. Das amerikanische Militär besitzt Soundwaffen, die Klang ohne Schall in resonierende Körper wie den Schädel schießen können. Und auch in der Entwicklung von Robotern, mit denen wir vielleicht einmal zusammen leben und lieben und auch musizieren werden, tut sich einiges. Grund genug, sich unserer (nicht nur) musikalischen Zukunft einmal zuzuwenden.

Es gibt Computer, Mikrowellen, Autos. Kaugummiautomaten. Drohnen. Und es gibt Roboter. Allesamt sind sie Maschinen und wir können menschliches Verhalten auf sie projizieren. Aber nur Roboter sind so designt, dass sie auch menschenähnlich wirken. Ihr Verhalten soll ein menschliches sein – ob nun sklavisch oder selbstbestimmt, sei erst mal hinten angestellt. Denn es macht einen entscheidenden Unterschied, ob ich meinem Laptop einen schlechten Tag attestiere, weil sein Gebläse wieder mal hoch- und runterseufzt, oder ob ich mir von meinem Roboter einen Tee machen lasse, er mir diesen am Tisch serviert, mir in die Augen schaut und dann den Rücken massiert, weil ich jetzt schon vier Stunden ununterbrochen Recherche zu diesem Essay betrieben habe. Und werden wir musikspezifisch: Ich bedanke mich also bei meinem Roboter Mark und er fragt, ob ich nicht Lust habe auf eine Runde Musik? Er setzt sich einfach an meinen Korg MS20. Ich folge ihm, nehme meine Gitarre und wir beginnen zu jammen. Ich spiele einen Turnaround. Mark steigt mit einer schnurrenden Bassline ein.

Auch wenn solche Szenarien, bei denen ein Roboter alle menschlichen Fähigkeiten und Tätigkeiten in einem Körper vereint, noch Zukunftsvisionen sind, einzelne Funktionen wie das Bespielen eines Synthesizers mittels Interaktion lassen sich schon heute verwirklichen. Daher möchte ich fragen: Welche Interaktionen mit musizierenden Robotern gibt es schon und was ist ihr spezifischer Mehrwert? Und zuallererst: Worin unterscheiden sich eigentlich Roboter von den gängigen Musikmaschinen wie dem Laptop?

ROBOTER ODER MASCHINEN?

Die in diesem Essay vertretene Arbeitsthese zu Robotern lautet: Es sind Maschinen, die menschenähnlich gebaut wurden, um als Akteure mit menschlichen Fähigkeiten anerkannt zu werden. Dabei dürfen sie dem Menschen nicht gleich sein – das wirkt laut Forschungsstatistiken beängstigend –, sondern nur ähnlich. So ist dem Menschen etwas zur Einfühlung geboten, er kann aber noch klar unterscheiden, wer hier der Roboter ist und wer nicht. Bei der Produktion von Robotern wird somit Wert auf menschlichen Ausdruck und Flexibilität gelegt, ganz im Gegensatz zur Maschine, die ausschliesslich für ganz bestimmte mechanische Ausführungen programmiert und gebaut wird. Heutige Forscherinnen und Forscher im Bereich der Robotik versuchen sich deshalb insbesondere an der Verwirklichung kreativer, menschlicher Tätigkeitsbereiche wie der Musik, der Pflege und Fürsorge, des Sport oder der Sexualität. Sie sind allesamt kommunikative Ausdrucksformen des Menschen und Menschlichen.

Doch zunächst lohnt sich ein Blick in die Vergangenheit, um den Weg vom Musikautomaten zum Roboter zu verstehen. In der Evolution musizierender Roboter kommen dabei zwei Ideen zum Zuge, die weit in die Menschheitsgeschichte zurückreichen:

