

Grenze und Granularität  
*Formationen der (Ent-)Grenzung innerhalb immersiver  
Interfacekonstellationen*

Border and Granularity  
*Formations of (Dis)Boundary in Immersive Interface  
Constellations*

*Patrick Rupert-Kruse*

**Abstract**

DE Ausgehend von den immersioninhärenten Phänomenen der (Ent-)Grenzung im Zusammenhang mit einer *Prosperität hapto-taktile Technologien* will sich der vorliegende Artikel der Beschaffenheit dieser Grenzen widmen, indem er das Zusammenspiel der digitalen Repräsentationen und ihrer jeweiligen Darstellungen durch hapto-taktile Interfaces innerhalb multimodaler Ensembles untersucht. Es ist anzunehmen, dass die Passgenauigkeit von Repräsentation, Interface und menschlichem Sinnessystem Aufschluss sowohl über die Beschaffenheit derjenigen medialen Grenzen, die sich innerhalb immersiver multi-sensueller Medienkonstellationen formieren, geben kann, als auch über die Möglichkeit ihrer Granularität und somit über die (Ent-)Grenzbarkeit des menschlichen Leibes. Aus diesem Grund werden drei zu unterscheidende Areale der (Ent-)Grenzung detaillierter diskutiert werden: Die ontologische Grenzungen, Körpergrenzen sowie materielle und immaterielle Oberflächen.

EN Proceeding from the immersion-inherent phenomena of (dis)boundary formation in connection with the *prosperity of hapto-tactile technologies*, this article aims to examine the nature of these boundaries by analysing the interplay of digital representations and their respective depictions through hapto-tactile interfaces within multimodal ensembles. It is assumed that the accuracy of fit between representation, interface, and human sensory system can provide information about the media boundaries that form within immersive multi-sensory media constellations and the possibility of their granularity as well as the (dis)boundariness of the human body. For this reason, three distinct areas of (dis)boundary will be discussed in more detail: the ontological boundary, bodily boundaries, and material and immaterial surfaces.

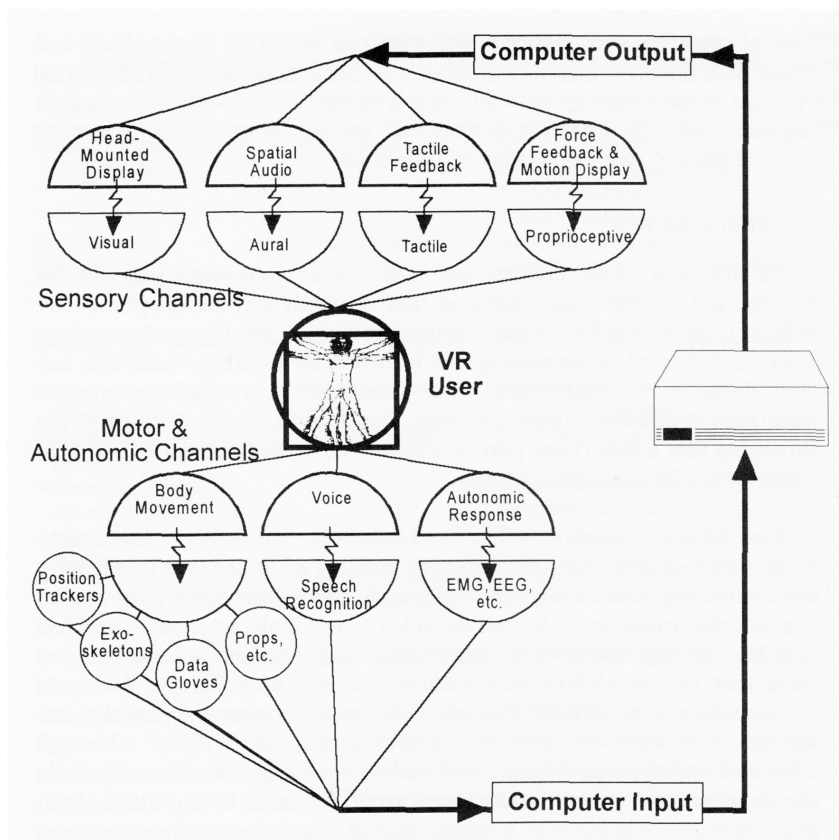


Abb. 1: Schematische Darstellung der sensomotorischen Relationen zwischen Leibkörper und Interfacetechnologien. (Biocca 1997, o.S.)

Immersion ist gemeinhin als ein Schwellenphänomen anzusehen,<sup>1</sup> nicht umsonst werden zur Beschreibung dieses Konzepts immer wieder Begriffe wie »Eintauchen«, »Verschmelzung«, »Transportation« usw. verwendet: »Immersion impliziert Grenzen und Grenzüberschreitungen«.<sup>2</sup> Medien und Technologien der Immersion werden deshalb als multimodale Interfacekonstellationen im Sinne eines »progressive coupling of sensors and display devices to the body«<sup>3</sup> beschrieben, durch deren gezielte Zusammenstellung

1 Vgl. Wiemer 2006, S. 250.

2 Neitzel und Nohr 2006, S. 17.

3 Biocca 1997, o.S.

eben ein sowohl mentaler als auch *leibkörperlicher*<sup>4</sup> Grenzübertritt — die Immersion — erreicht bzw. hervorgerufen werden kann (Abb. 1).

Die Verkopplung mit immersiven Ensembles bildet eine *hybride Leibkörperlichkeit* aus, welche nicht nur in der Modifizierung der motorischen Intentionalität durch das Re-Embodiment in eine digitale Repräsentation — einen Avatar — sondern ebenfalls durch die multi-sensuelle Integration diverser Interface- und Displayensembles die Verbindung zur (virtuellen) Umwelt neu strukturiert:

Die Verknüpfung des Körpers mit der Computertechnologie erzeugt [...] eine neue Materialität der Wirklichkeit. Die Vervielfältigung der Möglichkeiten von Körperlichkeit ist zurückzuführen auf eine Ausweitung der Verknüpfungslinien mit dem Körper. [...] Das Konzept eines stabil materiellen Selbst des Körpers ist auf diese Weise in einem Zerfaserungsmodus angekommen.<sup>5</sup>

Die Emergenz dieser hybriden Leibkörperlichkeit, die sich aus der Vermischung von Materialität und Repräsentation durch technologische und virtuelle Artefakte — zum einen durch Interfaces und Displays; zum anderen durch virtuelle Subjekte, Objekte und Umgebungen — ergibt, adressiert implizite Körper- und Wahrnehmungstechniken und hebt so »jene Kontaktpunkte, Schnittstellen und Interfaces, die den Körper mit einer Welt verbinden oder ihn von ihr abgrenzen«, hervor und hinterfragt zudem, »welche realen und welche imaginären Grenzen dieser Körper hat, wie weit er in reale, augmentierte oder virtuelle Räume hineinreicht«.<sup>6</sup>

Ausgehend von diesen immersionsinhärenten Phänomenen der (Ent-)Grenzung im Zusammenhang mit einer *Prosperität hapto-taktiler Technologien*<sup>7</sup> will sich der vorliegende Artikel der Beschaffenheit dieser

4 Der Begriff des *Leibkörpers* verbindet das leibliche und damit phänomenologische Moment der (Eigen-)Empfindung mit dem eher semiotischen Moment des Körpers als von außen wahrgenommener — gesehener — Körper. Vgl. Krämer 2000, S. 194; Krajnik 2016, S. 161–172.

5 Krajnik 2016, S. 185.

6 Rieger 2019, S. 1f.

7 Bereits 2017 haben Pacchierotti und KollegInnen eine Studie veröffentlicht, in der sie 23 Prototypen hapto-taktiler Interfaces untersucht und kategorisiert haben — darin sind allerdings aktuell noch nicht marktreife Interfaces wie HaptX Gloves, Manus VR, Avatar VR oder Unternehmen wie Lofelt, Ultraleap, Interaptics etc. und deren Produkte enthalten. Zudem weisen sowohl der IDTechEx Report Haptics 2021–2031 (<https://www.idtechex.com>) als auch der Haptic Interface Market Research Report (<https://www.marketresearchfuture.com>) einen steigenden Trend bezüglich haptischer

Grenzen widmen, indem er das Zusammenspiel der digitalen Repräsentationen und ihrer jeweiligen Darstellungen durch hapto-taktile Interfaces innerhalb multimodaler Ensembles untersucht. Diese Technologien digitaler Sinnlichkeit bilden die materielle Infrastruktur für spezifische Repräsentationen, die als »programmierte Sensualisierungen«<sup>8</sup> virtueller Objekte und ihrer je spezifischen Materialität verstanden und erlebt werden können.

Damit formieren sich drei zu unterscheidende Areale der (Ent-)Grenzung:

1. Die *ontologische Grenze* bezieht sich auf die Beziehung zwischen Realität und Virtualität, wie sie durch Displays und Interfaces sowohl erst ermöglicht als auch reguliert wird. Als *embodied relations* strukturieren diese eine »experience through a machine«, also »the type of experience in which some artifact is used in such a way that something else is experienced through the artifact itself«.<sup>9</sup>
2. Durch diese Übersetzung und Verdoppelung unseres Körpers kommt es wiederum zu einer Ausweitung bzw. Auflösung unserer *Körpergrenzen*, weshalb zum einen das Verhältnis zwischen Körper und Umwelt als Zusammenspiel von Oberflächen — »the boundary between the animal and the environment is not fixed at the surface of the skin but can shift«<sup>10</sup> — und zum anderen die Konstitution dieser »Grenzverschieblichkeit«<sup>11</sup> näher beschrieben werden müssen.
3. Hierfür sollen über James J. Gibsons ökologische Wahrnehmungstheorie Eigenschaften sowohl immaterieller (Repräsentationen) als auch materieller Formen (Interfaces) in ihrem Wechselverhältnis analysiert werden. Dies soll aufzeigen, inwiefern die *Beschaffenheit materieller und immaterieller Oberflächen* in die Produktion medialisierter Tasterlebnisse hapto-taktiler Interfacetechnologien hineinspielt.

