HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Institut für Musik

Bachelorarbeit

im Studiengang Musikerziehung

Virtuelle Realität in zeitgenössischer Komposition

Entwicklung von Kriterien und deren Applikation

am Beispiel von Michel van der Aa's *Eight*

vorgelegt von: Philipp Nicolai

Matrikelnummer: 831183

Starttermin: 10.03.2021

Abgabedatum: 19.05.2021

Erstprüferin: Prof. Irmgard Brockmann

Zweitprüfer: Jan Meßtorff

Einleitung **4**

1. Was ist Virtuelle Realität? **6**

1.1 Simulation *8*
1.1.1 Computer-basierte Simulation 9
1.1.2 Realität – Hyperrealität – Simulierte Realität 10
1.1.3 Physikalische Gesetze 11

1.2 Immersion *12*
1.2.1 Präsenz 13
1.2.2 Körperlichkeit 14

1.3 Interaktion *15*
1.3.1 User ↔ Umgebung 16
1.3.2 User ↔ User 18

2. Kriterien für den Umgang mit Virtueller Realität in der kompositorischen Arbeit **20**

2.1 Kriterium 1: Die auditive Ebene *20*
2.1.1 Prinzip 1.1: Dynamisch generierter Sound 21
2.1.2 Prinzip 1.2: Immersiver Sound 21
2.1.3 Prinzip 1.3: Interaktiver Sound 22
2.1.4 Prinzip 1.4: Kohärenz von Sound und Visuellem 23

2.2 Kriterium 2: Das Medium *23*
2.2.1 Prinzip 2.1: Das (physikalisch) Unmögliche 24

2.3 Kriterium 3: Tun (Aktion) und Sein (Reflexion) *25*
2.3.1 Prinzip 3.1: Die Balance zwischen Tun und Sein 26

2.4 Kriterium 4: Die Interaktion(en) *26*
2.4.1 Prinzip 4.1: Multimodalität 27
2.4.2 Prinzip 4.2: Immersion beibehalten 27

2.5 Kriterium 5: Der User *27*
2.5.1 Prinzip 5.1: Das Wohlbefinden des Users 28
2.5.2 Prinzip 5.2: Fokus auf Weniges 29

3. *Eight* (Michel van der Aa, 2018–19) **30**

3.1 Prämisse *30*

3.2 Analyse *33*

3.3 Kommentar *38*

Fazit **40**

Literaturverzeichnis **42**

Anhang **46**

Kurzzusammenfassung

Diese Arbeit befasst sich mit Virtueller Realität (VR) und ihrer (möglichen) Integrierung in eine musikalische Komposition. Die zentrale Fragestellung, die dabei verfolgt wird, lautet: Wie kann ein Musikstück, welches Virtuelle Realität verwendet, aussehen bzw. was muss für einen reflektierten Umgang mit Virtueller Realität im Rahmen einer musikalischen Komposition beachtet werden. Hierzu wird ein Kriterienkatalog entwickelt, anhand dessen Michel van der Aa's VR-Installation *Eight* (2018–19) analysiert und eine mögliche praktische Umsetzung diskutiert wird.

Abstract

This thesis deals with Virtual Reality (VR) and its (possible) integration into a musical composition. The central question pursued here is *what can a piece of music which uses VR look like* or rather *what must be considered in the use of VR in the creation of a piece of music*. To answer this question, I will develop criteria for a deliberate use of VR in the context of the composition of a piece of music. Subsequently, I will analyze Michel van der Aa's VR installation *Eight* (2018–19) and discuss the practical implementation of a VR-based composition.

Einleitung

Im September 2020 feierte Michel van der Aa's Virtual-Reality-Installation *Eight* inmitten der Corona-Pandemie bei den KunstFestSpielen Herrenhausen ihre deutsche Erstaufführung. Die Bedingungen, die das in den Jahren 2018 und 2019 komponierte Werk an das Publikum stellt, sind für die besondere Situation ideal: Nur eine einzige „Zuschauerin" beziehungsweise ein einziger „Zuschauer" kann das Werk zu einem bestimmten Zeitpunkt erleben. Ausgestattet mit einer speziellen „Brille" und Kopfhörern befindet man sich isoliert in einem dunklen Zelt – und dann in einer virtuellen Welt.

Mit der techno-medialen Entwicklung beziehen Komponistinnen und Komponisten in den letzten Jahren immer häufiger Medien, welche über einen traditionellen Musikbegriff hinausgehen, wie z.B. das Video, in ihre Kompositionen mit ein (man betrachte hierzu Werke beispielsweise von Alexander Schubert, Stefan Prins oder Johannes Kreidler). Die sogenannte Virtuelle Realität ist ein weiteres Medium, das in der letzten Zeit ausgehend von Anwendungen in der Gaming-Szene dank technologischer Fortschritte und damit verbundener sinkender Produktionskosten breitere Verwendung in verschiedensten Bereichen findet und durch die Corona-Pandemie zusätzlichen Auftrieb erhält, sodass die Technologie virtueller Welten in dem Moment, in dem diese Arbeit verfasst wird, und in der nahen Zukunft stetig weiterentwickelt werden wird. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass sich Komponistinnen und Komponisten, vor allem auch jüngerer Generationen, die mit digitalen Medien aufgewachsen sind, vermehrt für dieses Medium interessieren werden, weshalb in der vorliegenden Arbeit der Frage nachgegangen wird, wie ein Musikstück, welches Virtuelle Realität verwendet, aussehen kann und was für einen reflektierten Umgang mit Virtueller Realität beachtet werden sollte. Die Antworten auf diese Fragen stellen dabei einen möglichen Ansatz des Umgangs mit Virtueller Realität dar und sind, insbesondere durch die ständige Weiterentwicklung des Mediums, nicht letztgültig, sondern können sich im Laufe der nächsten Jahre dynamisch verändern. An dieser Stelle sei auch bereits auf die Geschichte des Begriffs „Virtuelle Realität" hingewiesen, der im Laufe seiner relativ kurzen Existenz bereits mehrere Wandlungen erfahren hat. Diese wird, neben anderem, im ersten Teil der Arbeit beleuchtet, dessen Anliegen es ist, den Begriff „Virtuelle

Realität“ zu definieren und die Grundprinzipien, welche für das Zustandekommen Virtueller Realität notwendig sind, zu erläutern. Im zweiten Teil werden mit Bezug zu den Grundprinzipien Kriterien für einen möglichen Umgang mit Virtueller Realität entwickelt. Abschließend wird die praktische Anwendung dieser Kriterien im dritten und letzten Teil am Beispiel von Michel van der Aa’s *Eight* diskutiert.

In dieser Arbeit wird konsequent der Begriff Virtuelle Realität und seine gebräuchliche Abkürzung VR verwendet, auch wenn sich daneben die englischsprachige Variante, Virtual Reality, etabliert hat und in vielen deutschsprachigen Artikeln zu dem Thema Verwendung findet. Da die Bezeichnung „Zuschauerin“ beziehungsweise „Zuschauer“ für diejenige/denjenigen, die/der die Virtuelle Realität erfährt, unzureichend ist, wird (mit wenigen Ausnahmen) zutreffender von einem geschlechtsneutralen „User“ gesprochen (die männlichen Pronomen sowie der männliche Artikel bleiben allerdings erhalten).

1. Was ist Virtuelle Realität?

Sucht man im Duden oder im Digitalen Wörterbuch der deutschen Sprache (DWDS) nach dem Begriff „virtuell“, so steht man augenblicklich vor einem komplexen nicht nur linguistischen, sondern philosophischen Problem, welches die Virtuelle Realität mit sich bringt: Etwas Virtuelles sei „nicht in der Realität vorhanden“[1]. Demnach scheint der Terminus „Virtuelle Realität“ ein Oxymoron zu sein. Die dem Begriff inhärente Frage, inwiefern die Virtuelle Realität real ist, wird in Zukunft weiter kritisch diskutiert werden, jedoch in dieser Arbeit nur am Rande in Erscheinung treten.

Der Begriff selbst verursacht also durch „die Verknüpfung zweier philosophiegeschichtlich aufgeladener Begriffe […] definitorische Probleme“[2]. Und nicht nur das – durch den rasanten technologischen Wandel in den letzten Jahrzehnten hat sich das, was allgemein unter Virtueller Realität verstanden wird, ebenfalls beständig gewandelt. Der Begriff taucht im 20. Jahrhundert in verschiedenen Kontexten auf, zum ersten Mal vermutlich 1938 bei Antonin Artaud in dessen *Das Theater und sein Double*.[3] Dreißig Jahre später realisierte der US-amerikanische Computerwissenschaftler Ivan Sutherland das erste sogenannte Head-Mounted-Display (HMD), welches in seiner weiterentwickelten Form heute exemplarisch für die Virtuelle Realität steht.[4] Erst in den letzten Jahren allerdings, in denen sich die Rechenleistung handelsüblicher Computer (inklusive Smartphones) drastisch erhöhte, erfuhr die VR-Technologie einen Boom und mehrere Unternehmen entwickelten eigene Head-Mounted-Displays, die im aktuellsten Fall sogar sogenannte Standalones und nicht mehr auf einen Computer angewiesen sind, sondern in die die gesamte notwendige Hard- und Software eingebaut ist.[5] Diese Head-Mounted-Displays – im umgangssprachlichen Gebrauch auch VR-Brillen – sind heute für den Endnutzer zum Teil bereits kostengünstiger als eine

---

[1] Siehe Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, *virtuell*, https://www.dwds.de/wb/virtuell.
[2] Siehe Bense, Arne Till (2013). Musik und Virtualität. Digitale Virtualität im Kontext computerbasierter Musikproduktion, Osnabrück: Electronic Publishing Osnabrück, S. 1.
[3] Vgl. Artaud, Antonin (1979). Das Theater und sein Double, *übersetzt von* Henniger, Gerd, Frankfurt am Main: Fischer, S. 52.
[4] Vgl. History Of Virtual Reality, https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html.
[5] Vgl. ebd.

herkömmliche Brille.[6] Ein beispielhaftes Head-Mounted-Display ist in Abbildung 1 zu sehen.

Abb. 1: Beispiel für ein Head-Mounted-Display (Oculus Quest 2). Kopfhörer sind, wie bei den meisten Modellen, nicht integriert, sodass die VR-Erfahrung je nach verwendetem Kopfhörer variieren kann.

Obgleich im allgemeinen Sprachgebrauch seit einiger Zeit unter virtueller Realität (klein) verschiedene computergenerierte Umgebungen verstanden werden[7], herrscht heute weitgehend Einigkeit darüber, dass Virtuelle Realität (groß) eine immersive, interaktive, von einem Computer generierte Erfahrung bezeichnet[8] – und so wird sie im

Abb. 2: „Screenshot“ aus Michel van der Aa’s *Eight*. Während der Installation befindet sich die „Zuschauerin“/der „Zuschauer“ – nach eigenem Willen – in etwa neben der Frau am Geländer und nimmt von dort aus die Umgebung (nicht abgebildete Felder und Wälder bis zum Horizont in einem Tal unter dem zu sehenden Bergstück) wahr. Die Lampe rechts im Bild kann „berührt“ werden, sodass sich der helle Tag in dunkle Nacht verwandelt, die von der Lampe erhellt wird.

---

[6] Vgl. Oculus Rift-S, https://www.oculus.com/rift-s/.
[7] Vgl. Fromme, Johannes (2008). Virtuelle Welten und Cyperspace, in Gross, Friederike von et al. (Hg.) Internet – Bildung – Gemeinschaft. Wiesbaden: VS Verlag, S. 169.
[8] Vgl. Atherton, Jack & Wang, Ge (2020). Doing vs. Being: A philosophy of design for artful VR, Journal of New Music Research, **49**(1), S. 36.

Rahmen dieser Arbeit verstanden –, weshalb diese drei Grundprinzipien – Immersion, Interaktion, Simulation – in den nachfolgenden Unterkapiteln näher erläutert werden. Um auch ein erstes Gefühl zu vermitteln, wie eine virtuelle Umgebung aussehen kann, findet sich in Abbildung 2 eine Art Screenshot von Michel van der Aa's *Eight*, allerdings nicht aus der Perspektive des späteren Users.

1.1 Simulation

Neben dem relativ jungen Begriff der Virtuellen Realität hat sich der der Simulation schon seit Jahrzehnten etabliert und insbesondere durch das Aufkommen der Computertechnologie, nahezu auch in der Alltagssprache, verfestigt, gleichwohl soll der Vollständigkeit halber erneut ein Blick in das Digitale Wörterbuch der deutschen Sprache geworfen werden. Demnach ist eine Simulation eine „modellhafte, wirklichkeitsgetreue Nachbildung oder Nachahmung von komplexen Modellen, Prozessen oder Sachverhalten mit technischen Mitteln, meist mit Hilfe von Computerprogrammen“[9]. Ein bedeutender Aspekt dabei ist, dass vor allem dynamische Prozesse, also zeitabhängige Prozesse (nicht im Sinne musikalischer Dynamik) simuliert werden und somit eine unmittelbare Nähe zur Zeitkunstform Musik gegeben ist.

Die Anwendungen von Simulationen reichen von der Berechnung komplexer physikalischer Systeme, über Wetter- und Klimamodelle, bis hin zu Videospielen und sind, wenn auch meist im Hintergrund ablaufend, alltäglich. Gemein ist dem Großteil solcher Simulationen, dass ihre Ergebnisse visuell erfahrbar gemacht und festgehalten werden (können), was in dem Umfang und der Komplexität der heutigen Visualisierungen ohne Hilfe von Computern nicht möglich wäre, diese also integraler Bestandteil moderner Simulationsmethoden sind.[10] Bevor es Computer gab, wurde am Anfang des 20. Jahrhunderts ein mechanischer Flugsimulator entwickelt, der die Ausbildung von Piloten ermöglichen sollte, ohne das Risiko eines (tödlichen) Unfalls. Anknüpfend an diesen Impuls gibt es heute VR-Umgebungen, die der Ausbildung und dem Training von Astronauten, Chirurgen, etc. dienen.[11]

---

[9] Siehe Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, *Simulation*, https://www.dwds.de/wb/Simulation.
[10] Vgl. Simulationswissenschaft, https://www.simzentrum.de/ueber-uns/simulationswissenschaft/.
[11] Vgl. Bailenson, Jeremy (2018). Experience on Demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do, New York: W. W. Norton & Company, S. 24.