1. Die Vorstellung, dass es automatisierte Apparate geben müsste, die musikalische Ideen umsetzen, ist uralte. So legt schon Heron von Alexandria im ersten Jahrhundert v. Chr. in seinem Werk *Automata* dar, wie die musikalische Tätigkeit von Menschen auf eine Maschine übertragbar wäre. Diese Tradition

erreicht zu Beginn des 19. Jahrhunderts einen Höhepunkt. Es existierte sogar die Berufsbezeichnung des Musikmaschinisten. Und Erfinder wie Johann Nepomuk Mälzel (1772–1838) bauen ganze selbstspielende Orchester, sogenannte Orchestrions. Unter anderem griff der Jazzgitarrist Pat Metheny diese Idee 2010 wieder auf und liess von dem Erfinder Eric Singer und der League of Electronic Musical Urban Robots (LEMUR) eine umfassende Band aus digital anspielbaren, aber akustischen Instrumenten bauen.¹ Metheny erweiterte das Setting, indem er sich in der Mitte platzierte, die Instrumente über ein Digitalsignal mit der Gitarre ansteuerte und so eine kuriose Soloshow mit robotischer Backgroundunterstützung inszenierte: Der Mensch lässt sich kreativ von den Maschinen pushen. Die Maschinen bleiben jedoch, ganz wie die Schweissroboter bei VW, Maschinen, sie sind Musikautomaten. Auch wenn das klangliche Resultat sehr fein, dynamisch, insgesamt menschlich erscheinen kann, werden sie allein schon in ihrer Bauweise nicht anthropomorphisiert.

2. Ebenfalls schon seit den alten Griechen existiert die Vorstellung, dass Musik, wenn sie mathematisch analysierbar ist, im Umkehrschluss auch mathematisch generiert werden könnte. Eine berühmte, noch analoge Umsetzung dieses algorithmischen Komponierens stammt aus dem 17. Jahrhundert von dem Gelehrten Athanasius Kircher, der mit der *Arca Musarithmica* eine Tabelle vorlegte, nach der Sänger spontan Kirchenlieder mittels Neukombinatorik vorher festgelegter Elemente komponieren konnten. 2016, also ca. 350 Jahre später, präsentierte das Institut für Biomimetik der Universität Málaga auf dem Berliner Festival Maerzmusik *Iamus*. *Iamus* ist ein Computer, der mittels Algorithmen innerhalb von Sekunden ein musikalisches Werk erstellen kann. Die Forscher beschreiben den Prozess als genetisch, d.h. evolutionäre Prozesse simulierend. Fünf *Iamus*-Stücke wurden in Partituren übertragen und von dem Pianisten Gustavo Díaz-Jerez sowie Mitgliedern des Berliner Ensembles KNM präsentiert. Der Computer hatte auf unglaublich differenzierte Weise musikalische Parameter wie Artikulation, Dynamik und harmonisch-melodische Entwicklung berücksichtigt. Gespielt wurde das Werk jedoch wieder vom Menschen.



Pat Methenys Orchestrion, Videostill. Foto: Youtube²

Diese beiden hier beschriebenen Ansätze, also 1. die Möglichkeit eines Objektes, Musik zu machen, und 2. die Programmierung musikalischer Prozesse, verbinden sich in der Idee des Roboters. Mathematische, wenn nicht sogar einführende, sensorische Intelligenz trifft im Roboter auf einen Körper, der ausführt, sowie auf einen Körper, in den man sich einfühlen kann.

Gil Weinberg, Professor für Musiktechnologie am Georgia Institute of Technology, unterscheidet hinsichtlich der Nutzung dieser robotischen Möglichkeiten zwischen zwei Zugängen bzw. Beschreibungsarten: Haben wir es mit einem *Musical Robot*, also einem dem Musikautomaten ähnelnden, ausführenden Roboter, oder mit einem *Robotic musician*, einem eigenständig musizierenden Roboter, zu tun, fragt er in einem Tedtalk.³

MUSICAL ROBOTS

Die Band Z-Machines besteht aus drei musikalischen Robotern: Das sind Mach an der Gitarre, Cosma am Keyboard und Ashura am Schlagzeug. Etwas mehr als menschengross stehen sie auf der Bühne. Auf der durch den Getränkehersteller Zima gesponserten Eröffnungsshow performen leicht bekleidete Tänzerinnen neben den Maschinen. Das Publikum schreit, tanzt, bejubelt die Stars, und es kann über eine App die musikalischen Inhalte mitsteuern. «Post People, Post Party» flimmert es in fetten Lettern über die Bildschirme.