Es ist daher anzunehmen, dass die Passgenauigkeit von Repräsentation, Interface und menschlichem Sinnessystem Aufschluss sowohl über die Beschaffenheit derjenigen medialen Grenzen, die sich innerhalb immersiver multi-sensueller Medienkonstellationen formieren, geben kann, als auch über die Möglichkeit ihrer Granularität und somit über die (Ent-)Grenz-

---

Technologien auf, weshalb es nachvollziehbar zu sein scheint, hier von einem »haptic moment« zu sprechen. Vgl. Pacchierotti et al. 2017; Parisi, Paterson und Archer 2017.

8 Moles 1991, S. 168.

9 Ihde 1979, S. 8 und 54.

10 Gibson 2015, S. 35.

11 Rieger 2019, S. 253.

barkeit des menschlichen Leibes. Dieses Zusammenspiel von Grenze und Granularität ist allerdings nicht allein innerhalb immersiver Interfacekonstellationen identifizierbar, sondern lässt sich — wie die Medienanthropologie und -phänomenologie bereits gezeigt hat — auch auf nicht-digitale Interfaces sowie Medien im Allgemeinen anwenden.

### 1 Ontologische Grenzung

Die Nutzung von Technologien der Virtual Reality erfordert eine Verkopplung unseres Leibkörpers mit den Interface- und Displayensembles des jeweiligen immersiven Systems, über welche die sensomotorischen Dimensionen unseres Leibes in den virtuellen Raum übersetzt werden (Abb. 1). Hierdurch vollzieht sich eine *technologisch induzierte Deterritorialisierung*<sup>12</sup> über ein Re-Embodiment unseres Körper(bilde)s in einen virtuellen Körper — »a representation of the user's body inside the virtual environment«.<sup>13</sup> Infolgedessen spaltet sich unsere Selbstwahrnehmung

in einen leiblichen, raum-zeitlich situierten physischen Körper und einen virtuellen, nur als Datenkonfiguration gegebenen Körper auf [...]. Der Körper des Nutzers wird als semiotisches Artefakt da anwesend gemacht, wo er sich in seinem physischen Gegebensein gerade nicht befindet.<sup>14</sup>

Diese Übersetzung, Semiotisierung oder Verdoppelung ist notwendig, um mit und in virtuellen Realitäten interagieren zu können, da die *ontologische Grenze* zwischen Realität und Virtualität ohne medientechnologische reziproke Übersetzungspraktiken nicht überbrückt und somit nicht in eine Medienpraxeologie überführt werden könnte.<sup>15</sup> Insbesondere immersive Assemblagen der Virtual Reality sind als Vermittlertechnologien anzusehen, da sie zwischen den »Polen oder Positionen« des Realen und Virtuellen »ein Sinnlichkeitskontinuum stiften«, indem sie einerseits das Phänomenale semiotisieren (Realität → Virtualität), während sie zugleich das Semiotische phänomenalisieren (Virtualität → Realität).<sup>16</sup>

12 Hansen 2006, S. 20.

13 Biocca 1997, o.S.

14 Krämer 2000, S. 194.

15 Vgl. ebd., S. 193.

16 Vgl. Krämer 2004, S. 25.

Es ist nun das »subtile Wechselspiel«<sup>17</sup> zwischen diesen beiden ontologisch voneinander abgegrenzten, jedoch durch interfaciale Praktiken miteinander aggregierten Sphären, welches im Folgenden näher beleuchtet werden soll. Versteht man diesbezüglich haptotaktile Interfaces als Instrumente der *ontologischen Querung*, rücken deren jeweilige Strategien und Strukturen der *Entbergung* und *Verkörperung* digitaler Artefakte in den Fokus des Erkenntnisinteresses. Schließlich erlauben diese eine *reziproke ontologische Translation* zwischen Realität und Virtualität, indem sie die spezifischen Datenkonfigurationen eines *haptic rendering algorithms* in wahrnehmbare Tasterscheinungen manifestieren und Körperbewegungen in kinästhetische Daten umwandeln.

## 1.1 Schnittstellen

Immersive Interface- und Displayensembles können als technologische Vermittlungsstrukturen verstanden werden, welche die Wahrnehmung virtueller Objekte und Umgebungen erst ermöglichen. Sie strukturieren eine »experience through a machine«<sup>18</sup> und beeinflussen durch ihre spezifische *Interfacialität* — ihr persistentes Set von »essential characteristics and operations«<sup>19</sup> — unsere potenziellen Handlungen und Perzeptionen. Auf diese Weise lässt sich das Interface als *form of relation* mit eigenen Qualitäten und Eigenschaften beschreiben, die sich folglich auf die ästhetischen, intentionalen und epistemischen Dimensionen der Nutzenden auswirken: »[The] interface is a form of relation that obtains between two or more distinct entities, conditions, or states such that it only comes into being as these distinct entities enter into an active relation with another [...]«.<sup>20</sup> In der Vermittlung — verstanden als wechselseitige *ontologische Übersetzung* — verhilft das Interface folglich den voneinander getrennten Sphären des Realen und Virtuellen zum gegenseitigen Ausdruck. Somit macht das Interface etwas auf eine spezifische Art und Weise wahrnehmbar, was ohne technologische Vermittlung nicht wahrnehmbar wäre — es stellt Kontakt her, ermöglicht Kommunikation.<sup>21</sup>

---

17 Krämer 2000, S. 194.

18 Ihde 1979, S. 8.

19 Hookway 2014, S. 4.

20 Ebd., S. 4.

21 Vgl. Wiesing 2005, S. 160.

Dabei ist das Interface allerdings nicht mit der *Surface* — also einer Oberfläche im Sinne eines Displays — zu verwechseln, da letzteres als »culmination, expression, or concealment of a thing« zu verstehen ist, während ersteres als »culmination, expression, or concealment of an active relation between things« im Sinne einer Produktion von Verhalten und einer Expression von Handlungen verstanden werden soll.<sup>22</sup> Dennoch besteht eine enge Verbindung zwischen Interface und Surface, das Interface muss in dieser Lesart allerdings eher als *Produzent von Surfaces* der am Vermittlungsprozess beteiligten Sphären verstanden werden.<sup>23</sup>

Ganz ähnlich lässt sich die Aussage »The interface between [...] two [...] states of matter [...] constitutes a surface« von James J. Gibson im Kontext der ökologischen Wahrnehmungstheorie verstehen, insofern man real und virtuell als »states of matter« interpretiert und die Interfacialität als denjenigen Prozess versteht, durch den etwas zur Erscheinung gebracht wird, das wiederum als intentionales Phänomen für die Wahrnehmungen und Handlungen der Nutzenden dient.<sup>24</sup>

## 1.2 Hapto-Taktile Interfaces

Sowohl der Interface- als auch der Surface-Aspekt lässt sich auf die spezifische Strukturierungsleistung hapto-taktile Interfaces und damit auf die Tastwahrnehmung von artifiziellen Objekteigenschaften und deren Realisierung auf techno-phänomenologischer Ebene beziehen. Die menschliche Tastwahrnehmung kann wiederum in die exterozeptiven Hautsinne und die Propriozeption unterteilt werden: Über die exterozeptiven Hautsinne können Berührungsempfindungen wie Hautspannung, Druck, Vibration und Temperatur wahrgenommen werden.<sup>25</sup> Die Propriozeption oder Tiefensensibilität dagegen bezeichnet diejenigen Sinneseindrücke, »die durch Reizung von Muskeln, Sehnen- und Gelenkmechanorezeptoren zustande kommen«<sup>26</sup> und dient der Wahrnehmung von »Bewegungs-, Stellungs- und Lageänderungen der Körperglieder (Hand, Arme, Beine, Rumpf, Kopf)«. <sup>27</sup> Im Zusammenspiel erlauben uns diese somatosensorischen Modalitäten die

22 Hookway 2014, S. 14.

23 Vgl. ebd., S. 15.

24 Vgl. Gibson 2015, S. 12.

25 Vgl. Beyer und Weiss 2001, S. 25–38.

26 Handwerker 2000, S. 239.

27 Grunwald 2009, S. 4.

Wahrnehmung der Qualitäten *Form*, *Oberfläche* und *Konsistenz* externer Objekte:

Die Formqualitäten reihen sich zwischen gehöhlt und gewölbt, spitz und stumpf, kantig und gefurcht ein und bilden in der strukturalen Wahrnehmung des Tastsinns die Makrostruktur des Gegenstandes. Die der Mikrostruktur entsprechenden Oberflächenqualitäten werden durch das Gleiten der Hand als an einer glatten oder rauen, glitschigen oder klebrigen, flauschigen oder stacheligen Fläche entlang gespürt. Die Konsistenzqualitäten (weich-hart, elastisch-starr, dicht-porös, flüssig-zäh) und das Gewicht lassen sich durch Stoßen, Quetschen, Drücken, Stechen, Schlagen oder Zerbröckeln, respektive durch die Handhabung des Gegenstandes erfahren.<sup>28</sup>

Hapto-taktile Interfaces können nun als technologische Ensembles aus Sensoren und Aktuatoren verstanden werden, mit denen sensomotorische Eigenschaften digitaler virtueller Objekte wie Textur, Gewicht, Härte, Volumen, Temperatur und Form vermittelt werden können:<sup>29</sup>

Haptic is a term referring to both cutaneous sensations gained from the skin, also referred to as tactile feedback, and the kinesthetic sense, internal signals sent from the muscles and tendons about the position/movement of a limb [...]. Cutaneous sensations include vibration, touch, pressure, temperature, and texture [...]. Kinesthetic signals include force production, body position, limb direction, and joint angle [...], which supports haptic outputs like force feedback (resistive force) and object deformation/hardness [...], as well as haptic inputs like pressure and gesture input.<sup>30</sup>

Zur Veranschaulichung aktueller technischer Umsetzungen sollen nun exemplarisch drei mögliche Formen der Erzeugung haptischer Empfindungen – elektrotaktile Stimulation, vibrotaktile Stimulation und pneumatische Stimulation – kompendiarisch erläutert werden:

1. *Elektrotaktile Stimulation*:<sup>31</sup> Der Tesla Glove von VR Electronics Ltd. nutzt zur Erzeugung haptischer Sensationen — vor allem von Oberflächenstrukturen — an den Fingerspitzen die Methode der *Transcutaneous*

---

28 Diaconu 2005, S. 65f.

29 Vgl. Klatzky und Lederman 2009, S. 1442.

30 Freeman et al. 2017, S. 287.

31 Vgl. Biocca und Delaney 1995, S. 88.



*Electrical Nerve Stimulation (TENS)*, bei der ein Array von neun Elektroden an jedem Finger die Haut der Fingerkuppen durch geringe elektrische Stimulation reizt und so Tastempfindungen hervorruft.

