

Menschen, Tiere und Gehirn-Maschine-Schnittstellen als hybride Kollektive

Robert Stock

Erschienen in: *Das verdatete Tier : Zum Animal Turn in den Kultur- und Medienwissenschaften / Bolinski, Ina; Rieger, Stefan (Hrsg.). - Stuttgart : J.B. Metzler, 2019. - (Cultural Animal Studies ; 5). - S. 89-108. - ISBN 978-3-476-04940-7*
https://dx.doi.org/10.1007/978-3-476-04941-4_6

1 Anordnungen empfindsamer und experimenteller Laufband-Mobilität

Exoskelette von Herstellern wie Phoenix oder Ekso Bionics sind gegenwärtig in den Schlagzeilen. Diese Technologien und die Art, wie sie von der Berichterstattung in Zeitschriften oder Wissenschaftsblogs gerahmt werden, verschieben die Bedeutung und Wahrnehmung von Querschnittslähmung und Behinderung sowie das Verständnis von den Beziehungen zwischen Menschen und digitalen Devices in ambivalenter Weise.¹ Oft wird eine Überwindung des defizitären menschlichen Körpers durch den Einsatz avancierter Technologien suggeriert, die dann von Seiten der Disability Community und den Disability Studies kritisiert wird.² Des Weiteren scheinen gerade ‚neue‘ Technologien immer auch ‚neue‘ Barrieren hinsichtlich ihrer Nutzbarkeit zu generieren,³ weswegen auch Exoskelette nicht zwangsläufig als optimale Lösung für

¹Bislang sind noch keine marktreifen Exoskelette entwickelt. Vgl. Heather Fritz/Diane Patzer/Sujay S. Galen, *Robotic exoskeletons for reengaging in everyday activities: promises, pitfalls, and opportunities*, in: *Disability and Rehabilitation* (2017), S. 1–4. V. Lajeunesse, *Exoskeletons design and usefulness evidence according to a systematic review of lower limb exoskeletons used for functional mobility by people with spinal cord injury*, in: *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 11, 7 (2016), S. 535–547.

²Vgl. Alison Kafer, *Feminist, queer, crip*, Bloomington 2013, S. 43; Jonathon Breen, *The exoskeleton generation – disability redux*, in: *Disability & Society* 30, 10 (2015), S. 1568–1572; Sunaura Taylor, *Beasts of Burden. Animal and Disability Liberation*, New York: 2017, S. 92 f.

³Vgl. Elizabeth Petrick, *Making computers accessible. Disability rights and digital technology*, Baltimore 2015; Katie Ellis/Gerard Goggin, *Disability, Locative Media, and Complex Ubiquity*, in: Ulrik Ekman u. a. (Hg.), *Ubiquitous computing, complexity, and culture*, New York 2016.

R. Stock (✉)
Konstanz, Deutschland
E-Mail: robert.stock@uni-konstanz.de

Menschen erscheinen, die mit Mobilitätseinschränkungen leben. Doch lässt das Problem sich noch in anderer Hinsicht angehen. Mit Blick auf die massiven Investitionen und Forschungen im Bereich der Neurowissenschaften und nach dem „Jahrzehnt des Gehirns“,⁴ konstatieren die Wissenschaftshistorikerin Joelle Abi-Rached und der Soziologe Nikolas Rose zu Recht, dass neuronale Aktivität und damit das Gehirn zu einer veritablen biopolitischen Ressource geworden sind.⁵ In dieser Hinsicht liegt es nicht fern anzunehmen, dass auch Behinderung in Zeiten des neurowissenschaftlichen Turns zunehmend zu einem „neurologisch (berechenbarem) Problem“ werde, wie es etwa die Soziologin Laura Mauldin mit Blick auf die Beziehungen zwischen Gehörlosigkeit und der Neuroprothese Cochlea-Implantat formuliert.⁶ Angesichts der erwähnten Exoskelette scheint auch Paraplegie zunehmend zu einem prozessierbaren Phänomen zu geraten. Was im öffentlichen Diskurs dabei jedoch oft in den Hintergrund gerät, sind die Implikationen solcher Gehmaschinen und der damit verbundenen epistemischen Praktiken für Versuchstiere in wissenschaftlichen Experimentalsystemen.⁷ Insofern soll im Folgenden nach den vielfachen Relationen gefragt werden, die Neurotechnologien und -wissenschaft zwischen Menschen, Tieren und deren Gehirnen sowie der Fortbewegung im aufrechten Gang als einer spezifischen Form der Lokomotion aufspannen.⁸

Schon seit Längerem intensivieren sich Beziehungen zwischen digitalen Devices und Menschen und Tieren, was eine umfassende Transformation von Alltags- und Wissenspraktiken nach sich zieht. Ubiquitär und oft unausweichlich provozieren diese Geräte das Erscheinen rezenter Biosozialitäten⁹ und hybrider Kollektive.¹⁰ Es ist dabei keine Neuheit, dass die Relationierungen von Technologien und lebendigen Organismen komplexe Datenmengen, Visualisierungen und modifizierte sensor-motorische Praktiken produzieren, die umfangreiche Effekte

⁴Vgl. Jon Leefmann/Elisabeth Hildt (Hg.) *The Human Sciences after the Decade of the Brain*, Saint Louis 2017.

⁵Vgl. Nikolas Rose/Joelle Abi-Rached, *Governing through the brain: Neuropolitics, neuroscience and subjectivity*, in: *The Cambridge Journal of Anthropology*, 32, 1 (2014), S. 3–23, S. 4.

⁶Laura Mauldin, *Precarious Plasticity: Neuropolitics, Cochlear Implants, and the Redefinition of Deafness*, in: *Science, Technology, & Human Values* 39, 1 (2014), S. 130–153, S. 131.

⁷Vgl. generell Gesa Lindemann, *From Experimental Interaction to the Brain as the Epistemic Object of Neurobiology*, in: *Human Studies* 32, 2 (2009), S. 153–181.

⁸Vgl. als kulturgeschichtlicher Überblick Kurt Bayertz, *Der aufrechte Gang. Eine Geschichte des anthropologischen Denkens*, München 2014; zur Wissenschaftsgeschichte des Gehens vgl. Andreas Mayer, *Wissenschaft vom Gehen. Die Erforschung der Bewegung im 19. Jahrhundert*, Frankfurt a. M. 2013; siehe auch Alfons Labisch, *Bewegung – ein Rezensionssessay*, in: *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin*, 22, 4 (2014), S. 295–307.

⁹Vgl. Paul Rabinow, *Artificialität und Aufklärung. Von der Soziobiologie zur Biosozialität*, in: *Ders., Anthropologie der Vernunft*, Frankfurt a. M. 2004, S. 129–152.

¹⁰Vgl. Michel Callon/John Law, *Agency and the Hybrid Collectif*, in: *The South Atlantic Quarterly* 94, 2 (1995), S. 481–508. Siehe dazu etwa Holger Braun, *Soziologie der Hybriden: über die Handlungsfähigkeit technischer Agenten*, in: *TUTS – Working Papers*, Berlin 2000, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssaar-10472> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

zeitigen. Dies trifft auch und in besonderem Maße auf das Feld der Mobilität zu, in dem mobile und global agierende sowie digital vernetzte, able-bodied BürgerInnen – oder Tiere (wie das Ikarus-Projekt des MPI für Ornithologie zeigt) – nicht ohne Weiteres vorausgesetzt werden können. Wenn also „mobile prosthetics“¹¹ und das Navigieren (nicht) zugänglicher Räume problematisiert werden¹² so können auch die Politiken der Mobilität in den Blick genommen werden: „mobilities are staged from above and below in complex assemblages, at the intersections of design, planning and construction, on the one hand, and in how people perform, live out, negotiate and assume their mobilities, on the other.“¹³ Was der Kommunikationswissenschaftler Gerard Goggin hier hinsichtlich der Konfiguration von Mobilität schildert, kann mit der Wissenschaftstheoretikerin Donna Haraway weitergedacht werden, die auch Tiere zu den ‚messmates‘ und signifikanten Anderen zählt, die an unserer soziotechnisch fabrizierten Welt teilhaben und komplizierte Begegnungen ermöglichen, welche einer sorgfältigen Untersuchung bedürfen.¹⁴

So lässt sich fragen, wie Formen soziotechnisch produzierter Mobilität, nicht nur Menschen (mit Behinderung) betreffen, sondern auch nichtmenschliche, d. h. tierische Akteure involvieren.¹⁵ Davon ausgehend kann eine Annäherung an das Feld der Neuro-/Prothetik erfolgen, wie es etwa die Cultural Animal Studies¹⁶ oder die VertreterInnen der Akteur-Netzwerk-Theorie¹⁷ vorschlagen. Dabei wird u. a. thematisch, inwiefern Konzeptionen von Behinderung in verschiedenen Settings wirksam werden, welche Daten auf der Grundlage des Einsatzes von lebendigen Organismen produziert werden und welchen Status diese in experimentellen Versuchsanordnungen einnehmen.¹⁸ Denn wie Abi-Rachid und Rose darlegen, ist die Produktion neurowissenschaftlichen Wissens maßgeblich mit

¹¹Vgl. David Bissell, *Conceptualising differently-mobile passengers: geographies of everyday encumbrance in the railway station*, in: *Social & Cultural Geography* 10, 2 (2009), S. 173–195.

¹²Marlee A. Tucker u. a., *Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements*, in: *Science* 359, 6374 (2018), 466–469.