Nun wurde der britische Elektroniker Squarepusher aka Tom Jenkinson von den japanischen Robotikern um Kenjiro Matsuo gefragt, ob er für die Band Musik schreiben wolle. Squarepusher gehört seit den 90er Jahren mit Alben wie *Hard Normal Daddy* (1997) oder *Go Plastic* (2001) zur Elektronik-Avantgarde. Selbst aus dem Jazz kommend und am E-Bass zugange, entwickelte er eine Musik, die sich im Spannungsfeld von menschlicher Innovationskraft und Spontanität sowie robotischem Verhalten, wie mechanischen Wiederholungen, bewegt. Tracks wie *Beep* aus dem Album *Hard Normal Daddy* muten zunächst live eingespielt an. Keyboard, Bass und Drums, zwei sich ständig wiederholende Melodien, die musikalisch in kleinsten Variationen Spannungsbögen entwickeln. Auf demselben Album sind aber auch Tracks mit unfassbar schnellen,



Der Roboter-Gitarrist Mach von der Band Z-Machines, Videostill. Foto: Youtube⁴

eigentlich unspielbaren Passagen zu finden. Sie machen begreifbar, dass wohl das gesamte Album aus Samples bestehen muss. Kritiker nannten es schon damals «Jazz für Roboter» – also eine Musik, die aus einer Mischung von grösstmöglicher Spontanität, maschineller Korrektheit und Fehlern besteht. Das in der Auseinandersetzung mit robotischen und menschlichen Aktionsmustern entstandene Album *Music for Robots* treibt diesen musikalischen Konflikt auf die Spitze. Die Musik klingt wie von Menschenhand gemacht, jedoch bleibt sie von Menschenhand unspielbar. Eine robotische Transzendierung unserer musikalischen Möglichkeiten.

Die Z-Machines sind wohl eine der am weitesten entwickelten Varianten von Musikmaschinen, die Weinberg *musical robots* nennen würde. Sie bespielen akustische Instrumente, entwickeln aber die musikalischen Inhalte nicht selber: Sie werden weiterhin gespeist mit von aussen, also vom Menschen kommenden Informationen. Theoretisch hätte man exakt dieselbe Musik ausschliesslich mit Samples am Computer entwickeln können. Auf *Music for Robots* wird sie live und akustisch von menschenähnlichen Robotern gespielt. Und das Publikum nimmt die Musik als musikalisch intentional wahr, als ob sie im Moment entstehen würde. Aber was heisst hier eigentlich «als ob sie im Moment entstehen würde»? Die Erfahrung zeigt, sie entsteht. Und zwar ebenso, wie man es auch bei menschlichen Bands oder Ensembles, die ein Werk nach Partitur aufführen, wahrnehmen würde.⁵

ROBOTIC MUSICIANS

Wie sieht es nun aber mit Robotern aus, die selber agieren können?

Zunächst ein Negativbeispiel: Am 21. Juni 2015 fand an der Komischen Oper Berlin die Premiere der Opernproduktion *My square lady* statt. Die britisch-deutsche Performancegruppe Gob Squad kooperierte mit dem Forschungslabor Neurorobotik der Beuth Hochschule für Technik Berlin unter der Leitung von Manfred Hild. Sie brachten zusammen den auf seine Umwelt reagierenden und sprechenden Roboter Myon auf die Opernbühne, um ihn an diesem Ort der grossen Gefühle auf seine

Emotionen hin zu befragen. Myon kann mit seinen Mitmenschen interagieren und sogar von ihnen lernen. Das Ergebnis war ernüchternd, der Probenprozess sehr zäh. Denn so spontan, wie man sich erhofft hatte, war Myon dann doch nicht. Immer wieder ereigneten sich Unfälle, bei denen Myon sich verletzte und ausfiel. Für die grosse Bühne war es wohl etwas zu früh. Ein kammerspielartiges Duett wäre einer solchen Exploration um einiges zuträglich gewesen. Aber immerhin sang er ein Lied und dirigierte das Orchester – ein nettes Gimmick.

Dieses Beispiel verdeutlicht eine Erfahrung, die wohl manch einer schon einmal mit Alltagsrobotern gemacht hat: Häufig halten sie noch nicht, was sie versprechen. Und besitzt der Roboter einmal ein menschenähnliches Antlitz und Bewegungsverhalten, setzt man – wie allgemein bei Menschen – die Messlatte intuitiv noch viel höher an.