Dennoch ist auch dieser Terminus philosophisch vorbelastet, besonders durch seine Verwendung in der Medientheorie Jean Baudrillards, der eine Verbindung zum Simulacrum schlägt und der Frage nachgeht, inwiefern zwischen Original und Kopie in der massenmedialen Gesellschaft zu unterscheiden ist und Realität simuliert werden kann[12], welches wiederum zurück zur philosophischen Betrachtung der Virtuellen Realität führt. Nachdem zunächst genauer auf den Begriff des „Virtuellen“ und die Simulation mithilfe von Computern eingegangen wird, soll auch der Aspekt der Realität, unter anderem mit Bezug auf Baudrillard, untersucht werden. Abschließend wird die Rückkopplung der Realität, mit beliebigem Präfix, an physikalische Gesetze beleuchtet und die physikalische beziehungsweise physische Realität als mögliches Gegenteil zur Virtuellen Realität erörtert.

1.1.1 Computer-basierte Simulation

Die Verwendung des Begriffs „virtuell“ hat in den letzten Jahren stark zugenommen[13] und ist insbesondere auch in Folge der Corona-Pandemie, zum Beispiel durch „virtuelle Meetings“, allgegenwärtig. Daher ist es nicht überraschend, wenn „virtuell“, das sich vom lateinischen *virtus* (Tugend, Tapferkeit) ableitet, welches sich wiederum auf *vir* (Mann) zurückführen lässt, heutzutage vor allem mit der Bedeutung gebraucht wird, dass ein virtuelles X etwas wie eine computerbasierte Version von X meint[14], das heißt von einer Computersoftware simuliert. Oft wird „virtuell“ intuitiv als Gegenwort von „real“ verstanden[15], woraus sich allerdings die oben angesprochenen Probleme ergeben. Es gab einige Versuche in der Vergangenheit, ein alternatives Gegensatzpaar aufzustellen, von denen einer der bekanntesten zu dem Dualismus virtuell ↔ aktuell (nach Gilles Deleuze) führte[16], jedoch hat sich bislang keines dieser Paare im allgemeinen Sprachgebrauch etabliert und oft verabschiedet man sich in virtuellen Treffen

---

[12] Vgl. Baudrillard, Jean, *Simulacra and Simulations*, https://web.stanford.edu/class/history34q/readings/Baudrillard/Baudrillard_Simulacra.html.
[13] Vgl. Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, *virtuell* – Verlaufskurve, https://www.dwds.de/r/plot/?view=1&corpus=zeitungen&norm=date%2Bclass&smooth=spline&genres=0&grand=1&slice=1&prune=0&window=3&wbase=0&logavg=0&logscale=0&xrange=1946%3A2021&q1=virtuell.
[14] Vgl. Chalmers, David (2017). The Virtual and the Real, *Disputatio*, **9**(46), S. 311.
[15] Vgl. Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, *virtuell*, https://www.dwds.de/wb/virtuell.
[16] Vgl. Actual and virtual, https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095349177.

mit der Hoffnung, sich bald „real“ wiederzusehen. Eine ausführliche Diskussion der Relation dieser und weiterer Termini würde weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, weshalb in diesem Sinne „virtuell“ hier neutral zu lesen ist, als „von einem Computer(netzwerk) simuliert“, und die Frage nach der Realität, ob das virtuelle X gleich X ist, ausgelagert wird und vom betrachteten Fall abhängt.[17]

1.1.2 Realität – Hyperrealität – Simulierte Realität

Realität, also das, was mit „Wirklichkeit“ gemeint ist, zieht „einen Jahrtausende andauernden Diskurs“[18] mit sich. Das epistemologische Ergründen der Frage, was ein Mensch wissen kann, und insbesondere der Relation zwischen dem, was der Mensch mit seinem spezifischen Wahrnehmungsapparat erfahren kann, und der real existierenden Welt lässt sich von Platon über Kant bis zu modernen Medientheorien verfolgen. Im Sinne letzterer ist „unser Verhältnis zur Welt in gewisser Hinsicht immer schon medial vermittelt“[19]. So verweist auch Niklas Luhmann in *Die Kunst der Gesellschaft* auf die durch den Namen „Virtuelle Realität“ begünstigte Verwirrung um den Realitätsbegriff und „den Irrtum, daß es […] eine wirkliche Realität gebe, die mit der natürlichen Ausrüstung des Menschen zu erfassen sei“[20]. Aufgrund der Tatsache, dass weltliche Phänomene mithilfe digitaler Technologie immer „realistischer“ abgebildet oder nachgebildet werden können, ist es unter Umständen schwierig (oder sogar unmöglich), die „Realität“ von einer Simulation von Realität zu unterscheiden. Dieses Phänomen bezeichnet Baudrillard als Hyperrealität, welche gekennzeichnet ist durch die Generierung eines Modells des Realen ohne Ursprung oder Realität[21] und die Austauschbarkeit aller Zeichen, ohne dass diese „sich gegen das Reale […] tauschen [lassen]“[22] – sie sind referenzlose Simulacren.[23] An dieser Stelle schließt bei Baudrillard eine

---

[17] Vgl. Chalmers (2017), S. 311.
[18] Siehe Bense (2013), S. 1.
[19] Siehe Fromme (2008), S. 174.
[20] Siehe Luhmann, Niklas (1995). Die Kunst der Gesellschaft, Frankfurt am Main: Suhrkamp, S. 243.
[21] Vgl. Baudrillard, Jean, *Simulacra and Simulations*, https://web.stanford.edu/class/history34q/readings/Baudrillard/Baudrillard_Simulacra.html
[22] Siehe Baudrillard, Jean (1982). Der symbolische Tausch und der Tod, *übersetzt von* Bergfleth, Gerd et al., München: Matthes & Seitz, S. 18.
[23] Vgl. Horacek, Martin (2007). Hyperrealität – Die beschleunigte Zirkulation der Zeichen in Jean Baudrillards Simulationsgesellschaft, in Schimank, Uwe & Volkmann, Ute (Hg.). Soziologische Gegenwartsdiagnosen I. Eine Bestandsaufnahme, Wiesbaden: VS Verlag, S. 150.

Kritik der Gesellschaft an, die sich, wie er sagt, in einem Zeitalter der Simulation befindet.[24]

Die Frage, inwiefern eine von der uns umgebenden Realität ununterscheidbare Realität simuliert werden kann, ist Gegenstand von Untersuchungen, die sich unter dem Begriff Simulierte Realität subsumieren lassen. Diese Auseinandersetzung grenzt unter anderem an Forschungen zu künstlichem Bewusstsein und dem sogenannten Mind uploading an. Im Gebiet der Simulierten Realität wird auch die Immersion zum Thema, deren Rolle im Bereich der Virtuellen Realität in Kapitel 1.2 näher beleuchtet wird. Wagt man einen Blick in die konstruktivistische Systemtheorie, lässt sich folgern, „dass unsere Lebenswirklichkeit, also alle Dinge, mit denen wir täglich umgehen, die einzige und zugängliche Welt darstellt. Diese Welt ist somit *real* und umfasst darüber hinaus in ihrer *Realität* auch virtuelle Welten“[25].

1.1.3 Physikalische Gesetze

Der größte Unterschied zwischen der uns umgebenden Lebenswirklichkeit und der Virtuellen Realität ist, dass erstere an physikalische Gesetze gebunden ist. Physikalische Objekte bestehen aus Molekülen, Atomen, subatomaren Partikeln, und zwischen diesen wirken Kräfte und Wechselwirkungen, wie zum Beispiel die Gravitation, virtuelle Objekte hingegen aus Informationen, also aus Nullen und Einsen. Das bedeutet, die Art und Weise, wie virtuelle Objekte untereinander interagieren und darüber hinaus der User mit den virtuellen Objekten, unterliegt keinen unveränderlichen Naturgesetzen. Die Gesetze einer Virtuellen Realität müssen vom Programmierer mittels Algorithmen, etc. in einer Programmiersprache formuliert werden und können von den physikalisch beobachtbaren Gesetzen weniger oder mehr abweichen.[26] Zum Beispiel haben Jack Atherton und Ge Wang musikalische virtuelle Erfahrungen analysiert, in denen übergroße Instrumente vorhanden sind beziehungsweise erstellt werden können, die sich widerstandslos durch den Raum bewegen lassen als besäßen sie keine Masse (die sie selbstverständlich in der Virtuellen Realität auch nicht besitzen).[27]

---

[24] Vgl. Baudrillard (1982), S. 20.
[25] Siehe Bense (2013), S. 2.
[26] Vgl. Wertheim, Margaret (2002). Die Himmelstür zum Cyberspace. Eine Geschichte des Raumes von Dante zum Internet, München: Piper, S. 249.
[27] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 46.

Diese Beobachtung betrifft im Besonderen auch den Raum. Ein grundlegendes Phänomen des physikalischen Raums, also des Raums, in dem wir uns mit unseren Körpern bewegen, ist, dass – grob gesagt – zwei Objekte nicht zur gleichen Zeit am gleichen Ort sein können, das heißt den gleichen Raum einnehmen können. In der Virtuellen Realität jedoch ist es für einen (oder sogar mehrere) User möglich, gleichzeitig denselben Raum zu besetzen wie zum Beispiel die Dirigentin eines virtuellen Orchesters. Dies bedeutet auch, dass ein virtueller Raum nicht taktil erfahrbar und dementsprechend physisch nicht vorhanden ist.[28] Die Gegenüberstellung von Virtueller Realität und physikalischer beziehungsweise physischer Realität (im Englischen „physical reality“, welches sich beidseitig übersetzen lässt) scheint also naheliegend und ist ein differenzierterer Dualismus als virtuell ↔ real, dennoch lassen sich virtuelle Räume weiterhin nur durch den natürlichen – physischen – Erkenntnisapparat des Menschen wahrnehmen, weshalb dies keine endgültige Lösung der Diskussion darstellt.[29] So gibt es beispielsweise „keine Töne im Digitalen, da ein Computerklang aus Information besteht“[30], und diese Information, die Bits und Bytes, für die Wahrnehmung durch den Menschen in Luftschwingungen transformiert werden müssen.

1.2 Immersion

Für eine funktionierende Virtuelle Realität ist es notwendig, dass der User vollständig in die virtuelle Welt „eintauchen“ kann und von ihr umgeben ist.[31] Es existieren verschiedene Vorschläge zur Deutung des Begriffs „Immersion“, aber zunächst wird heute darunter die Technologie verstanden, welche die Möglichkeit bereitstellt, eine virtuelle Welt mit unseren normalen sensomotorischen Mitteln wahrzunehmen.[32] Es ist also das objektive Level der sensorischen (Detail-)Treue des VR-Systems gemeint, während die subjektive psychologische Reaktion eines Users auf die Erfahrung der Virtuellen Realität „Präsenz“ genannt wird.[33] Die Formulierung „immersive Erfahrung“

---

[28] Vgl. ZKM – Virtuelle Realität, https://zkm.de/de/ausstellung/2017/10/open-codes/virtuellerealitaet.
[29] Vgl. Bense (2013), S. 146–148.
[30] Siehe ebd., S. 148.
[31] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 36.
[32] Vgl. Slater, Mel & Sanchez-Vives, Maria V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI, 3,* S. 5.
[33] Vgl. Berkman, Mehmet Ilker & Akan, Ecehan (2019). Presence and Immersion in Virtual Reality, in Lee, Newton (Hg.). Encyclopedia of Computer Graphics and Games, Cham: Springer, S. 1.

beschreibt demnach ein Erlebnis, dessen sämtliche Reize von einer Technologie erzeugt und vermittelt werden und darüber hinaus den User interaktiv einbinden (es besteht eine unmittelbare Beziehung zu Kapitel 1.3 Interaktion).
Anhand von Merkmalen, wie beispielsweise einem 360°-Rundumblick (der die Interaktion des Users impliziert) und einer niedrigen Latenz beim kontinuierlichen Update des Blickfelds abhängig von der Blickrichtung des Users, lässt sich der Grad der Immersion bestimmen.[34] Ein wichtiger Aspekt darüber hinaus ist, dass die verwendete Technologie externe Stimuli der physikalischen Umgebung ausschließt, was vorrangig durch Head-Mounted-Displays und Kopfhörer geschieht. Im Folgenden wird das subjektive Phänomen der Präsenz näher erläutert und anschließend die besondere Bedeutung des (eigenen) Körpers in einer virtuellen Umgebung beleuchtet.

1.2.1 Präsenz

Präsenz, manchmal auch Telepräsenz, im Kontext einer Virtuellen Realität ist definiert als das Gefühl, *in* der virtuellen Welt zu sein[35], und damit eine der konstitutiven Qualitäten der Virtuellen Realität.[36] Dieses Gefühl ist dem Flow-Zustand ähnlich, in welchem man beispielsweise beim Spielen eines Musikstücks unter idealen Umständen eine Art Selbstvergessenheit empfindet und die Außenwelt auf der Wahrnehmungsebene vollständig ausblendet.[37] In der VR-Forschung ist vor allem räumliche Präsenz von Interesse[38]: Wie kann zum Beispiel das Gefühl vermittelt werden, über eine wackelige Brücke zu balancieren, während man sich physisch auf festem Untergrund befindet? (Nicht nur die visuelle und auditive Ebene sind zu beachten, sondern auch die der Propriozeption.) Gleichzeitig muss die vermittelnde Technologie derart in den Hintergrund rücken, dass ihre Beteiligung an den wahrgenommenen Reizen vom User schlicht vergessen wird.[39] So wird das Gefühl der Präsenz bei einem Zoom-Meeting vor dem Laptop eher gering sein, da die Technologiebeteiligung offensichtlich ist.