2. *Vibrotaktile Stimulation*:<sup>32</sup> Das haptische Feedback des hapto-taktilen Handschuhs Sensorial XR<sup>33</sup> von NeuroDigital Technologies etwa erfolgt über vibro-taktile Aktuatoren, die im Daumen, den Fingern und der Handfläche verarbeitet sind — diese Form des haptischen Feedbacks ist aktuell eine der verbreitetsten. Vergleichbar mit anderen haptischen Handschuhen, die über die Erzeugung von Vibrationen funktionieren, nutzt der Sensorial XR wie auch die weiter verbreiteten Oculus Touch Controller sogenannte *Linear Resonant Actuators (LRAs)*, also Vibrationsmotoren, die mit einer Frequenz zwischen 175 und 235 Hz arbeiten.<sup>34</sup>
3. *Pneumatische Stimulation*:<sup>35</sup> Der HaptX Glove des StartUps Haptx<sup>36</sup> ist in der Lage detaillierte Druckempfindungen zu generieren, welche durch pneumatische Aktuatoren realisiert werden, also kleine Silikonblasen, die einzeln über separate Luftkanäle schrittweise kontrolliert aufgeblasen werden können.<sup>37</sup>

### 1.3 Vernähungen

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass immersive Erfahrungen durch eine ontologische Grenze zwischen dem Realen und Virtuellen gekennzeichnet sind, über die unsere Leibkörperlichkeit in einen phänomenalen Leib aufgespalten wird, der im Realen verwurzelt ist, und in einen artifiziellen Körper, der sich im Virtuellen verorten lässt.<sup>38</sup> Diese beiden ›Körper‹ werden nun allerdings durch die reziproke ontologische Translationsleistung der involvierten Interfaces — welchen wie den Nutzenden selbst eine Doppelexistenz zugewiesen werden kann — wieder miteinander in Relation gebracht.

Innerhalb immersiver Ensembles existieren Interfaces nun nicht nur als materielle Artefakte mit einer bestimmten Textur, Härte, Gestalt und Posi-

32 Vgl. ebd., S. 88.

33 Vgl. <https://sensorialxr.com> (Zugriffsdatum 04.08.2022).

34 Vgl. Precision Microdrives o.J., o.S.

35 Vgl. Biocca und Delaney 1995, S. 87f.

36 Vgl. <https://haptx.com/technology> (Zugriffsdatum 04.08.2022).

37 Vgl. Rubin 2016, o.S.

38 Vgl. Krämer 2000, S. 194.

tion im realen Raum, sondern gleichzeitig als visuelle Repräsentationen mit einer überlagernden Position im virtuellen Raum. So kann ihnen eine spezifische Relation zum Körper zugeschrieben werden, welche wiederum eine spezifische topologische Raumanordnung der einzelnen Devices an den jeweiligen Körperteilen bzw. -stellen hervorbringt. Eine eindeutige Verortung der Nutzenden im virtuellen Raum wird bspw. über das Tracking des Head-Mounted-Display (HMD) vorgenommen, wodurch nicht nur die mögliche visuelle und auditive Perspektive bestimmt werden kann, sondern zudem eine Erfassung der Kopfbewegungen möglich ist. Gleiches gilt für aktuelle handelsübliche Controller, Tracker und insbesondere für hapto-taktile Interfaces, da diese als nahsinnliche Technologien auf Kontakterfahrungen — verstanden als Überlappung von Subjekt- und Objektpositionen — abzielen. Erst diese Doppelverortung erlaubt schließlich die Verknüpfung von Positionen, Bewegungen, Interaktionen und Empfindungen zwischen dem Realen und dem Virtuellen.

Dies wiederum evoziert die Wahrnehmung einer raum-zeitlichen Kohärenz und Kausalität zwischen dem eigenen Bewusstsein, dessen Verortung im (virtuellen) Raum sowie den dort wahrgenommenen Objekten über die ontologische Grenze hinweg, indem die Sphären des ›Realen‹ und ›Virtuellen‹ durch interfacielle Praktiken in einer gemeinsamen *hybriden Wirklichkeit* wieder zusammengeführt werden:

Realität ist dann, und nur dann evident, wenn sie für die unteren Sinne und insbesondere den Tastsinn spürbar ist. Dies ist heute das Programm der Cyberspace-Techniken und der Telepräsenz. Es geht nicht mehr um bloß visuelle und akustische Simulationen, sondern um die Realpräsenz virtueller Realitäten, die durch die unteren Sinne beglaubigt werden sollen.<sup>39</sup>

Dadurch, dass hapto-taktile Interfaces also etwas spürbar machen, was ohne sie nicht wahrnehmbar wäre, nämlich indem sie algorithmische Daten in wahrnehmbare Tasterscheinungen und Körperbewegungen in Koordinaten umwandeln, können sie als Instrumente der Überschreitung einer Sinnesschwelle zwischen Realität und Virtualität verstanden werden. Als *Konfigurationen des Dazwischen* — nicht nur zwischen menschlichen und nicht-menschlichen Systemen, sondern zwischen divergierenden Sphären — sind Interfaces als »a constituent element within a kind of fluidity«<sup>40</sup> an-

---

39 Böhme 1996, S. 187.

40 Hookway 2014, S. 5.

zusehen, weshalb ihnen als »Resultat der Zwiespältigkeit [...] eine instabile Existenzform«<sup>41</sup> attestiert werden muss, die sich auch auf die Leibkörperlichkeit der Nutzenden auswirkt.

## 2 Die Grenzen des Körpers

Den Ausgangspunkt einer Reflexion der Grenzen unseres Körpers bildet zum einen die Tatsache, dass wir durch eine spezifische leibliche Form — deren Grenze zur Umgebung unsere Haut ist — mit einem determinierten Volumen in einer Umwelt verkörpert sind,<sup>42</sup> und zum anderen der Aspekt der sinnlichen Wahrnehmung:

I will begin with embodiment in perhaps its most immediate and experiential sense — so long as I am aware, conscious, I continuously perceive multidimensionally, I see, I hear, I feel, and so on. And while I may switch my attention from one dimension to another, what remains continuous is a whole-body experience of my immediate environment. I can selectively focus upon sight or listening, but I cannot turn them off.<sup>43</sup>

Der hier beschriebene (aktive wie passive) Prozess des Wechselns zwischen den einzelnen Sinnesdimensionen kann über das Konzept der *Situationsräumlichkeit* präzisiert werden, bei welchem zu der Salienz einer spezifischen Sinnesmodalität eine konkrete räumliche Verortung und phänomenale Fokussierung der Empfindung hinzukommt: »Wenn ich, an meinem Schreibtisch stehend, mich mit den Händen auf seine Platte stütze, so sind allein meine Hände akzentuiert, und mein ganzer Körper hängt ihnen gleichsam bloß an wie ein Kometenschweif«.<sup>44</sup> Schließlich spüren wir niemals aktiv unseren ganzen Körper mit der vollen Bandbreite unseres sinnlichen Systems, sondern immer nur spezifische *Leibinseln*, in denen sich unser Leib im Spüren auffällig macht:

Der Leib ist fast immer [...] von solchen Leibinseln besetzt, ein Gewoge verschwommener Inseln, die sich ohne stetigen Zusammenhang meist flüchtig bilden, umbilden und auflösen [...]. Solche Leibinseln kommen

41 Günther 1963, S. 181.

42 Vgl. Lee 2004.

43 Ihde 2010, S. 57.

44 Merleau-Ponty 1974, S. 125.

auch außerhalb des eigenen Körpers vor, z.B. als Phantomglieder von Amputierten.<sup>45</sup>

Und obwohl wir unseren Leib lediglich fragmentiert über diese »unbeständige Reihe von unscharf umrissenen Inseln« spüren, »die auf dem physischen Körper verteilt sind«,<sup>46</sup> existiert eine detaillierte Karte unseres Körpers, die aus den visuellen und taktilen Informationen unserer Wahrnehmung besteht und den Leib als ganzheitliche Gestalt darstellt: Das Körperschema. Dies ist ein »System von Haltungs- und Bewegungsinformationen«,<sup>47</sup> dessen wesentliches Element eben der kinästhetische Sinn bzw. die propriozeptive Wahrnehmung ist, durch welche uns eine tiefensensible Verortung unseres Leibes im ihm umgebenden Raum erst möglich wird:

Your body schema is a physiological construct. Your brain creates it from the interaction of touch, vision, proprioception, balance, and hearing. You use it to help locate objects in space or on your body — to swat a mosquito on your arm, to grasp a doorknob, or duck out of a dodgeball's way.<sup>48</sup>

Durch unser Körperschema ist es uns folglich nicht nur möglich, Empfindungen auf und in unserem Leib zu verorten, sondern auch, mit unserer Umwelt und den Objekten in ihr zu interagieren. Darüber hinaus scheint es allerdings auch für die Ent-Grenzung des Körpers verantwortlich zu sein, da es sich auf den uns umgebenden Raum und dessen Objekte ausweiten kann.<sup>49</sup> Innerhalb dieses Kontextes sollen nun im Folgenden die Grenzen des Körpers über die *Zerfaserungsmodi*<sup>50</sup> Extension, Fragmentarisierung und Fluidität verhandelt werden.