¹³Gerard Goggin, *Disability and mobilities: evening up social futures*, in: *Mobilities*, 11, 4 (2016), S. 533–541, S. 538.

¹⁴Vgl. Donna Haraway, *When species meet*, Minneapolis 2008.

¹⁵Zur Schwierigkeit kulturwissenschaftliche Tierforschungen und Disability Studies zu verschränken vgl. Sue Walsh, *The Recuperated Materiality of Disability and Animal Studies*, in: K Lesnik-Oberstein (Hg.), *Rethinking Disability Theory and Practice*, London 2015, S. 20–36.

¹⁶Roland Borgards, *Einleitung: Cultural Animal Studies*, in: Ders. (Hg.), *Tiere. Kulturwissenschaftliches Handbuch*, Stuttgart 2016, S. 1–5.

¹⁷Vgl. Michel Callon, *Einige Elemente einer Soziologie der Übersetzung: Die Domestikation der Kammuscheln und der Fischer der St. Brieuc-Bucht*, in: Andréa Belliger/David Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: 2006 [1986]], S. 135–174; siehe dazu auch John Law, *Notes on Fish, Ponds and Theory*, in: *Norsk Antropologisk Tidsskrift*, 3, 4 (2012), S. 225–236.

¹⁸Vgl. Lindemann, *From Experimental Interaction*.

Tierversuchen und der (umstrittenen) Bedeutung von Tiermodellen verbunden.¹⁹ Angesichts dessen erscheint es wichtig, die kulturwissenschaftliche Neuro-/Prothesenforschung auch in spezies-übergreifender Perspektivierung zu positionieren. Als erste Orientierung kann dafür die Untersuchung Callons dienen, der in provokanter Weise die *agency* von Muscheln in einem Netzwerk analysiert, das von umfangreicher Übersetzungsarbeit angetrieben wird.²⁰ Auch Haraways Analysen sind zu nennen, die sich dezidiert mit den möglichen Begegnungen und dem wechselseitig bedingten Werden von signifikanten Anderen beschäftigen.²¹ Harrassers Beschreibung von Ameise und Platanensame als soziotechnische Assemblage fungiert zudem als wichtiger Hinweis darauf, dass verteilte Handlungsinitiativen und teilsouveräne Körper den Einsatz von Arbeit erfordern und sich nicht nur im Feld ubiquitärer digitaler Medien aufspüren lassen.²²

Vor diesem Hintergrund sind Brain-Machine-Interfaces (BMI) auch als Tier-Maschine-Schnittstellen zu begreifen. Mit Blick auf Gehmaschinen kann die – mithin kontroverse – Frage gestellt werden, inwiefern Tiere und Menschen gleichermaßen in wissenschaftlichen Versuchsanordnungen positioniert werden und dort als empfindsame Wesen wie auch als Datenlieferanten an der prekären Emergenz soziotechnisch produzierter Mobilität teilhaben.²³ Wie werden sie im Zusammenhang mit Prothesen, EEG-Systemen und Laufbändern gebracht und machen Lokomotion als Effekt epistemischer Praktiken erkennbar? Welche Rolle kommt der Gamifizierung von Rehabilitation²⁴ sowie Forschung mit Versuchstieren zu und inwiefern wird damit das Verständnis vom aufrechten Gang modifiziert? Welche Effekte haben etwa virtuelle Fußball-Simulationen auf die ParaplegikerInnen, die in Studien involviert werden, oder die experimentellen Spiele der Rhesusaffen mit humanoiden Robotern? Im Folgenden sollen diese Fragen diskutiert und ein erster Versuch unternommen werden, die Problematik der (eingeschränkten) Mobilität als prozessierbares Phänomen in den Blick

¹⁹Vgl. Nikolas Rose/Joelle Abi-Rached, *Governing through the brain*, S. 8; siehe auch Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme, In-vitro-Kulturen, Modellorganismen*, in: Birgit Griesbeck u. a. (Hg.), *Kulturgeschichte des Menschenversuchs im 20. Jahrhundert*, Frankfurt a. M. 2009, 394–404.

²⁰Vgl. Michel Callon, *Einige Elemente einer Soziologie der Übersetzung*.

²¹Vgl. Donna Haraway, *When species meet*.

²²Vgl. Karin Harrasser, *Körper 2.0. Über die technische Erweiterbarkeit des Menschen*, Bielefeld 2013, S. 113. Siehe auch Jan-Hendrik Passoth/Matthias Wieser, *Medien als soziotechnische Arrangements: Zur Verbindung von Medien- und Technikforschung*, in: Hajo Greif/Matthias Werner (Hg.), *Vernetzung als soziales und technisches Paradigma*, Wiesbaden 2012, S. 101–121.

²³Anita Guerrini, *Experimenting with humans and animals. From Galen to animals rights*, Baltimore 2003, S. 1 ff. und S. 114 ff.

²⁴Vgl. Bruno Bonnehère, *Serious Games in Physical Rehabilitation. From Theory to Practice*, Cham 2018; Michael Lawo/Peter Knackfuß, *Wearable and Pervasive Computing for Healthcare and Towards Serious Games An Introduction*, in: Dies. (Hg.), *Clinical Rehabilitation Experience Utilizing Serious Games: Rehabilitation Technology and a Technical Concept for Health Data Collection*, Wiesbaden 2018, S. 1–29.

zu nehmen. Es gilt in heuristischem Sinne das weiterzudenken, was Goggin als „the logics, modes, dispositions, experiences and practices, corporealities and affects characteristic of differential mobilities of disability“²⁵ beschreibt. Ohne gleichwohl dabei den Blick darauf zu verlieren, dass es in solchen Anordnungen experimenteller und empfindsamer Laufband-Mobilität auch darum geht, Körper produktiv und (wieder) leistungsfähig zu machen.²⁶

2 Arbeit am (limitiert) mobilen Kollektiv

Bei der Eröffnungsfeier der Fußballweltmeisterschaft 2014 in Rio de Janeiro (Brasilien) gab es einen Teil, der für Aufmerksamkeit sorgte: Juliano Pinto, ein querschnittsgelähmter Mann in einem Exoskeleton, vollführte den Anstoß der WM.²⁷ Diese Demonstration des Projekts ‚Walk again‘ sollte die Möglichkeit aufzeigen, dass Menschen mit Rückenmarksverletzungen in die Lage versetzt werden könnten, wieder zu gehen.²⁸ Professioneller Sport und Menschen mit Behinderung wurden auf spezifische, wenn nicht kontroverse Weise miteinander in Verbindung gebracht.²⁹ Einige Zeitungsberichte hoben die Steuerung des Exoskeletons ‚per Gedanken‘ hervor.³⁰ Daneben wurden Assoziationen mit Fantasy-Figuren

²⁵Gerard Goggin, *Disability and mobilities*, S. 538.

²⁶Vgl. Jonathon Breen, *The exoskeleton generation – disability redux*; Andrew C. Sparkes/James Brighton/Kay Inckle, *It’s a part of me. An ethnographic exploration of becoming a disabled sporting cyborg following spinal cord injury*, in: *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 10, 2 (2018), S. 151–166; Gregor Wolbring, *Prostheses and Other Equipment: The Issue of the Cyborg Athlete – Interrogating the Media Coverage of the Cyathlon 2016 Event*, in: Ian Brittain/Aaron Beacom (Hg.), *The Palgrave Handbook of Paralympic Studies*, London 2018, S. 439–459.

²⁷Juliano Pinto, der nach einem Autounfall querschnittsgelähmt war, zeigt sich von der neuen Technologie überzeugt: „Seit sieben einundeinhalb Jahren kann ich meine Beine nicht mehr bewegen. [...] Das Exoskelett [...] brachte mir Bewegungen zurück, die ich verloren hatte. Ich kann bestätigen, dass dies außergewöhnlich ist und es würde mich freuen, wenn alle die Möglichkeit hätten, dies zu erfahren.“ Zitiert in Eduardo Carvalho, ‚Foi extraordinário‘, *diz paraplégico que usou exoesqueleto em abertura*, in: *Globo G1* 13.06.2014, <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/06/foi-extraordinario-diz-paraplegico-que-usou-exoesqueleto-em-abertura.html> (letzter Zugriff: 23.06.2019) (meine Übersetzung). Original: „São sete anos e meio de lesão medular, não tendo o movimento dos membros inferiores. Depois de tudo, poder recuperar o controle deles, mandar no destino dos seus pés para que eles funcionem... O exoesqueleto fez isso de novo para a gente, trazendo os movimentos que perdemos. Posso dizer que é algo extraordinário, que se todo mundo pudesse fazer, iria amar.“

²⁸Vgl. Ian Sample, *Mind-controlled robotic suit to debut at WorldCup 2014*, in: *The Guardian* 01.04.2014, <https://www.theguardian.com/technology/2014/apr/01/mind-controlled-robotic-suit-exoskeleton-world-cup-2014> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

²⁹Vgl. u. a. Ian Brittain/Aaron Beacom (Hg.), *The Palgrave Handbook of Paralympic Studies*, London 2018.