---

[34] Vgl. Slater & Sanchez-Vives (2016), S. 5.
[35] Vgl. Berkman & Akan (2019), S. 1.
[36] Vgl. Çamcı, Anıl & Hamilton, Rob (2020). Audio-first VR: New perspectives on musical experiences in virtual environments, Journal of New Music Research, 49:1, S. 2.
[37] Vgl. Csíkszentmihályi, Mihály (2005). Flow: Das Geheimnis des Glücks, Stuttgart: Klett-Cotta, S. 103.
[38] Vgl. Berkman & Akan (2019), S. 2.
[39] Vgl. ebd., S. 3.

Träfen sich die Teilnehmer in einer immersiven virtuellen Umgebung, ist die Wahrscheinlichkeit, Präsenz zu erleben, höher. Wie beim Flow auch verhindern externe Stimuli die Erfahrung der Präsenz, es muss also darauf geachtet werden, dass nur die Reize, welche der Wahrnehmung der virtuellen Umgebung dienen (beziehungsweise in der sogenannten Mixed-Reality das VR-Erlebnis unterstützen), den User erreichen. Wenn der User mit einem Head-Mounted-Display und Kopfhörern ausgerüstet ist, kann er immer noch durch Gerüche, Wind, einfallendes Sonnenlicht – Reize, die der VR-Erfahrung gegebenenfalls widersprechen – abgelenkt und die empfundene Präsenz geschmälert werden.

Damit Präsenz entsteht, müssen drei technische Elemente fehlerfrei ausgeführt werden: Tracking, Rendering, und die Darstellung. Tracking ist die permanente prozessuale Messung der Körperbewegungen in x-,y-, und z-Richtung sowie der Rotation des Kopfes des Users. Rendering meint die Realisierung (Simulation) der korrekten Klänge und Bildausschnitte für die neue Position des Users aus den Trackingdaten. (Es ist nicht möglich, alle erdenklichen Positionen im Vorhinein abzuspeichern, sondern sie werden in Echtzeit gerendert.) Die Darstellung schließlich ist das, was der User anstelle seiner physikalischen Umgebung sieht und hört. Dies alles sind aufwendige, datenintensive Prozesse, doch ist es von zentraler Bedeutung, dass jedes der Elemente eine möglichst niedrige Latenz aufweist.[40]

1.2.2 Körperlichkeit

Die Grundbeschaffenheit der Virtuellen Realität, ihre taktile Unerfahrbarkeit, macht es zu einer besonderen Herausforderung, den Körper des Users, der schließlich fundamental für die Selbstwahrnehmung des Menschen ist, in die virtuelle Umgebung einzubinden. Gleichzeitig besteht aber auch die Möglichkeit, durch die Linse des Mediums Virtuelle Realität den eigenen Körper auf eine andere, neue Art und Weise zu erfahren.[41]

Die Repräsentation des Körpers in der Virtuellen Realität ist in seiner Detailtreue ein komplexes Unterfangen, beispielsweise wenn es um die Bewegung einzelner Finger beim Spielen virtueller Instrumente geht, jedoch unterbricht das Fehlen einer visuellen

[40] Vgl. Bailenson (2018), S. 21–23.
[41] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 36.

Rückmeldung von Körperbewegungen das Gefühl der Präsenz.[42] Die meisten in der jüngeren Vergangenheit entstandenen VR-Erfahrungen beschränken sich auf die Repräsentation der Hände; die Bewegungen der Hände des Users werden mit entsprechenden Sensoren verfolgt und aufgezeichnet und in Echtzeit in Bewegungen der virtuellen Hände umgewandelt.[43] Die virtuelle Repräsentation entspricht im Allgemeinen nicht dem Aussehen der tatsächlichen Hände des Users (dies würde die technologischen Anforderungen weiter erhöhen) und kann mehr oder weniger realistisch oder abstrakt oder ikonisch sein, sollte jedoch in Hinsicht auf die Präzision möglicher Interaktionen adäquat gestaltet sein.[44] Inwiefern diese Hände (oder auch andere Körperteile) als die „eigenen" wahrgenommen werden, hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab, wie der Technologie-bedingten Latenz der Bewegungen und ob die virtuellen Hände dem Geschlecht und der Hautfarbe des Users entsprechen[45], und ist Gegenstand interdisziplinärer Untersuchungen[46].

1.3 Interaktion

In enger Kopplung mit der Immersion bietet die Virtuelle Realität dem User Gelegenheiten zur Interaktion mit der virtuellen Umgebung oder gegebenenfalls mit weiteren Usern; er erlebt die Virtuelle Realität nicht passiv, sondern kann aktiv sinnvoll auf sie einwirken.[47] Dies beginnt zum Beispiel mit einem 360°-Rundumblick, bei dem der User durch Bewegungen seines Kopfes den sichtbaren Ausschnitt der virtuellen Umgebung bestimmen kann, doch ist dies für eine interaktive Beziehung zwischen User und Umgebung nicht ausreichend: Er wäre zwar aktiv in die virtuelle Welt eingebunden, aber seine Handlungen hätten keine dauerhaften Konsequenzen. Um wirklich interaktiv zu sein, muss die virtuelle Welt auf die Handlungen des Users reagieren.[48] Dies ist

---

[42] Vgl. Serafin, Stefania et al. (2016). Virtual Reality Musical Instruments: State of the Art, Design Principles, and Future Directions, Computer Music Journal, **40**(3), S. 29.
[43] Vgl. Argelaguet, Ferran et al. (2016). The Role of Interaction in Virtual Embodiment: Effects of the Virtual Hand Representation, in IEEE Virtual Reality, S. 5.
[44] Vgl. Serafin et al. (2016), S. 29.
[45] Vgl. Argelaguet et al. (2016), S. 3.
[46] Vgl. Gonzalez-Franco, Mar et al. (2010). The Contribution of Real-Time Mirror Reflections of Motor Actions on Virtual Body Ownership in an Immersive Virtual Environment, in IEEE Virtual Reality, S. 111.
[47] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 36.
[48] Vgl. Ryan, Marie-Laure (1999). Immersion vs. Interactivity: Virtual Reality and Literary Theory, SubStance, **28**(2), S. 121

aufgrund der in Echtzeit simulierten Umgebung möglich, die sich damit von einem Video unterscheidet, das, einmal aufgenommen, theoretisch unendlich oft identisch wiedergegeben werden kann. Mit seinen Entscheidungen und Handlungen macht der User die VR-Erfahrung zu einem einzigartigen, einmaligen, persönlichen Erlebnis – er wird zum Protagonisten des Kunstwerks.

Damit ein hohes Immersionslevel durch die Möglichkeit, mit virtuellen Objekten zu interagieren, nicht verloren geht, ist es wichtig, dass eine gewisse Vorhersagbarkeit für die Auswirkungen potentieller Aktionen des Users besteht.[49]

Neben dem 360°-Rundumblick ist die Bewegung durch die virtuelle Umgebung durch tatsächliches, physisches Bewegen der Beine die vielleicht nächst offensichtliche Interaktion und wird mit ihr, zusammengefasst als Navigation, im folgenden Unterkapitel ausführlicher erläutert. Daneben werden die zwei weiteren grundlegenden Typen der Interaktion, die Selektion und die Manipulation, vorgestellt. Im Anschluss findet sich ein kurzer Einblick in die potentielle Interaktion zwischen mehreren Usern.

1.3.1 User ↔ Umgebung

1.3.1.1 Navigation

Die Navigation innerhalb der Virtuellen Realität ist ein zentrales, wenn auch nicht hinreichendes Kriterium für das Phänomen Virtuelle Realität. Sie umfasst die bereits angedeuteten zwei Teilbereiche Wegfindung und Bewegungskontrolle, wobei sich die Wegfindung auf den kognitiven Aspekt, der mit der visuellen und propriozeptiven Wahrnehmung der virtuellen Umgebung einhergeht, bezieht, und die Bewegungskontrolle die motorische Komponente, die aktive Positionierung und Orientierung im Raum, darstellt.[50] Um den User dazu zu befähigen, quasi wie alltäglich in der virtuellen Umgebung zu navigieren, sollte er dabei unterstützt werden, eine mentale Karte der Umgebung zu generieren, die sich an hervorstechenden Bezugspunkten im Raum (sogenannte Landmarken) orientiert. Dies geschieht durch ein „natürliches“ Sichtfeld, 3D-Darstellung, sowie multimodales Ansprechen unterschiedlicher Sinne.[51] Die Bewegung des Users, sowohl die der Beine als auch der Hände, und damit verbunden

[49] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 38.
[50] Vgl. Dörner, Ralf et al. (2013). Interaktionen in Virtuellen Welten, in Dörner, Ralf et al. (Hg.). Virtual und Augmented Reality (VR/AR). Berlin Heidelberg: Springer, S. 168–169.
[51] Vgl. ebd., S. 169.

seine Position im virtuellen Raum ist eine wichtige Voraussetzung für weitere Interaktionsmöglichkeiten wie beispielsweise die Manipulation. Wenn der User nicht an der richtigen Stelle ist, kann er auch nicht mit dem Objekt interagieren. Es liegt nahe, für die Bewegungskontrolle das physikalische Laufen zu verwenden und dieses mittels Sensoren aufzuzeichnen (so geschieht es auch in Michel van der Aa's *Eight*). Die tatsächliche Bewegung im Raum verlangt einen entsprechend großen physikalischen Raum, im Gegensatz zum Laufen auf der Stelle, geht aber mit einer erhöhten Präsenz einher.[52] Außerdem ist eine Übereinstimmung von physikalischer und virtueller Bewegung hier besonders wichtig, um die sogenannte Simulatorkrankheit zu verhindern.[53]

1.3.1.2 Selektion

Für die Interaktion in der Virtuellen Realität ist es grundlegend, dass der User einen Punkt (oder eine Fläche, ein Volumen) bestimmen, um beispielsweise dort ein virtuelles Objekt einzufügen, oder ein virtuelles Objekt auswählen, also selektieren kann, um es zum Beispiel zu bewegen.[54] Es gibt VR-Erfahrungen, bei denen für die Selektion ein Eingabegerät, wie eine 3D-Maus, verwendet wird, aber die natürlichste, wenn auch nicht die einfachste, Selektionstechnik ist die mittels einer virtuellen Hand. Über die Repräsentation des Körpers, und insbesondere der Hände, des Users wurde bereits in Kapitel 1.2.2 gesprochen und sie ist für diese Art der Selektion unerlässlich. Durch die direkte „Berührung" eines Objekts mit den virtuellen Händen kann auch semantischen Mehrdeutigkeiten vorgebeugt werden, die durch das ausschließliche Zeigen auf ein Objekt entstehen können.[55] Darüber hinaus ist eine visuelle Rückmeldung während des Selektionsprozesses wesentlich, sodass der User stets informiert ist, ob er ein Objekt und, falls ja, welches er ausgewählt hat, um so Verwirrungen vorzubeugen, die letztendlich zu einer verminderten Präsenz führen.[56]

---

[52] Vgl. Usoh, Martin et al. (1999). Walking > walking-in-place > flying, in virtual environments, Proc SIGGRAPH 1999, S. 362.
[53] Vgl. Bailenson (2018), S. 21–22.
[54] Vgl. Dörner et al. (2013), S. 160.
[55] Vgl. ebd., S. 161.
[56] Vgl. ebd., S. 161–163.

1.3.1.3 Manipulation

Nachdem der User ein virtuelles Objekt ausgewählt hat, kann er dessen Eigenschaften (auch Objektparameter genannt) wie zum Beispiel Ort und Orientierung im Raum, Größe, Form, Erscheinungsbild, etc. verändern. Die Manipulationen von virtuellen Objekten müssen dabei insbesondere nicht den Manipulationsmöglichkeiten physikalischer Objekte durch menschliche Interaktion entsprechen, sondern können „magische“ Ausmaße annehmen. Die Verformung und Skalierung virtueller Objekte sind beispielsweise auf einfache Weise möglich, wie sie mit physikalischen Objekten undenkbar wären.[57] Abhängig von der intendierten Anwendung ist es gegebenenfalls erstrebenswert, realitätsbezogene Manipulationstechniken zu unterstützen (zum Beispiel für Simulatoren oder Trainingsanwendungen), oder einzig in der Virtuellen Realität mögliche Interaktionen einzubinden.[58] Hierin steckt eines der großen Potentiale der Virtuellen Realität.