## 2.1 Entgrenzung I: Extension

Der Stock des Blinden ist für ihn kein Gegenstand mehr, er ist für sich selbst nicht mehr wahrgenommen, sein Ende ist zu einer Sinneszone geworden, er vergrößert Umfänglichkeit und Reichweite des Berührens,

---

45 Schmitz 2009, S. 16.

46 Diaconu 2013, S. 31.

47 Gallagher und Cole 2013, S. 177.

48 Blakeslee und Blakeslee 2008, S. 32.

49 Vgl. ebd., S. 32.

50 Vgl. Krajnik 2016, S. 185.

ist zu einem Analogon des Blicks geworden. [...] Die Orte des Raumes bestimmen sich nicht als objektive Positionen im Verhältnis zur objektiven Stelle unseres Leibes, sondern zeichnen um uns her die wandelbare Reichweite unserer Gesten und Abzweckungen in unsere Umgebung ein. Sich an einen Hut, an ein Automobil oder an einen Stock gewöhnen heißt, sich in ihnen einrichten, oder umgekehrt, sie an der Voluminosität des eigenen Leibes teilhaben lassen.<sup>51</sup>

Diese vielzitierte Schilderung des Phänomenologen Maurice Merleau-Ponty beschreibt das Körperschema als Basis für die Inkorporation und Extension unserer Leiblichkeit, wie sie sich bspw. vollzieht, wenn wir in der Werkzeugnutzung die Grenzen unseres Körpers auf die Enden der jeweiligen Extensionen ausweiten und diese in unseren *peripersonalen Raum* aufnehmen.<sup>52</sup> Dies verändert nicht nur unsere Wahrnehmung darüber, wo unser Körper eigentlich endet, sondern es modifiziert darüber hinaus die Struktur unserer Wahrnehmung:

When you eat with a knife and fork, your peripersonal space grows to envelop them. [...] This is why you can directly experience the texture and shape of the food you are manipulating, even though in reality you are touching nothing but several inches of lifeless metal. [...] If you learned to operate a crane, your peripersonal space map would extend out to the tip of the crane's hook.<sup>53</sup>

Unsere je spezifische Verkörperung verändert sich folglich aufgrund ihrer Situations- und Handlungsbezogenheit je nach Ausrichtung bzw. Intentionalität unseres Leibes. Diese Fähigkeit des Leibes, sich zu erweitern und Gegenstände, Werkzeuge oder Technologien zu inkorporieren, lässt sich natürlich auch auf die Verwendung synthetischer Realitäten und insbesondere auf Interface- und Displaytechnologien der Virtual Reality anwenden: »Technologies can radically transform the situation, including one's sense of one's body«.<sup>54</sup>

Verkoppeln wir uns nun mit immersiven Systemen, kommt es in der topologischen, motorischen und chronologischen Synchronisierung — durch räumliche, motorische und echtzeitliche Überlagerung — von virtuellem und leiblichem Körper zu einer Extension des Körperschemas, wodurch

51 Merleau-Ponty 1974, S. 173.

52 Vgl. Blakeslee und Blakeslee 2008, S. 142f.

53 Ebd. S. 5.

54 Ihde 2002, S. 7.

sich unsere motorische Ausrichtung auf die Umgebung und deren Objekte abhängig von der sensomotorischen Struktur der avatoriellen Verkörperung verändert:<sup>55</sup> »Dank der Möglichkeiten der Körpererweiterungen macht der Leib nicht mehr vor der Haut halt. Die Telepräsenz ergänzt das Virtuelle und erweitert mittels taktiler Schnittstellen unsere Propriozeption.«<sup>56</sup>

## 2.2 Entgrenzung II: Fragmentarisierung

Die hier postulierte Fragmentierung unserer Leibwahrnehmung ist nun insbesondere relevant in Bezug auf die Nutzung hapto-taktiler Interfaces, da diese immer eine konkrete Position an unserem Körper einnehmen und in sich so strukturiert sind, dass sie an dieser Position selektive Bereiche stimulieren, wodurch diese Bereiche von uns bewusst wahrgenommen werden. Damit bestimmen die spezifische materielle Beschaffenheit und technologische Struktur des Interfaces auch die davon abhängige Aktivierung spezifischer Leibinseln, weshalb sich — je nach Interface — die Gestalt des Erlebens unseres Leibes in Form einer fragmentierten Subjektivität ändert.<sup>57</sup>

Während in der Nutzung des Oculus Touch Controllers durch haptisches Feedback ein relativ großer Bereich der Hand angesprochen und damit aktiv empfunden wird, ist es beim Tactai Touch lediglich die Fingerkuppe, die stimuliert wird (Abb. 2). Unser situiertes haptisches Empfinden konzentriert sich dort folglich auf die Fingerspitze unseres Zeigefingers, wodurch sich unser leibliches Empfinden verändert.<sup>58</sup>

Somit formatiert unsere Interaktion mit der Umwelt und deren Objekten die Wahrnehmung unseres Körpers als Leib sowie die Relation zwischen uns und den Dingen abhängig von der jeweiligen intentionalen Ausrichtung im situativen Kontext.<sup>59</sup> Geht man nun von einem Re-Embodiment durch eine Koppelung mit immersiven Display- und Interfaceensembles aus, welche sich spezifisch und partiell an unseren Körper »anlagern«, muss an dieser Stelle vielmehr von einem *partiellen Re-Embodiment* durch die

---

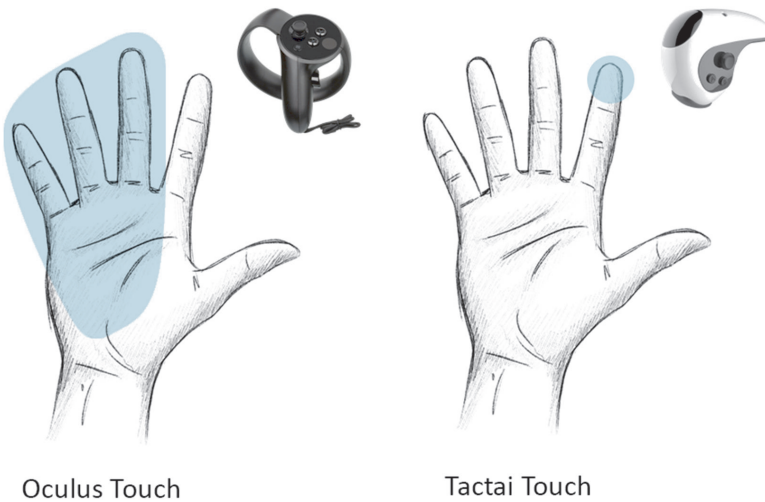
55 Vgl. Varela, Thompson und Rosch 2013, S. 319.

56 De Kerckhove 1996, S. 335.

57 Vgl. Hookway 2014, S. 17.

58 Vgl. Ihde 2010, S. 41.

59 Vgl. Ihde 2002, S. 38.



Oculus Touch

Tactai Touch

Abb 2: Schematische Darstellung der durch die Oculus Touch Controller (links) und Tactai Touch (rechts) aktivierten Leibinseln.

interfacialen Technologien ausgegangen werden,<sup>60</sup> wodurch lediglich ausgewählte Regionen unseres Leibes adressiert werden (HMDs adressieren den Seh- und Hörsinn, hapto-taktile Interfaces adressieren wahlweise die Fingerkuppen, Finger oder die Hände, Brust und Rücken oder den gesamten Oberkörper). Damit kann unser Leib also in der Nutzung immersiver Konstellation in ›freie‹ Bereiche unterteilt werden, die allein der physikalischen Realität ausgesetzt sind, und in interface-adressierte Regionen, die medien-induzierten Stimuli ausgesetzt sind und sich so in die virtuelle Realität hinein erweitern.

Dies relativiert die Aussage von Sibylle Krämer, die im *Re-Embodiment* als Avatar eine Verdoppelung und Semiotisierung des Körpers als Ganzes sieht.<sup>61</sup> Die Fragmentarisierung lässt sich folglich als eine Wahrnehmungsgestalt spezifischer Leibinseln durch unterschiedliche Interfaces und Displays verstehen, die auf den Körpern der Nutzenden verteilt sind und somit nur ausgewählte Areale und Sinnessysteme reizen.

<sup>60</sup> Vgl. ebd., S. 5.

<sup>61</sup> Vgl. Krämer 2000, S. 194.