Der schon erwähnte Roboterexperte Gil Weinberg entwickelte bereits 2006 einen Schlagzeugroboter namens Haile, der mit Menschen mittels einer Conga interagieren kann. Die Person legt etwas vor, in einem bestimmten Tempo und Metrum und mit bestimmten Patterns, und Haile reagiert darauf. Dabei genügt die süsse Gestalt aus Holz, um ein menschlich motiviertes Verhalten auf den Roboter projizieren zu können. Sich selbst vergessend, kann man sich so endlosen Call and Response-Jamsessions hingeben. Der Vorteil von Haile ist, dass er sehr spezifisch interagiert. Man erwartet nur eine Fähigkeit und achtet dementsprechend auch nur darauf, wie weit er sich musikalisch ausdifferenzieren kann. Umso erstaunlicher (und damit menschlicher) erscheinen dann jene Momente, in denen Haile vermeintlich mehr Einfühlungsvermögen oder Handlungsraum zeigt als vermutet: So etwa, wenn er plötzlich nicht mehr im Call and Response-Modus reagiert, sondern scheinbar selbständig einen neuen Rhythmus, aufbauend auf dem vorherigen, einwirft.

Weinberg entwickelte weiter den vierarmigen Marimba spielenden Roboter Shimon, der, auf die ihn umgebende Musik reagierend, mit verschiedenen Jazzmusikern sogar auf Tournee ging. Sein sensorischer Kopf dreht sich beim Spiel zu den anderen Musikern, um sie zu hören, er reagiert auf ihr Spiel und schaut sie dabei an. Die Musiker werden erkannt als menschli-



Roboter Myon auf der Bühne der Komischen Oper Berlin, Videostill. Foto: Youtube⁶



Schlagzeugroboter Haile, Videostill. Foto: Youtube⁷

che Akteure in einem musikalischen Spiel. Und das Erstaunliche dabei ist: Fühlt man sich selber von etwas oder jemandem erkannt, werden dem Erkennenden auch automatisch menschliche Eigenschaften zugeschrieben. Musiker und Roboter handeln so gleichwertig miteinander.

Die Entwicklung im musikalischen Umgang mit Robotern ist schon weit fortgeschritten: Sobald man intentionales Verhalten, selbst aus vorprogrammierten Robotern, wie das Beispiel Music for Robots zeigt, wahrnimmt und es aufgrund der menschenähnlichen Form akzeptiert, verändert sich die Wahrnehmung der Musik. Nicht mehr wir, die Menschen, spielen Roboter (Kraftwerk etc.), sondern die Roboter spielen uns. Aber was bedeutet es, wenn in Zukunft immer mehr Komponistinnen, Musiker oder Hörerinnen mit Robotern umgehen?

WENN MENSCHEN MIT ROBOTERN...

...musizieren, arbeiten, lieben, leben. Was passiert dann? Was drückt sich im Zusammenspiel mit den Maschinen aus? Was erzählt es über die Roboter und was über uns Menschen? Um den Möglichkeiten menschlicher und robotischer Handlungsräume in der Musik näher zu kommen, ist es wichtig zu schauen, wie Roboter im sonstigen Leben eingesetzt werden, was für Motivationen im Spiel sind. Wie kommt es dazu, dass wir Roboter nahe, sogar intim an uns heran lassen? Die folgenden zwei Exkurse zeigen Aspekte des Miteinanders, die auch im musikalischen Interagieren mit *robotic musicians* implizit werden können.

EXKURS 1: VOM HAUSTIER ZUM ROBOTER

In dem berausenden Buch *Love and Sex with Robots – The Evolution of Human-Robot Relationships*⁹ des schottischen Schachmeisters und Artificial-Intelligence-Experten David Levy erläutert der Autor, den Umgang mit Robotern voraussehend, die Evolution unseres Umgangs mit Haustieren – vom Nutztier hin zum Einschlafkuschelpartnerersatztier. Der Filmemacher Ulrich Seidl hat die Intimdomestizierung von Haustieren auch in