Dieser Logik folgend kann eine virtuelle Umgebung auch mit musikalischen Objekten gefüllt sein, deren optische Manipulation eine Veränderung der Audio-Umgebung bewirkt. Es können beispielsweise niedrigschwellige Interaktionen wie die Veränderung der Tonhöhe oder Dynamik durch Vergrößern beziehungsweise Verkleinern eines „Ton“-Blocks implementiert werden.[59]

1.3.2 User ↔ User

Neben vielen beeindruckenden Effekten, mit denen eine virtuelle Umgebung auf einen User reagieren kann, hält der VR-Forscher Jeremy Bailenson die soziale Dimension der Virtuellen Realität für ihre wichtigste Facette: In unserem Alltag – und besonders während der immer noch andauernden Corona-Pandemie – kommunizieren wir mittels digitaler Medien mit anderen Menschen, die jedoch keinerlei physische Interaktion mit diesen erlauben und es nicht einmal ermöglichen, richtigen Augenkontakt aufzunehmen.[60] Auch wenn der Fokus der meisten VR-Erfahrungen (noch) auf dem Einzelpersonenerlebnis liegt, bietet die Virtuelle Realität bisher nicht vorhandene Möglichkeiten, mit Menschen in Interaktion zu treten, die physisch/physikalisch weit entfernt

[57] Vgl. Dörner et al. (2013), S. 165–166.
[58] Vgl. ebd., S. 166.
[59] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 40.
[60] Vgl. Bailenson (2018), S. 198.

sein mögen. Dies wird nicht nur die Qualität virtueller Treffen durch die erlebte Präsenz erheblich verändern, sondern auch Auswirkungen auf unseren Lebensalltag und unsere Kommunikation und Interaktion mit Menschen in der physikalischen Realität haben.[61] Wenn Menschen zum Beispiel aus dem Homeoffice in einem dreidimensionalen virtuellen Raum zusammentreffen und sich beziehungsweise ihren Ebenbildern, ihren Avataren (im Gegensatz zur Videokonferenz werden bei diesen Meetings keine Live-Videos gesendet, sondern lediglich die Trackingdaten, sodass auf dem Empfängercomputer ein 3D-Avatar des Senders gerendert und dargestellt wird[62]) in die Augen sehen und, falls mehr als eine Person gleichzeitig spricht, einem bestimmten Redner durch die entsprechende Orientierung des Kopfes zuhören können, ist es denkbar, dass VR-Meetings traditionelle „Präsenztreffen" – Treffen in der physikalischen Realität – immer mehr ablösen werden (was trotz der Corona-Pandemie von Videokonferenzen eher nicht erwartet wird). Zudem sensibilisieren jene für die Komplexität der Körpersprache innerhalb einer Gruppe, während sie gleichzeitig die Erwartungshaltung an Treffen in der physikalischen Realität verändern werden, denn schließlich entspricht der Avatar nicht zwangsläufig der physikalischen Erscheinung einer Person.[63]

[61] Vgl. Bailenson (2018), S. 176.
[62] Vgl. ebd., S. 196.
[63] Vgl. ebd., S. 180, 199–200.

2. Kriterien für den Umgang mit Virtueller Realität in der kompositorischen Arbeit

Im Folgenden werden Kriterien vorgestellt, die ausgehend von den Grundvoraussetzungen der Virtuellen Realität und ihren Möglichkeiten einen reflektierten Umgang mit dieser begünstigen sollen. Diese Kriterien und die ihnen untergeordneten Prinzipien können Leitlinien bei der Komposition eines Werkes sein, welches eine Virtuelle Realität miteinbezieht beziehungsweise welches in einer virtuellen Umgebung stattfindet (eine einheitliche Bezeichnung wird sich hier noch durchsetzen müssen). Sie sind keine Gesetze und entbinden die Komponistin beziehungsweise den Komponisten nicht von der eigenständigen Reflexion des Mediums Virtuelle Realität.

2.1 Kriterium 1: Die auditive Ebene

Virtuelle Realität ist ein multimodales Medium, was bedeutet, dass mehrere Sinnesmodalitäten gleichzeitig angesprochen werden, von denen die visuelle und auditive herausstechen, wobei der visuelle Sinn oftmals als der dominante angesehen wird[64], weshalb es besonders wichtig ist, eine Balance zwischen allen Sinnesmodalitäten zu finden, keine zu präferieren, und sie insbesondere auch nicht voneinander getrennt zu betrachten. In unserem Alltag nehmen wir die Welt mit allen Sinnen gleichzeitig wahr (obwohl es möglich ist, seine Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Sinn zu konzentrieren, ist es nicht möglich, einen Sinn vollständig auszuschalten – selbst wenn wir die Augen schließen, detektieren sie Veränderungen in der Helligkeit) und so verhält es sich auch in einer Virtuellen Realität, die ihren Namen verdient. In einem Interview schildert Michel van der Aa zur Entstehung von *Eight* folgendes: „I always do it [audio and visuals] in parallel […] so that I know that they really interlock with each other and kind of extend each other."[65]

Da hier an potentielle musikalische Werke gedacht wird, sollen die Bedeutung der auditiven Ebene in der Virtuellen Realität betont und nachfolgend Prinzipien erläutert werden, die dies unterstützen.

---

[64] Vgl. Look first, https://www.mpg.de/8849014/hierarchy-senses.

[65] Siehe Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg, 21:19–21:40.

2.1.1 Prinzip 1.1: Dynamisch generierter Sound

Der Sound, die Musik, die Klänge sollten auf den User und seine Handlungen in der virtuellen Umgebung reagieren. Das bedeutet, der klingende Bestandteil des Werkes sollte nicht bloß aus einer Audiodatei bestehen, die linear abgespielt wird. Es ist gerade eine der Stärken der Virtuellen Realität, dass die „Zuschauerin"/der „Zuschauer" in den Mittelpunkt des Werks gestellt wird und ihre/seine Entscheidungen sich in Echtzeit auf die virtuelle Umgebung auswirken.[66] Der wahrgenommene Klang sollte dieses Gefühl unterstützen, beispielsweise durch einen Raumklang, der sich verändert, wenn der User den Kopf dreht oder sich bewegt und damit den Aufenthaltsort seiner Ohren ändert (siehe auch Prinzip 1.2). Handelt es sich bei dem Klang zum Beispiel um die Stimme einer virtuellen Person, so sollte die räumliche Relation des Users zu dieser Person sich auch im Klang widerspiegeln. Darüber hinaus ist es ebenso denkbar, dass der User mittels Gesten seiner Hände, die virtuell repräsentiert sind, musikalische Parameter manipuliert (siehe auch Prinzip 1.3), also beispielsweise die Tonhöhe von Klängen analog zum Theremin beeinflussen kann, und sogar die eigene Stimme des Users kann Teil des Werkes werden. Selbstverständlich muss ein Werk nicht alle dieser Möglichkeiten umsetzen, aber sie sollten zumindest beachtet und betrachtet werden.

2.1.2 Prinzip 1.2: Immersiver Sound

Das Gefühl der Präsenz ist *das* Besondere an der Virtuellen Realität und der Sound sollte so gestaltet sein, dass er dieses ermöglicht und bestärkt. Damit die virtuelle Umgebung auf der auditiven Ebene ähnlich authentisch wie die physikalische wahrgenommen wird, ist der Aspekt des Raumklangs von immenser Bedeutung.[67] Wie bereits unter Prinzip 1.1 angedeutet, wird die Immersion, welche schließlich die Präsenz ermöglicht, erhöht, indem die Klänge, die von virtuellen Objekten (virtuelle Personen eingeschlossen) ausgesandt werden, auch aus deren Richtung kommen. Anders gesagt verhindert eine Sounderfahrung, die nicht der alltäglichen entspricht, Präsenz oder bewirkt sogar Schlimmeres (siehe hierzu Prinzip 1.4). Mit Kopfhörern, also mit

[66] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 43.
[67] Vgl. ebd., S. 43.

Stereo-Sound, ist ein Raumklang nur bedingt möglich, obwohl durch unterschiedliche Lautstärken in jedem Ohr die Illusion, der Sound komme von verschiedenen Orten, geschaffen werden kann[68], also sollte die Überlegung, mehrere Lautsprecher an unterschiedlichen Orten im Raum zu verteilen, in Erwägung gezogen werden. Je nachdem, in welchem Kontext das Werk aufgeführt werden soll, sind Kopfhörer – logischerweise – vorzuziehen, vor allem, wenn das Werk für ein Publikum gedacht ist, welches die Virtuelle Realität von zuhause aus erlebt; die Variante mit einer großen Anzahl von Lautsprechern bietet sich für stationäre Installationen an.

2.1.3 Prinzip 1.3: Interaktiver Sound

Aufgrund der Möglichkeit, Sound dynamisch zu generieren, und der Eigenschaft, auf gestische Handlungen des Users zu reagieren, bietet die Virtuelle Realität dem User die besondere Gelegenheit zu Interaktionen, die musikalische beziehungsweise klangliche Konsequenzen haben. Dies kann sich beispielsweise in kreativer Auseinandersetzung mit virtuellen Instrumenten oder – allgemeiner – Interfaces äußern; der User kann, wie bereits unter 2.1.1 angedeutet, mittels Gesten Sound selbst erzeugen und manipulieren und so ein persönliches Werk kreieren. Aber auch einfache Berührungen virtueller Objekte, die Musik auslösen oder das Narrativ des Werks voranbringen, zählen zu diesen Interaktionen – durch sie wird der User der Lebendigkeit des Werkes gewahr. Abhängig davon, wie sinnvoll einzelne Interaktionen im konkreten Kontext des Werkes sind, ist zwischen dem freien Experimentieren mit Klängen (welches den User in gewissem Sinne zum Komponisten macht) und dem gezielten Einsatz bedeutungsvoller Interaktionen abzuwägen. Gleichzeitig ist zu beachten, dass komplexe Bewegungsabläufe wie das Spielen eines echten Musikinstruments ein hohes Maß an Präzision, Berührungssensitivität und -genauigkeit, sowie Geschicklichkeit des Users erfordern und deshalb nicht leicht zu implementieren sind.[69] Eine kritische Reflexion jeder Interaktionsmöglichkeit ist angeraten, da unvorhersehbare Auswirkungen gewohnter Handlungen das Gefühl der Präsenz vermindern und weniger komplexe Interaktionen gegebenenfalls eine größere Wirkung entfalten können.

---

[68] Vgl. Bailenson (2018), S. 221.
[69] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 44.

2.1.4 Prinzip 1.4: Kohärenz von Sound und Visuellem

Dieses Prinzip vereint bereits Genanntes und betont noch einmal die Wichtigkeit der Kohärenz des Sounds und allem, was der User auf der visuellen Ebene wahrnimmt. Nur wenn beide Ebenen sinnvoll aufeinander abgestimmt sind, wird der User sich präsent fühlen. (Als analoges Beispiel sei hier an ein Video einer Musikaufführung erinnert, bei dem Bild und Ton nicht synchron sind und das, was das Auge sieht, nicht mit der Hörerfahrung übereinstimmt.) In der Virtuellen Realität kann so eine Asynchronität (in der Gamingszene auch englisch Lag[70] genannt) schwerwiegende Folgen haben. (Dies wird später unter Prinzip 5.1 ausführlicher als Simulatorkrankheit beschrieben.) An dieser Stelle seien auch die „Quellen" der Klänge erwähnt, also beispielsweise die Stimme einer virtuellen Person, die im physikalischen Sinne selbstverständlich nicht die Quellen der Schallwellen sind (dies sind die Membranen der Kopfhörer oder Lautsprecher), dennoch sollte der Klang so programmiert sein, dass die Illusion entsteht, virtuelle Objekte würden Klänge aussenden, so wie man es von physikalischen Objekten erwartet. Dies ist insbesondere für solche Objekte von großer Bedeutung, die sogenannte diegetische Klänge produzieren, zum Beispiel raschelnde Blätter im Wind oder unter den Schritten des Users knarrende Platten eines Holzstegs. Diese Klänge müssen ebenfalls gewissenhaft komponiert und dynamisch gestaltet werden.

2.2 Kriterium 2: Das Medium

Nach dieser eingehenden Betrachtung der auditiven Modalität soll jetzt die ganzheitliche Erfahrung, welche das Medium Virtuelle Realität bietet, ins Visier genommen werden. Eines der wichtigsten Kriterien für die Arbeit mit jedem (neuen) Medium ist es, Dinge zu erschaffen, die ohne dieses Medium nicht möglich wären (dies kommt der Frage nach dem Warum wohl am nächsten). Für die Virtuelle Realität bedeutet dies im Besonderen, dass sie nicht nur ein 360°-Video ist oder ein Lautsprecherstück im dreidimensionalen Raum.

Erfahrungen in der Virtuellen Realität haben psychologische Effekte, die denen von Erfahrungen in der physikalischen Welt sehr stark ähneln, und wirken sich unmittelbar auf das Verhalten des Users und seines Körpers aus. Steht der User zum Beispiel in

[70] Verzögerungszeit (Latenz) zwischen Input des Users und visuellem oder auditivem Output.

der Virtuellen Realität auf einer schmalen Brücke hoch über dem Erdboden, wird er leicht in die Knie gehen und die Arme für eine bessere Balance zu den Seiten ausstrecken.[71] Und diese Erfahrungen sind, da die Virtuelle Realität nicht an die Gesetze der Physik gebunden ist, quasi unendlich in ihrer Anzahl.

2.2.1 Prinzip 2.1: Das (physikalisch) Unmögliche

Die Virtuelle Realität eröffnet die Möglichkeit, das (scheinbar) Unmögliche zu erschaffen. Gewiss hatte Derrida nicht die Virtuelle Realität im Sinn, aber wenn er sagt „Die einzige Möglichkeit der Erfindung ist die Erfindung des Unmöglichen“[72], könnte das nicht besser auf sie zutreffen. Um das Potential der Virtuellen Realität auszuschöpfen, muss das physikalisch Unmögliche realisiert werden.

Ein Beispiel hierfür sind neue, virtuelle physikalische Gesetze, wie das Fehlen von Gravitation, welches einzigartige (visuelle) Strukturen ermöglicht. Auch der gewissenhafte Einsatz von Teleportation, also die plötzliche Veränderung des Ortes ohne physikalisch kausalen Zusammenhang, gehört dazu. Darüber hinaus kann der User sich an Orten aufhalten, die ihm in der physikalischen Realität verwehrt wären, wie zum Beispiel im Weltraum, auf der Marsoberfläche, in der Tiefsee, im Bauch eines Wals, in einer schwingenden Saite, oder innerhalb eines abstrakten Objekts.