### 2.3 Entgrenzung III: Fluidität

It appears that embodiment can significantly alter body schema. Metaphorically, we might say that the virtual body competes with the physical body to influence the form of the phenomenal body. The result is a tug of war where the body schema may oscillate in the mind of the user of the interface.<sup>62</sup>

Dieses »subtile Wechselspiel zwischen leiblichem und semiotischem Körper, welches das Geschehen in der virtuellen Realität bewirkt und bestimmt«<sup>63</sup> und das sich innerhalb des immersiven Re-Embodiments umso extremer formuliert, bildet schließlich eine fragile und fragmentierte, eine oszillierende und hybride senso-motorische Leibkörperlichkeit aus, die sich in Abhängigkeit zur jeweiligen Konfiguration der beteiligten Display- und Interfaceensembles formiert.<sup>64</sup> Die Verkoppelung mit immersiven Ensembles bildet folglich in der Vermischung von Materialität und Repräsentation durch technologische und virtuelle Artefakte — zum einen durch Interfaces und Displays; zum anderen durch virtuelle Subjekte, Objekte und Umgebungen — eine *hybride Leibkörperlichkeit* aus, welche die Verbindung zur (virtuellen) Umwelt neu strukturiert.<sup>65</sup>

Über die interfacielle Koppelung formuliert sich in der Zerfaserung eine *partiell augmentierte Subjektivität*, in welcher die Technologie zum konstitutiven Element einer Fluidität wird.<sup>66</sup> Diese Fluidität lässt sich als eine »flexible multistability«<sup>67</sup> fassen, eine oszillierende Selbstverortung des Leibes zwischen den Sphären des Realen und des Virtuellen, in der sich Körpergrenzen gleichsam verflüssigen, da sie ihre eindeutige Lokalisierbarkeit verlieren. Grundlage dieser hybriden Leibkörperlichkeit ist neben der positionellen Überlagerung von virtuellem Körper und phänomenalem Leib die Fragmentarisierung des Leibes in divergierende Leibinseln, die einerseits über das Virtuelle und andererseits über das Reale adressiert werden können: So spüre ich in einer bestimmten Situation bspw. eine reale Fliege auf meinem Arm, während ich über das HMD synthetische Räume sehe und durch die Oculus Touch Controller den Rückstoß einer virtuellen Pistole spüre.

---

62 Biocca 1997, o.S.

63 Krämer 2000, S. 194.

64 Vgl. Ihde 2002, S. 137.

65 Vgl. Krajnik 2016, S. 185.

66 Vgl. Hookway, 2014, S. 17f.

67 Ihde 2010, S. 79.



## 2.4 Zer-Körperung

Die hier aggregierten *Zerfaserungsmodi von Körpergrenzen*, die durch immersive Interface- und Displaytechnologien etabliert werden, offenbaren nicht nur die Granularität der ontologischen Grenze zwischen dem Realen und Virtuellen, sondern zeigen auch, dass die Grenzen zwischen Subjekt, Objekt und Umwelt modifizierbar und fluide sind.<sup>68</sup> Schließlich sind Körpergrenzen ein Ergebnis der Wiederholung spezifischer körperlicher (grenzziehender) Handlungen<sup>69</sup> und können deshalb über die wiederholte Modifikation unserer intentionalen Ausrichtungen durch Virtual Reality-Systeme verändert werden. Insbesondere (hapto-taktile) Interfaces ermöglichen diese »Grenzverschieblichkeit«<sup>70</sup> — sie modellieren als Konfigurationen des Dazwischen performativ Relationen zwischen Entitäten und ermöglichen vor allem innerhalb immersiver Assemblagen »unterschiedliche materielle Verkörperungen« der Nutzenden »im Sinne verschiedener materieller Konfigurationen ontologischer Körper und Grenzen«.<sup>71</sup>

## 3 Zwischen Innen und Außen

Interfaces als Konfigurationen des Dazwischen kann eine »instabile Existenzform«<sup>72</sup> zwischen Mensch und Umwelt, Realität und Virtualität zugesprochen werden, wodurch sie sich insbesondere bei hapto-taktilen Technologien als *Aggregateure* immaterieller und materieller Eigenschaften und Formen offenbaren. »Der Eigensinn der Materie, ihre spezifische Textur, also Eigenschaften wie Härte, Weichheit, Widerständigkeit, Rauheit bis hin zu ihrer Temperatur« wird nicht nur »Gegenstand der Simulation«,<sup>73</sup> sondern ist zudem Gegenstand der »körpernahen Praxeologie«<sup>74</sup> hapto-taktile Interfaces: Als materielle Artefakte gehen sie auf den Ebenen Materialität, *Technizität*<sup>75</sup> und Form Relationen mit virtuellen Umgebungen und Objekten als immaterielle Artefakte ein, wodurch sie die hybride Materialität

68 Vgl. Barad 2012, S. 46.

69 Vgl. ebd. S. 47.

70 Rieger 2019, S. 253.

71 Barad 2012, S. 47.

72 Günther 1963, S. 181.

73 Rieger 2020, S. 344.

74 Rieger 2019, S. 237.

75 Vgl. Simondon 2012, S. 68.

medialisierten Tastens als ein Aggregat unterschiedlicher (virtueller und realer) Substanzen *intraaktiv*<sup>76</sup> hervorbringen.<sup>77</sup> Diese erscheinende Materialität ereignet sich folglich im »netzwerkartigen Austausch«<sup>78</sup> der Sphäre des Realen und Virtuellen im und über das Interface als Oberfläche:<sup>79</sup>

Oberflächen sind für das menschliche Wahrnehmen, Orientieren und Handeln also von entscheidender Bedeutung. Als Grenz- und Schwellenphänomene zwischen Innen und Außen sind sie an einer Vielzahl von Austauschprozessen in der Natur beteiligt und bestimmen in ihrer materiellen Präsenz maßgeblich, wie wir unsere Umwelt erfahren.<sup>80</sup>

Die Oberfläche vermittelt in dieser Perspektive zwischen Subjekt und Objekt und vermittelt neben Oberflächenqualitäten sowohl Form- als auch Konsistenzqualitäten der jeweiligen Umgebungen und Objekte.<sup>81</sup> Dabei ist zum einen die Form technologischer und algorithmischer Artefakte zu fokussieren, da sie sich auf unsere intentionale Ausrichtung auswirkt, und zum anderen soll die erscheinende Oberfläche als hybrides Phänomen aus Algorithmen und Interfaces näher untersucht werden.

### 3.1 Haptic Rendering

Um haptische Eigenschaften wie Textur, Gewicht, Härte, Volumen, Temperatur und Form virtueller Objekte über haptotaktile Interfaces vermitteln zu können, müssen diese Informationen zunächst einmal über *haptic rendering* in die Oberfläche dieses Objektes »eingraviert« werden.<sup>82</sup> Die Struktur der wahrgenommenen Tastempfindungen hängt dabei sowohl vom jeweiligen Renderalgorithmus ab, als auch von der Materialität und Technizität derjenigen Interfaces, die verwendet werden, um die haptischen Informationen in die Wahrnehmbarkeit zu überführen. Es macht folglich

---

76 Intraaktion meint, dass die Relata nicht bereits vor den Relationen existieren, »vielmehr entstehen Relata-in-Phänomenen durch spezifische Intraaktionen« der beteiligten menschlichen und nicht-menschlichen Akteure. Vgl. Barad 2012, S. 20.

77 Vgl. Barad 2012, S. 98, Gibson 2015, S. 15.

78 Rathe 2020, S. 76.

79 Zum einen dient das Interface als Oberfläche des Erscheinenden, zum anderen erscheint die hybride Materialität als Oberfläche, welche wiederum ein Hybrid aus Interfaceoberfläche und virtueller Oberfläche ist.

80 Rathe 2020, S. 68.

81 Vgl. ebd., S. 73.

82 Vgl. Salisbury, Conti und Barbagli 2004, S. 26.

einen Unterschied, ob die Tastempfindung über elektrotaktile Stimulation, vibrotaktile Stimulation oder pneumatische Stimulation erzeugt wird und wie diese Stimulation über die Form und Struktur des jeweiligen Interfaces realisiert wird.

Davon unabhängig lässt sich der eigentliche Rendering-Prozess in drei Komponenten gliedern: *Collision-detection algorithms*, *Force-response algorithms* und *Control algorithms* (Abb. 3). Wie bereits beschrieben erfolgt die Interaktion zwischen den Nutzenden von Virtual Reality-Systemen und virtuellen Objekten über eine avatorielle Repräsentation, deren jeweilige Verkörperung eine bestimmte Position und definierbare Volumina im virtuellen Raum aufweist. Über die *collision-detection algorithms* werden nun die Kollisionen zwischen Avatarvolumina sowie Umgebungs- und Objektvolumina identifiziert, da sich für medialisierte Tasterfahrungen bspw. das Volumen einer Hand und eines virtuellen Objekts überlappen bzw. ihre jeweiligen Oberflächen/Grenzen positionsspezifisch kollidieren müssen:

Collision-detection algorithms detect collisions between objects and avatars in the virtual environment and yield information about where, when, and ideally to what extent collisions (penetrations, indentations, contact area, and so on) have occurred.<sup>83</sup>

Sobald die aus der Kollision resultierenden Informationen vorliegen, werden über *force-response algorithms* daraus resultierende Kräfte zwischen Nutzenden und virtuellem Objekt errechnet. Für ein optimales haptisches Feedback müssen die berechneten Kräfte der Technizität und Materialität des jeweiligen Interfaces durch die *control algorithms* angepasst werden: »Control algorithms command the haptic device in such a way that minimizes the error between ideal and applicable forces«.<sup>84</sup>

Um Oberflächenstrukturen zu simulieren, können beim *haptic rendering* sogenannte *height maps* eingesetzt werden, also Graustufenbilder, deren schwarze Bereiche die minimale Höhe und deren weiße Bereiche die maximale Höhe markieren. Wird nun anhand einer solchen *height map* eine Oberfläche etwa für ein vibro-taktilen Interface haptisch gerendert, wird den Helligkeitswerten der einzelnen Oberflächenpunkte eine entsprechende Vibrationsstärke zugewiesen.<sup>85</sup>

---

83 Ebd. 2004, S. 26.

84 Ebd., S. 26.

85 Vgl. Yoon, Moon und Chin 2020, o.S.

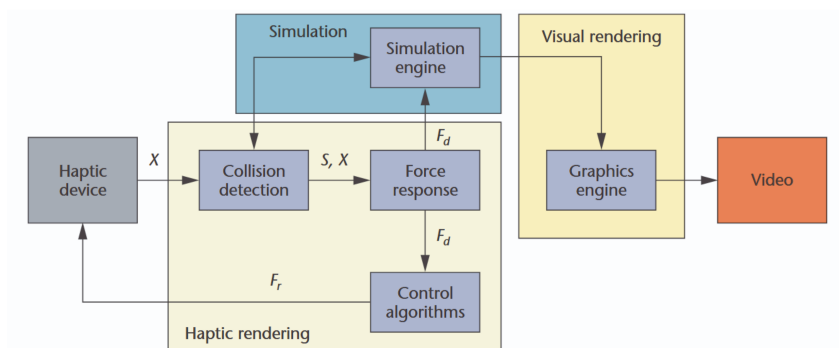


Abb. 3: Collision-detection, Force-response und Control algorithms bilden die Hauptkomponenten des haptic rendering. (Salisbury, Conti und Barbagli 2004, S. 26)

Eine medialisierte Tastempfindung setzt sich folglich aus der jeweiligen algorithmischen Struktur des *haptic rendering* und der spezifischen Materialität und Technizität der verwendeten haptic-taktilen Interfaces zusammen, was die Vermutung nahelegt, dass sich dies auf die *artifizielle Tastbarkeit* virtueller Objekte auswirken muss.