³⁰Des Öfteren wurde etwa vom ‚mind controlled‘ Roboteranzug gesprochen. Dieses Vokabular wird auch von den Neurowissenschaftlern Chapin und Nicoletis verwandt. Vgl. John K. Chapin/Miguel A. L. Nicoletis, *Controlling Robots with the Mind*, in: *Scientific American* 01.02.2008,

aufgeworfen und das Exoskelett mit einem ‚Iron Man-esquen‘ Anzug verglichen.³¹ Doch ob die Gehmaschine diesen Vergleichen standhalten würde, sei hier einmal dahingestellt.³²

Das bei der WM eingesetzte Exoskelett wurde von einem interdisziplinären Forschungsprojekt entwickelt. Gordon Cheng und dessen Labor an der Technischen Universität München waren für die Robotik verantwortlich, französische Partner konstruierten das Exoskelett, das Team um den Neurowissenschaftler Miguel Nicolelis von der Duke University sowie ein Neuro-Rehabilitationszentrum in São Paulo untersuchten unter Rückgriff auf nicht-invasive Methoden, wie neuronale Aktivitäten der ParaplegikerInnen zur Steuerung des Exoskeletts eingesetzt werden könnten. Das Exoskelett und dessen Einsatz beim WM-Anstoß ging als Konzept und materialisiertes Wissen aus einem wissenschaftlichen Netzwerk hervor. Als dessen Effekt bewegt es sich im Kontext eines transepistemischen Raums und wird von einem Komplex interdisziplinärer epistemischer Praktiken geformt. Dabei werden auch Konzepte von Behinderung und Vorstellungen von Paraplegie produziert. Kurz gefasst geht es dabei um die zentrale Stellung von Technologien als Mittel für die Behandlung von Behinderung. Wie Nicolelis in Publikationen und öffentlichen Auftritten wie TEDTalks betont, könne das Exoskelett – sobald es eine Alltagsauglichkeit erreicht hat – den elektrischen Rollstuhl ersetzen: „All of the innovations we’re putting together for this exoskeleton have in mind the goal of transforming it into something that can be used by patients who suffer from a variety of diseases and injuries that cause paralysis.“³³ Damit wird nicht nur nahegelegt, dass die Fähigkeit zu gehen eine Priorität für gelähmte Personen darstellt.³⁴ Avancierte Technologien sollen es ermöglichen, Menschen mit Behinderung zu reparieren („to fix“, wie es im Englischen heißt).³⁵

<https://www.scientificamerican.com/article/controlling-robots-with-the-mind/> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

³¹Vgl. Kira Brekke, Paraplegic Teenager Ditched Wheelchair For Awesome Robotic Suit To Kick Off World Cup, in: Huffington Post 13.06.2014, https://www.huffingtonpost.com/2014/06/13/paraplegic-world-cup-_n_5489455.html (letzter Zugriff: 02.10.2018). Solche Assoziationen mit Superhelden und sportlichen Extremleistungen erscheinen problematisch, da sie ein Narrativ der Überwindung von Behinderung durch Technologie evozieren. ParaplegikerInnen geraten so mitunter zu einer Art „entity materially shaped by the processes of elite sport, technological capital and disability discourse.“ Dan Goodley, *Dis/ability studies. Theorising disablism and ableism*, London 2014, S. 144.

³²Bei der Performance waren drei Techniker notwendig, um das Kollektiv aus Paraplegiker und Exoskelett zu stützen.

³³Nicolelis zitiert in Ian Sample, *Mind-controlled robotic suit to debut at WorldCup 2014*.

³⁴Vgl. P.L. Ditunno u. a., Who wants to walk? Preferences for recovery after SCI: a longitudinal and cross-sectional study, in: *Spinal Cord* 46, 7 (2008), S. 500–506; L.A. Simpson u. a., The health and life priorities of individuals with spinal cord injury: A systematic review, in: *Journal of Neurotrauma* 29, 8 (2012), S. 1548–1555.

³⁵Das Verb ‚suffer‘ (leiden) unterstreicht hier, dass Behinderung vor allem als etwas gesehen wird, das negative Aspekte hat. Der Trailer des Projekts ‚Walk Again‘, das von der National

Und zugleich wird mit ihnen eine Politik barrierefrei zu gestaltender Umwelten infrage gestellt.³⁶

Neben einem Ableism-Diskurs,³⁷ der in avancierte Technologien wie dem Exoskelett eingeschrieben scheint, ist es notwendig, die mit ihnen verbundenen Praktiken zu betrachten. Die Spektakularisierung der Überwindung von Behinderung, die von Tageszeitungen und UserInnen sozialer Netzwerke häufig aufgegriffen wird, soll hier durch eine andere Schwerpunktsetzung komplementiert werden. Es geht um die Vorbereitung der umstrittenen Demonstration im Stadion, die größtenteils unberücksichtigt bleibt. Dazu kann etwa die Reportage über die Tätigkeiten des Projektteams und der involvierten ParaplegikerInnen am Neuro-Rehabilitationszentrum in São Paulo herangezogen werden.³⁸

Im Hinblick auf die notwendigen Vorbereitungen für eine Mobilität, die gleichmaßen durch die ParaplegikerInnen sowie das Exoskelett ermöglicht wird, können die Kalibrierungsprozesse zwischen den Gehirnen und Körpern der StudienteilnehmerInnen sowie der Gehirn-Maschine-Schnittstelle genannt werden. Die Abstimmung zwischen Mensch und Maschine über EEG ist ein komplexes und umfangreiches Vorhaben, das mit zahlreichen Problemen durchsetzt ist.³⁹

Science Foundation finanziert wurde, betont ebenso, dass Behinderung vor allem als Belastung zu verstehen ist (vgl. <https://www.youtube.com/watch?v=6WO71e0XLqs>, letzter Zugriff: 23.06.2019). Am Beginn werden die virtuoson Fähigkeiten eines Profi-Spielers in schneller Bildfolge der scheinbaren Un-/Beweglichkeit eines Rollstuhls und dessen NutzerIn gegenübergestellt. Es wird suggeriert, dass das Exoskelett die eingeschränkte Mobilität des Rollstuhls überwinden kann. Wieder zu gehen würde folglich mit der Möglichkeit verbunden sein, in Kontakt mit dem sich bewegenden Ball zu kommen und an einer able-bodied Fußball-Welt teilzuhaben. Ohne auf die Vielfalt körperlicher Ausdrucksformen und Praktiken – nicht nur von Menschen mit Behinderung – einzugehen, konstruiert der Trailer also eine/n ‚behinderte/n RollstuhlnutzerIn‘, um die Notwendigkeit eines technologisch basierten Gehens zu legitimieren.

³⁶Vgl. Gerard Goggin, *Disability and mobilities*, S. 536.

³⁷Vgl. Gregor Wolbring, *The Politics of Ableism*, in: *Development* 51, 2 (2008), S. 252–258.

³⁸Dort wird das entwickelte Protokoll der ‚Walk Again Neurorehabilitation (WA-NR)‘ erläutert und geschildert, dass acht Menschen – Mitglieder des brasilianischen Verbands Associação de Assistência à Criança Deficiente – mit bleibenden Rückenmarksverletzungen ausgewählt wurden, um im Rahmen der Studie mit dem Exoskelett zu trainieren. Vgl. A.R.C. Donati u. a., *Long-Term Training with a Brain-Machine Interface-Based Gait Protocol Induces Partial Neurological Recovery in Paraplegic Patients*, in: *Scientific Reports* 6 (2016): 30383.

³⁹Vor dem Hintergrund der begrenzten Möglichkeiten auf entsprechendes Material zuzugreifen, kann an dieser Stelle jedoch nur vorläufig und schlaglichtartig verdeutlicht werden, in welcher Form die Kalibrierungsarbeit im ‚Walk Again‘-Projekt realisiert wurde. Vgl. dazu Melike Şahinol, *Das techno-zerebrale Subjekt: zur Symbiose von Mensch und Maschine in den Neurowissenschaften*, Bielefeld 2016. Siehe auch Stefanie Zimmer, *Die materielle Realität der Virtuellen Treppe: Ethnografische Gang-Analyse von Gesunden und Schlaganfall-Patienten in der Reharobotik*, in: Michalis Kontopodis/Jörg Niewöhner (Hg.), *Das Selbst als Netzwerk. Zum Einsatz von Körpern und Dingen im Alltag*, Bielefeld, S. 25–54.

Außerdem kommt dem regelmäßigen Üben⁴⁰ in der Rehabilitation eine zentrale Stellung zu, um die ParaplegikerInnen – mental und physisch – in die Position potenzieller Exoskelett-User_innen zu versetzen. Als *agencies* der Gehmaschine tragen sie zu deren Gelingen in konstitutiver Weise bei. Hier kann Behinderung folglich als eine Form des „situierten Vollzugs“⁴¹ verstanden werden, in dem durch diverse Praktiken und Prozesse der Verkörperung umfangreiche Verschaltungen von Gehirn, Körper und Maschine temporär stabilisiert werden, um experimentell Daten für die Berechnung zweibeiniger Fortbewegung zu generieren.