Neben den „natürlichen“ Interaktionen überschreiten sogenannte magische Interaktionen das Menschenmögliche und können, wenn ihre Handlungsaufforderung intuitiv ist und ihre Auswirkungen nicht willkürlich, sondern sinnvoll anmuten, wirkungs- und bedeutungsvoll eingesetzt werden. Zum Beispiel kann der User virtuelle Objekte bewegen, deren physikalische Äquivalente eine zu große träge Masse besäßen, oder die Größe von Objekten weit über seine eigene Körpergröße hinaus verändern – eine physikalisch unmögliche Interaktion. Diese magischen Interaktionen können mit der auditiven Modalität verknüpft werden, ohne physikalische Logik von Ursache und Wirkung, dafür mit intuitiver Kohärenz.[73]

---

[71] Vgl. Bailenson (2018), S. 3–4.
[72] Siehe Derrida, Jacques (2003). Eine gewisse unmögliche Möglichkeit, vom Ereignis zu sprechen, *übersetzt von* Lüdemann, Susanne, Merve: Berlin, S. 32
[73] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 45.

2.3 Kriterium 3: Tun (Aktion) und Sein (Reflexion)

In der Virtuellen Realität erfährt der User das Werk nicht ausschließlich durch Hinhören und Hinschauen – er ist nicht länger Zuhörer/Zuschauer –, sondern kann aktiv und absichtsvoll mit dem Werk interagieren. Diese beiden Zustände sind erstens das Tun, worunter das absichtsvolle Handeln, um ein intendiertes Resultat zu erzielen, verstanden wird (das „aktive Zuhören" fällt an dieser Stelle aus der Definition heraus, was für den Fokus dieser Arbeit jedoch nicht weiter schlimm ist), und zweitens das Sein, unsere Art, in der Welt um uns herum anwesend – „präsent" – zu sein. Während Tun eher daran ausgerichtet ist, ein Mittel zum Zweck zu sein, und einem externen Nutzen beziehungsweise einer externen Funktion dient, ist Sein ein Ziel in sich selbst, etwas sich selbst Genügendes, dessen Wert primär in seiner intrinsischen Wertigkeit liegt.[74] Sein richtet sich auch nach der Form oder Gestalt, wie ein Ding ist, im Gegensatz zu seiner Funktion[75], und beschreibt, wie wir in der Welt existieren und in sie hineinpassen.[76] Der Großteil bisheriger VR-Erfahrungen legt den Fokus, ausgehend von Videospielen, auf das Tun und vernachlässigt das Sein, dabei verfügt die Virtuelle Realität als immersives Medium auch über wirkungsvolle Einladungen zum Sein: In der Umgebung existierend, die visuellen und auditiven Eindrücke absorbierend, und seinen Platz in der virtuellen Welt findend, wird der User zur Selbstbeobachtung und Reflexion eingeladen.[77] Umgekehrt gibt es ebenso Werke, deren Interaktionsmöglichkeiten auf einen 360°-Rundumblick beschränkt sind und so das Potential des Users, das Werk aktiv mitzugestalten, nicht ausschöpfen. Durch eine Unterforderung kann sogar, analog zum Flow, das Gefühl der Präsenz verloren gehen.

Musik und insbesondere das Musizieren verbinden auf natürliche, inhärente Weise beide Zustände, indem sie einerseits eine Aktion, wie das Erzeugen von Klängen, verlangen, anderseits auch die (unmittelbare) Reflexion des Entstandenen. So bieten sie eine großartige Chance für eine gelungene VR-Erfahrung.

---

[74] Vgl. Wang, Ge (2018). Artful design: Technology in search of the sublime, Stanford, CA: Stanford University Press, S. 34.
[75] Vgl. ebd., S. 35.
[76] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 45.
[77] Vgl. ebd., S. 45.

2.3.1 Prinzip 3.1: Die Balance zwischen Tun und Sein

Die Virtuelle Realität als präzedenzloses Medium verlangt einen bedachten Umgang mit dem Dualismus Tun und Sein beziehungsweise – mit den Grundprinzipien der Virtuellen Realität ausgedrückt – Interaktion und Immersion. Zum einen braucht der User Zeit und Gelegenheit, die Eindrücke der Umgebung aufzunehmen, vor allem wenn er noch nicht mit der Virtuellen Realität vertraut ist, und zum anderen kann er in einzigartiger Weise handelnd auf das Werk einwirken.

Ein narrativer Kontext kann wirkungsvoll Übergänge zwischen Szenen durch eine Interaktion des Users schaffen, ohne die das Narrativ stagnieren würde, so kann der User die einzelnen Szenen in Ruhe erfassen und wird nicht durch eine Vielzahl von Interaktionsmöglichkeiten abgelenkt, und trotzdem ist er aktiv handelnd in das Werk eingebunden. Ein Schlüssel hierzu ist, dass das Werk nicht zu jedem Zeitpunkt gleich interaktiv sein muss. Eine gezielte Reduktion der Handlungsmöglichkeiten an bestimmten Punkten schafft Raum und Zeit für ein intensives Sein.[78] Da Tun und Sein beides essenzielle Bestandteile des Musizierens sind, ist es auch zu bedenken, inwiefern der User in dem Werk selbst Musik „machen“ kann.

Die empfundene Präsenz und die Verbindung des Users zu seinem virtuellen Körper sind auf komplexe Weise mit Tun und Sein verknüpft, sei es, wenn der User *ist* und sich selbst damit als ein Bestandteil der virtuellen Umgebung wahrnimmt, oder eine Interaktion, ausgelöst durch die virtuellen Hände des Users, die er so verstärkt als die eigenen auffasst.

2.4 Kriterium 4: Die Interaktion(en)

Die Interaktionen in der Virtuellen Realität definieren die Gesetze und Grenzen der Welt und sollten von Beginn an in den Kompositionsprozess integriert werden. Es gibt keine Universal-Interaktion und die passende Interaktion ist kontextuell von Raum, Zeit und (besonders schwierig) vom Individuum abhängig.[79] Unter Prinzip 3.1 wurde bereits beschrieben, dass die Anzahl der Interaktionen insgesamt und zu einem bestimmten Zeitpunkt gut abgewogen und eher beschränkt werden sollte. Dieses

[78] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 46–47.
[79] Vgl. ebd., S. 48.

Kriterium beschäftigt sich daher mit der Art und Weise, wie Interaktionen gestaltet sein können.

2.4.1 Prinzip 4.1: Multimodalität

Menschen interagieren (gleichzeitig) mittels mehrerer Sinnesmodalitäten mit der physikalischen Welt. Wir sehen, hören, atmen, fühlen (taktil/haptisch), etc. und tun dies alles zur selben Zeit. Es erscheint sinnvoll, sich diese Bandbreite für die Gestaltung von Interaktionen in der Virtuellen Realität nicht nur bewusst zu machen, sondern auch zum Vorteil. Und auch eine multimodale Gestaltung der Rückmeldung der erfolgreichen Interaktion an den User bereichert die Erfahrung, zum Beispiel eine Geste der virtuellen Hände, die sowohl eine klangliche als auch eine visuelle Veränderung bewirkt.[80]

2.4.2 Prinzip 4.2: Immersion beibehalten

Um die Immersion und das Gefühl der Präsenz während einer Interaktion nicht zu verlieren, sind drei Dinge zu beachten. Einerseits brauchen die Interaktionen Zeit und Raum, um ihre Wirkung zu entfalten, also bieten sich vor allem langsame Interaktionen, die eher einen graduellen als einen instantanen Effekt haben, an, wie beispielsweise das allmähliche Crescendo oder Decrescendo des Sounds durch eine bestimmte Geste – so wird eine Synthese von Tun und Sein geschaffen.[81] Andererseits ist wichtig, dass nicht nur die Anzahl der Interaktionsmöglichkeiten sinnvoll begrenzt und die Gefahr, dass der User unwillkürlich Interaktionen auslöst, minimiert wird, sondern auch gezielt auf Interaktionsmöglichkeiten hingewiesen wird, sei es durch klangliche Signale, wie Stille, oder visuelle Zeichen, wie das Leuchten eines virtuellen Objekts, welche sich auf „natürliche“ Weise in die virtuelle Umgebung integrieren.

2.5 Kriterium 5: Der User

Zum Schluss das vielleicht wichtigste Kriterium: der User. Die Virtuelle Realität ist ein neuartiges Medium, welches erst ein sehr geringer Prozentsatz der Bevölkerung erlebt

[80] Vgl. Atherton & Wang (2020), S. 48–49.
[81] Vgl. ebd., S. 49.

hat, weshalb nicht von Vorerfahrungen des Users in dem Medium ausgegangen werden kann. Da VR-Erlebnisse ähnliche psychologische Effekte haben wie Erlebnisse in der physikalischen Welt, sollten unbedingt Prinzipien betrachtet werden, was und wie viel dem User zugemutet werden kann. Zwei der drei Leitsätze für die Gestaltung von Inhalt für die Virtuelle Realität, die der VR-Forscher Jeremy Bailenson nennt, beziehen sich auf den User, was die Wichtigkeit dieses Kriteriums unterstreicht. Der dritte Leitsatz ist in Kriterium 2: Das Medium unter Prinzip 2.1: Das (physikalisch) Unmögliche enthalten.[82]

2.5.1 Prinzip 5.1: Das Wohlbefinden des Users

Es mag ein wenig trivial und von der Kompositionspraxis entfernt klingen, sich um das Wohl des Zuschauers und in diesem Falle des Users zu sorgen, aber im Umgang mit der Virtuellen Realität ist die Gefahr ernsthafter physischer Auswirkungen unvergleichlich größer als zum Beispiel beim Video. Ist die virtuelle Umgebung nicht sorgfältig gestaltet und programmiert und entstehen sogenannte Lags aufgrund einer zu geringen Bildrate (bei VR sind heute etwa 90 Bilder pro Sekunde üblich; im Vergleich dazu besitzt das Video eine Bildrate von 24 bis 48 Bildern pro Sekunde), können User die Simulatorkrankheit erfahren, die sich unter anderem durch Kopfschmerzen, Schwindel, und Übelkeit äußert und zu starken Gleichgewichtsstörungen auch längere Zeit nach dem VR-Erlebnis führen kann.[83] Hier gilt auch zu beachten, dass eine komplexe und detaillierte Szene, die für eine Bildrate von 90 Bildern pro Sekunde komponiert wurde, von einem anderen und insbesondere älteren Computer nicht realisiert werden kann und die Bildrate automatisch reduziert wird, was direkt zu einem Lag führt. Dies ist von zentraler Bedeutung für eine nicht-zentrale Installation, sondern VR-Erfahrung, welche der User von zuhause aus erleben kann. Es gilt, die Komplexität und den Detailreichtum eher zu reduzieren, um eine hohe Bildrate zu garantieren.[84]

Des Weiteren werden die Augen des Users durch das Head-Mounted-Displays, welches schließlich zwei Displays umfasst, die sich sehr nahe an den Augen befinden und es darüber hinaus unmöglich machen, selbstständig ein Objekt zu fokussieren,

[82] Vgl. Bailenson (2018), S. 250–258.
[83] Vgl. ebd., S. 253–254.
[84] Vgl. ebd., S. 68–69.

stark beansprucht, weshalb die Gesamtdauer der VR-Erfahrung kurzgehalten werden und 20 Minuten nicht überschreiten sollte.[85]

Ähnliche Vorsicht ist angeraten, wenn das Werk extensive Bewegung beinhaltet. Abhängig davon, wie die physikalische Umgebung gestaltet ist, ob es eine größere, freie Fläche oder ein kleiner Raum ist und ob sich physikalische Objekte in diesem Raum befinden (Wände gibt es immer), kann es gegebenenfalls zu Unfällen kommen. Alleine das Hinsetzen und Wiederaufstehen mit dem Head-Mounted-Display ist keine Selbstverständlichkeit, da diese Bewegungen stark an den Gleichgewichtssinn gekoppelt sind und schwierig zu vollziehen, wenn die visuelle Ebene nicht im Einklang damit steht.

2.5.2 Prinzip 5.2: Fokus auf Weniges

Die quasi unerschöpflichen Möglichkeiten, die die Virtuelle Realität bietet, sind verlockend, doch sie bieten auch die Gefahr, Werke zu erschaffen, die in ihrer Komplexität den User schnell überfordern. Dies kann beispielsweise der visuelle Detailreichtum der virtuellen Umgebung verbunden mit einer komplex strukturierten Musik sein, sodass der User, selbst wenn er offen und aufmerksam das Werk perzipiert, aufgrund der Reizüberflutung dazu tendieren wird, Dinge auszublenden, für die die Komponistin/der Komponist eine beachtliche Zeit in der Gestaltung aufgewandt hat. (An dieser Stelle sei wieder an die Präsenz und den Flow erinnert, welcher nur auftreten kann, wenn der User weder unterfordert noch überfordert ist.) Auch die inhaltliche Gestaltung sollte sich tendenziell an einer Fokussierung auf Weniges orientieren, beispielsweise auf wenige Szenen und musikalische Strukturen, die wirkungsvoll mit diesen verknüpft sind. Hier ist ebenso anzumerken, dass Bewegungen zur Sicherheit des Users eher langsam vollführt werden sollten und auf eine Bewegung des Sichtfelds ohne Bewegung des Users verzichtet werden und diese nur in Ausnahmefällen Verwendung finden sollte. Da VR-Erfahrungen intensiv – emotional einnehmend, die Wahrnehmung erschütternd, und psychologisch überwältigend – sind, reichen wenige Minuten, zur Sicherheit des Users und Unvergesslichkeit des Erlebnisses, oft aus.[86]

---

[85] Vgl. Bailenson (2018), S. 67–69.
[86] Vgl. ebd., S. 258.