### 3.2 Praktiken der Materialisierung

Haptic-taktile Interfaces machen algorithmische Strukturen virtueller Objekte auf eine spezifische Art und Weise fühlbar, obwohl diese physikalisch nicht existieren und ohne technologische Vermittlung gar nicht erst fühlbar wären.<sup>86</sup> Folglich sind sie als diejenigen medialen Bedingungen zu verstehen, »wodurch etwas *ist*, wodurch es im Besonderen *in seine Existenz gebracht* wird: *erscheint*«. <sup>87</sup>

Dabei ist es wichtig, festzuhalten, dass haptische Interfaces im Sinne einer haptic-taktilen Präsentation nach »x macht y fühlbar« etwas zur Erscheinung bringen, das sie selbst *nicht sind* — es existiert folglich eine Differenz zwischen dem Tastmedium und der Tasterscheinung.<sup>88</sup> Die besonde-

<sup>86</sup> Vgl. Wiesing 2005, S. 160.

<sup>87</sup> Mersch 2004, S. 107–108.

<sup>88</sup> Vgl. Seel 2003, S. 284–293.

re Präsenz des medialisierten *Tastbildes* liegt somit in der »Gegenwart einer darbietenden Erscheinung, die die Wirklichkeit dadurch um spezifische Phänomene bereichert, daß sie zugleich als *Erscheinung* und als *Darbietung* in Erscheinung tritt«. <sup>89</sup>

Diese spezifische Struktur von Interface-induzierten Tastbildern erfordert eine ästhetische Form der Wahrnehmung, die sich von der Wahrnehmung alltäglicher Objekte unterscheidet, da sie ein »*etwas in etwas fühlen*« verlangt. <sup>90</sup> Denn nur wer imstande ist, ein *Ding* (virtuelles Objekt) »in einem anderen Ding (hapto-taktilen Interface) zu fühlen, fühlt auch ein *Tastbild*, da die Wahrnehmung der Differenz von Tastmedium und der Tastererscheinung eine Voraussetzung für die Wahrnehmung von medialisierten Tastbildern ist. <sup>91</sup>

Noch zentraler ist dabei allerdings, dass sie etwas — nämlich ein virtuelles Objekt — zur Erscheinung bringen, das »keine materielle Substanz« <sup>92</sup> besitzt und erst durch diese spezielle Technologie »künstlich materialisiert und damit zu einem scheinbar physikalischen Ding« <sup>93</sup> wird. Hier konstituiert sich die artifizielle Präsenz des Interface-induzierten Tastbildes — einem *Gegenstand aus reiner Fühlbarkeit* — als eine »Präsenz ohne substantielle Anwesenheit« <sup>94</sup>.

Durch das komplexe Zusammenspiel unterschiedlicher technologischer und algorithmischer Elemente wie Aktuatoren, Sensoren und *haptic rendering* wird der virtuelle Gegenstand zu einem »ontologischen Freak: einem Phantom«, also einem Gegenstand, der sich »gespenstischerweise so verhält, als hätte er eine Substanz und ihre Eigenschaften«. <sup>95</sup> Die phänomenale Fülle technologisch-vergegenwärtigter Wahrnehmungsobjekte ist folglich als das Ergebnis des Zusammenspiels von *haptic rendering algorithms* sowie der Materialität und Technizität der verwendeten Interfaces, die als erscheinender Grund »(re)präsentierter Erscheinungen« in die *artifizielle Präsenz* der virtuellen Oberfläche als hybride Formation hineinspielt. <sup>96</sup>

89 Ebd., S. 279.

90 Vgl. ebd., S. 284–287.

91 Schließlich unterscheidet sich das Interface sowohl in seiner Form als auch in seiner hapto-taktilen Strukturierung bzw. Materialität von denjenigen virtuellen Objekten, die es darstellt. Vgl. Seel 2003, S. 29

92 Wiesing 2005, S. 32.

93 Ebd., S.121.

94 Ebd., S. 32.

95 Ebd., S. 122.

96 Vgl. Seel 2003, S. 70.

Hier zeigt sich bereits, dass solche Interface-induzierten Tasterscheinungen innerhalb von Konstellationen unterschiedlichster Elemente (Sinne, Materialien, Technologien, Algorithmen) hervorgebracht werden, die nicht standardisiert sind. Ebenso wie Computer sind nämlich auch immersive Ensembles »ontologisch relativ wenig fixierte Maschinen«<sup>97</sup>, da diese als *assemblages* unterschiedlicher Rechnerkonfigurationen, Plattformen, Displays und Interfaces angesehen werden können: »[Ein] und dieselbe Datenkonfiguration läßt phänomenal sehr unterschiedliche Realisierungen zu«.<sup>98</sup> Immersive Systeme sind folglich »Praktiken der Materialisierung«, die über das intraaktive Zusammenspiel von unterschiedlichen Algorithmen, Displays und Interfaces dynamisch aggregierte Materialisierungen aussedimentieren.<sup>99</sup>

### 3.3 Materialitäten

Die Materialität technologisch-vergegenwärtigter Wahrnehmungsobjekte ist nicht als »ein für allemal bestimmtes Wesen« zu verstehen, »vielmehr ist sie Substanz in ihrem intraaktiven Werden«<sup>100</sup> und damit eine Tätigkeit der beteiligten technologischen Komponenten.<sup>101</sup> Ein solcher Begriff der Materialität impliziert somit keinen »kruden Materialismus, sondern deutet auf Bedingungen, wodurch etwas ist, wodurch es im Besonderen in seine Existenz gebracht wird: erscheint«.<sup>102</sup>

Im vorliegenden Artikel bilden *haptic rendering algorithms* sowie die Materialität und Technizität der verwendeten Interfaces die Bedingungen einer »Inter-Materialität«, die sich aus dem »Interludicum« zweier divergierender Materialitäten formiert.<sup>103</sup> Damit tritt das Interface als Vermittelndes hervor, indem dessen eigentlich *an-asthetische mediale Tiefenstruktur* sich entbirgt und in der Darstellung mit dem Erscheinenden eine Verbindung eingeht.<sup>104</sup> In diesem Prozess strukturiert insbesondere die materielle und technologische Beschaffenheit des haptotaktilen Interfaces schließlich diejenigen erst durch es selbst ermöglichten Tasterfahrungen:

---

97 Schröter 2013, S. 95

98 Seel 1993, S. 772.

99 Vgl. Barad 2012, S. 72.

100 Ebd., S. 98.

101 Vgl. Hayles 2011, S. 102.

102 Mersch 2010, S. 140.

103 Vgl. Mersch 2013, S. 29.

104 Vgl. Krämer 2008, S. 27.

The tactility that may be had through hammers, canes, and feathers is real but also less than ›naked‹ in its perceptibility. The hardness — but not the coldness — of the nail is experienced through the hammer; the multidimensional ›click‹ of the sidewalk cement and its textured resistance is felt through the cane — but not its graininess;<sup>105</sup>

Hapto-taktile Interfaces ermöglichen somit eine »experience through a machine«, innerhalb welcher die spezifische materielle Beschaffenheit und technologische Strukturierung des jeweiligen Interfaces stets als »echo focus« im Bewusstsein präsent bleibt.<sup>106</sup> Die Art und Weise, wie sich virtuelle Objekte und Ereignisse als technologisch-vergegenwärtigte Wahrnehmungsobjekte in ihrer phänomenalen Fülle präsentieren, hängt folglich von der Materialität und somit von material-, technik- und design-ästhetischen Charakteristiken der jeweiligen Interfaces ab, durch die algorithmisch strukturierte Materialität verkörpert wird. Die ontologisch-hybride Materie medialisierten Tastens ist folglich als ein *Aggregat unterschiedlicher* (virtueller und realer) *Substanzen* anzusehen.<sup>107</sup>

Indem also hapto-taktile Interfaces Tasterscheinungen präsentieren, die in Differenz zu ihrer eigenen Materialität stehen, ist anzunehmen, dass ein Materialtransfer stattfindet, in welchem »ein Material in die Phänomenalität und/oder Funktionalität eines anderen Materials transferiert wird, in denen es also so inszeniert wird, als ob es ein anderes Material wäre und nicht ›es selbst‹ sei«, woraus letztlich ästhetische Wahrnehmungen resultieren, »die weder dem imitierten noch dem imitierenden Material zuschreibbar sind«.<sup>108</sup> In dieser *intermedialen Praktik* sind somit »zwei Materialitäten tatsächlich präsent« und »fusionieren beim Ineinander direkter Intermaterialität [...] zu einer integralen Einheit«, wodurch sich die »scheinbar materialverbürgten Grenzen« des Interfaces und des virtuellen Objekts gleichsam auflösen.<sup>109</sup>

Um dieses Verfahren exemplarisch zu verdeutlichen soll ein hypothetisches experimentelles Setting etabliert werden, über welches reale und virtuelle Materialien einander gegenübergestellt werden können:

105 Ihde 2002, S. 7.

106 Vgl. Ihde 1979, S. 10, 7.

107 Vgl. Gibson 2015, S. 15.

108 Strässle 2013, S. 15.

109 Kleinschmidt 2013, S. 78–79.

Substances differ in all sort of ways. They differ in hardness or rigidity. They differ in viscosity; which is technically defined as resistance to flow. They differ in cohesiveness or strength, that is, resistance to breaking. They differ in elasticity, the tendency to regain the previous shape after deformation. They differ in plasticity, the tendency to hold the subsequent shape after deformation.<sup>110</sup>

Als hapto-taktilen Interface soll ein Oculus Quest Touch Controller (Abb. 4, links) dienen, in dessen Griff sich ein linearer Oszillator befindet, der mit einer Frequenz von 320 Hz vibriert, während dessen Amplitude modulierbar ist.<sup>111</sup> Diese Vibration wird durch den Griff großflächig auf die Handinnenseite übertragen, weshalb hier weder Form- oder Oberflächenqualitäten wie Texturen, Formen, Temperatur oder Gewicht adäquat wahrgenommen werden, sondern lediglich die Intensität der Vibration als Metapher für Gewicht oder unterschiedliche Oberflächenstrukturen. Die Oberfläche des Controllers besteht hauptsächlich vermutlich aus Acryl-Butadien-Styrol-Copolymerisat (ABS) mit unterschiedlichen Oberflächenstrukturen zwischen glatt und rau, während für die Buttons wahrscheinlich Polystyrol (SB) verwendet wurde.<sup>112</sup>

Das virtuelle Objekt ist ein Kubus (Abb. 4, rechts) mit einer Kantenlänge von 15 x 15 x 15 Zentimetern, einem Gewicht von 200 Gramm mit den materiellen Eigenschaften einer Gummiente: Die Oberfläche aus Gummi ist eindrückbar, dem virtuellen Kubus kann folglich eine gewisse Härte/Weichheit zugeschrieben werden. Die Oberflächentextur des Kubus besitzt eine Körnung von über 600 µm und ist mit grobem Schleifpapier vergleichbar.

Stellt man nun die Texturen von Interface und virtuellem Objekt gegenüber (Abb. 5), fällt auf, dass sich diese sowohl in ihrer Struktur als auch im Grad ihrer Rauheit unterscheiden. Gleiches gilt für den Härtegrad der beiden Objekte. Da nun sowohl die Oberflächentextur des Kubus als auch dessen Härte über einen einzigen linearen Oszillator im Griff des Controllers dargestellt werden, kann das Tasterlebnis lediglich als wenig realistisch und Hybrid aus unterschiedlichen Materialitäten und Technizitäten bezeichnet werden: Dies unterscheidet sich stark von der eigentlichen Struktur unserer hapto-taktilen Wahrnehmung, u.a. weil Empfindungen der virtuellen Finger ebenfalls nur über die Handfläche wahrgenommen werden können,

---

110 Gibson 2015, S. 16.

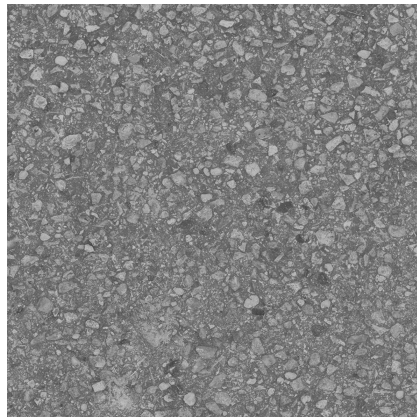
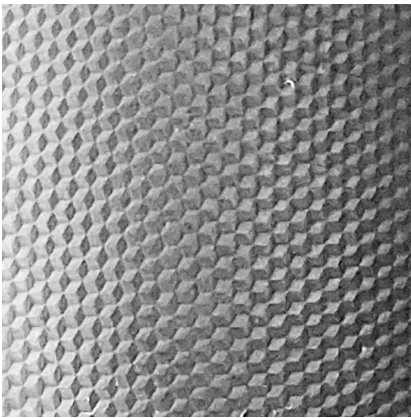
111 Vgl. Roberts 2011, S. 3.

112 Vgl. Hess, Zumofen und Kaiser 2018, o.S.





*Abb. 4: Oculus Quest Touch Controller (links) und virtuelles Objekt (rechts). (Quelle: <https://www.cgtrader.com>; Eigene Darstellung © Stephan zu Münster)*



*Abb. 5: Die Oberflächenstruktur der Oculus Quest Touch Controller (links) und des virtuellen Kubus (rechts) im direkten Vergleich. (Quelle: Eigene Darstellung)*

da die ausgestreckten Finger nicht direkt vibro-taktil stimuliert werden können.

In diesem Beispiel wird die Divergenz zwischen der spezifischen materiellen Beschaffenheit und technologischen Strukturierung des Oculus Touch Controllers und des virtuellen Objekts deutlich, wodurch im Erlebnis des

medialisierten Tastens nicht die algorithmisch strukturierte Materialität des virtuellen Kubus wahrnehmbar wird, sondern sich die Materialität des Interfaces ›unterschiebt‹ und mit der Materialität des Kubus verschmilzt bzw. die virtuelle Materialität des Objekts in der physischen Realität des Interfaces aufgeht. In dieser unhintergehbaren Grundstruktur medialisierten Tastens formiert sich die ontologisch-hybride Materialität interfacialer Tasterlebnisse als ein Zusammenspiel von Grenze und Granularität.

#### 4 Aggregate

Ziel des vorliegenden Artikels war eine Reflexion derjenigen Areale der (Ent-)Grenzung, die sich innerhalb immersiver multi-sensueller Medienkonstellationen formieren. Hierfür wurde zunächst die ontologische Grenzung expliziert, um anschließend in diesen Einschnitt, der das Reale vom Virtuellen trennt, das Interface als technologisch-performative Konfigurationen des Dazwischen zu installieren, wodurch die beiden divergierenden Sphären zu einer *hybriden Wirklichkeit* vernäht werden können. Sowohl die ontologische Grenzung als auch die interfacialen Praktiken ihrer Überwindung sind als Konstituenten der Übersetzung und Verdoppelung unseres Körpers anzusehen, wodurch eine Zerfaserung unserer Körpergrenzen evoziert wird, welche über die Modi Extension, Fragmentarisierung und Fluidität diskutiert wurde. Schließlich wurden immersive Systeme als »Praktiken der Materialisierung« verhandelt, die über das intraaktive Zusammenspiel von Algorithmen, Displays und Interfaces aggregierte Materialisierungen aussedimentieren.

Im Wechselspiel von Grenzung und Ent-Grenzung vollziehen sich folglich notwendige Übersetzungen, innerhalb derer die Verbindungen zwischen *Realität* — *Virtualität* en détail als Konfigurationen der Verbindungen (*junctures*) *Hand* — *Interface* sowie *Interface* — *Algorithmus* verstanden werden können,<sup>113</sup> wobei jedem der beteiligten Akteure eigene Intentionalitäten (im Sinne spezifischer Wahrnehmungs- und Darstellungsmodi) zugewiesen werden können. Aus diesem Zusammenspiel von *haptic rendering algorithms* sowie der Materialität und Technizität der verwendeten Interfaces artikulieren sich schließlich artifizielle Tasterscheinungen als Formation hybrider Materialitäten.

---

113 Vgl. Ihde 1979, S. 18.

Wie hapto-taktile Interfaces im Speziellen machen digitale Medien im Allgemeinen algorithmische Strukturen virtueller Objekte auf eine spezifische Art und Weise wahrnehmbar, obwohl diese physikalisch nicht existieren und ohne technologische Vermittlung gar nicht erst wahrnehmbar wären. So können also auch im Umgang mit digitalen (immersiven) Medientechnologien immer zwei Schnittstellen ausgemacht werden, an denen sich Phänomene der Grenzung und Ent-Grenzung artikulieren: *Sinn — Interface / Display* und *Interface / Display — Algorithmus / Code*.

In der medialen ›Aufbereitung‹ des algorithmisch formierten Inhalts für die Wahrnehmung der Rezipierenden kommt es somit zu Grenzüber- und -unterschreitungen, Grenzziehungen und -verschiebungen, die über den hier vorgeschlagenen medienpraxeologischen Zugang über mediale bzw. interfaciale Praktiken der Darstellung diskutiert und detailliert analysiert werden können.

## Bibliographie

- Archer, Jason Edward, David Parisi und Mark Paterson: »Haptic media studies.« In: *New Media & Society* 19.10 (2017), S. 1513–1522.
- Barad, Karen: *Agentieller Realismus*. Berlin 2012.
- Barbagli, Federico, Kenneth Salisbury und Francois Conti: »Haptic Rendering: Introductory Concepts.« In: *IEEE Computer Society* March/April (2004), S. 24–32.
- Beyer, Lothar und Thomas Weiss: »Elementareinheiten des somatosensorischen Systems als physiologische Basis der taktil-haptischen Wahrnehmung.« In: Grundwald, Martin (Hrsg.): *Der bewegte Sinn. Grundlagen und Anwendungen zur haptischen Wahrnehmung*. Basel/Boston/Berlin 2001, S. 25–38.
- Biocca, Frank/ Delaney, Ben: »Immersive Virtual Reality Technology.« in: Frank Biocca und Mark R. Levy (Hrsg.): *Communication in the age of Virtual Reality*. Hillsdale, NJ 1995, S. 57–126.
- Biocca, Frank: »The Cyborg's Dilemma. Progressive Embodiment in Virtual Environments.« In: *Journal of Computer-Mediated Communication* 3.2 (1997), doi: 10.1111/j.1083-6101.1997.tb00070.x.
- Blakeslee, Sandra und Matthew Blakeslee: *The Body has a Mind of its Own*. New York 2008.
- Böhme, Hartmut: »Der Tastsinn im Gefüge der Sinne. Anthropologische und historische Ansichten vorsprachlicher Aisthesis.« In: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): *Tasten*. Göttingen 1996, S. 185–210.