In den Trainingssessions kamen über einen Zeitraum mehrerer Monate verschiedene Elemente zum Einsatz, um die Verbindung der ParaplegikerInnen und dem Exoskelett zu realisieren. Durch das „Enrolment“⁴² verschiedener relevanter Aktanten wurde ein komplexer Lernprozess (aller Beteiligten) in Gang gesetzt, der letztlich zu einer neuro-technologischen Anordnung zwischen Mensch und Maschine führte. Diese Gehmaschine als hybrides Kollektiv ist als Effekt einer rezenten Form der Neurorehabilitation zu begreifen, die hier sechs Stadien umfasst: Virtual Reality-Training im Sitzen und danach im Stehen, Gehtraining mit einem Lokomat, Training mit einem Gewichtsentlastungssystem sowie Training mit dem BMI und dem Exoskelett bzw. Gehroboter („robotic gait system“).⁴³

Für das EEG wurde eine 16-Kanal-Kappe genutzt, um neuronale Aktivitäten der UserInnen zu messen, die später zur Steuerung des Roboteranzugs zum Einsatz kommen sollten.⁴⁴ Der erste Schritt in diese Richtung war die Entwicklung der Fähigkeit, einen virtuellen Avatar über das EEG zu steuern. Dieses Trainingsstadium bezog neben dem EEG eine VR-Brille (Oculus Rift) und eine virtuelle Fußball-Umgebung ein.⁴⁵ Die werdenden Exoskelett-UserInnen absolvierten VR-Trainingseinheiten und versetzten sich in die Lage, den Avatar durch das Stadion gehen zu lassen. Dabei wurde haptisches Feedback genutzt, das über ein T-Shirt jeden realisierten Schritt des Avatars an den Körper des Users/der Userin rückmeldete. Es handelt sich folglich um eine gamifizierte Modifikation des

⁴⁰Vgl. Christoph Menke, Zweierlei Übung. Zum Verhältnis von sozialer Disziplinierung und ästhetischer Existenz, in: Axel Honneth/Martin Saar (Hg.), Michel Foucault. Zwischenbilanz einer Rezeption, Frankfurt a. M. 2003, S. 199–210.

⁴¹Christina Papadimitriou, Becoming en-wheeled: the situated accomplishment of re-embodiment as a wheelchair user after spinal cord injury, in: *Disability & Society* 23, 7 (2008), S. 691–704, S. 701.

⁴²Vgl. Michel Callon, Einige Elemente einer Soziologie der Übersetzung, S. 156.

⁴³Vgl. A.R.C. Donati u. a., Long-Term Training.

⁴⁴Anonymous, ‚We Did It!‘ Brain-Controlled ‚Iron Man‘ Suit Kicks Off World Cup, in: NBC News 06.06.2014, <https://www.nbcnews.com/storyline/world-cup/we-did-it-brain-controlled-iron-man-suit-kicks-world-n129941> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁴⁵Vgl. Abbildungen in Duke University Medical Center, Paraplegics regain some feeling, movement after using brain-machine interfaces, in: Science Daily 2016, <https://www.sciencedaily.com/releases/2016/08/160811101008.htm> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

Rehabilitationssettings,⁴⁶ die sich zudem die Plastizität des Gehirns zu Nutze machen möchte. Die ParaplegikerInnen sollten angeregt werden, jene Areale des Gehirns für die Motorik zu (re-)aktivieren, die aufgrund der Lähmung und ihres gegenwärtigen *embodiments* als Rollstuhl-UserIn nicht mehr durch alltägliche Praktiken in Anspruch genommen würden.

Auch die weiteren Übungen und Trainingsstadien – auf die hier nicht ausführlich eingegangen werden kann – trugen dazu bei, die Studien-TeilnehmerInnen in UserInnen des Exoskeletts zu transformieren und als *agencies* in die Versuchsanordnung einzubinden. Vor diesem Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass die Körper der beteiligten Forschungssubjekte, ihre Bedeutungen sowie die mit ihnen verbundenen Praktiken modifiziert wurden. Handlungsinitiativen sind angesichts dieser Konfiguration von Menschen (NeurowissenschaftlerInnen, IngenieurInnen, TherapeutInnen, ParaplegikerInnen) sowie Soft- und Hardware, d. h. einer Reihe von heterogenen Elementen, als verteilt anzusehen.⁴⁷ Der Zusammenhang von NutzerInnen, VR und Gehmaschinen generiert eine Vielfalt von Relationen und Praktiken, in denen sich disziplinäre sowie auch gouvernementale Regulierungsanstrengungen überschneiden und positive Effekte hinsichtlich der Lebensqualität der ParaplegikerInnen zeitigen sollen.⁴⁸

Jedoch bleibt das mobile Kollektiv aus BMI und ParaplegikerIn prekär und kann nur temporär stabilisiert werden. Während Nicoletis und die Berichterstattung über das Projekt verständlicherweise den Erfolg von ‚Walk again‘ in den Mittelpunkt rücken, ist es wichtig, sich die Langwierigkeit des Lernprozesses vor Augen zu halten. TeilnehmerInnen nahmen zweimal pro Woche an mehrstündigen Trainings teil.⁴⁹ Den Roboteranzug zu benutzen erfordert von den UserInnen nicht nur ihr Gehirn neu zu „verkabeln“,⁵⁰ sondern auch den diffizilen Anpassungsprozess mit dem BMI zu bewerkstelligen.⁵¹ Juliano Pinto, der

⁴⁶Vgl. Bonnechère, *Serious Games in Physical Rehabilitation*; Lawo/Knackfuß, *Wearable and Pervasive Computing for Healthcare and Towards Serious Games*.

⁴⁷Vgl. Myriam Winance, *Trying Out the Wheelchair*, in: *Science, Technology & Human Values* 31, 1 (2006), S. 52–72.

⁴⁸Es ist wichtig zu erwähnen, dass die über 12 Monate andauernde Versuchsanordnung zu neurologischen Verbesserungen bei den StudienteilnehmerInnen führte und sich damit positive Auswirkungen auf ihren Gesundheitszustand zeigten. Vgl. A.R.C. Donati u. a., *Long-Term Training*. Siehe auch <http://aasdap.org.br/first-clinical-paper-of-the-walk-again-project-is-published-in-scientific-reports/> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁴⁹Vgl. John Travis, *Robo-suit and virtual reality reverse some paralysis in people with spinal cord injuries*, in: *Science* 11.08.2016, <https://www.sciencemag.org/news/2016/08/robo-suit-and-virtual-reality-reverse-some-paralysis-people-spinal-cord-injuries> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁵⁰Rose und Abi-Rached sprechen bezüglich der Plastizität des Gehirns über die Metapher des „Rewiring the brain.“ Vgl. Nikolas Rose/Joelle Abi-Rached, *Neuro: The New Brain Sciences and the Management of the Mind*, Princeton University Press, Princeton and Oxford, S. 52.

⁵¹Dafür spricht, dass die TeilnehmerInnen die ersten Schritte circa vier Monate nach Projektbeginn machen konnten. Im Mai 2014 hatte jede/r TeilnehmerIn rund 120 Schritte mit dem BMI realisiert. Vgl. Portal EBC, *Paraplégico chuta bola em abertura da Copa com ajuda de exoesque-*

zwar den Anstoß bei der WM ausführte aber nicht mit dem BMI allein in das Stadion gehen konnte, wies auf den hohen Arbeitsaufwand hin. Im Interview mit der Tageszeitung *O Globo* betonte Pinto die enorme Konzentration und notwendige Selbstkontrolle, die für das Funktionieren der Verbindung von Mensch und BMI Voraussetzung wären.⁵² Selbsttechnologien bilden demnach eine grundlegende Bedingung für jene Prozesse, in denen ParaplegikerInnen zu BMI-UserInnen werden können – in denen regulierte und sich regulierende soziotechnische Anordnungen mit spezifischen Verkörperungen verschränkt werden. Es lässt sich vermuten, dass ein solches Neuro-Rehabilitationsregime nicht so sehr ein zugerichtetes – und zugleich – widerständiges „paraplegic body-subject“⁵³ formen möchte, sondern vielmehr auf einen Zusammenhang verweist, in dem sowohl „Techniken der Selbst-Optimierung und Selbst-Transformation“⁵⁴ also auch sensorische Körper-Erfahrungen⁵⁵ von Bedeutung sind.

Nicht nur hinsichtlich biomedizinischer und medientechnologischer Aspekte sind BMIs und Gehmaschinen zu befragen. Man denke etwa an die Lebenssituation von ParaplegikerInnen, deren Gesundheit oder Mobilitäts Optionen, die im brasilianischen Kontext von einer prekären sozio-ökonomischen Situation gerahmt werden.⁵⁶ Insofern sind avancierte Technologien in global agierenden Wissensnetzwerken nicht nur als wissenschaftliche Errungenschaften zu verstehen. Möglicherweise provozieren sie auch einen „ability divide“,⁵⁷ das Entstehen von „*techno-poor*“ und „*techno-rich*“.⁵⁸ Aus diesen und anderen Gründen mögen sich Zweifel am ‚Walk again‘-Projekt regen, das über einen Finanzierungsrahmen

leto, in: EBC 12.06.2014, <http://www.ebc.com.br/esportes/copa-do-mundo/2014/06/paraplegico-anda-na-abertura-da-copa-entenda-como> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁵²Vgl. Eduardo Carvalho, ‚Foi extraordinário‘ (letzter Zugriff: 02.10.2018). Siehe auch Eric Vlatovic, volunteer of Walk Again Project, in: Testimonials, ohne Datum, <http://aasdap.org.br/en/projects/test/> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁵³Martin Sullivan, Subjected Bodies. Paraplegia, Rehabilitation, and the Politics of Movement, in: Shelley Tremain (Hg.), Foucault and the government of disability, Ann Arbor, Michigan 2005, S. 27–44, S. 27.

⁵⁴Shelley Tremain, Foucault, Governmentality, and the Critical Disability Theory. An Introduction, in: Dies. (Hg.), Foucault and the government of disability, Ann Arbor, Michigan 2005, S. 1–24, S. 8.

⁵⁵Vgl. Amanda K. Booher, Docile bodies, supercrips, and the plays of prosthetics, in: International Journal of Feminist Approaches to Bioethics 3, 2 (2010), S. 63–89.