Der Marimba spielende Roboter Shimon, Videostill. Foto: Youtube[®]

seinem dokumentarisch-fiktional angelegten Film *Tierische Liebe*¹⁰ von 1995 eindrücklich dargelegt: Der Mensch kann seine Gefühle auf Tiere, hier sind es insbesondere Hunde, Ratten oder Hasen, projizieren und sie erwidert sehen. Menschen können mit Tieren ein «gemeinsames» Gefühlsleben aufbauen. Obwohl sie einstmals, so wie heute die Roboter, nur der Arbeit dienten. Der Schritt vom Kuschelhaustier zu einem Kuschelroboter ist also klein und nicht nur vom Stand der Technik abhängig, sondern auch von der Akzeptanz durch den Menschen. Ebenso ist es ein kleiner Schritt von einer intimen musikalischen Kommunikation mit einem Bandkollegen hin zu einer solchen mit einem robotischen Vertreter.

EXKURS 2: ROBOTER ALS FETISCH

Heute schon leben Männer wie Frauen mit sogenannten Liebespuppen zusammen. Diese sehen aus wie Menschen. Sie reagieren aber nicht, reden nicht, bewegen sich nicht. So unwahrscheinlich es klingt, ein Zusammenleben gelingt trotzdem. Ein 41-jähriger Mann, der seit 13 Jahren mit einer Liebespuppe lebt, erzählt im Interview mit VICE: «Wenn du einen organischen Menschen liebst, liebst du im Grunde zwei Menschen: die imaginäre Person, in die du dich verliebt hast, und die eigentliche Person – und irgendwann verschwindet deine Vorstellung und du triffst auf die eigentliche Person. Du musst mit der Diskrepanz zwischen den beiden Menschen klarkommen.»¹¹ Die radikale, robotische Lösung ist also die Ablösung von der einen Seite, dem Organischen, Unbeherrschbaren am Menschen, um sich völlig der Seite der Imagination hingeben zu können. Noch haben viele Menschen diese Möglichkeit nicht in Betracht gezogen und verfolgen – überspitzt formuliert – weiterhin mit organischen Menschen Umwege: Sie verlassen eine Person, sobald sie sie zu gut kennengelernt haben und das imaginierte Bild der Person zerstört wurde. Sie daten online, um möglichst ohne Verbindung zu einer Person frei auf sie projizieren zu können: «Komm mit mir. Ich sag auch nichts. Ich frag dich nichts, ich erzähl auch nichts.»¹² Man trifft sich ja nicht nur zum Austausch von Körperflüssigkeiten – gemeinsam Sport zu machen, Musik zu hören oder jemandem Gitarrespielen beizubringen sind ebenso häufige Motivationen, online einen organischen Menschen zu suchen. Diese spontanen, intensiven Zusammenkünfte, bei denen das Gegenüber aber «unerkannt» bleibt, werden heute immer beliebter. Sie drücken eine häufig noch unausgesprochene Sehnsucht nach einem robotischen Gegenüber aus, der all das liefern kann, was man ansonsten vergeblich und zunehmend verzweifelt im menschlichen Gegenüber sucht.

Ähnliche Prozesse kann man auch in der Musikbranche beobachten: Improvisationsmusiker zum Beispiel spielen entweder mit ihren Musikkollegen während 30 Jahren in derselben Besetzung, oder aber sie tingeln herum, süchtig nach dem immer Neuen: Wenn möglich, lernt man sich erst auf der Bühne kennen, beim gemeinsamen Musikmachen. Dabei entstehen sich utopisch anfühlende, künstlerisch-ästhetische Verbindungen. Wird all das, das Langfristige wie das Spontane, der

Roboter übernehmen können? Werden wir ihn als gleichwertigen Akteur im Leben wie auf der Bühne akzeptieren können?

VOM MUSIKALISCHEN UMGANG MIT ROBOTERN

Musik ist primär ein Kommunikationsmedium, ein ästhetischer Handlungs- und Interaktionsraum, der provokant gesprochen manchmal – insbesondere von Komponistinnen und Komponisten – dahingehend blockiert wird, dass sie Musikern eine möglichst präzise Partitur vorlegen. So gesehen wäre der *musical robot* der bestmögliche Interpret für ein Stück von Brian Fennelhough: Wie würde es klingen, wenn man endlich einmal das menschliche Scheitern aus dieser Musik subtrahieren könnte? Die Kontrollmanie würde hier ihren Höhepunkt erreichen. Das Ziel der musikalischen Robotik ist es jedoch gerade, diesen Pfad der Kontrolle zu verlassen und Roboter zu bauen, die ein Eigenleben, ein autopoetisches System besitzen, einen *robotic musician*.