3. *Eight* (Michel van der Aa, 2018–19)

An dieser Stelle folgt eine Beschreibung und Analyse von Michel van der Aa's VR-Installation *Eight*, die 2019 ihre Premiere und im September 2020 ihre deutsche Uraufführung feierte. Für die Erschaffung der virtuellen Umgebung arbeitete van der Aa mit The Virtual Dutch Men und für die Designgestaltung mit Theun Mosk zusammen.[87] Da ein Großteil der Installation aus elektronischer Musik und 360°-Soundscape besteht, existiert keine traditionelle Partitur[88], auf die sich während der Analyse gestützt werden kann. Vor dem Hintergrund, dass es sich bei *Eight* um eine individuell einzigartige Erfahrung handelt, werden hierfür unter anderem die persönlichen Eindrücke des Autors herangezogen.

3.1 Prämisse

Eight ist eine fünfzehnminütige VR-Installation mit einem Mixed-Reality-Anteil, das bedeutet, es gibt physikalische elastische Wände, die der User während der Installation berühren kann und an denen sie/er sich taktil orientieren kann, sowie ein stationäres Geländer, an dem sich der User in zwei Szenen festhalten kann, falls er durch seine erhöhte virtuelle Position so etwas wie Höhenangst empfinden sollte (in Abbildung 2 sind sowohl ein Teil der Wände als auch das Geländer zu sehen, die selbstverständlich auch virtuell abgebildet sind; notabene ist das Stück für Menschen, die an ernster Höhenangst, Klaustrophobie, Epilepsie, oder Herzkrankheiten leiden, nicht empfohlen[89]). Neben der Elektronik, die für den Soundtrack und die 360°-Soundscape zum Einsatz kommt, ist *Eight* für Mezzosopran, Sopran (Kind), eine Schauspielerin, und SATB-Chor komponiert.

Die „Zuschauerin"/der „Zuschauer" betritt ein abgedunkeltes Zelt und befindet sich in einem schwarzen Raum, in dem nur ein weißer, leicht gekrümmter Korridor zu sehen ist. Nachdem sie/er das Head-Mounted-Display und Kopfhörer aufgesetzt hat, sind der Raum und der Korridor immer noch da, doch jetzt schwebt der Titel des Stücks „eight" auf Augenhöhe, durch den die „Zuschauerin"/der „Zuschauer" – ab jetzt User

[87] Vgl. Van der Aa, Michel – Website (*Eight*), https://www.vanderaa.net/eight.
[88] Vgl. hierzu eine E-Mail des Komponisten an den Autor dieser Arbeit (Anhang).
[89] Vgl. Van der Aa, Michel – Website (*Eight*), https://www.vanderaa.net/eight.

– nach einer kurzen Einführung zur Virtuellen Realität über die Kopfhörer, bei der der User auch zum ersten Mal seine virtuellen Hände sieht und bewegt, hindurchtritt. Das Stück beginnt.

Eight erzählt die Lebensgeschichte einer Frau in umgekehrter chronologischer Reihenfolge. Zu Beginn trifft der User auf eine ältere Frau, die sie/ihn mit einer Handbewegung einlädt, ihr in den Korridor zu folgen. Bereits hier kann der User mit den Wänden des Korridors interagieren, indem er sie „berührt“ – ähnlich wie die ältere (virtuelle) Frau es vormacht –, wobei er die physikalischen elastischen Wänden mit seinen physikalischen Händen spürt und die Auswirkungen seiner Berührungen visuell wahrnimmt. Die Musik befindet sich zu diesem Zeitpunkt noch subtil im Hintergrund und die Schritte der Frau (oder die eigenen?) sind zu hören. Im Korridor angekommen, erwartet den User ein jüngeres Selbst der Frau, dem er durch ein Portal in eine Höhle folgt, in der die unendlichen Weiten des Weltraums enthalten sind. Sterne funkeln und größere Felsen schweben auf unnatürliche Weise in der Luft. Auf einem dieser Felsen, ungefähr fünf Meter schräg unterhalb des Users, steht die Frau winkend und beginnt schließlich zu singen, wenn der User sie entdeckt und den Blick zu ihr gewendet hat. Ihr Gesang wird von elektronischen Synthesizer-Klängen und einem unsichtbaren Chor begleitet, während der User die Gelegenheit besitzt, sich an dem Geländer festhaltend, die Weite und Tiefe dieses unmöglichen Raums zu bestaunen und zu erkunden. Sobald der Gesang verklingt und der User sich umsieht, wie es weitergeht, fällt sein Blick auf eine Höhlenwand aus leuchtenden Steinen in der Richtung, aus der er gekommen ist. Berührt der User die virtuellen Steine für einige Sekunden (und „drückt mit ganzer Kraft gegen sie“), fliegen die Steine in alle Richtungen davon und er befindet sich wieder im Korridor und folgt erneut der jungen Frau. Aus der Tiefe des Soundtracks beginnen sich die Stimmen des Chors herauszukristallisieren und dunkle menschliche Schemen sind auf und „hinter“ den weißen Wänden des Korridors zu sehen, die sich langsam auf den User und seine Begleitung hinzu zu bewegen scheinen. Durch ein weiteres Portal gelangen beide auf ein hoch gelegenes Bergplateau, unter dem sich, so weit das Auge reicht, Wiesen und Wälder erstrecken (vergleiche hierzu auch Abbildung 2). Zum zweiten Mal beginnt die Frau zu singen, während der User sich für den Moment am Geländer festhalten und in aller Ruhe die Eindrücke auf sich wirken lassen kann. In unmittelbarer Nähe dieses Aussichtspunktes steht eine

ausgeschaltete alte Lampe, deren Umrisse, ähnlich wie vorher die Steine, schimmern. Wenn der User die Lampe berührt, schaltet er sie ein und die restliche Umgebung versinkt in Dunkelheit, aus der langsam ein nächtlicher Wald, welcher von Mondlicht erhellt wird, sichtbar wird (vergleiche Abbildung 3). Dort wartet ein junges Mädchen (möglicherweise acht Jahre alt) und die ältere Frau vom Beginn der Installation wirft ein rotes Tuch über einen Tisch. Das Mädchen, offenbar in Furcht vor der dunklen Umgebung, hebt das Tuch an, kriecht unter den Tisch, und bedeutet dem User, es ihr gleichzutun und sich zu ihr zu setzen. Erst wenn der User dieser Aufforderung nachkommt und sich zu dem Mädchen auf den Boden setzt, lässt sie das Tuch fallen und der User ist von rotem Stoff, durch den gerade noch ausreichend Licht fällt, um das Mädchen gut zu erkennen, umgeben. Jetzt singt das Mädchen, ohne Begleitung, der Soundtrack rückt noch weiter in den Hintergrund. Als sie aufhört, ist nicht nur sie, sondern auch der Tisch und der Wald verschwunden. Der User steht vorsichtig auf und sieht nun einen scheinbar endlosen Holzsteg, der unter seinen Schritten knarrt, und unzählige winzige, rot leuchtende Flocken, die in allen Dimensionen, ja sogar unter dem Holzsteg schweben. Die Illusion ist so eindrucksvoll, dass der User sich zwar über den Rand des Stegs beugt, um darunter zu sehen, aber nicht traut, den Steg mit ihren/seinen Füßen zu verlassen. Lässt der User den Steg schlussendlich hinter sich und kehrt zurück in den Korridor, ist das Stück an seinem Ende angelangt.

Abbildung 3: Screenshot aus *Eight*. Der dunkle Wald erscheint, nachdem der User durch eine Berührung die in Abbildung 2 sichtbare Lampe eingeschaltet hat. Anschließend betritt ein junges Mädchen die Szene und bedeutet dem User mit einer Handbewegung sich mit ihm unter einem Tisch mit übergroßer roter Tischdecke zu verstecken.

3.2 Analyse

Hier folgt eine Analyse von *Eight* anhand der in Kapitel 2 dargestellten Kriterien und Prinzipen. Dabei wird die Reihenfolge dieser der Übersichtlichkeit halber in etwa eingehalten, aber auch Brücken zwischen den Prinzipien geschlagen.

Die auditive Ebene in *Eight* ist zum einen subtil, zum anderen klar und fokussiert gestaltet. Genauer betrachtet, besteht sie aus drei Ebenen: 1) die Grundierung, der elektronische Soundtrack, gelegentlich durch den Chor verstärkt deutlicher hervortretend, 2) die Umgebungsgeräusche, wie die knarrenden Schritte des Users, abhängig vom Ort und der Bewegung des Users, und 3) der Gesang der jungen Frau beziehungsweise des Mädchens. Der gesamte Sound wird dem User über Stereo-Kopfhörer vermittelt, die zwar in ihrer räumlichen Differenziertheit nicht an im Raum verteilte Lautsprecher heranreichen, dafür aber die Geräusche der Außenwelt (wie Verkehrslärm) besser, ja sogar vollständig ausblenden. Die „diegetischen“ Klänge der virtuellen Umgebung, wie das eindrucksvolle Knarren des Holzstegs, wenn, und genau dann, wenn der User über ihn hinüberschreitet, und auch der Gesang der Frau, der direkt von ihrem virtuellen Körper zu kommen scheint, sind Kennzeichen für die ausgeprägte dynamische Gestaltung des Sounds. Die Veränderungen des Soundtracks beziehungsweise der 360°-Soundscape sind subtiler, aber letztere erzeugt eine beeindruckende Tiefe, die sich natürlich anfühlt, zu keinem Zeitpunkt überfordernd wirkt, und das Gefühl der Präsenz unterstützt. Eine direkte Interaktion mit den Klängen ist dem User nicht möglich (die Bewegung über den Holzsteg sei hier ausgeschlossen), er kann den Sound nicht, wie unter Prinzip 1.3 beschrieben, manipulieren, aber seine Interaktionen wirken sich auf das Narrativ aus, sie aktivieren dadurch auch Klänge, insbesondere den Gesang der Frau. Die möglichen Interaktionen sind stets intuitiv, zum Beispiel das Einschalten der Lampe, und vermitteln eine lebendige und natürliche Welt, und nicht alle Interaktionen sind zwingend notwendig, damit das Werk voranschreitet (dies sind neben dem Laufen durch den Raum: das Wegschieben der Steine, das Einschalten der Lampe, und das Kriechen unter den Tisch; die Interaktion und Verformung der Wände ist optional und hat keinen Einfluss auf den Ausgang des Werks). Insgesamt ist die Verschränkung von Sound und der visuellen Ebene sehr groß und gut abgestimmt, weshalb die fehlende Möglichkeit, den Sound als User aktiv mitzugestalten, nicht als Defizit auffällt.

Selbst wenn Michel van der Aa's Gedanken zu dem Werk nicht aus Interviews bekannt sind, wird sehr schnell klar, dass der Inhalt von *Eight*, die dahinterstehende Idee, und die Virtuelle Realität als Medium unmittelbar miteinander verknüpft sind. Es ist offenkundig: Ohne VR wäre ein Werk wie *Eight* unmöglich. Spätestens wenn der User nach dem eher minimalistischen Beginn in dem weißen Korridor die unendliche Weite des dunklen, von Sternen punktuell erhellten (Welt)Raums erblickt, scheint das Unmögliche möglich. Dazu gehören auch die Wechsel zwischen den verschiedenen Orten, die jeder physikalischen Logik entbehren, aber eine eigene Art von Konsistenz besitzen (von der Höhle geht es nach draußen auf die Spitze eines Bergs und von dort in einen Wald, welcher möglicherweise vom Berg aus zu sehen war). Außerdem sind alle Orte auf ihre je eigene Weise durch den Korridor miteinander verbunden. Dadurch, dass der Korridor gekrümmt ist und eine 180°-Drehung vollführt (vergleiche hierzu Abbildung 4), bewegt der User sich unbewusst ständig im Kreis und es erweckt den Eindruck, er könne trotz des begrenzten Raumes eine unfassbare Weite „zu Fuß" erkunden, obwohl die Fläche der Installation gerade einmal sieben mal sieben Meter, also 49m^2 umfasst.[90] Wenn in der Höhle die Steine auf den User zukommen, drehen sie

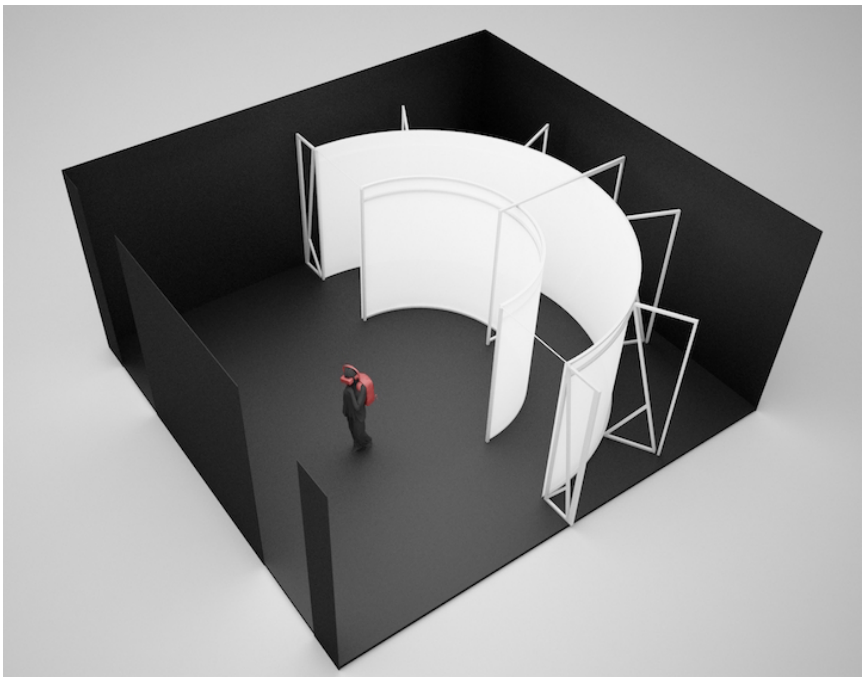


Abbildung 4: Entwurfsskizze von *Eight*. Gut zu erkennen ist der gekrümmte weiße Korridor und der ansonsten leere schwarze Raum (das Geländer zum Festhalten ist nicht abgebildet). Während der Installation läuft der User mehrmals im Kreis beziehungsweise dreht sich und geht in die andere Richtung.