⁵⁶Vgl. Leila Blanes/Maria Isabel S. Carmagnani/Lydia M. Ferreira, Quality of Life and Self-Esteem of Persons with Paraplegia Living in São Paulo, Brazil, in: Quality of Life Research 18, 1 (2009), S. 15–21. Siehe auch Cate Buchanan, Gun Violence, Disability and Recovery, Sydney 2014, S. 24 f.

⁵⁷Gregor Wolbring, The Politics of Ableism, S. 252.

⁵⁸Vgl. Karin Harrasser/Susanne Roeßinger, Einleitung, in: Dies. (Hg.), Parahuman. Neue Perspektiven auf das Leben mit Technik, Köln 2016, S. 9–16, S. 11 (Hervorh. im Orig.).

von mehreren Millionen US-Dollar verfügte.⁵⁹ Derzeit bleibt offen, welche weiteren Ergebnisse das Projekt vorlegen wird. Auch kann hier nicht abschließend beantwortet werden, in welcher Weise der aufrechte Gang, prekär mobile BMIs oder Rollstuhl-Mobilität (wheeling mobility) zukünftig in Brasilien oder anderswo von Bedeutung sein werden. Doch ist es notwendig, die Implikationen dieser Gehmaschinen für Tiere in wissenschaftlichen Versuchsanordnungen nachzuverfolgen, produzieren doch letztere in wesentlichem Maße erst die Voraussetzungen für rezente neuro-technologische Gehweisen.

3 Prekäre Tier-Maschinen-Schnittstelle

Die Arbeit von Nicolelis, dessen Labor und den dort tätigen NeurowissenschaftlerInnen – u. a. an der Brown University und anderen Institutionen – basiert zu einem nicht unerheblichen Teil auf Forschungen mit Versuchstieren. Dieser Aspekt ist nicht unbedingt präsent, führt man sich die Diskussionen um Exoskelette und den Anstoß bei der WM 2014 vor Augen. Wenn man jedoch die Neurowissenschaften als entscheidendes Feld einer Wissensproduktion berücksichtigt, die Grundlagen für den Aufbau und die Funktionsweise von Exoskeletten erarbeiten möchte, so liegen die Bezüge zu biomedizinischer Forschung und Tierexperimenten auf der Hand. Neurowissenschaftliche Ansätze argumentieren mit der Notwendigkeit von Tiermodellen, um entsprechende Grundlagenforschung zu betreiben.⁶⁰ Dies betrifft u. a. auch den Einsatz von invasiven Technologien bei der Erforschung neuronaler Prozesse für die Mobilität von Organismen, die anhand nicht-invasiver Verfahren nur in unzureichender Präzision analysierbar wären. Die Erforschung des Primaten-/Gehirns und der sich dort ereignenden Prozessen, so die Argumente der GrundlagenforscherInnen, soll zukünftig eine bessere medizinische Behandlung und Versorgung von Menschen mit Behinderung ermöglichen. Der Rückgriff auf Tiermodelle für biomedizinische Forschung sowie der Rekurs auf Behinderung – wie oben bereits erläutert – machen das Feld neurowissenschaftlicher Wissenskulturen zu einem umstrittenen Areal technowissenschaftlicher Wissensproduktion.⁶¹

Während die Demonstration von 2014 beim Anstoß der WM und rezente Entwicklungen im Bereich mobiler Medien die Aufmerksamkeit auf nicht-invasive

⁵⁹Vgl. Anonymous, 'We Did It!' Siehe die Homepage der Organisation: <http://aasdap.org.br/en/projects/walk-again-project/> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁶⁰Vgl. dazu Kristin Asdal/Tone Druglitrø/Steve Hinchliffe, Introduction: The ,more-than-human' condition. Sentient creatures and versions of biopolitics, in: Dies. (Hg.), Humans, animals and biopolitics. The more-than-human condition, London 2016, S. 1–29, S. 23.

⁶¹Vgl. Gail Davies u. a., Science, Culture, and Care in Laboratory Animal Research: Interdisciplinary Perspectives on the History and Future of the 3Rs, in: Science, Technology, & Human Values 43, 4 (2018), S. 603–621.

EEG-Anwendungen lenken,⁶² stellen Forschungen mit Versuchstieren weiterhin ein strategisches Feld dar, um die Effekte von Rückenmarksverletzungen, potenzielle Rehabilitationsverfahren und den Einsatz avancierter Technologien – unter Beachtung der „3R“ Replacement, Reduction, Refinement⁶³ – zu analysieren. Invasive Ansätze sind im Bereich der Gehirnforschung nach wie vor wichtig. Nicht nur Primaten, Mäuse oder Ratten, sondern auch Menschen werden mit Implantaten versorgt und auf Laufbändern trainiert, damit sie im Verbund mit technologischen *agencies* Daten über die neuronalen Grundlagen der Motorik der zwei- oder vierbeinigen Fortbewegung generieren.⁶⁴ Angesichts dieser techno-wissenschaftlichen Hervorbringung von Mobilität auf dem Laufband werden im Folgenden die verschiedenen Weisen des Gehens und die damit produzierten Daten genauer in den Blick kommen. Epistemische Praktiken setzen technologische Rahmungen, worin Relationen zwischen Menschen, Tieren und Maschinen ermöglicht werden. Diese Prozesse verbinden sich mit einer prozesualen Hervorbringung von Fähigkeiten wie auch Behinderungen – *dis-/ability* –, die einer kritischen Einordnung bedürfen. Dies gilt nicht nur angesichts paralympischer SportlerInnen, denen oft eine „cyborg positivity“⁶⁵ zugeschrieben wird, anstatt die situierte Aufeinander-Bezogenheit heterogener und sich wechselseitig formender Entitäten in den Blick zu nehmen.⁶⁶ Auch ‚bionische Tiere‘ geraten auf diese Weise in den Fokus, wenn sie in viraler Form als Internetsensationen oder in Fernsehproduktionen wie *My bionic pet* (2014) zirkulieren.⁶⁷

Eines der hybriden Kollektive, die sich für die vorliegende Analyse in dieser Hinsicht von besonderem Interesse erweist und deren Ziel es war, eine bio-technologische Produktion zweibeinigen Gehens in die Praxis zu übersetzen, wurde

⁶²Vgl. Melissa Littlefield, *Instrumental intimacy: EEG wearables and neuroscientific control*, Baltimore 2018.

⁶³Vgl. Gail Davies u. a., *Science, Culture, and Care in Laboratory Animal Research*. „Das 3R-Prinzip (Replacement (Vermeidung), Reduction (Verringerung), Refinement (Verfeinerung)) wurde von William Russell und Rex Burch in ihrem 1959 publizierten Buch *The Principles of Humane Experimental Technique* entwickelt. Es bezeichnet Maßnahmen zur Reduzierung der Versuchstierzahlen und der Belastungen für Versuchstiere. Unter den Oberbegriff Replacement fasst man solche Maßnahmen, die zu einem Ersatz von Tierversuchen (etwa durch Versuche an Zellkulturen oder durch Computersimulationen) führen. Als Refinement bezeichnet man solche Versuchsansätze, die das Leiden der Versuchstiere minimieren. Und mit Reduction ist die Minimierung der Anzahl an Versuchstieren durch statistische Optimierung und ein kluges Versuchsdesign gemeint.“ in: Deutsches Referenzzentrum für Ethik in den Biowissenschaften, 3-R Prinzip von Russell und Burch, <http://www.drze.de/im-blickpunkt/tierversuche-in-der-forschung/module/3r-prinzip-von-russel-und-burch> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁶⁴Vgl. J. Rigosa u. a., *Decoding bipedal locomotion from the rat sensorimotor cortex*, in: *Journal of Neural Engineering* 12, 5 (2015): 056014; K.A. Phillips u. a., *Take the monkey and run*, in: *J Neurosci Methods* 248 (2015): 27–31; J.D. Foster, *A freely-moving monkey treadmill model*, in: *J Neural Eng* 11, 4 (2014).

⁶⁵Vgl. Dan Goodley, *Dis/ability studies*.

⁶⁶Vgl. Karin Harrasser, *Körper 2.0.*, S. 53 ff.

⁶⁷Sunaura Taylor, *Beasts of Burden*, S. 25, 42.

2007/2008 vom Nicoletis Lab errichtet. Diese Versuchsanordnung wurde lokal an zwei Orten aufgebaut, die dann miteinander verschaltet wurden.⁶⁸ An der Duke University befand sich das Labor, in dem die Infrastruktur für die an der Studie teilnehmenden Primaten geschaffen wurde. In Kyoto, am dortigen Advanced Telecommunication Institut (ATR), wurde von Chengs Labor der humanoide Roboter Computational Brain, Model 1 (CB 1) für den Einsatz präpariert, der von Sarcos Research Corporation in Salt Lake City gebaut wurde. Das Ziel der global vernetzten Experimentalanordnung bestand darin, den Roboter im japanischen Labor auf Basis der neuronalen Daten des Primaten in der US-amerikanischen Institution in Bewegung zu versetzen.