- Brewster, Stephen, Euaun Freeman et al.: »Multimodal feedback in HCI. haptics, non-speech audio, and their applications.« In: Philip R. Cohen, Sharon Oviatt, et al. (Hrsg.): *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces. Foundations, User Modeling, and Common Modality Combinations*. Volume 1. New York 2017, S. 277–317.
- Chin, Seongah, Yoo Chang Yoon und Dongmin Moon: »Fine Tactile Representation of Materials for Virtual Reality.« In: *Journal of Sensors* (2020), doi:10.1155/2020/7296204.
- Cole, Jonathan und Shaun Gallagher: »Körperbild und Körperschema bei einem deafferenten Patienten.« In: Joerg Fingerhut, Rebekka Hufendiek und Markus Wild (Hrsg.): *Philosophie der Verkörperung. Grundlagentexte zu einer aktuellen Debatte*. Berlin 2013, S. 174–204.
- De Kerckhove, Derrick: »Propriodezeption und Autonotation.« In: Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): *Tasten*. Göttingen 1996, S. 330–345.
- Diaconu, Mădălina: *Tasten — Riechen — Schmecken. Eine Ästhetik der anästhetisierten Sinne*. Würzburg 2005.
- Diaconu, Mădălina: *Phänomenologie der Sinne*. Stuttgart 2013.
- Frisoli, Antonio, Vincent Hayward et al.: »Wearable Haptic Systems for the Fingertip and the Hand. Taxonomy, Review, and Perspectives.« In: *IEEE Transactions on Haptics* 10.4 (2017), S. 580–600.
- Gibson, James J.: *The Ecological Approach to Visual Perception*. New York/London 2015.
- Grunwald, Martin: »Der Tastsinn im Griff der Technikwissenschaften? Herausforderungen und Grenzen aktueller Haptikforschung« [09.01.2009], [https://leibniz-institut.t.de/archiv/grunwald\\_martin\\_09\\_01\\_09.pdf](https://leibniz-institut.t.de/archiv/grunwald_martin_09_01_09.pdf) (Zugriffsdatum 14.02.2022).
- Günther, Gotthard: *Das Bewusstsein der Maschinen. Eine Metaphysik der Kybernetik*. Baden-Baden 1963.
- Handwerker, Hermann O.: »Somatosensorik.« In: Hans-Georg Schaible und Robert F. Schmidt (Hrsg.): *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Wiesbaden 2000, S. 227–256.
- Hayles, N. Kathrine: »Komplexe Zeitstrukturen lebender und technischer Wesen.« In: Erich Hörl (Hrsg.): *Die technologische Bedingung. Beiträge zur Beschreibung der technischen Welt*. Berlin 2011, S. 193–228.
- Hess, Leonard, Anna Kaiser und Janick Zumofen: »Produktanalyse Industrial Design. Oculus Touch — Gaming Controller« [09.10.2018], <https://blog.zhdh.ch/produktanalyse/2018/10/19/oculus-touch-gaming-controller/2018> (Zugriffsdatum 14.02.2022).
- Hookway, Branden: *Interface*. Cambridge, MA/London 2014.
- Ilde, Don: *Technics and Praxis*. Dordrecht/Boston/London 1979.
- Ilde, Don: *Bodies in Technology*. Minneapolis, MN 2002.
- Ilde, Don: *Embodied Technics*. Kopenhagen 2010.
- Klatzky, Roberta L. und Susan J. Lederman: »Haptic perception. A tutorial.« In: *Attention, Perception, & Psychophysics* 71.7 (2009), S. 1439–1459.

- Kleinschmidt, Christoph: »Die Literatur, das Material und die Künste. Intermaterialität aus literaturwissenschaftlicher Perspektive.« In: Christoph Kleinschmidt, Johannes Mohs und Thomas Strässle (Hrsg.): *Das Zusammenspiel der Materialien in den Künsten. Theorien — Praktiken — Perspektiven*. Bielefeld 2013, S. 69–84.
- Krämer, Sybille: »›Performativität‹ und ›Verkörperung‹. Über zwei Leitlinien für eine Reflexion der Medien.« In: Claus Pias (Hrsg.): *Neue Vorträge zur Medienkultur*. Weimar 2000, S. 185–197.
- Krämer, Sybille: »Was haben Performativität und Medialität miteinander zu tun? Plädoyer für eine in der Ästhetisierung gründende Konzeption des Performativen.« In: Sybille Krämer (Hrsg.): *Performativität und Medialität*. München 2004, S. 13–32.
- Krämer, Sybille: *Medium, Bote, Übertragung. Kleine Metaphysik der Medialität*. Frankfurt a.M. 2008.
- Krajnik, Robert: *Vom Theater zum Cyberspace. Körperinszenierungen zwischen Selbst und Algorithmus*. Bielefeld 2016.
- Lee, Kwan Min: »Presence, explicated.« In: *Communication Theory* 14.1 (2004), S. 27–50, [http://wiki.commsres.org/pds/Project\\_7eNrf2010\\_2fPlan/Presence.pdf](http://wiki.commsres.org/pds/Project_7eNrf2010_2fPlan/Presence.pdf) (Zugriffsdatum 14.02.2022).
- Merleau-Ponty, Maurice: *Phänomenologie der Wahrnehmung*. Berlin 1974.
- Mersch, Dieter: »Bild und Blick, Zur Medialität des Visuellen.« In: Christian Filk, Michael Lommel und Mike Sandbothe (Hrsg.): *Media Synaesthetics. Konturen einer physiologischen Medienästhetik*. Köln 2004, S. 95–122.
- Mersch, Dieter: *Posthermeneutik*. Berlin 2010.
- Mersch, Dieter: »Erscheinungen des ›Un-Scheinbaren‹. Überlegungen zu einer Ästhetik der Materialität.« In: Christoph Kleinschmidt, Johannes Mohs und Thomas Strässle (Hrsg.): *Das Zusammenspiel der Materialien in den Künsten. Theorien — Praktiken — Perspektiven*. Bielefeld 2013, S. 27–44.
- Moles, Abraham A.: »Design und Immaterialität. Was hat es damit in einer postindustriellen Gesellschaft auf sich?« In: Florian Rötzer (Hrsg.): *Digitaler Schein. Ästhetik der elektronischen Medien*. Berlin 1991, S. 160–170.
- Neitzel, Britta Rolf F. Nohr: »Das Spiel mit dem Medium. Partizipation — Immersion — Interaktion.« In: Dies. (Hrsg.): *Das Spiel mit dem Medium. Partizipation — Immersion — Interaktion*. Marburg 2006, S. 9–18.
- Precision Microdrives: »Linear Resonant Actuators – LRAs«, <https://www.precisionmicrodrives.com/vibration-motors/linear-resonant-actuators-lras/> (Zugriffsdatum 14.02.2022).
- Rathe, Clemens: *Die Philosophie der Oberfläche. Medien- und kulturwissenschaftliche Perspektiven auf Äußerlichkeiten und ihre tiefere Bedeutung*. Bielefeld 2020.
- Rieger, Stefan: *Die Enden des Körpers. Versuch einer negativen Prothetik*. Wiesbaden 2019.
- Rieger, Stefan: »Virtuelle Materie.« In: Dawid Kasprowicz und Stefan Rieger (Hrsg.): *Handbuch Virtualität*. Wiesbaden 2020, doi:10.1007/978-3-658-16358-7\_20-1.
- Roberts, B. Lee: »Notes on Linear and Nonlinear Oscillators, and Periodic Waves« [2011], <http://physics.bu.edu> (Zugriffsdatum 14.02.2022).

- Rosch, Eleanor, Evan Thompson und Francisco Varela: »Enaktivismus – verkörperte Kognition.« In: Joerg Fingerhut, Rebekka Hufendiek und Markus Wild (Hrsg.): *Philosophie der Verkörperung. Grundlagentexte zu einer aktuellen Debatte*. Berlin 2013, S. 293–327.
- Rubin, Jake (2015): »What is haptics, really? Part 1: tactile feedback« [31.10.2016]. In: *LinkedIn*, <https://www.linkedin.com/pulse/what-haptics-really-part-1-tactile-feedback-jake-rubin> (Zugriffsdatum 14.02.2022)
- Schmitz, Hermann: *Der Leib, der Raum und die Gefühle*. Bielefeld/Basel 2009.
- Schröter, Jens: »Medienästhetik, Simulation und ›Neue Medien‹.« In: *Zeitschrift für Medienwissenschaft* 8.1 (2013), S. 88–100.
- Seel, Martin: »Vor dem Schein kommt das Erscheinen. Bemerkungen zu einer Ästhetik der Medien.« In: *Merkur* 47 (1993), S. 770–783.
- Seel, Martin: *Ästhetik des Erscheinens*. Frankfurt a. M. 2003.
- Simondon, Gilbert: *Die Existenzweise technischer Objekte*. Zürich 2012.
- Strässle, Thomas: »Einleitung. Pluralis materialitatis.« In: Christoph Kleinschmidt, Johannes Mohs und Thomas Strässle (Hrsg.): *Das Zusammenspiel der Materialien in den Künsten. Theorien — Praktiken — Perspektiven*. Bielefeld 2013, S. 7–22.
- Wiemer, Serjoscha: »Körpergrenzen. Zum Verhältnis von Spieler und Bild in Videospielen.« In: Britta Neitzel und Rolf F. Nohr (Hrsg.): *Das Spiel mit dem Medium. Partizipation — Immersion — Interaktion*. Marburg 2006, S. 244–260.
- Wiesing, Lambert: *Artifizielle Präsenz. Studien zur Philosophie des Bildes*. Frankfurt a. M. 2005.