[90] Vgl. Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg, 10:52–10:57.

sich und offenbaren so ihre flache, zweidimensionale Gestalt, welche ausschließlich in einer virtuellen Welt möglich ist, und regen den User explizit dazu an, über die Realität dessen, was er sieht, nachzusinnen.[91]

Die Interaktionen fühlen sich natürlich an, sind in ihren Ausmaßen jedoch magisch: In der physikalischen Realität wäre es dem User unmöglich, die Steine der Höhlenwand zur Seite zu schieben, und dass durch das Einschalten der Lampe die restliche Umgebung dunkel wird, entspricht keiner physikalischen Logik, doch fügt es sich organisch in die Struktur des Werkes ein, ohne den User zu sehr zu überraschen und die Präsenz zu mindern.

Von Beginn an wird der User eingeladen, die virtuelle Umgebung zum Teil spielerisch zu entdecken. Seine virtuellen Hände und die „simplen" Interaktionen mit den Wänden des Korridors, die durch die tatsächliche taktile Erfahrung des elastischen Materials verstärkt werden, helfen dem User, in der virtuellen Welt anzukommen und die Gesetze und Möglichkeiten, wie Navigation und Interaktion, ungezwungen und spielerisch kennenzulernen. Bei allen Interaktionen gibt das Werk dem User genügend Zeit, die Interaktionsmöglichkeit zu erkennen und in ihrem/seinem eigenen Tempo auszuführen, und darüber hinaus gezielte Hinweise, welche Interaktion zu einem gewissen Zeitpunkt möglich – und in gewisser Weise auch erforderlich – ist. Nicht nur sind die Interaktionen in ihrer Anzahl in sinnvoller Weise begrenzt und lassen so dem User ausreichend Zeit und Raum, die Eindrücke der virtuellen Umgebung bewusst wahrzunehmen, sondern die ruhige Art und Weise, wie sie gestaltet sind, schafft eine Verbindung zwischen User und Welt. Außerdem sind sie an entscheidenden Knotenpunkten des Narrativs platziert, sodass das Werk nur funktioniert, wenn der User die Interaktion ausführt und in die Welt eingreift. An diesen Stellen wird der User besonders deutlich als Protagonist des Werks hervorgehoben – ohne ihn gäbe es das Werk in diesem Sinne nicht.

So wie das junge Mädchen unter dem Tisch den User nicht aus den Augen lässt und ins Zentrum seiner Aufmerksamkeit stellt, ist *Eight* nuanciert für den User gestaltet. In einem Interview berichtet Michel van der Aa, wie die Wirkung der Bildauflösung der virtuellen Personen in „Feldversuchen" analysiert wurde. Dabei stellte sich heraus,

[91] Vgl. Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg, 12:55–13:17.

dass die hochauflösenden, quasi ebenbildlichen Personen dem Testpublikum weniger real erschienen (oder möglicherweise auch zu real) aufgrund ihrer realistischen Darstellung als dieselben Personen, mit einer geringeren Auflösung abgebildet. Die finale Version, die in schwarz und weiß, teilweise transparent, und mit gelegentlichen Glit-

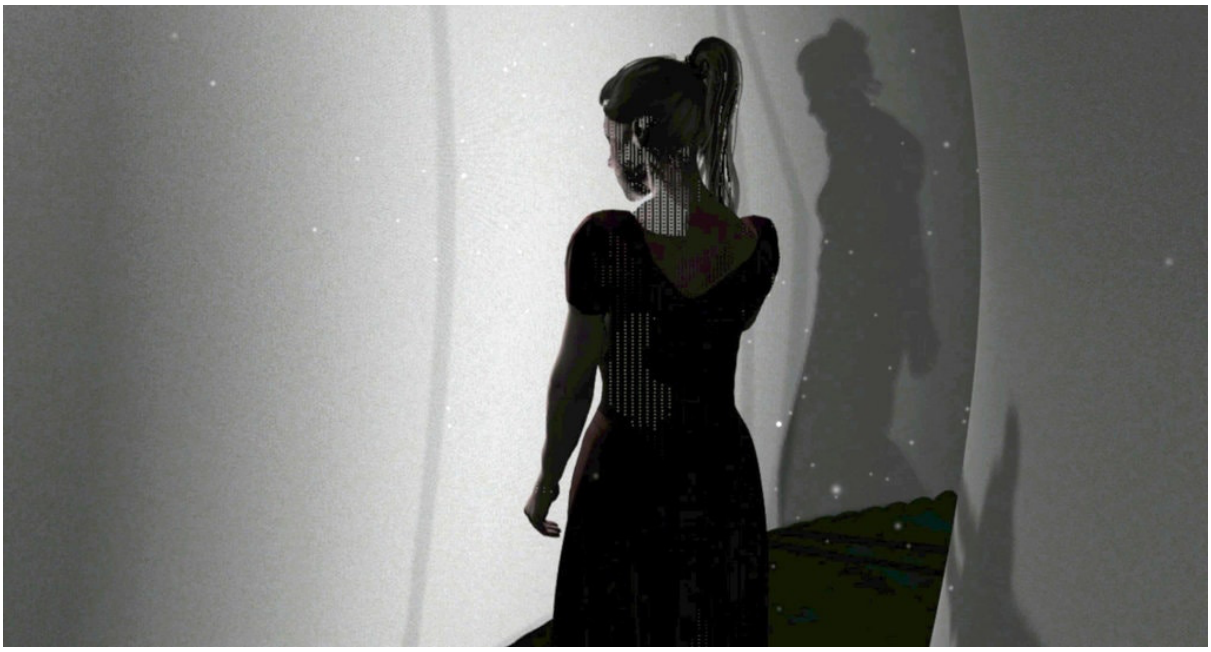


Abbildung 5: Dieser „Screenshot“ aus *Eight* zeigt die junge Frau, welcher der User durch die Installation folgt und deren zum Teil transparente Darstellung hier besonders gut zu erkennen ist. Die virtuellen weißen Wände des Korridors entsprechen dem physikalischen Korridor, den der User vor (oder zu?) Beginn der Installation kurz sieht, und verwischen so noch mehr beide Welten miteinander.

ches[92] (vergleiche Abbildung 5) wie die Erinnerung an die Person oder eine Videoaufzeichnung selbiger anmutet, verschmilzt stärker mit der Umgebung und wird vermutlich deshalb eher als real empfunden und vereinfacht so den Aufbau einer Beziehung zwischen User und virtueller Person.[93]

Ähnliches Augenmerk auf dem User und seiner begrenzten Fähigkeit, nur eine bestimmte Menge an Informationen gleichzeitig aufnehmen zu können, liegt auch in der Musik von *Eight*. Genauso wie die visuelle Ebene dem User Zeit und Raum geben muss, seine Aufmerksamkeit (auch) der Musik zuzuwenden, sollte die Musik genügend Freiraum enthalten, um die Balance aufrechtzuerhalten. Van der Aa schildert, dass er die Komplexität der musikalischen Strukturen im Verlauf des Kompositionsprozesses und nach Tests mit einem „Publikum“ reduziert und in gewisser Weise

[92] (Kurzzeitiger) Bildfehler, wie zum Beispiel ein Pixelfehler.
[93] Vgl. Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg, 13:29–14:26.

destilliert hat.[94] Auch wenn der Großteil der Klänge elektronischer Natur ist, stechen die von der Frau gesungenen und vom Chor begleiteten Lieder, die sich eher im Indie-Pop-Bereich von Michel van der Aa's musikalischer Sprache ansiedeln lassen (und so an seinen digitalen, interaktiven Liederzyklus *The Book of Sand* erinnern[95]) im Gegensatz zu seinen komplexeren Opern/Musiktheatern[96], hervor, und in ihnen wird der Prozess der Destillation besonders deutlich, denn sie zeichnen sich durch einen transparenten Charakter aus, welcher der transparenten Darstellung der Frau selbst ähnelt. Gut zu erkennen, ist dies zu Beginn des *Mirrors at night* betitelten Liedes, bei dem die Stimmen des Chors überwiegend nacheinander einsetzen – und so die Transparenz der Einzelstimmen gewährleisten – und außerdem häufig sogar nur drei der vier Chorstimmen gleichzeitig erklingen. Daneben schwebt die Solo-Mezzosopranstimme („darüber" lässt sich nicht sagen, da sie häufig unterhalb des Soprans liegt), die melodisch, aber vor allem rhythmisch sehr frei ist. Aufgrund des wiederholten Einsatzes von Triolen in der Solostimme, scheint diese sich in ihrer eigenen Zeit zu befinden, losgelöst von der geraden Rhythmik im Chor. Darüber hinaus lassen die in allen Stimmen unregelmäßig auftretenden, auskomponierten Accelerandi und Ritardandi jegliches Gefühl für etwas wie Metrum verschwinden und eröffnen dem User einen scheinbar zeitlosen (= ewigen = unendlichen) Raum. Die wenigen Harmonien, die sich aus dem ständigen Auf- und Abtauchen der Chorstimmen oft nur sehr kurz herauskristallisieren, sind vor allem Drei- oder Viertoncluster, welche meist aus einer Kombination von Halb- und Ganztönen bestehen, die aber aufgrund ihrer Flexibilität, was die Lage betrifft – mal engere, mal weitere Lage –, nie einem undurchdringlichen Klangteppich gleichen, sondern den schwebenden Charakter unterstützen (vergleiche hierzu den Partituraussschnitt im Anhang). Die auf Werken von Borges, Lorca, Pessoa, Whitman, und Tarkowski basierenden und vom Komponisten selbst verfassten Texte bleiben derart abstrakt, dass sie sich der Freiheit, die der nicht-sprachliche Teil der virtuellen Umgebung dem User in seiner Exploration und Bedeutungsfindung bietet, angleichen.[97]

---

[94] Vgl. Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg, 19:36–20:11.
[95] Vgl. Van der Aa, Michel – *The Book of Sand*, http://thebookofsand.net/.
[96] Vgl. Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg, 20:14–20:20.
[97] Vgl. Van der Aa, Michel – Website (*Eight*), https://www.vanderaa.net/eight.

3.3 Kommentar

Eight – 8 – ∞ – Unendlichkeit. Das Thema ist wie geschaffen für die Virtuelle Realität und umgekehrt ist die Virtuelle Realität das ideale Medium für diese Thematik. Michel van der Aa gelingt hier ein Werk, welches fünf Jahre zuvor aus verschiedenen Gründen nicht einmal möglich gewesen wäre, und verbindet auf geschickte Weise Form – das Medium – und den Inhalt, sodass die Virtuelle Realität nicht, wie leider (noch) zu oft (gleiches gilt für andere digitale Medien), zum bloßen Gimmick wird. *Eight* unterscheidet sich in profunder Weise von einem digitalen Konzert und selbst von einem Konzert in der Virtuellen Realität, in dem der User – hier dann wieder mehr Zuschauerin/Zuschauer – das Orchester vom Dirigentenpult erleben kann. Seine Interaktivität ist seine große Stärke und sie macht die Zuschauerin/den Zuschauer auf eine völlig neue und einzigartige Weise zum Protagonisten – zum User –, sodass die persönliche, individuelle Verbindung zum Werk, zu seinen Figuren und seiner Umgebung, und dem User selbst ebenso einzig- und neuartig ermöglicht wird und noch lange nach dem Erleben des Werkes nachklingt. Die fünfzehn Minuten, die der User mit – oder vielleicht besser: innerhalb von – *Eight* verbringt, fühlen sich weder zu kurz noch zu lang an und scheinen wohlüberlegt gewählt zu sein. Erhöhte Positionen und weite oder beengte Räume sind dramaturgische Werkzeuge, die ihre komplette Wirkung erst durch die Virtuelle Realität entfalten, die letztendlich auch ein Werkzeug bleibt („[it's] a tuba in the orchestra"[98], wie der Komponist sagt) und nicht inhaltlich selbst im Vordergrund steht.

So wie Worte nur eine fragmentarische Vorstellung eines „traditionellen" Musikstücks in den Köpfen der Lesenden hervorrufen können, so gilt dies in viel größerem Maße für ein musikalisches Kunstwerk in der Virtuellen Realität. Eine andere, neue Welt zu betreten, die der physikalischen Welt unseres Alltags in vielen Eigenschaften verblüffend ähnelt und in einigen diese über das „Natürliche" hinaus erweitert und auf uns, die „Zuschauerin", die „Beobachterin", reagiert, kann in kühnen Fantasien zum Leben erwachen, und dennoch ist die Intensität des Erlebnisses in der Virtuellen Realität nur durch die persönliche Erfahrung nachzuempfinden. An dieser Stelle kann den

[98] Vgl. Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg, 33:20–33:40

Lesenden nur empfohlen werden, diesen „Durchbruch“ in der klassischen Musik[99] bei nächster Gelegenheit selbst zu erleben.

[99] Vgl. Barone, Joshua (2019). ‘Eight’ Is a Breakthrough for Virtual Reality in Classical Music, https://www.nytimes.com/2019/07/05/arts/music/michel-van-der-aa-eight.html.