Um Primaten in die Experimentalanordnung zu integrieren, wurde den Tieren in einer gehirnrirurgischen Operation ein Implantat mit einem multi-elektroden Array eingesetzt.⁶⁹ Dieses Implantat ermöglicht die Messung neuronaler Prozesse im Motor-kortex bei spezifischen Aktivitäten (z. B. Bewegung des Beins beim Gehen). In diesem Prozedere werden nichtmenschliche Primaten folglich in ein „techno-epistemisches Objekt“,⁷⁰ d. h. in einen Organismus transformiert, der als lebendig anerkannt wird (bzw. werden muss) und zugleich als Datenproduzent fungieren soll. Andererseits muss hinzugefügt werden, dass Rhesusaffen als Versuchstiere in einem langen Prozess so trainiert wurden, dass sie mit den Aufgaben des zweibeinigen Gehens auf dem Laufband vertraut waren und diese verlässlich erfüllen sowie wiederholen konnten.⁷¹ Nicoletis zufolge erwies sich eines der Versuchstiere, das er als *Idoya*⁷² benennt,

⁶⁸Vgl. Miguel Nicoletis, *Beyond boundaries: The new neuroscience of connecting brains with machines – and how it will change our lives*, New York 2011, S. 187.

⁶⁹Zu den angewandten Methoden vgl. Miguel Nicoletis u. a., *Chronic, multisite, multielectrode recordings in macaque monkeys*, in: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100, 19 (2003), S. 11041–11046.

⁷⁰Gesa Lindemann, *From Experimental Interaction*, S. 166.

⁷¹Im Umgang mit Versuchstieren wird dafür – auch angesichts der Etablierung der 3R-Vorgaben – auf das positive Verstärkungstraining (PRT, positive reinforcement training) zurückgegriffen. Vgl. L. Scott u. a., *Training nonhuman primates to cooperate with scientific procedures in applied biomedical research*, in: *J Appl Anim Welf Sci* 6, 3 (2003), 199–207; Viktor Reinhardt, *Taking better care of monkeys and apes: Refinement of housing and handling practices for caged nonhuman primates*, Washington, DC 2008.

⁷²Im Gegensatz zu Fitzsimmons' Report von 2009, die die Praktik der Nummerierung bei der Benennung der Makaken nutzen, um die Forschungsaktivitäten aufzubereiten und diese in einer wissenschaftlichen Publikation zu veröffentlichen, nutzt Nicoletis in seinem Buch *Beyond Boundaries* die Namensnennung, um den Primaten zu individualisieren und als außergewöhnliches Forschungssubjekt zu kennzeichnen. Haraway bezeichnet die Namensgebung bei Labortieren als „a key rhetorical device bestowing a particular kind of individuality in the form of an apparently timeless, universal selfhood.“ Donna Haraway, *Primate visions. Gender, race, and nature in the world of modern science*. New York 1989, S. 146; vgl. N. Fitzsimmons u. a. *Extracting kinematic parameters for monkey bipedal walking from cortical neuronal ensemble activity*, in: *Frontiers in Integrative Neuroscience* 3, 3 (2009), S. 2; Kristin Asdal/Tone Druglitrø/Steve Hinchliffe, *Introduction: The ‚more-than-human‘ condition*, S. 21.

als wahres Talent beim zweibeinigen Gehen, sodass er es etwa als „primate jogger“⁷³ charakterisiert.

Angesichts dieser Versuchsanordnung sind wir mit einer mehrdimensionalen Übersetzung des Tiers in ein Element konfrontiert, das als *agency* der Gehmaschine an der Produktion von Daten mitwirken kann. Diese Generierung von Forschungsdaten betraf jedoch nicht nur neuronale Prozesse, die mit dem Implantat mess- und auswertbar wurden. Vielmehr wurden die Bewegungen der Rhesusmakaken auch visuell erfasst. Versuchstiere wurden mit wieder ablösbaren farblichen Markern an den Beinen versehen, wodurch die realisierten Bewegungen anhand eines video-basierten Trackingsystems aufgezeichnet und ausgewertet werden konnten. Die Korrelation beider Daten-/Ströme – aus Bewegung und Gehirn – würde es dann ermöglichen, jene Muster zu identifizieren, auf deren Basis Algorithmen zur Steuerung des Humanoiden errechnet werden könnten. Während der Primat auf dem Laufband das zweibeinige Laufen ausführt, wurden folglich Schritzeit, Schrittlänge, Fußlokalisierung, Beinausrichtung und weitere Parameter erfasst sowie auch neuronale Prozesse gemessen.

Der Roboter in Kyoto sollte unter Rückgriff auf multi-situierte kortikale Aufnahmen in Kombination mit kinematischer Analyse in Bewegung versetzt werden.⁷⁴ Den beteiligten WissenschaftlerInnen zufolge stellte es sich als entscheidend heraus, neuronale Muster zu erfassen und zu analysieren, die jeweils *vor* dem Ausführen eines Schrittes in physischer Bewegung auftreten. Das auf der Basis dieser erhobenen Daten generierte Wissen erlaubte es dem Labor-Team, den implantierten Affen-in-Bewegung und das System so zu kalibrieren, dass ein Avatar und schließlich auch der Roboter angesteuert werden konnte.⁷⁵

Diese Tier-Maschine-Schnittstelle, die die Involvierung von WissenschaftlerInnen, bio-informatischen Infrastrukturen, nichtmenschlichen Primaten und Breitband-Konnektivität verlangte, war zudem auf visuelles Feedback angewiesen. Während sich das Versuchstier auf dem Laufband bewegte und den Avatar wie auch CB 1 steuerte, würde das implantierte Forschungsobjekt zugleich ein Videosignal von dem sich bewegenden Roboter in Kyoto sehen. Um die Abstimmung der einzelnen *agencies* aufeinander zu garantieren, musste der Prozess mehr oder weniger in ‚Echtzeit‘ ablaufen. Die InformatikerInnen konnten das Delay für die Datenübertragung zwischen den zwei Laboren auf ein Minimum reduzieren, wodurch die Wahrnehmungs- sowie Bewegungsprozesse des datenproduzierenden Primaten und die Signalverarbeitung durch CB 1 synchronisiert werden konnten.⁷⁶

An dieser Stelle ist es schwierig die näheren Abläufe, Schwierigkeiten und Problemlösungstaktiken im Rahmen der Experimentalanordnung mit Primat und

⁷³Miguel Nicolelis, *Beyond boundaries*, S. 186.

⁷⁴Vgl. N. Fitzsimmons u. a. *Extracting kinematic parameters for monkey bipedal walking*.

⁷⁵Miguel Nicolelis, *Beyond boundaries*, S. 188.

⁷⁶Miguel Nicolelis, *Beyond boundaries*.

CB 1 ausführlich zu kommentieren, da auf das entsprechende Material derzeit nicht zugegriffen werden kann. Doch können die neurowissenschaftlichen Ansätze und soziotechnischen Anordnungen vor dem Hintergrund ihrer Darstellung in wissenschaftlichen Diskursen und Popularisierungen kritisch eingeordnet werden. Hervorzuheben ist etwa die Berichterstattung über das Experiment in der *New York Times* vom 15. Januar 2008.⁷⁷ Der Artikel betont den Erfolg der Wissenschaftler Nicoletis und Cheng und beschreibt, wie es den Laboratorien an der Duke und am ART gelang, eine funktionierende Verbindung zwischen dem implantierten Versuchstier, dem selbstgefertigten Laufband sowie CB 1 anhand eines Datenstroms aus neuronaler Information, kinematischen Daten und visuellem Feedback herzustellen. Der Artikel der *NY Times* wie auch die Schilderung von Nicoletis heben zudem noch einen weiteren Aspekt hervor: selbst als das Laufband gestoppt wurde, führte CB 1 die Laufbewegung weiter aus. Idoya, so schreibt Nicoletis, sah den humanoiden Roboter auf dem Bildschirm und schaffte es CB 1 nur mit den Gedanken zu steuern, ohne die Bewegungen selbst physisch auszuführen. Diese „Befreiung“⁷⁸ des Gehirns scheint das Potenzial zu bergen, Devices außerhalb des eigenen Körpers per Gehirnaktivität zu kontrollieren. Mobilität gerät hier als etwas in den Blick, dass technologisch verfertigt werden kann – und zwar ohne den Rückgriff auf einen physischen Bewegungsapparat. Allerdings verweist gerade diese Konstellation (mit ihren möglichen transhumanistischen Implikationen) auch auf die problematische Stellung des Primaten in der Gehmaschine. Während die *agency* des Versuchstiers als Effekt einer global vernetzten, verteilten sowie limitierten Mobilität zu verstehen ist, ist die Beweglichkeit des Forschungsobjekts selbst zugleich behindert und auf eine Unterkunft im Laborgebäude und die Trainingseinheiten auf dem Laufband beschränkt.

Doch Nicoletis bringt das Experiment in einen Zusammenhang, innerhalb dessen vor Allem die Konsequenzen und Möglichkeiten der Tier-Maschine-Schnittstelle aufscheinen. Hierbei sind zwei Aspekte wichtig, die auf die Grundlagen der experimentellen Anordnung, die den Roboter zum Laufen gebracht haben verweisen – und zwar in einer Weise, die Primaten ähnelte: „that would make CB-1 walk like a monkey.“⁷⁹ Zuerst erscheint damit die Hierarchie im Labor und die zentrale Stellung des Experimentators in neuem Licht. Obgleich Tierexperimente die Haltung und Pflege von Versuchstieren voraussetzen und damit deren Unterordnung unter ein strenges biomedizinisches Regime verlangen, so kommt den Tieren und ihrer Performance im Experiment doch eine zentrale Rolle zu. Die Konfiguration der neurowissenschaftlichen Anordnung verlangt eine Anerkennung des Labortiers und dessen „collaborative, albeit unequal and always situated role in structuring the power relations in which they are brought into being and are

⁷⁷Vgl. Sandra Blakeslee, *Monkey's Thoughts Propel Robot, a Step That May Help Humans*, in: *New York Times* 15.01.2008, <https://www.nytimes.com/2008/01/15/science/15robo.html> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁷⁸Vgl. Miguel Nicolelis, *Beyond boundaries*, S. 14, 194.