Wir müssen uns also die Frage stellen: Was wollen wir eigentlich von Robotern? Kommen wir dank ihnen endlich von den Laptops los? Was bedeutet die Zusammenarbeit mit ihnen letztlich für die Musik? Zunächst träumt man davon, dass Musikroboter all unsere Wünsche erfüllen werden. Doch dann überlegt sich der Nutzer: «Will ich wirklich, dass die nur das tun, was ich will!? Sie sollen auch selbständig sein.» Und natürlich würden wir mit Robotern bestenfalls so umgehen, wie wir auch mit einem anderen Menschen umgehen, nur dass die Kommunikation mit dem Roboter viel einfacher wäre! Respekt, Verantwortung und Vertrauen wären einprogrammiert, man könnte vielleicht sogar ihre Intensität regulieren. Wir könnten perfekte geschlossene soziale Systeme mit ihnen bilden! Und die Erfahrung im Umgang mit ihnen würde uns nach und nach lehren, dass auch wir ihnen Vertrauen entgegen bringen können. Die Frage nach Musikrobotern ist also auch eine Frage nach einem allgemeinen Umgang mit Robotern. Und die Frage nach dem Roboter ist schlussendlich eine Frage nach dem Menschen.

Erinnern wir uns an das einführende Beispiel meines Roboters Mark, mit dem ich lebe, der mich umsorgt, mich massiert

und der mir von den Augen abliest, dass ich jetzt mal wieder Lust auf eine Jamsession habe. Manchmal bitte ich ihn einfach, mir ein hübsches Cello-Solo zum Abendessen zu spielen. Ich kann ja alles mit ihm machen. Und wenn ich sauer bin, dann trete ich ihn einfach. So wie es ein Grossteil der Forscher des Robotik-Unternehmen Boston Dynamics in ihren Werbevideos machen, um zu zeigen, wie toll ihre Roboter darauf reagieren: Die Roboter balancieren es aus und nehmen es nicht übel. Wenn Menschen mit Robotern...

- 1 Siehe u.a. auf <http://www.singerbots.com> (Stand: 18.03.2017).
- 2 <https://www.youtube.com/watch?v=6dzxlr9LPDY> (Stand: 02.04.2017).
- 3 <https://www.youtube.com/watch?v=VscnR6F20yc> (Stand: 13.03.2017).
- 4 <https://www.youtube.com/watch?v=GK9n97fN1Go> (Stand: 02.04.2017).
- 5 Ein Überblick über bestehende Experimente mit music robots mit vielen Youtube-Videos findet sich auf einer Unterseite des deutschen Komponisten und ebenfalls Musikroboterfinders Moritz Simon Geist: <http://learning.sonicrobots.com> (Stand: 19.03.2017).
- 6 <https://www.youtube.com/watch?v=49rJMgJY1CU> (Stand: 02.04.2017).
- 7 <https://www.youtube.com/watch?v=veQ6tsogAA> (Stand: 02.04.2017).
- 8 <https://www.youtube.com/watch?v=0-bjTfYILPs> (Stand: 02.04.2017).
- 9 David Levy, *Love and Sex with Robots – The Evolution of Human-Robot Relationships*, New York 2007.
- 10 Ulrich Seidl, *Tierische Liebe*, 1995.
- 11 <https://www.vice.com/de/article/silikonliebe-und-die-ehe-mit-einer-liebespuppe> (Stand: 09.03.2017).
- 12 Die Phrase stammt aus dem Stück *Never Forever* von Falk Richter, Premiere: 9. September 2014, Schaubühne Berlin. Veröffentlicht in Falk Richter, *Smalltownboy* und andere Stücke, Berlin 2015, S. 156.
- 13 <https://www.youtube.com/watch?v=0VgxAnZKM14> und <https://www.youtube.com/watch?v=aR5Z6AoMh6U> (Stand: 05.04.2017).



Sauer auf den Roboter! Forscher des Robotik-Unternehmen Boston Dynamics, Videostill. Foto: Youtube¹³