Fazit

Die Virtuelle Realität bietet noch nie dagewesene (musikalische) Möglichkeiten und verlangt deshalb einen besonders achtsamen und reflektierten Umgang. Eine Komposition, die ihr Publikum eine neuartige, virtuelle Welt erleben lässt, kann jenes auf einzigartige Weise aktiv in ihren Verlauf – genaugenommen sogar in ihren Erschaffungsprozess – einbinden und quasi unendlich viele, psychologisch profunde Erfahrungen schaffen, die ohne die Virtuelle Realität nur sehr aufwendig oder überhaupt nicht zu realisieren wären. Dabei ist das Gefühl der Präsenz, welches durch ein hohes Immersionslevel verstärkt wird, wenn das motorische und das Wahrnehmungssystem des Users mit der virtuellen Welt ähnlich interagieren wie mit der physikalischen Welt, die Conditio sine qua non.[100] Zu beachten sind sowohl in der Prä-Kompositionsphase als auch während des Kompositionsprozesses selbst im Besonderen fünf Kriterien, die Anhaltspunkte für einen reflektierten Umgang sind: 1) ein gewichtiges Augenmerk auf die auditive Ebene, die beim Einsatz eines visuellen Mediums Gefahr läuft, in den Hintergrund zu geraten, und deren für die Virtuelle Realität einzigartige Eigenschaft, sowohl dynamisch als auch immersiv und interaktiv zu sein, herausgearbeitet und hervorgehoben werden sollte, 2) das einzigartige Charakteristikum der Virtuellen Realität, das physikalisch Unmögliche möglich zu machen, 3) eine gewissenhafte Balance zwischen aktivem Handeln und reflektierendem Sein des Users, 4) gezielte, natürlich anmutende, aber gleichzeitig das Natürliche überschreitende Interaktionen, und 5) der User selbst und die psychischen sowie physischen Auswirkungen, welche die Virtuelle Realität auf ihn ausüben kann.

Michel van der Aa's *Eight* steht im Sinne einer Pionierarbeit exemplarisch für die praktische Umsetzung, wobei in *Eight* ein narrativer Ansatz verfolgt wird, der den User zum Co-Protagonisten einer Geschichte macht und ihn so behutsam in die Virtuelle Realität einführt, ohne ihn durch einen Überfluss an Interaktionsmöglichkeiten zu überfordern. Für die Zukunft ist anzunehmen, dass Komponistinnen und Komponisten besonders den interaktiven Anteil der Virtuellen Realität, und in diesem vor allem die Möglichkeit, direkt mit dem Klang zu interagieren und ihn zu manipulieren, näher in den Fokus nehmen werden. Dies erfordert gegebenenfalls eine gewisse Vorerfahrung mit

[100] Vgl. Bailenson (2018), S. 19.

der Virtuellen Realität, doch der Markt und die Nachfrage nach Head-Mounted-Displays steigen (zur besseren Vorstellung der Größenordnung: im Jahr 2019 wurden bereits 5,7 Millionen HMDs verkauft)[101] und darüber hinaus fällt es dem jüngeren Publikum, welches eine hohe Technologieaffinität besitzt und mit Videospielen, deren Erscheinungsbild und „Sprache“ der Virtuellen Realität ähnelt, vertraut ist, leicht, eine Verbindung zu der virtuellen Umgebung aufzubauen.[102] Die Virtuelle Realität hat das Potential, in die verschiedensten Richtungen weiterentwickelt und erforscht zu werden, ausgehend von den unterschiedlichen Feldern wie Spielentwicklung, Interaktionsdesign, narratives Storytelling, Musikkomposition, Softwareentwicklung, etc., die hier zusammentreffen, ohne dass sich eine bestimmte Zukunft für die Musik in der Virtuellen Realität vorhersagen ließe.[103] Diese Zukunft liegt auch in den Händen und Köpfen der Komponistinnen und Komponisten dieser Zeit.

---

[101] Vgl. Kugler, Logan (2021). The state of virtual reality hardware. *Communications of the ACM*, **64**(2), S. 15–16.
[102] Vgl. Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg,17:32–18:10.
[103] Vgl. Çamcı & Hamilton (2020), S. 6.

Literaturverzeichnis

Actual and virtual, https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095349177 [15.05.2021].

Argelaguet, Ferran et al. (2016). The Role of Interaction in Virtual Embodiment: Effects of the Virtual Hand Representation, in IEEE Virtual Reality, S. 3–10, doi:10.1109/VR.2016.7504682.

Artaud, Antonin (1979). Das Theater und sein Double, *übersetzt von* Henniger, Gerd, Frankfurt am Main: Fischer.

Atherton, Jack & Wang, Ge (2020). Doing vs. Being: A philosophy of design for artful VR, Journal of New Music Research, **49**(1), S. 35–59.

Bailenson, Jeremy (2018). Experience on Demand: What virtual reality is, how it works, and what it can do, New York: W. W. Norton & Company.

Barone, Joshua (2019). 'Eight' Is a Breakthrough for Virtual Reality in Classical Music, https://www.nytimes.com/2019/07/05/arts/music/michel-van-der-aa-eight.html [10.05.2021].

Baudrillard, Jean (1982). Der symbolische Tausch und der Tod, *übersetzt von* Bergfleth, Gerd et al., München: Matthes & Seitz.

Baudrillard, Jean. *Simulacra and Simulations*, https://web.stanford.edu/class/history34q/readings/Baudrillard/Baudrillard_Simulacra.html [15.05.2021].

Bense, Arne Till (2013). Musik und Virtualität. Digitale Virtualität im Kontext computerbasierter Musikproduktion, Osnabrück: Electronic Publishing Osnabrück.

Berkman, Mehmet Ilker & Akan, Ecehan (2019). Presence and Immersion in Virtual Reality, in Lee, Newton (Hg.). Encyclopedia of Computer Graphics and Games, Cham: Springer, doi:10.1007/978-3-319-08234-9_162-1.

Çamcı, Anıl & Hamilton, Rob (2020). Audio-first VR: New perspectives on musical experiences in virtual environments, Journal of New Music Research, **49**(1), S. 1–7.

Chalmers, David J. (2017). The virtual and the real. *Disputatio*, **9**(46), S. 309–352.

Csíkszentmihályi, Mihály (2005). Flow: Das Geheimnis des Glücks, Stuttgart: Klett-Cotta.

Derrida, Jacques (2003). Eine gewisse unmögliche Möglichkeit, vom Ereignis zu sprechen, *übersetzt von* Lüdemann, Susanne, Berlin: Merve.

Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, *virtuell*, https://www.dwds.de/wb/virtuell [15.05.2021].

Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, *virtuell – Verlaufskurve*, https://www.dwds.de/r/plot/?view=1&corpus=zeitungen&norm=date%2Bclass&smooth=spline&genres=0&grand=1&slice=1&prune=0&window=3&wbase=0&logavg=0&logscale=0&xrange=1946%3A2021&q1=virtuell [15.05.2021].

Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, *Simulation*, https://www.dwds.de/wb/Simulation [15.05.2021].

Dörner, Ralf et al. (2013). Interaktionen in Virtuellen Welten, in Dörner, Ralf et al. (Hg.). Virtual und Augmented Reality (VR/AR), Berlin Heidelberg: Springer, S. 157–193.

Fromme, Johannes (2008). Virtuelle Welten und Cyperspace, in Gross, Friederike von et al. (Hg.) Internet – Bildung – Gemeinschaft. Wiesbaden: VS Verlag, S. 169–201.

Gonzalez-Franco, Mar et al. (2010). The Contribution of Real-Time Mirror Reflections of Motor Actions on Virtual Body Ownership in an Immersive Virtual Environment, in IEEE Virtual Reality, S. 111–114, doi:10.1109/VR.2010.5444805.

History Of Virtual Reality, https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html [15.05.2021].

Horacek, Martin (2007). Hyperrealität – Die beschleunigte Zirkulation der Zeichen in Jean Baudrillards Simulationsgesellschaft, in Schimank, Uwe & Volkmann, Ute (Hg.). Soziologische Gegenwartsdiagnosen I. Eine Bestandsaufnahme, Wiesbaden: VS Verlag, S. 143–156.

Kugler, Logan (2021). The state of virtual reality hardware. *Communications of the ACM*, **64**(2), S. 15–16, doi:10.1145/3441290.

Look first, https://www.mpg.de/8849014/hierarchy-senses [11.05.2021].

Luhmann, Niklas (1995). Die Kunst der Gesellschaft, Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Oculus Rift-S, https://www.oculus.com/rift-s/ [11.05.2021].

Ryan, Marie-Laure (1999). Immersion vs. Interactivity: Virtual Reality and Literary Theory, SubStance, **28**(2), S. 110–137.

Serafin, Stefania et al. (2016). Virtual Reality Musical Instruments: State of the Art, Design Principles, and Future Directions, Computer Music Journal, **40**(3), S. 22–40.

Simulationswissenschaft, https://www.simzentrum.de/ueber-uns/simulationswissenschaft/ [11.05.2021].

Slater, Mel & Sanchez-Vives, Maria V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI, 3,* S. 1–47, doi:10.3389/frobt.2016.00074.

Usoh, Martin et al. (1999). Walking > walking-in-place > flying, in virtual environments, Proc SIGGRAPH 1999, S. 359–364, doi:10.1145/311535.311589.

Van der Aa, Michel – Interview, https://www.youtube.com/watch?v=dxJYREbdqKg [18.05.2021].

Van der Aa, Michel – *The Book of Sand*, http://thebookofsand.net/ [18.05.2021].

Van der Aa, Michel – Website (*Eight*), https://www.vanderaa.net/eight [18.05.2021].

Wang, Ge (2018). Artful design: Technology in search of the sublime, Stanford, CA: Stanford University Press.

Wertheim, Margaret (2002). Die Himmelstür zum Cyberspace. Eine Geschichte des Raumes von Dante zum Internet, München: Piper.

ZKM – Virtuelle Realität, https://zkm.de/de/ausstellung/2017/10/open-codes/virtuellerealitaet [11.05.2021].

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: https://www.spiegel.de/netzwelt/games/oculus-quest-2-vr-brille-wird-beliebter-in-deutschland-weiter-nicht-erhaeltlich-a-319fc147-e1c7-40ac-b671-de712caf77eb#bild-838b96ff-5185-4a78-a777-89cda9ad6074 [15.05.2021].

Abb. 2: https://artsandculture.google.com/asset/still-from-eight/vwFH7rpayv6V1A [15.05.2021].

Abb. 3: https://www.aspekteins.com/ar-vr-entwicklung-goes-klassik/ [15.05.2021].

Abb. 4: https://www.aspekteins.com/ar-vr-entwicklung-goes-klassik/ [15.05.2021].

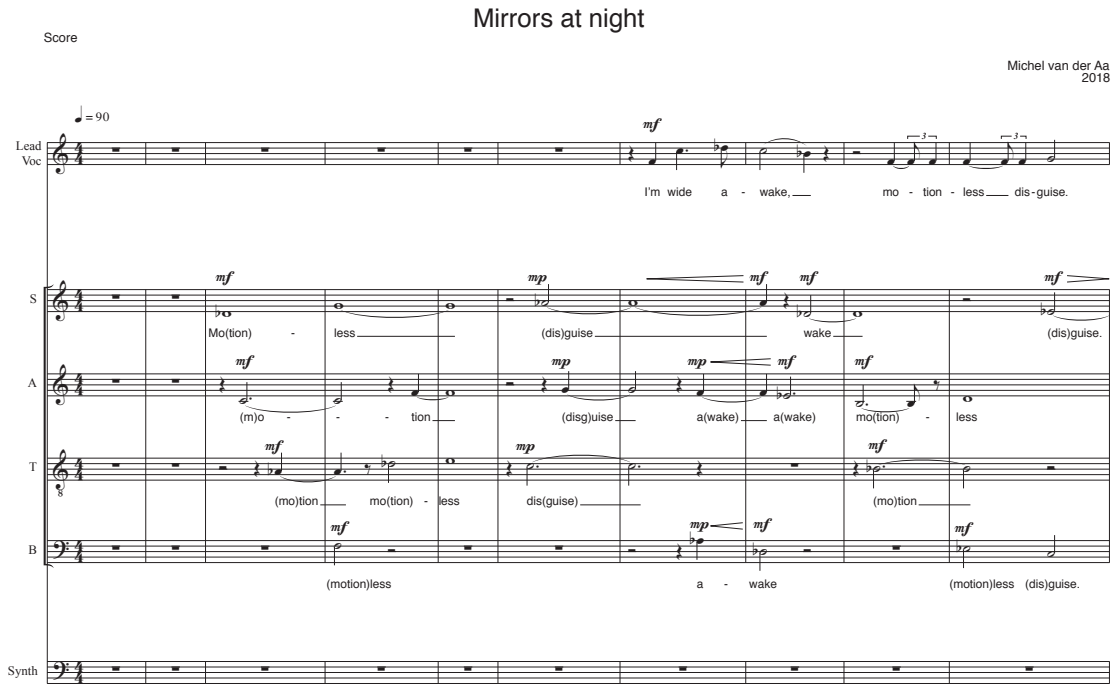
Abb. 5: https://www.nytimes.com/2019/07/05/arts/music/michel-van-der-aa-eight.html [15.05.2021].

Anhang

<u>Ausschnitt einer E-Mail von Michel van der Aa an den Autor dieser Arbeit:</u>

„Thanks for reaching out and for you interest in *Eight*. There's no extensive score for the piece since so much is based on electronics and 360 soundscape.
The only score I have is of the two more traditionally notated songs of the piece, you find this attached. The installation begins with 'Mirrors at Night' and then via a soundtrack section moves into 'Identical Hands'." [25.04.2021]

<u>Partituraussschnitt *Mirrors at Night:*</u>



Eidesstattliche Erklärung:

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche einzeln kenntlich gemacht. Es wurden keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt. Die Arbeit wurde bisher keiner Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

.....	.....
Ort, Datum	Unterschrift