⁷⁹Miguel Nicolelis, *Beyond boundaries*, S. 189.

always already enmeshed.“⁸⁰ Zweitens verweist die Beschreibung des Roboters und dessen Bewegung als ‚affenähnlich‘ darauf, wie die technologisch produzierte Mobilität des Humanoiden nicht als Mimesis menschlicher Fortbewegung angesehen, sondern vielmehr als tierähnlich aufgefasst wird. So werden die Grenzen zwischen menschlicher Zweibeinigkeit und tierischem Gang – auch durch den sich aufrecht bewegenden Affen – destabilisiert. Ein Oszillieren von zweibeiniger Lokomotion zwischen Tier, Maschine und Mensch ist am Werk, auch wenn diese Mehrdeutigkeit für Nicoletis weniger ausschlaggebend zu sein scheint. Er insistiert auf einem besonderen Status dieser Schnittstelle und führt aus, dass mit ihr eine Art ‚Mondspaziergang‘ vollbracht sei:

A little twelve-pound, thirty-two-inch-tall rhesus monkey was using her mind's electricity to control the primatelike baby steps of a two-hundred-pound, five-foot-tall humanoid robot on the other side of the earth. It was impossible not to deem it ‚one small step for a robot, one giant leap for primates.‘ Idoya had pushed the scaling of space and force of brain-machine- interfaces to the edge of what was theoretically conceivable, but not yet demonstrated, at the time.⁸¹

Inwiefern der neurowissenschaftlichen Gehmaschine tatsächlich ein ‚transformatives‘ Potenzial zukommt, kann hier nicht abschließend beurteilt werden. Vielmehr scheint es wichtig festzuhalten, dass dieses hybride Kollektiv aus nicht-menschlichem Primaten, dem Brain-Machine-Interface, dem WissenschaftlerInnen und diversen Datenströmen durch überregionale Laborzusammenhänge einen transeistemischen Wissensraum aufspannt, der Neuro-Mobilität im Kontext eines prekären Experimentalsystems situiert.

Die Aufgabe, ein Tier an das aufrechte Bewegen auf einem Laufband zu gewöhnen, erfordert viel Übung und Zeit von den PflegerInnen, NeurowissenschaftlerInnen und nicht zuletzt auch den Rhesusaffen selbst. Der Report von Fitzsimmons erläutert, dass das Gehtraining der Versuchstiere jeweils Trainingseinheiten von 40 bis 60 min umfasste.⁸² Elektrophysiologische Aufnahmen wurden an 399 Tagen mit Affe 1 und an 56 Tagen mit Affe 2 durchgeführt. Die Makaken benötigten circa einen Monat, um das zweibeinige Gehen zu erlernen.⁸³ Es handelt sich hierbei um eine spezifische Form dessen, was Haraway als ‚unfreie Arbeit‘ bezeichnet, weil ihr zufolge Labortiere in instrumentellen Beziehungen

⁸⁰Robert G.W. Kirk, *Knowing Sentient Subjects. Humane experimental technique and the constitution of care and knowledge in laboratory animal science*, in: Kristin Asdal/Tone Druglitrø/Steve Hinchliffe (Hg.), *Humans, animals and biopolitics. The more-than-human condition*, London 2016, S. 119–135, S. 131; vgl. auch Gail Davies u. a., *Science, Culture, and Care in Laboratory Animal Research*.

⁸¹Miguel Nicolelis, *Beyond boundaries*, S. 192 f.

⁸²Vgl. N. Fitzsimmons u. a., *Extracting kinematic parameters for monkey bipedal walking*, S. 2, 5.

⁸³Vgl. zu Trainingsmethoden auch A. Tachibana u. a., *Acquisition of operant-trained bipedal locomotion in juvenile Japanese monkeys (Macaca fuscata): a longitudinal study*. *Motor Control* 7, 4 (2003), S. 388–410. L. Scott u. a., *Training nonhuman primates*.

nicht nur als leidende und objektivierte Opfer gesehen werden können. Laboriere können als ‚unfreie PartnerInnen‘ angesehen werden, „whose differences and similarities to human beings, to one another, and to other organisms are crucial to the work of the lab and, indeed, are partly constructed by the work of the lab.“⁸⁴ Gehirnaktivität zu produzieren, zweibeinig auf einem Laufband gehen zu lernen oder Zeit in einem Käfig zu verbringen, sind als Aktivitäten und ‚unfreie‘ Form der Kollaboration zu verstehen, die u. a. vom Regime der 3Rs und positiver Verstärkung gerahmt werden. Zugleich spielt dabei eine Inter-Relationierung und ‚responsability‘ eine Rolle, denn sowohl Menschen wie auch Versuchstiere werden simultan in einen Zusammenhang gebracht, wobei Zuschreibungen wie Subjekt und Objekt kontinuierlich neu zugewiesen bzw. aberkannt werden.

Entsprechend werden die Arbeitsbedingungen für nichtmenschliche Primaten als wichtig hervorgehoben. Fitzsimmons u. a. erläutern, dass die Versuchstiere in komfortabler Weise eine ‚normale Gehposition‘ einnehmen können und dass eine Stange für sie erreichbar wäre, die als ‚komfortable Stabilisierungshilfe‘ dienen könne.⁸⁵ Zugleich wird dargelegt, dass die Laufband-Anordnung auf eine Metallkonstruktion angewiesen ist, um die Bewegungsfreiheit der teilnehmenden Versuchstiere einzuschränken. Alles in allem liegt die Betonung des Berichts auch darauf, dass die Trainingseinheiten sowie auch die experimentellen Messungen mit den Primaten vorwiegend stressfrei verlaufen sind. Dies trifft auch auf den kurzen Film von Duke Health über das Projekt zu.⁸⁶ Wissenschaftliche Publikation und Film arbeiten so einer Kritik biomedizinischer Forschung entgegen. Indem sie Bilder implantierter Affen vermeiden und auf scheinbar sich selbst erklärbare Animationen setzen, unterstreichen sie den „humanen“⁸⁷ Charakter der eingesetzten Labor- und Untersuchungsmethoden.⁸⁸

Wie das oben untersuchte ‚*Walk again*‘-Projekt nahelegt, stellen nicht-invasive Neuro-Technologien in Aussicht, dass auch Menschen zu Forschungssubjekten werden. Auch oder gerade dann, wenn sie nicht als vollwertige Wesen anerkannt werden und ihnen ein erfülltes Leben abgesprochen wird: „If we could show that CB-1 was walking under the control of Idoya’s brain, it would help bolster the argument that it was within the reach of science to build a BMI, perhaps within a decade, that would allow a person suffering from a devastating neurological disorder to walk again.“⁸⁹

⁸⁴Haraway, *When species meet*, S. 72.

⁸⁵„the monkeys could be comfortable in their normal walking posture“ having a bar within their reach „to allow for a comfortable stability aid“, N. Fitzsimmons u. a., *Extracting kinematic parameters for monkey bipedal walking*, S. 2.

⁸⁶Vgl. Duke Health, *Monkey’s thoughts make robot walk from across the globe*, 15.01.2008, <https://www.youtube.com/watch?v=L8oAz4WS4O0> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁸⁷Robert G.W. Kirk, *Knowing Sentient Subjects*, S. 128, 132.

⁸⁸Vgl. Gesa Lindemann, *From Experimental Interaction*.

⁸⁹Miguel Nicolelis, *Beyond boundaries*, S. 190.

4 Körper, Technologien und Daten in Bewegung

Die hybriden Gehmaschinen-Kollektive, die oben mit Blick auf Juliano Pinto und Idoya sowie Miguel Nicolelis nur in Kürze beschrieben werden konnten, verweisen darauf, dass wir derzeit mit biotechnologischen Interventionen, Forschungen und ‚Innovationen‘ konfrontiert sind, im Rahmen derer gegenwärtige Produktionen von Behinderung, Verkörperungen und Laborpraktiken auf entscheidende Weise geprägt werden. Dieses umstrittene Feld umfasst mitunter kontroverse Regime neurowissenschaftlicher Regulierungen, die aus ihren ‚mehr-als-humanen‘ Konstellierungen heraus eine Symmetrisierung der involvierten lebendigen Organismen – sowohl Menschen mit Querschnittslähmungen als auch nichtmenschliche Versuchstiere – suggerieren. Es wurde mit der Analyse gezeigt, dass Übungen für physische Körper in Bewegung, die durch elektrische, teils selbstkonzipierte Laufbänder, EEG-Technologien oder Gehirnimplantate und Motion-Capture-Systeme sowie komplexe Rechnerarchitekturen und Robotik gerahmt werden, einen Raum epistemischer Praktiken, Technologien des Selbst und biotechnologisch bestimmbarer Hierarchisierungen eröffnen.

Im Zusammenhang der oben untersuchten neurowissenschaftlichen Laborarbeit wird Bipedalismus zu einem prozessierbarem Phänomen, das sich messen und berechnen lässt und daher auch reproduzierbar wird. (Nicht-)Menschliche Lokomotion wird somit nicht nur zu einer „Angelegenheit biopolitischer Kalkulation“⁹⁰ oder verweist in Form von Exoskeletten auf die „Ideologie des Gehens“, wie Goggin und andere es herausstellen.⁹¹ Vielmehr scheinen diese verteilten Gang-Initiativen die Frage danach aufzuwerfen, inwiefern biotechnologischen Gehmaschinen ein – ernst zunehmendes – ludisches Potenzial innewohnt. Versuchsanordnungen des Gehens, in denen teilhabende Forschungssubjekte, avancierte Technologien, Datensätze, Computersimulationen, Visualisierungen und wissenschaftliches Wissen über Neurorehabilitation und Behinderung in Beziehung gesetzt werden, werden durch den Einbezug spielerischer Elemente abermals modifiziert. Die temporäre Stabilisierung solcher Gehmaschinen im Horizont von Trainingseinheiten, wissenschaftlichen Reports oder Publicity-Filmen trägt zur Formierung ambivalenter Verkörperungen und Techno-Sensoriken bei. Eine spezifische Regierungsform gewinnt hier an Kontur, die auf die wechselseitigen Relationierungen zwischen (nicht-)menschlichen Tieren, Gehirnen und Dingen sowie ihrer technologisch bedingten Herstellung gerichtet ist.⁹²

Die emergierenden Techno-Verkörperungen gegenwärtiger digitaler Medizin-, Wissens- und Populärkulturen sowie die damit verknüpften biopolitischen Vereinnahmungen von Bewegung/en können nicht von Vorstellungen über und der

⁹⁰Nicole Shukin, *Animal capital. Rendering life in biopolitical times*, Minneapolis 2009, S. 12.

⁹¹Vgl. Gerard Goggin, *Disability and mobilities*, S. 536. Siehe auch Alison Kafer, *Feminist, queer, crip*, S. 132; Tim Cresswell, *Towards a Politics of Mobility*, S. 21.

⁹²Vgl. Kristin Asdal/Tone Druglitrø/Steven Hincliffe, *Introduction*, S. 14.

Fabrikation von produktiven Subjekten getrennt werden, seien es BürgerInnen oder Versuchstiere. VersuchsteilnehmerInnen bringen sich als lebendige Organismen in experimentelle Anordnungen ein, um ihre Körper als Element der Gehmaschinen zu etablieren. Ihre Verlinkung garantiert einen Datenstrom, mit dem Bewegung übersetzt und berechenbar gemacht wird. Auch Laborversuchstiere tragen mit ihrer unfreien Arbeit zur Datenproduktion bei, die eine zukünftige Optimierung von Gehirn-Maschine-Schnittstellen in Aussicht stellt. Es ließe sich hier eine weitere ambivalente Akzentuierung in der Sphäre digitaler Arbeitsformen vermuten. So würden die Diskussionen um immaterielle oder freie Arbeit⁹³ oder Arbeit 4.0 weiter differenziert und um Facetten ergänzt, die anhand von Kategorien wie Neuro-Work oder Serious Gaming (nicht nur) unter dem Stichwort (E-)Health verhandelbar werden. Angesichts des Marktpotenzials von Neurotechnologien wäre ein solches Zukunftsszenario nicht unbedingt abwegig.⁹⁴ Davon abgesehen sind auch das Laufband oder Exoskelette in ihren Möglichkeiten mit digitalen Produktionsformen verbunden. So wurde das Exoskelett längst auch als Instrument für die Verstärkung individueller Arbeitskraft bei physisch anstrengenden Tätigkeiten konzipiert. Laufbänder wiederum, die im historischen Rückblick zunächst zur Disziplinierung von Gefängnisinsassen genutzt wurden,⁹⁵ finden seit geraumer Zeit Eingang in die Fitness-Kultur und versprechen ein optimales ‚Work out‘ oder ‚befreiende‘ „Flow Erfahrungen“,⁹⁶ während sie das Bild eines standardisierten, normalen Körpers evozieren, der für die prekäre Existenz in den flexiblen Arbeitswelten globalisierter Ökonomien gewappnet scheint.

Angesichts digitaler Technologien und deren zunehmender Verwobenheit mit lebendigen Organismen werden hybride Kollektive folglich keine Ausnahme bilden, sondern vielmehr zur Regel werden. Ob und in welcher Form dabei (Un-)Fähigkeiten produziert, Behinderungen behandelt oder Körper augmentiert werden, bleibt jedoch offen. Dies gibt Anlass zur Reflexion, wie Dan Goodley schreibt: „Undoubtedly, we are entering a frenzied time of human enhancement, biotechnological intervention and hybridised forms of techno-humanity. This raises huge ethical and political issues as well as the rise of trans/human studies.“⁹⁷ Ob der aufrechte Gang mittels aller technologischen Mittel realisiert werden sollte, wird etwa von Wolbring anders beantwortet. Im Dokumentarfilm *Fixed*.

⁹³Maurizio Lazzarato, Immaterial labor, in: Paolo Virno/Michael Hardt (Hg.), *Radical Thought in Italy. A Potential Politics*. 1996, S. 142–157; Tiziana Terranova, *Free Labor: Producing Culture for the Digital Economy*, in: *Social Text* 18, 2 (2000), S. 33–58.

⁹⁴Vgl. u. a. Beth Rosellini, *Why Neurotech Will Be the Gold Rush of the 21st Century*, in: MD+DI 01.06.2018, <https://www.mddionline.com/why-neurotech-will-be-gold-rush-21st-century> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

⁹⁵Vgl. David H. Shayt, *Stairway to redemption: America's encounter with the British prison treadmill*, in: *Technology and Culture* 30, 4 (1989), S. 908–938.

⁹⁶Roberta Sassatelli, *Fitness culture. Gyms and the commercialisation of discipline and fun*, London 2010, S. 122.

⁹⁷Dan Goodley, *Dis/ability studies*, S. 160.

The science of human enhancement (2013) nimmt der Ableism-Kritiker das Auf-dem-Boden-Kriechen als alltägliche Fortbewegungsart und Variation menschlicher Lokomotion in Anspruch und weist die damit verbundenen kindlichen oder nicht-menschlichen Assoziationen zurück.⁹⁸

Andersfähige Techno-Körper werden weiterhin über Speziesgrenzen hinweg produziert werden und die Welt mit ihren multiplen Varianten von Lokomotion bevölkern. Gehmaschinen wie Exoskelette oder Gehroboter könnten diese verschiedenen Gangarten inkorporieren. Dies erscheint durchaus möglich, beschäftigen sich doch bereits dieser Tage Forschungsprojekte damit, leicht zu transportierende Bewegungs-Datensätze spezifischer Tierarten zu erstellen, um die Produktion von Computer Generated Images zu erleichtern.⁹⁹ Dieser Prozess und rezente Entwicklungen im Bereich der Motion- und Performance-Capture-Technologien werfen etwa die Frage auf, ob es möglicherweise nur eine Frage der Zeit ist, bis es einen Andy-Serkis-Datensatz gibt, um den nächsten Film aus der Planet der Affen-Reihe oder eine weitere Folge der Herr der Ringe-Trilogie zu produzieren.¹⁰⁰ Die Grenzen zwischen Spezies, zwischen Computersimulation und lebendigen Organismen werden mithin durch digitale Technologien infrage gestellt. Verwobene Bild- und Körperwelten entstehen, in denen sich (Un-)Fähigkeiten multiplizieren. Dieser Hinweis auf die audiovisuelle Prozessierbarkeit und das Vermarktungspotenzial von sich bewegenden Körpern, soll nicht von den biotechnologischen und -politischen Problemen ablenken, die oben diskutiert wurden. Vielmehr soll damit abschließend auf die unentwärtbare Verschränkung von Bewegung und Bewegtbild, von (Tier-/Menschen-)Körper und Bild, von Lokomotion und Datenproduktion in ihrer ganzen Breite aufmerksam gemacht werden – eine fortwährend sich ereignende Verschiebung, die sich bis zu Marey und Muybridge zurückverfolgen lässt¹⁰¹ und die gegenwärtig neue Skalierungen und Skandalisierungen erfährt.

⁹⁸Vgl. Alison Kafer, Review of Brashear, Regan Pretlow, dir. *Fixed: The Science/Fiction of Human Enhancement*. New Day Films, 2013. 60 min, in: *Disability Studies Quarterly* 35, 4 (2015): <http://dsq-sds.org/article/view/4985/4115> (letzter Zugriff: 02.10.2018); Gerard Goggin, *Disability and mobilities*, S. 36.

⁹⁹Vgl. das Projekt CAMERA. Centre for the Analysis of Motion, Entertainment Research and Applications, <https://www.camera.ac.uk/> (letzter Zugriff: 23.06.2019).

¹⁰⁰Vgl. Beate Ochsner, Experimente im Kino oder: Der Film/Affe als Quasi-Objekt, in: Roland Borgards u. a. (Hg.), *Tier – Experiment – Literatur, 1880–2010*, Würzburg 2013, S. 233–251.

¹⁰¹Vgl. Joachim Paech, Bild und Bewegung. Kinematografisch und digital, in: Lars Grabbe u. a. (Hg.), *Bild und Interface: Zur sinnlichen Wahrnehmung digitaler Visualität*, Darmstadt 2015, S. 65–85. Weiter zurück noch geht Friedrich Kittler, *Der Mensch, ein betrunkenen Dorfmusikant*, in: Renate Lachmann/Stefan Rieger (Hg.), *Text und Wissen. Technologische und anthropologische Aspekte*, Tübingen 2003, S. 29–43, S. 39. Etwas anders argumentiert Shukin, die die industrielle Fleischverarbeitung unter dem Gesichtspunkt von sich bewegenden Bildern analysiert. Vgl. Nicole Shukin, *Animal capital*, S. 92.